



Organización de las  
Naciones Unidas para  
la Educación,  
la Ciencia y la Cultura

# La química y la vida

**Ciencia y arte de la materia**

*Jean-Marie Lehn*

**Los antepasados de la química**

*Michal Meyer*

**La luz, hilo conductor**

*Tebello Nyokong*

**Aliados contra el cáncer**

*Anlong Xu*

**Del negro al verde**

*Jens Lubbadeh*

**Árboles sintéticos**

*Klaus Lackner*

**Carta a un joven químico**

*Akira Suzuki*

Nuestras secciones

**Historia de una cooperación**

*Rolf-Dieter Heuer*

**La segunda vida de Touki Bouki**

*Solimán Cissé*

# EL Correo

DE LA UNESCO

Enero-Marzo de 2011

ISSN 2220-2307



## NUESTROS AUTORES



Año Internacional de la  
**QUÍMICA**  
2011

## AIQ 2011

El Año Internacional de la Química 2011 (AIQ 2011), proclamado por la Asamblea General de las Naciones Unidas a propuesta de Etiopía, tiene por objeto celebrar la contribución de la química al bienestar de la humanidad. Bajo el lema "Química: nuestra vida, nuestro futuro", este Año Internacional pondrá de relieve el papel que esta ciencia desempeña en ámbitos tan diversos como la salud, la alimentación, el medio ambiente, la energía y los transportes. Las conmemoraciones del Año estarán

especialmente orientadas hacia los jóvenes y el público profano en la materia, a fin de hacerlos participar en toda una serie de actividades educativas, interactivas y lúdicas en el mundo entero ([www.chemistry2011.org/](http://www.chemistry2011.org/)).

En 2011 se celebra el centenario de la concesión del Premio Nobel de Química a María Sklodowska-Curie, así como el de la fundación de la Asociación Internacional de Sociedades de Química, que a partir de 1919 se denominó Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC).

La IUPAC, que tiene su sede en Zúrich (Suiza), fue fundada por químicos del mundo universitario y de los medios industriales para fomentar la cooperación internacional y tender puentes entre la investigación científica, las aplicaciones industriales y el sector público. Gracias a la IUPAC, los químicos del mundo entero disponen de una "lengua común" con iguales nomenclaturas, terminologías, símbolos, medidas y pesos atómicos estandarizados, etc. Actualmente, la Unión cuenta con 54 sociedades y organizaciones nacionales, miembros de pleno derecho, y tres miembros asociados.

La UNESCO y la IUPAC se han encargado de la organización del AIQ 2011, en colaboración con firmas privadas. La inauguración del Año Internacional de la Química ha tenido lugar el 27 de enero en la sede de la UNESCO, en París, con la participación de un gran número de afamados investigadores e ingenieros.



Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

# EL Correo

DE LA UNESCO

Enero-Marzo de 2011

**El Correo de la UNESCO** es una publicación de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

7, place de Fontenoy  
75352 París 07 SP – Francia  
www.unesco.org/courier

**Director de la publicación:** Eric Falt

**Redactora jefe:** Jasmina Šopova

j.sopova@unesco.org

**Ayudante de redacción:** Katerina Markelova

k.markelova@unesco.org

**Redactores :**

**Edición árabe:** Bassam Mansur asistido por Zaina Dufour

**Edición china:** Weiny Cauhape

**Edición española:** Francisco Vicente-Sandoval

**Edición francesa:** Françoise Demir

**Edición inglesa:** Peter Coles

**Edición portuguesa:** Ana Lúcia Guimarães

**Edición rusa:** Irina Krívova

**Fotos:** Eric Bouttier

**Maqueta:** Baseline Arts Ltd, Oxford (Reino Unido)

**Impresión:** UNESCO – CLD

**Información y derechos de reproducción:**

Teléfono: + 33 (0)1 45 68 15 64 · k.markelova@unesco.org

**Plataforma web:** Fabienne Kouadio, Chakir Piro y

Van Dung Pham

**Agradecemos la colaboración prestada por:**

Danica Bijeljic, Fabienne Dumur, Cathy Nolan, Michel Ravassard, Marie Renault, Susan Schneegans y Fan Xiao

Los artículos se pueden reproducir, siempre y cuando se cite al autor, se incluya la mención "Reproducido de El Correo de la UNESCO" y se precise la fecha.

Los artículos expresan la opinión de sus autores, que no es necesariamente la de la UNESCO.

Las fotos que son propiedad de la UNESCO se pueden reproducir con la mención © Unesco, acompañada del nombre del fotógrafo. Para obtener fotos de alta resolución, diríjase al Fotobanco: www.photobank@unesco.org

Las menciones de países o territorios y los trazados de fronteras de los mapas no suponen un reconocimiento oficial por parte de la UNESCO o de las Naciones Unidas.



🔗 **Fibras de cristales de barita.** La barita se utiliza principalmente en la industria petrolera, la medicina (radiografías del tubo digestivo) y la construcción (hormigones pesados contra las radiaciones). © SPL



**Editorial** – Irina Bokova, Directora General de la UNESCO 5

## DOSSIER: LA QUÍMICA Y LA VIDA

**La química, ciencia y arte de la materia** – Jean-Marie Lehn 7

**La singular historia de la química** 10

**Los antepasados de la química** – Michal Meyer 11

**Infortunios de un alquimista demasiado materialista**

Tayra M.C. Lanuza-Navarro 13

**La química en nuestra vida** 17

**La luz ha sido el hilo conductor de mi carrera**

Entrevista de Tebello Nyokong con Cathy Nolan 18

**Velar por la salud del país** – Bhagwan Singh Chandravanshi 21

**Metales y plantas, aliados contra el cáncer** – Anlong Xu 22

**Primacía de la naturaleza** – Vanderlan da Silva Bolzani 24

**El boom farmacéutico indio**

Entrevista de Sunil Mani con Shiraz Sidhva 25

**Algas bienhechoras** – Vicki Gardiner 28

**La química muda de color** 29

**Cómo inutilizar las bombas para aerosoles**

Entrevista de Ole John Nielsen con Jes Andersen 30

**Calentamiento climático: el Plan B**

Hierro contra la anemia del mar – Philip W. Boyd 32

Arboles sintéticos: Encuentro con Klaus Lackner – Katerina Markelova 33

Venus en ayuda de la Tierra – Jasmina Šopova 34

**Del negro al verde** – Jens Lubbadah 35

**Carta a un joven químico**

Entrevista de Akira Suzuki con Noriyuki Yoshida 39

**Químicos en ciernes del mundo entero** 42

**Estudiar química en Etiopía** – Shimalis Admassie 44

## MISCELÁNEA

**Ciencia sin fronteras** – Susan Schneegans 46

**La UNESCO y el CERN: historia de una cooperación**

Entrevista de Rolf-Dieter Heuer con Jasmina Šopova 48

**Arte y literatura, lazos entre las culturas** – Stephen Humphreys 51

**La segunda vida de Touki Bouki**

Entrevista de Solimán Cissé con Gabrielle Lorne 53



🔗 *Tubería bajo vacío utilizada antiguamente para la síntesis en fase gaseosa. Pieza de la colección histórica de la Universidad de Copenhague (Dinamarca).*  
© Mikal Schlosser

## En este número

En 1932, el médico alemán Gerhard Domagk descubrió los efectos bactericidas de un nuevo colorante fabricado por la empresa IG Farbenindustrie. Siete años más tarde, obtuvo el Premio Nobel por la elaboración del fármaco Prontosil, pero el régimen nazi le obligó a rechazar esa recompensa. En nuestros días, la científica sudafricana Tebello Nyokong está trabajando con moléculas utilizadas para teñir los pantalones tejanos a fin de obtener nuevos medicamentos contra el cáncer. Los descubrimientos de este tipo distan mucho de ser anecdóticos y han venido jalonando la evolución de una ciencia singular: la química. Los artículos de este nuevo número del *Correo de la UNESCO* permitirán a todos hacerse una idea más cabal de los adelantos que le debemos.

La química está tan presente en nuestra vida diaria que a menudo suele pasar desapercibida, como nos recuerda el científico francés Jean-Marie Lehn, Premio Nobel de Química 1987, en el artículo introductorio: "Un mundo sin química estaría desprovisto de materiales sintéticos y, por lo tanto, carecería de teléfonos, ordenadores, tejidos sintéticos y cines. Sería también un mundo carente [...] de aspirinas, jabones, champús, dentífricos, cosméticos, píldoras anticonceptivas, colas, pinturas y papel, por lo que no habría tampoco ni periódicos ni libros (pág. 8).

Después de recorrer la historia de la química, nacida "el día en que nuestros ancestros salieron de la animalidad" (págs. 11-16), el presente número examina sus aplicaciones, particularmente en el ámbito de la medicina, y aborda la problemática de la interacción de la naturaleza, la investigación y la

industria desde Sudáfrica hasta Australia, pasando por Brasil, China, Etiopía y la India (págs. 17-28).

Al igual que el dios Jano, la química nos presenta dos caras: una encarna los beneficios prodigados a la humanidad y otra los maleficios de la contaminación. La catástrofe que azotó a Hungría el pasado mes de octubre ha vuelto una vez más a dar la señal de alarma (pág. 35). La propia química puede aportar soluciones a la contaminación que provoca. Un periplo por China, Europa, Estados Unidos y Nueva Zelanda nos permite descubrir no sólo los nuevos hallazgos positivos de los químicos, sino también sus tentativas para contrarrestar el cambio climático, puestas de relieve por Philip W. Boyd y Klaus Lackner (págs. 32-33).

Un signo esperanzador lo constituye el hecho de que "la industria química, sobre todo las grandes empresas de este sector, actúan hoy con mucha más responsabilidad" (pág. 31), como señala el danés Ole John Nielsen, miembro del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (GIEC). La química se está convirtiendo en la nueva ciencia tan deseada por Akira Suzuki, Premio Nobel de Química 2010 (págs. 39-41). Las jóvenes generaciones de químicos sabrán llevarla a buen puerto (págs. 42-43).

Completan la temática de este número del *Correo* una reseña del Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010, un artículo conmemorativo del nacimiento de la Organización Europea de Investigaciones Nucleares (CERN) y dos artículos sobre los vínculos entre las culturas para marcar la clausura del Año Internacional de Acercamiento de las Culturas 2010 en el próximo mes de marzo. – **Jasmina Šopova**



# Editorial

Irina Bokova

Nuestra comprensión del mundo material depende de nuestro conocimiento de la química, así como de nuestra capacidad para controlar los descubrimientos de esta ciencia. Los elementos químicos tienen una presencia fundamental en toda la materia conocida y, además, intervienen en todos los procesos de la vida. A la química moderna le debemos la mayoría de los avances terapéuticos, los progresos alimentarios y los adelantos tecnológicos conseguidos en el siglo XX. Esta ciencia no sólo ha revolucionado la fabricación de medicamentos, vestidos y cosméticos, sino también la difusión de la energía y la producción de aparatos tecnológicos. Es fundamental conocer mejor la química para utilizarla mejor, ya que está omnipresente en nuestra vida diaria.

Por iniciativa de Etiopía, las Naciones Unidas proclamaron 2011 Año Internacional de la Química (AIQ 2011) y encargaron a la UNESCO la organización de las actividades correspondientes. Esta celebración constituye un momento excepcional para dar a conocer mejor esta ciencia y su contribución al conocimiento, control y transformación de la materia. También ofrece a la UNESCO una oportunidad para redoblar sus esfuerzos en alguno de sus ámbitos de competencia: la cooperación y la diplomacia científicas, el fortalecimiento de las capacidades

de investigación de los Estados y la educación científica de calidad para todos, en la que la química desempeña un papel esencial. Al coincidir con la celebración del centenario de la concesión del Premio Nobel de Química a Marie Curie, el AIQ 2011 constituye también una ocasión ideal para rendir homenaje a las científicas y promover la contribución de la mujer a la ciencia. Desde el mismo día de la inauguración del Año Internacional, hemos rendido ese homenaje invitando a la científica Hélène Langevin-Joliot, nieta de Marie Curie e hija de Irène Joliot-Curie, a pronunciar una conferencia en la sede de la UNESCO sobre el papel de la mujer en la química.

El último Informe de la UNESCO sobre la Ciencia, publicado en noviembre de 2010, ha mostrado la importancia de la ciencia y la diplomacia científica puestas al servicio de la paz y el desarrollo. La investigación fundamental sobre los componentes de la materia requiere medios colosales y la colaboración de un gran número de científicos del mundo entero. De ahí la necesidad de reforzar la cooperación internacional y de repartir mejor los medios de investigación a escala mundial. La UNESCO se dedica a fomentar esa cooperación y ese reparto mediante iniciativas como la del centro de investigaciones SESAME, radicado en el Oriente Medio, en el que la química reviste una importancia considerable.

**El Año Internacional de la Química constituye un momento excepcional para dar a conocer mejor esta ciencia y su contribución al conocimiento, control y transformación de la materia.**

➤ Irina Bokova, Directora General de la UNESCO, con el astrofísico canadiense Hubert Reeves, durante la conferencia sobre el declive de la biodiversidad pronunciada por este científico el 3 de noviembre de 2009 en la sede de la Organización.  
© UNESCO/M. Ravassard



*La ausencia casi total de una "cultura general química" –en comparación con la cultura general astronómica o matemática, más extendidas– impide a las personas acceder a realidades que influyen en su vida diaria y frena la capacidad de la colectividad para ser partícipe de las mismas.*

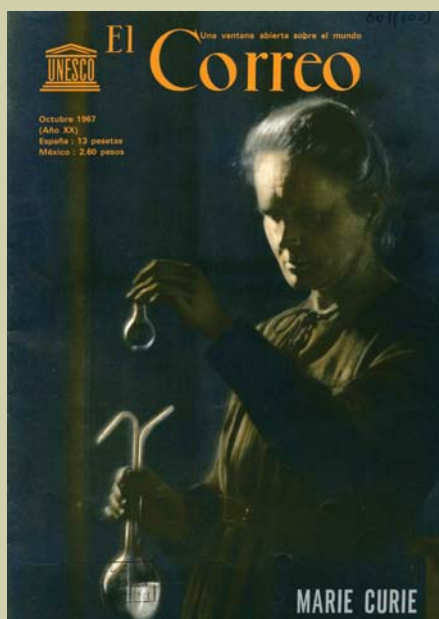
La química del mañana tiene que ser, ante todo, una ciencia responsable. No cabe duda de que va a desempeñar un papel de primer plano en la creación de energías de sustitución, así como en la elaboración de alimentos para una población mundial que va en aumento. Los descubrimientos químicos pueden contribuir a afrontar mejor los desafíos planteados por el cambio climático mundial: sin química no puede haber ni paneles solares ni biocombustibles, por ejemplo. Los hallazgos de la química pueden facilitar también el acceso al agua dulce no contaminada. Tras el Año Internacional de la Diversidad Biológica, celebrado en 2010, el Año Internacional de la Química se sitúa plenamente en el marco del Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014).

La química del mañana tiene que ser también una ciencia compartida. La ausencia casi total de una "cultura general química" –en comparación con la cultura general astronómica o matemática, más extendidas– impide a las personas acceder a realidades que influyen en su vida diaria y frena la capacidad de la colectividad para ser partícipe de las mismas. Este desconocimiento de la química fomenta su relativo desprestigio entre el público en general, que a menudo la considera nociva y contaminante. Es preciso mejorar e impulsar su

enseñanza, formar hoy a los químicos del mañana y ofrecer a todos, por doquier, la posibilidad de comprender los procesos químicos y de calibrar sus repercusiones. El interés por esta ciencia apasionante es un recurso para el desarrollo. A todos nos incumbe la tarea de hacer un buen uso de ella.

Para estimular la curiosidad de los jóvenes, la UNESCO y su asociada principal en la organización del AIQ 2011, la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, que celebra este año su centésimo aniversario, han adoptado una iniciativa a escala mundial, única en su género, para que los escolares aprendan a conocer mejor nuestro recurso más precioso: el agua. Escuelas de todo el mundo efectuarán pruebas de calidad y de purificación del agua e intercambiarán sus resultados.

Dar a conocer mejor los descubrimientos de la ciencia en general y de la química en particular constituye una prioridad para los años venideros. En su condición de organismo especializado de las Naciones Unidas en los ámbitos de la educación, la ciencia y la cultura, la UNESCO pondrá todos los medios en práctica para conseguirlo, ya que de esa tarea depende nuestra capacidad colectiva para tomar decisiones con pleno conocimiento de causa e influir de manera responsable en las realidades del mundo.



## ESCASA REPRESENTACIÓN DE LA MUJER EN LOS PREMIOS NOBEL DE QUÍMICA

**La primera mujer recompensada con el Premio Nobel de Química fue Marie Curie. Esto ocurrió ya hace un siglo y, desde entonces, solamente otras tres mujeres han recibido este importante galardón: la francesa Irène Joliot-Curie, la británica Dorothy Mary Crowfoot Hodgkin y la israelí Ada Yonath.**

Desde que se creó el Premio Nobel en 1901, han sido cuarenta las mujeres recompensadas en todas las categorías de esta alta distinción.<sup>1</sup> Tan sólo una de ellas, Marie Curie, fue distinguida en dos ocasiones. Nacida en Varsovia (Polonia) en 1867, Marie Skodowska, casada con el científico francés Pierre Curie, obtuvo el Premio Nobel de Física en 1903, junto con su marido y Henri Becquerelle. Ocho años más tarde, en 1911, recibió de nuevo este galardón en la especialidad de química "por los servicios prestados al desarrollo de esta ciencia con el descubrimiento del radio y el polonio".

En 1935, su hija Irene compartió con su esposo, Frédéric Joliot-Curie, este prestigioso premio "en recompensa por las síntesis de nuevos elementos radioactivos".

Después, hubo que esperar casi treinta años para que los trabajos de investigación de otra mujer atrajeran la atención de los miembros de la Real Academia Sueca de Ciencias. En efecto, fue en 1964 cuando Dorothy Mary Crowfoot

Hodgkin (Reino Unido) fue galardonada "por haber determinado la estructura de importantes sustancias biológicas mediante la técnica de rayos X".

Cuarenta y cinco años más tarde, en 2009, la científica israelí Ada Yonath compartió el Premio Nobel de Química con dos hombres, Venkaterman Ramakrishnan (India) y Thomas Steitz (Estados Unidos), "por sus estudios sobre la estructura y función del ribosoma". Un año antes, Ada Yonath había sido recompensada con el Premio L'Oréal-UNESCO "La Mujer y la Ciencia".

Creado por la firma L'ORÉAL y la UNESCO en 1998, el Programa "La Mujer y la Ciencia" apoya a las mujeres que han abrazado la profesión científica, recompensando cada año a cinco eminentes investigadoras –una de cada continente– por sus trabajos. Además, desde el año 2000, este programa otorga 15 becas a jóvenes científicas para que vayan a países extranjeros a proseguir sus trabajos en laboratorios prestigiosos que han aceptado sus proyectos de investigación. **J.Š.**

➦ Número especial del Correo de la UNESCO dedicado a Marie Curie (1967). © UNESCO

1. Cuatro obtuvieron el premio de química; dos el de física; diez el de medicina; doce el de literatura; y otras doce el de la paz.



# La química :

## ciencia y arte de la materia

📌 La química estuvo presente en el origen de la vida.

Dibujo original de Sejung Kim (República de Corea).  
© Sejung Kim

**Jean-Marie Lehn**

**La química es una ciencia que tiene por finalidad no sólo descubrir, sino también, y sobre todo, crear, ya que es el arte de hacer compleja la materia. Para captar la lógica de la reciente evolución de la química, hay que retroceder en el tiempo y dar un salto atrás de unos cuatro mil millones de años.**

La química desempeña un papel fundamental, tanto por el puesto que ocupa en las ciencias de la naturaleza y del conocimiento como por su importancia económica y su omnipresencia en nuestra vida diaria. A fuerza de estar presente por doquier se suele olvidar su existencia, e incluso corre el riesgo de pasar completamente desapercibida. Es una ciencia que no propende a ofrecerse en espectáculo, pero sin ella muchas proezas terapéuticas, hazañas espaciales y maravillas de la

técnica, que todos consideramos espectaculares, no habrían visto la luz del día. La química contribuye de forma decisiva a satisfacer las necesidades de la humanidad en alimentación, medicamentos, indumentaria, vivienda, energía, materias primas, transportes y comunicaciones. También suministra materiales a la física y la industria, proporciona modelos y sustratos a la biología y la farmacología, y aporta propiedades y procedimientos a las ciencias y las técnicas en general.

*“Soñar en voz alta su propia investigación”*

Roland Barthes

Un mundo sin química estaría desprovisto de materiales sintéticos y, por lo tanto, carecería de teléfonos, ordenadores, tejidos sintéticos y cines. Sería también un mundo carente, entre otras muchas cosas, de aspirinas, jabones, champús, dentífricos, cosméticos, píldoras anticonceptivas, colas, pinturas y papel, por lo que no habría tampoco ni periódicos ni libros.

No olvidemos que la química ayuda a los historiadores del arte a descubrir algunos de los secretos de fabricación de los cuadros y esculturas que admiramos en los museos. Recordemos asimismo que permite a la policía científica analizar las muestras recogidas en el “escenario del delito” e identificar así a los culpables más rápidamente, y por último sepamos también que es ella la que descubre las sutilezas moleculares de los platos que cautivan nuestro paladar.

Junto con la física, que descifra las leyes del universo, y la biología, que descodifica las reglas de la vida, la química es la ciencia de la materia y de sus transformaciones. Su expresión más alta es la vida misma. Desempeña un papel primordial en nuestro entendimiento de los fenómenos materiales, así como en nuestra capacidad para actuar sobre ellos, modificarlos y controlarlos.

Desde hace dos siglos aproximadamente, la química molecular ha creado un vasto conjunto de moléculas y materiales cada vez más complejos. Desde la auténtica revolución que supuso la síntesis de la urea, lograda en 1828, que demostró la posibilidad de obtener una molécula orgánica a partir de un compuesto mineral, hasta la consecución de la síntesis de la vitamina B12 en el decenio de 1970, esta disciplina ha ido consolidando continuamente su poder sobre la estructura y la transformación de la materia.

### **La molécula como caballo de Troya**

Más allá de la química molecular se extiende el inmenso ámbito de la llamada química supramolecular, que no estudia lo que ocurre dentro de las moléculas, sino más bien cómo éstas se conducen entre sí. Su objetivo es comprender y controlar su modo de interacción y la manera en que se transforman y unen, ignorando a otras moléculas. El sabio alemán Emil Fischer, Premio Nobel de Química (1902), recurrió al símil de la llave y la cerradura para enunciar este fenómeno. Hoy en día, lo denominamos “reconocimiento molecular”.

En el ámbito de la biología es donde más sorprendente resulta el papel de las interacciones moleculares: las unidades proteínicas que se unen para formar la hemoglobina; los glóbulos blancos que reconocen y destruyen los cuerpos extraños; el virus del sida que encuentra su blanco y se introduce en él; el código genético que se transmite mediante la escritura y lectura del alfabeto de las bases proteínicas, etc. Un ejemplo

muy elocuente es el de la “autoorganización” del virus del mosaico del tabaco, formado por una agrupación de nada menos que 2.130 proteínas simples estructuradas en una torre helicoidal.

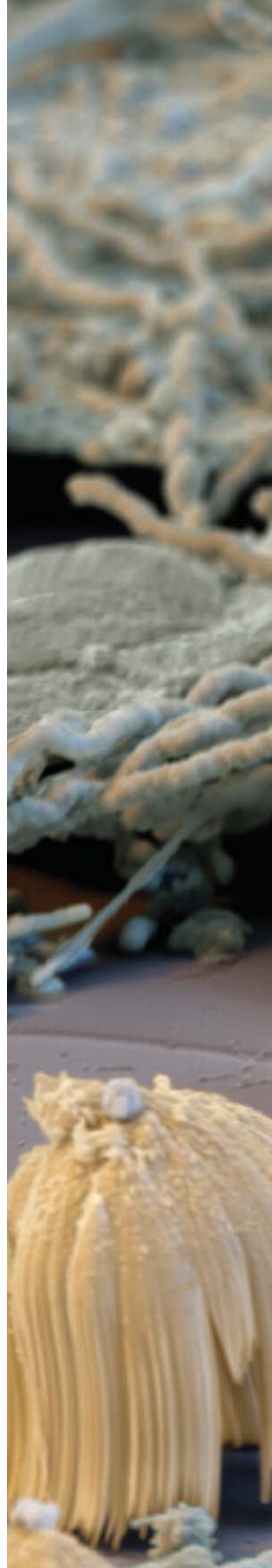
La eficacia y elegancia de los fenómenos naturales son tan fascinantes para un químico que su tentación es tratar de reproducirlos, o de inventar nuevos procedimientos que permitan crear nuevas arquitecturas moleculares con aplicaciones múltiples. ¿Por qué no podríamos imaginar, por ejemplo, la elaboración de moléculas capaces de transportar al centro de un blanco escogido un fragmento de ADN destinado a la terapia génica? Esas moléculas serían como “caballos de Troya” que permitirían a su pasajero atravesar barreras como las membranas celulares, consideradas infranqueables.

Armados de paciencia, muchos investigadores de todo el mundo construyen –yo diría que “a la medida”– estructuras supramoleculares. Observan como las moléculas, mezcladas en aparente desorden, se encuentran de por sí solas, se reconocen y se van uniendo después paulatinamente hasta formar de manera espontánea, pero perfectamente controlada, el edificio supramolecular final.

*Armados de paciencia, muchos investigadores de todo el mundo construyen –yo diría que “a la medida”– estructuras supramoleculares.*

Por eso ha surgido, inspirada por los fenómenos que se dan en la naturaleza, la idea de suscitar la aparición de ensamblajes supramoleculares y pilotarlos, esto es, llevar a cabo una “programación molecular”. El químico concebirá los “ladrillos” de base (moléculas con determinadas propiedades de estructura e interacción) y luego aplicará el “cemento” (el código de ensamblaje) que va a unirlos. Así obtendrá una superestructura mediante autoorganización. La síntesis de los ladrillos moleculares capaces de autoorganizarse es mucho más sencilla de lo que sería la síntesis del edificio final. Esta pista de investigación abre vastas perspectivas, sobre todo en el ámbito de las nanotecnologías: en vez de fabricar nanoestructuras, se deja que éstas se fabriquen de por sí solas mediante autoorganización y así se pasa de la fabricación a la autofabricación.

Más recientemente todavía ha surgido una química denominada adaptativa, en la que el sistema efectúa de por sí solo una selección entre los ladrillos disponibles y es capaz de adaptar la constitución de sus objetos en respuesta a las sollicitaciones del medio. Esta química, que yo llamo “química constitucional dinámica” tiene un matiz darwiniano.







*Cristales de witherita. El cristal permite dilucidar las relaciones entre las propiedades de los materiales, su composición química y la disposición de sus átomos. Los químicos "cultivan" cristales para visualizarlos, estudiarlos y concebir la creación de otros nuevos. Así se descubren nuevos materiales con aplicaciones múltiples. © SPL*

## De la materia a la vida

En el principio era la explosión original, el "Big Bang", y la física reinaba. Luego, con temperaturas más clementes, vino la química. Las partículas formaron átomos y éstos se unieron para producir moléculas cada vez más complejas que, a su vez, se asociaron en agregados y membranas dando así a luz a las primeras células de las que brotó la vida en nuestro planeta. Esto ocurrió unos 3.800 millones de años atrás.

Desde la materia viva hasta la materia condensada, primero, y luego desde esta última hasta la materia organizada, viva y pensante, la expansión del universo nutre la evolución de la materia hacia un aumento de su complejidad mediante la autoorganización y bajo la presión de la información. La tarea de la química es revelar las vías de la autoorganización y trazar los caminos que conducen de la materia inerte –a través de una evolución prebiótica puramente química– al nacimiento de la vida, y de aquí a la materia viva, y luego a la materia pensante. La química nos proporciona, por consiguiente, medios para interrogar al pasado, explorar el presente y tender puentes hacia el futuro.

Por su objeto –las moléculas y los materiales–, la química expresa su fuerza creadora, su poder de producir moléculas y materiales nuevos –auténticamente nuevos porque no existían antes de ser creados– mediante recomposiciones de los átomos en combinaciones y estructuras inéditas e infinitamente variadas. Debido a la plasticidad de las formas y funciones del objeto de la química, ésta guarda una cierta semejanza con el arte. Al igual que el artista, el químico plasma en la materia los productos de su imaginación. La piedra, los sonidos y las palabras no contienen la obra que el escultor, el compositor y el escritor modelan con esos elementos. Del mismo modo, el químico crea moléculas originales, materiales nuevos y propiedades inéditas a partir de los elementos que componen la materia.

Lo propio de la química no es solamente descubrir, sino también inventar y, sobre todo, crear. El Libro de la Química no es tan sólo para leerlo, sino también para escribirlo. La partitura de la química no es tan sólo para tocarla, sino también para componerla. ■

**Jean-Marie Lehn**, es especialista en química supramolecular y obtuvo el Premio Nobel de Química en 1987, junto con Donald Cram y Charles Pedersen. Es profesor emérito de la Universidad de Estrasburgo (Francia), profesor honorario del Colegio de Francia, miembro de la Academia de Ciencias de Francia y fundador del Instituto de Ciencia e Ingeniería Supramoleculares (ISIS) de Estrasburgo ([www-isis.u-strasbg.fr](http://www-isis.u-strasbg.fr)).



# La singular historia de la química

Al igual que Monsieur Jourdain, el personaje de Molière, hablaba en prosa sin saberlo, nosotros realizamos transformaciones químicas sin ser plenamente conscientes de ello. Desde la noche de los tiempos, todos los seres vivos fabrican mediante reacciones químicas los compuestos orgánicos necesarios para la vida. Nuestros antepasados, guiados por la intuición, inventaron decocciones, colorantes y aleaciones. Extrajeron de la naturaleza elixires, perfumes y medicamentos. La producción de hierro en el Níger, la coloración de plumas de pájaros en la Amazonia o la fabricación de papel en China, son otras tantas pruebas de las transformaciones, a menudo espectaculares, que el hombre realizó con la materia antes de conocer las leyes de la química. Empleó métodos cada vez más complejos, a veces incluso abracadabrantés, pero siempre inspirados en la naturaleza, hasta que la química moderna vio la luz en el siglo XVIII.

*Grabado con la bomba de aire de Boyle que figura en la obra New Experiments Physico-Mechanicall, Touching the Spring of the Air, and Its Effects (1660). Adepto de la alquimia, Boyle fue uno de los pioneros de la ciencia experimental.*

© Cortesía de Roy G. Neville, Biblioteca Histórica Química de la Chemical Heritage Foundation (EE.UU.)



# Los antepasados de la química

Michal Meyer

A comienzos del siglo XVIII, Augusto el Fuerte, elector de Sajonia y rey de Polonia, encerró a Johann Friedrich Böttger en su laboratorio ordenándole que fabricara oro. El joven alquimista fracasó en la empresa, pero contribuyó a la creación de una sustancia más bella y útil: la porcelana. Y como en los cuentos que tienen final feliz, el rey quedó muy satisfecho. En efecto, el mundo estaba dejando de ser feudal para entrar en la sociedad de consumo y era sumamente costoso importar esa preciosa mercadería de China, país más avanzado técnicamente, para alimentar la creciente apetencia de lujo y belleza que se daba en Europa. La nueva porcelana de Meissen pronto se arrancó de las manos, el dinero empezó a llenar las arcas reales y el monarca, en señal de agradecimiento, elevó a

Böttger del rango de simple preparador de farmacia al de barón.

Otra anécdota, mucho menos elegante. Estamos en Hamburgo en 1669: Hennig Brandt cree haber descubierto por fin la tan mentada piedra filosofal, capaz de transformar el plomo en oro y de revelar los secretos del cosmos. Brandt, un ex soldado conocedor de la fabricación del vidrio, había puesto a hervir orina y había calentado sus residuos hasta que en su retorta aparecieron vapores luminosos. Había descubierto el fósforo blanco, cuyas partículas se ponen incandescentes al entrar en contacto con el oxígeno. Brandt vendió luego su secreto y, años más tarde, el fósforo era suficientemente conocido como para que Isaac Newton, que practicaba la alquimia en secreto,

*La química nació el día en que nuestros ancestros salieron de la animalidad*

🔥 *Aguafuerte satírico de James Gillray que representa una conferencia pública en el Real Instituto de Londres a principios del siglo XIX.*  
© Cortesía de Chemical Heritage Foundation Collections (EE.UU.) – Fotografía de Gregory Tobias



redactase una receta de su fabricación que empezaba así: "Procúrese un barril de orina"... , ingrediente un tanto difícil de obtener en tales cantidades, como cabe suponer. Pasando de la orina al arte, otra transformación: a fines del siglo XVIII la iluminación de Brandt es immortalizada en un cuadro de Joseph Wright de Derby, y más tarde en un grabado de William Pether ejecutado en 1775 con el título "El descubrimiento del fósforo", donde se ve al alquimista extasiado ante su fulgurante maravilla. Muchos años más tarde, en 1943, otra nueva transformación: la ciudad natal de Brandt será pasto de las llamas, azotada por una lluvia de centenares de kilos de fósforo arrojados por las bombas de una serie de ataques aéreos.

### Crudo y cocido

La arcilla transformada en porcelana, la orina en fósforo, el fósforo en bombas, la harina en pan, la uva en vino, los minerales en pigmentos... Nuestras posibilidades de transformar la materia son prácticamente ilimitadas. El primatólogo británico Richard Wrangham estima que fue la cocina la que nos hizo hombres, procurándonos la energía necesaria para desarrollar nuestros cerebros. Podríamos afirmar así que la química nació el día en que nuestros ancestros salieron de la animalidad. "Homo chemicus": ser hombre es transformar la materia. Pero como somos humanos, esas transformaciones revelan también lo mejor y lo peor de lo que llevamos dentro.

🔗 *Un alquimista muestra oro líquido en la corte real provocando el asombro. La transmutación del oro en plomo fue un sueño que persistió hasta el siglo XVIII.*  
© Cortesía de Chemical Heritage Foundation Collections (EE.UU.) – Fotografía de Gregory Tobias

### EL SAPO Y EL PAPAGAYO

Los achaguas del Alto Meta (Colombia) conocen procedimientos para hacer que a sus loros les crezcan plumas de diversos colores, y aumentar así su valor y precio, ya sea para venderlos o utilizarlos en sus celebraciones. Obtienen ese resultado de la siguiente manera: "Cogen un sapo vivo, al cual punzan repetidas veces con una púa hasta que le salga la sangre; pónenle después en una totuma o vasija, y con ají y pimienta molida van cubriendo las heridas del animal, el cual rabioso con medicina tan cruel, va destilando poco a poco lo más activo de su humor revuelto con ponzoña y sangre; revuelven con esto ciertos polvos encarnados que llaman 'chica', y mezclados tan inauditos ingredientes, queda hecho un barniz. Arrancan luego al papagayo las plumas; y le untan el barniz, introduciéndolo con la punta de un palito en los huecos que dejaron las plumas en la cutis, y no deja

de recibir el loro su molestia, pues queda por muchos días como gallina clueca, muy encrespado y triste. Después de algún tiempo vuelve a recobrar sus plumas, pero tan mejoradas y vistosas, que es cosa de ver la hermosura y gallardía con que salen entonces, dejándose notar en ellas un bello encarnado en manchas, sobre campo amarillo, el cual campea en admirable variedad entre las plumas verdes".

Esta pintoresca descripción de la coloración artificial practicada por este pueblo indígena de la actual Colombia la encontramos en la obra del sabio jesuita español Juan Rivero (1681-1736) *Historia de las misiones de los llanos de Casamare y los ríos Orinoco y Meta* [1736 –

Reedición, Imprenta de Silvestre y Cía, Bogotá 1883]. Alfred Métraux, antropólogo norteamericano de origen suizo y ex funcionario de la UNESCO, la cita en su artículo "Un descubrimiento biológico de los indios de América del Sur: la coloración artificial de las plumas en pájaros vivos", publicado en el *Journal de la Société des Américanistes* (Tomo 20, 1928, págs. 181-192).

"Al arrancarles a los pájaros que crían las plumas que necesitan, los indios se ahorran la fatiga de cazarlos y el riesgo de dañarlos o matarlos con sus flechas", explica el antropólogo. Métraux atribuye la difusión de la coloración artificial en Amazonia a los arawaks, que empezaron a emigrar hacia esa región unos tres milenios atrás.  
– J.Š.



Aunque es imposible remontarse a ese primer instante de la química en el que lo crudo se transformó en cocido, hoy estamos mejor informados sobre los hombres prehistóricos y sus aspiraciones a la belleza. En el Centro de Investigación y Restauración de los Museos de Francia, Philippe Walter se apasiona por los procedimientos y las sustancias químicas de la prehistoria y la Antigüedad. Para Walter, nuestros antepasados no sabían por qué ni cómo operaba la química que practicaban, pero no por ello eran menos capaces de combinar ingredientes naturales para producir pigmentos y aderezar con ellos atavíos, o decorar las paredes de sus cavernas. Hace 4.000 años, dice Walter, los egipcios sintetizaron nuevas sustancias para curar las enfermedades oculares. Sus cosméticos a base de plomo – recordemos a Cleopatra y el kohl [véase el recuadro]– estimulaban el sistema inmunitario y se cuentan entre los primeros tratamientos de salud y belleza del mundo.

### “Al kimiya”

En el Egipto helenístico se denominaba “chemia” al refinado de los metales. En la época del auge de la civilización islámica, los sabios musulmanes se dedicaron a traducir los textos griegos, incluidos los relativos a la “chemia”, arte al que llamaron “al kimiya” (alquimia). Los modos de transformar la materia, purificar las sustancias y colorear los metales, todo eso formaba parte de la alquimia. La fascinación por esta actividad condujo también al perfeccionamiento de técnicas como la destilación y la cristalización, que siguen siendo esenciales en

## Infortunios de un alquimista demasiado materialista

Tayra M.C. Lanuza-Navarro

En 1603 Giraldo Paris llevaba treinta y tres años viviendo en Madrid, donde había sido consejero de Felipe II en los asuntos de Flandes. Había crecido en Amberes y se había enriquecido en el comercio de las especias. Todos los flamencos de la corte cenaban en su casa. Había tertulias con embajadores y personajes importantes de la corte, y con boticarios, médicos y académicos. Desde que se había retirado de los negocios con una enorme fortuna, Paris tenía una pasión: los estudios alquímicos. Le interesaban los conocimientos de los lapidarios, boticarios, destiladores de agua y herbolarios.

Dos enemigos declarados de Paris le denunciaron aquel año a la Inquisición alegando herejía. El juicio se celebró en agosto y en él se declaró que el flamenco “sacaba quintaesencias y flores de metales y sales de hierbas” y que era un gran filósofo natural interesado en “los enigmas del arte química”. Paris fue condenado a pasar un año recluido en un monasterio y a una cuantiosa multa.

Relatada de este modo, la historia de Giraldo Paris parece la de un alquimista perseguido por su ciencia. Sin embargo, esta es una percepción falsa. Todas sus actividades alquímicas, destilaciones, experimentos con metales y extracciones de propiedades de hierbas, no fueron lo que preocupó a los inquisidores que lo procesaron. Lo que les indujo a condenarlo fueron sus explicaciones de algunas cuestiones religiosas. Por ejemplo, Paris explicaba la virginidad de María, comparándola al procedimiento alquímico consistente en mezclar una materia pura con otra y obtener, al final, la primera materia intacta “sin pérdida de virtud alguna en absoluto [...] e inmaculada como lo era en un principio”.

Las proposiciones de Giraldo Paris eran sospechosas de herejía, y esa fue la preocupación de la Inquisición en su caso. No fue condenado por alquimista, sino por proposiciones erróneas. En esa misma época abundaban en Madrid otros practicantes de la alquimia y la Inquisición española incluyó autores y obras sobre alquimia en los índices de libros prohibidos. Una de ellas fue el *Theatrum Chemicum*, la más famosa y abundante compilación alquímica del siglo XVII existente en Europa, que acabó siendo autorizada de nuevo, no sin antes haber sido expurgada.

De acuerdo con lo que sabemos de momento, si la Inquisición persiguió a algún alquimista no fue por sus prácticas, sino porque sostenía proposiciones inspiradas en sus ideas sobre la materia, contrarias al dogma.

**Tayra M.C. Lanuza-Navarro** es especialista en historia de la ciencia. Actualmente trabaja en un proyecto sobre las obras de alquimia de principios de la era moderna.

📖 “La farmacia rústica” (1775). El famoso curandero suizo Michel Schuppach examinando la orina de un paciente en su farmacia.

© Cortesía de Chemical Heritage Foundation Collections (EE.UU.) – Fotografía de Gregory Tobias

📖 Algunos alquimistas solían colgar caimanes del techo de sus laboratorios, como puede verse en este grabado.

© Cortesía de Chemical Heritage Foundation Collections (EE.UU.)



© Universidad de Valencia (España) – Fotografía: T. Lanuza 2010





nuestros laboratorios del siglo XXI. En un plano más teórico, los sabios musulmanes enriquecieron el concepto griego clásico de los cuatro elementos de la materia –aire, tierra, fuego y agua– y de sus reacciones, incluida la transmutación de un metal en otro. En el siglo XII la alquimia se extendió por Europa, acompañada de nociones sobre el elixir árabe (“al iksir”) que recibiría el nombre de piedra filosofal.

No es una sorpresa que la alquimia tropezase con problemas comparables con los que hoy todavía tropieza la medicina en algunas ocasiones: la presencia de embaucadores que dicen poseer remedios milagrosos. En el caso de la alquimia, eran charlatanes que pretendían transformar el plomo en oro... Esto, por supuesto, suscitó la atención de gobernantes y juristas, aunque por motivos diferentes. En Inglaterra, por ejemplo, se decretó ilegal “conseguir la conversión del plomo en oro” porque eso traería consigo una depreciación monetaria.

Algunos pretendieron que toda tentativa humana de transmutar los metales estaba condenada al fracaso, ya que las manipulaciones humanas de la materia eran, por esencia, inferiores a las transformaciones realizadas por la naturaleza (como vemos, se trata de una versión precursora del debate, aún actual, sobre la oposición entre la naturaleza y lo artificial, que está por ver si va a seguir estando de actualidad

*Cada vez que cocemos un huevo, alterando así la forma de sus proteínas, estamos modificando la naturaleza misma de la materia.*

◀ “Un alquimista experimentando”, cuadro del pintor flamenco Mattheus van Helmont (Siglo XVII). Sentado en un laboratorio donde reina un desorden caótico, el personaje encarna la locura.

© Cortesía de Chemical Heritage Foundation Collections (EE.UU.) – Fotografía de Will Brown

▶ Retrato de Robert Boyle, debido al pincel del Johann Kerseboom (1689, Reino Unido).

© Cortesía de Chemical Heritage Foundation Collections (EE.UU.) – Fotografía de Will Brown.

en los cien próximos años). Pese a tales críticas, algunos siempre creyeron que el arte humano era lo suficientemente poderoso como para transformar el mundo. Estas discusiones se limitaban a las élites en el seno de las universidades porque, entretanto, las transformaciones de la materia en todas sus manifestaciones tenían lugar en todos los estratos de la sociedad. No sabemos quién creó el kohl o quién torneó el primer cuenco de arcilla, ni quién cortió por primera vez el cuero o elaboró la cerveza, ni tampoco conocemos los nombres de los artesanos que mezclaron arena, ceniza de madera y sales metálicas para crear los maravillosos vitrales de las catedrales medievales. Toda esa gente, sin embargo, transformó la materia y, al mismo tiempo, nuestras vidas.

A principios de la era moderna se fue prestigiando la condición social de los pintores, orfebres y artesanos cuyas actividades guardaban una íntima relación con las manipulaciones de la materia. La ciencia, que durante mucho tiempo había estado más asociada





al pensamiento y a las elites que a la acción práctica y al común de los mortales, empezó a ligarse más estrechamente al quehacer de quienes fabricaban cosas en busca de conocimientos y de poder. Este enfoque, que tenía la materia como núcleo esencial, encontró su expresión en la obra *Novum Organum* de Francis Bacon, publicada en 1620, y dio origen a la ciencia moderna. La acción práctica – experimentación repetida y transformación del mundo material– iba a unirse así al pensamiento y, a partir de entonces, nuestro universo artístico, científico y cotidiano ya no sería nunca más el mismo. El sabio irlandés Robert Boyle, descubridor de la célebre ley sobre la relación entre el volumen, la presión y la temperatura de un gas, es el perfecto representante de este nuevo enfoque experimental. Heredero de la tradición alquímica y aspirante a alquimista –por definición, los alquimistas eran gente versada en experimentaciones y mediciones precisas– Boyle, que vivió en el siglo XVII, es considerado uno de los fundadores de la química moderna.

#### Una ciencia peculiar

Muchos químicos estiman que la química llegó a ser una ciencia propiamente dicha en el siglo XVIII. Las investigaciones sobre el aire de Antoine Lavoisier (Francia), el descubrimiento del oxígeno por Joseph Priestley (Reino Unido) y la creación

◀ El aerostato francés “El tricolor”, en el momento de su despegue el 6 de junio de 1874 en París.  
© Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos (Colección Tissandier)

del lenguaje científico de la química fueron factores que contribuyeron a esto. Pero la química, o al menos sus resultados, no podían permanecer acantonados en la esfera de la ciencia pura. Buena prueba de ello es el gran entusiasmo despertado por los globos de aire caliente e hidrógeno a fines del siglo XVIII y su influencia en los motivos de la indumentaria, los naipes y la porcelana. Cuando Priestley inventó el agua carbonatada para que los pobres pudieran también tomar las aguas, al igual que lo hacían los enfermos ricos en los lujosos balnearios y fuentes termales, no hacía más que prolongar la vinculación entre química y salud, nacida con la alquimia. En cambio, la moda victoriana de los papeles pintados verdes con sus correspondientes dosis de arsénico fue, sin duda, el primer caso de riesgo medioambiental conocido y señalado como tal.

En 1856, un inglés de dieciocho años, William Henry Perkin, en una tentativa de transmutación de la materia digna de un alquimista, quiso transformar el alquitrán de carbón en quinina, sustancia preventiva de la malaria. Al igual que Böttger, Perkin fracasó en su empresa inicial, pero provocó una revolución en los colorantes al descubrir por casualidad la anilina púrpura, contribuyendo así involuntariamente al despegue de la industria alemana de tinturas y productos farmacéuticos. Perkin creó el malva artificial, primer colorante sintético de anilina que iluminaría con sus irisaciones el mundo del decenio de 1860. Antes de imponerse un luto riguroso, la reina Victoria de Inglaterra vistió ropa teñida con ese nuevo color químico y puso de moda esa tonalidad del violeta. Alemania hizo suyos de inmediato los colorantes de anilina en un momento en que se estaba industrializando a toda velocidad, lo que tuvo por consecuencia indirecta la creación del primer vínculo sólido entre la industria y la química en cuanto ciencia moderna. En 1932, el médico alemán Gerhard Domagk, director de un laboratorio de la IG Farbenindustrie, descubrió que una tintura roja modificada aniquilaba las bacterias,

#### EL PLOMO Y LOS OJOS DE CLEOPATRA

Todos conocíamos el delineador de ojos de Cleopatra y la sombra azul de sus párpados, pero lo que no sabíamos es que ese maquillaje tenía propiedades médicas, cosa de la que no dicen palabra los péplums cinematográficos.

Un estudio publicado hace justo un año en la revista científica *Analytical Chemistry* (15 enero de 2010) muestra que el maquillaje de los antiguos egipcios contenía sales de plomo productoras de monóxido de nitrógeno. Este compuesto químico dilata los vasos sanguíneos y abre así paso a los macrófagos, células del sistema inmunitario humano que devoran partículas de gran tamaño, reforzando así las defensas del cuerpo.

Un equipo francés que trabaja sobre este tema analizó los residuos hallados en estuches de maquillaje de la colección de arte egipcio del Museo del Louvre. Gracias a la nanoquímica comprobó que el líquido lacrimal, al entrar en contacto con el plomo –presente en dosis muy pequeñas en los cosméticos antiguos–, creaba un medio ofensivo contra los microorganismos. – J.S.

# La tabla de Mendeleiev

*El Correo de la UNESCO* publicó en junio de 1971 un artículo dedicado al gran sabio ruso Dimitri Mendeleiev, auténtico orquestador de la naturaleza, en el que se señalaba que su formulación de la ley periódica de los elementos “supuso para la química el paso de una disciplina que aplicaba métodos casi medievales de tanteo a una ciencia moderna”.

¿Cómo lo logró? El artículo dice que Mendeleiev “propuso disponer los elementos en líneas y columnas –también denominados ‘períodos’ y ‘grupos’– dentro de un rectángulo, con sus pesos atómicos en orden ascendente, de izquierda a derecha, dentro de la misma línea hasta bajar a la segunda y así sucesivamente. [...] Las columnas se determinaron en función de los elementos que poseían propiedades análogas, por ejemplo, el mismo tipo de óxido”.

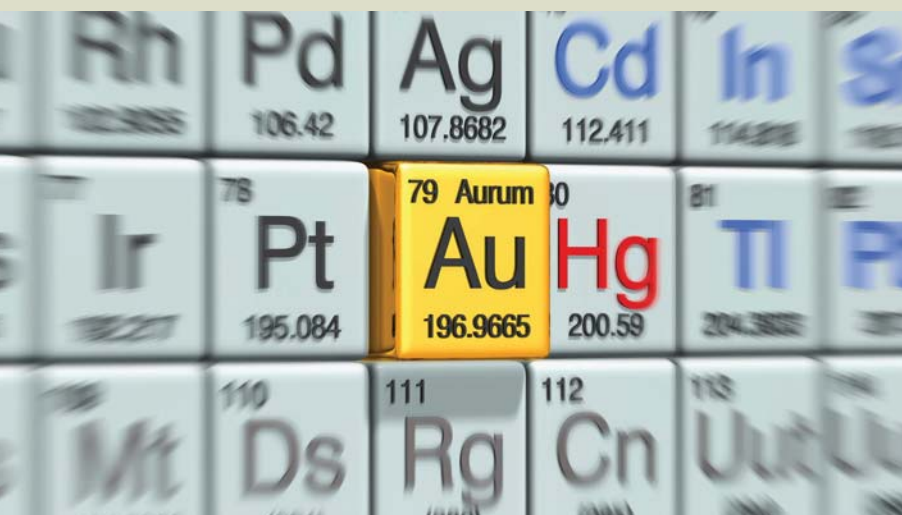
¿Qué tiene de revolucionaria esa tabla? La teoría de la clasificación de los elementos según su peso atómico, presentada por este siberiano de 35 años a la Sociedad Química de Rusia en marzo de 1869, representó, de hecho, el descubrimiento de una ley natural. Su procedimiento permitía no sólo corregir un buen número de errores de cálculo, sino también predecir la existencia de elementos hasta entonces desconocidos como el galio, el escandio o el germanio, llamados así posteriormente para honrar a los países de sus respectivos descubridores.

Los grandes descubridores y sus hallazgos exaltan la imaginación de la gente. Así como algunos dicen que Newton descubrió la ley de la gravedad cuando le cayó una manzana en la cabeza, o que a James Watt le vino la idea de la máquina de vapor al contemplar una olla con agua hirviendo, otros pretenden que Mendeleiev dio con la clasificación periódica de los elementos a raíz de un sueño

A este respecto, el artículo dice: “Suele pasarse por alto que, aunque la verdad científica irrumpe a veces en la mente humana como un relámpago, el mismo científico puede haber consagrado varios años de dura investigación a ese tema. Como dijo Pasteur algún tiempo después, “el azar sólo es propicio a la mente preparada.” Si examinamos las actividades de Mendeleiev antes de 1869, resulta claro que el descubrimiento de la tabla periódica no fue un mero accidente”.

Además de la tabla periódica, una frase de Mendeleiev sobre el petróleo quedará sin duda grabada en la memoria de la humanidad: “Este material es demasiado precioso para ser quemado. Cuando quemamos petróleo, quemamos dinero. Hay que utilizarlo como materia prima de la síntesis química”. – **K.M.**

© DR



y así fue como se empezaron a usar los primeros antibióticos: las sulfamidas. Una vez más, una historia de moda y medicina también, porque a veces la piel de los pacientes enrojecía, lo cual era una señal de la eficacia del remedio.

La moda fue la raíz de la industria química alemana que, después de haber pintado el mundo con colores refulgentes, produjo el gas letal Zyklon B usado por los nazis para sus planes de exterminio. A causa de la bomba atómica, la Segunda Guerra Mundial se ha solido denominar la guerra de los físicos, pero desde que los hombres aprendieron a fundir el metal todas las guerras han sido guerras de químicos. En vísperas de la Segunda Guerra Mundial, la física austro-sueca Lise Meitner dio la razón a los alquimistas: era posible transmutar un metal en otro. Ella lo demostró mediante la reacción nuclear y, hacia el final de las hostilidades, se logró transformar el uranio 238 en plutonio.

Las huellas dejadas por los alquimistas del pasado, sus proyectos grandiosos, y a veces también sus misterios, perduran en las investigaciones químicas de nuestros días, cuando persiguen crear una vida sintética o encontrar un remedio contra el envejecimiento. Al mismo tiempo, cada vez que cocemos un huevo, alterando así la forma de sus proteínas, estamos modificando la naturaleza misma de la materia.

El rápido desarrollo y el creciente prestigio de la ciencia moderna, debidos sobre todo a la especialización profesional alcanzada en el siglo XIX, han hecho que se margine al público profano. Hemos perdido el sentido de la química, en cuanto arte y ciencia de la vida diaria y de la gente común. Sin embargo, podemos recuperarlo. Hace poco, en el marco del programa museográfico de la Chemical Heritage Foundation, pedí a una artista vidriera que nos mostrara su trabajo. Al principio estaba un tanto nerviosa y dijo que nunca había estudiado química y era totalmente lega en la materia. Pero luego, después de explicar lo que hacía, hablando de sus herramientas, del horno, de cómo manejaba el vidrio fundido, de los metales que agregaba y de la reacción del vidrio ante las diferentes temperaturas, se volvió de repente hacia mí y exclamó sorprendida: “¡Pero sí soy química!”

Al comienzo de este artículo dije que ser hombre es transformar la materia. Me gustaría concluirlo variando así esa frase: transformar la materia es ser humano. Todos somos químicos. ■

**Michal Meyer** nació en Israel y trabajó como meteoróloga en Nueva Zelanda y Fiji. Luego ejerció el periodismo en su país natal. Posee un doctorado en historia de las ciencias y desde septiembre de 2009 trabaja para la Chemical Heritage Foundation, donde dirige la revista *Chemical Heritage* ([www.chemheritage.org/discover/magazine/index.aspx](http://www.chemheritage.org/discover/magazine/index.aspx)).



# La química en nuestra vida

Si la enumeración exhaustiva de los servicios prestados a la humanidad por la química desde su nacimiento como ciencia en el siglo XVIII es una tarea casi imposible, el catálogo de las soluciones que prometen aportar los químicos a los problemas de nuestro planeta es a todas luces impresionante. La química analítica sobrepasa continuamente los límites de detección de las sustancias tóxicas. La nanoquímica incipiente obra auténticos milagros, aunque los riesgos que puede implicar no se hayan superado aún. Las nuevas generaciones de medicamentos ofrecen tratamientos contra el cáncer cada vez más eficaces.

Aunque estamos viviendo en la era de la química combinatoria, del cribado de precisión a alta frecuencia y de la ingeniería molecular, la naturaleza sigue siendo nuestra mayor reserva de moléculas y los conocimientos tradicionales distan mucho aún de haber caído en el olvido.

# La luz ha sido el hilo conductor de mi carrera

¿Qué tienen en común los pantalones tejanos, el cáncer y los plaguicidas? A primera vista, nada. Sin embargo, cuando escuchamos el relato apasionante de las investigaciones realizadas por la química sudafricana Tebello Nyokong, nos enteramos de que la luz es el denominador común entre esas cosas tan dispares. Especialista en nanoquímica y apasionada por el rayo láser, la profesora Nyokong está encontrando aplicaciones de éste que bien podrían revolucionar la medicina y la preservación del medio ambiente. Cada vez se está acercando más a su objetivo.



Entrevista de  
**TEBELLO NYOKONG**  
con Cathy Nolan  
(UNESCO)

**Profesora Nyokong, usted está investigando actualmente un nuevo método de diagnóstico y tratamiento del cáncer que representa un alternativa a la quimioterapia. ¿Puede decirnos en qué consiste su trabajo?**

Los químicos somos creadores. Mis trabajos de investigación guardan relación con la fabricación de moléculas para usos farmacéuticos. Estoy elaborando phtalocianinas, unas sustancias medicinales que solemos denominar "tinturas" porque sus moléculas son similares a las de los tintes utilizados para colorear la tela de los pantalones tejanos. Se utilizan en el tratamiento fotoquimioterápico del cáncer. Este tratamiento es fruto de un trabajo multidisciplinario en el que colaboran químicos, biólogos y especialistas en biotecnologías. Mi papel en esta empresa común es importante ya que, al ser química, tengo la misión de crear las moléculas. Trabajo con un equipo numeroso formado por 30 personas, sin contar con todas las que se encargan de las pruebas preclínicas en muchos países del mundo.

**Explíquenos cómo pueden servir para tratar el cáncer las moléculas usadas para teñir los tejanos**

Examinemos una planta: sus hojas son verdes a causa de la clorofila. Y la sangre debe su color rojo a la hemoglobina. De hecho, estas dos moléculas son casi idénticas, aunque la primera se construye en torno a un átomo de magnesio y la segunda en torno a un átomo de hierro. Una diferencia tan mínima como esa es suficiente para distinguir un medicamento de una sustancia que no es tal. La molécula que tiñe los tejanos es idéntica a la mía, pero los metales que contiene no son los mismos, y son éstos precisamente los que permiten utilizarla con una u otra finalidad.

**¿Es un tratamiento nuevo la fotoquimioterapia?**

No, son las sustancias medicinales las que son nuevas. En los Estados Unidos, Europa y Rusia, se utiliza ya la fotoquimioterapia contra determinados tipos de cáncer. En este caso, la química opera con la luz. El medicamento se introduce en el organismo del paciente y luego se activa con la luz. El problema estriba actualmente en que los efectos secundarios son muy considerables. El medicamento se tiene que introducir en el organismo y alcanzar los tejidos cancerosos. Si se fija también en los tejidos sanos, como ocurre ahora con los medicamentos de que disponemos, el paciente se ve condenado a no poder salir de su casa porque las radiaciones solares pueden destruir los tejidos sanos, como ocurre con el tratamiento quimioterapéutico.

**¿Son más seguras sus moléculas?**

Esa es la finalidad que buscamos. Estamos construyendo moléculas cuya característica es que van directas al lugar donde se encuentra el tumor. Estas sustancias medicinales ofrecen la ventaja de absorber fácilmente la luz y, por eso, basta con administrarlas en muy pequeñas dosis. Actualmente, estoy dando un paso adelante, combinando mi molécula con lo que podríamos llamar un "sistema de entrega", cosa que no se había hecho hasta ahora. Aquí es donde intervienen las nanotecnologías. En efecto, las moléculas contienen nanopartículas, denominadas puntos cuánticos, que penetran con suma facilidad en cualquier parte del cuerpo y "entregan" el medicamento allí donde hace falta. Además emiten luz y esto facilita la localización de las células cancerosas. En resumidas cuentas, lo que estamos haciendo es pura y simplemente maravilloso.

**¿Se puede utilizar ese tratamiento contra toda clase de cánceres?**

La luz usada para activar el medicamento se emite mediante láser y se transporta por conducto de fibras ópticas. Si el cáncer está generalizado, el tratamiento no es eficaz. El láser tiene que apuntar precisamente a la zona cancerosa. Se trata de un tratamiento localizado que no puede reemplazar a la cirugía.

**¿Cómo escogió este campo de investigación?**

Fortuitamente. ¡Ahí está el encanto de la química! Cuando alguien se interesa por las moléculas, está continuamente pensando qué nuevo partido se podrá sacar de ellas. Pero el hilo conductor de mi carrera ha sido la luz. Me apasioné por los rayos láser. Son de colores brillantes y van directos a su blanco. En cuanto empecé a trabajar sobre ellos, pude encontrarles nuevas aplicaciones. Fue maravilloso. Lo que me interesaba al principio eran los láseres y no el cáncer.

**¿Es peligrosa la nanoquímica?**

Mucho me temo que sí. En primer lugar, porque todo lo que penetra con facilidad en cualquier parte del organismo es peligroso por definición. En segundo lugar, porque en el centro de las nanopartículas que hemos creado hasta ahora hay metales pesados. Si se producen "escapes", esas nanopartículas pueden fijarse en la hemoglobina u otras partes, y esto es peligroso en potencia. Con la ayuda de biólogos, estamos efectuando ensayos para averiguar la toxicidad de las moléculas y nos estamos esforzando por desarrollar las que resultan ser menos tóxicas. Estamos estudiando al mismo tiempo sus aplicaciones y su toxicidad.

© Micheline Pelletier  
para L'Oréal Corporate  
Foundation

*Puedo crear nuevos elementos en mi especialidad, la química, pero es indispensable una colaboración con otros científicos para comprobar su operatividad.*

**¿Dentro de cuánto tiempo, a su parecer, se podrá generalizar el uso de sus medicamentos?**

Hay que tener en cuenta diversas variables cuando se tiene previsto utilizar estos medicamentos con las personas. Los cancerólogos opinan que los rayos láser son caros y que su mantenimiento es difícil. Yo no puedo hacer todo. Puedo crear nuevos elementos en mi especialidad, la química, pero es indispensable una colaboración con otros científicos para comprobar su operatividad. En Sudáfrica, el Centro de Investigaciones Científicas e Industriales está efectuando ensayos preclínicos de mis productos. Además de esto, en Suiza, hay un equipo que ha elaborado un método de ensayo muy interesante con huevos embrionarios. Se inyecta el tinte en las venas, alrededor del embrión, y se evalúa su actividad.

**¿Tienen también aplicaciones ambientales sus investigaciones?**

Estas moléculas son verdaderamente mágicas porque pueden hacer cosas muy diferentes. Se pueden utilizar también para depurar el agua, sobre todo la que ha sido contaminada con plaguicidas. En los países africanos, a la gente no le queda más remedio que ir a buscar agua al campo y transportarla hasta el hogar. Así está la situación y tenemos que adaptarnos a ella. La luz se ha utilizado desde siempre para purificar el agua. Se sabe que destruye las bacterias, pero si metemos esas moléculas dentro del agua el proceso de depuración se acelera y los resultados obtenidos son menos tóxicos. Si se deja que la luz solar natural actúe de por sí sola,

se pueden formar moléculas peligrosas para el organismo. Al combinar este producto químico y la luz, conseguiremos resultados que no serán tóxicos para el ser humano. Nos estamos acercando ya al resultado final y acabamos de depositar la patente de la manipulación.

**¿Tiene el propósito de elaborar un producto industrial?**

Esa es mi misión. Desearía conseguir este objetivo en el ámbito de la lucha contra la contaminación, antes que en el de las aplicaciones médicas, porque con estas últimas todo es más complicado y largo debido al gran número de reglas que se deben respetar. Me gustaría lograrlo para mostrar a los jóvenes sudafricanos que pueden dedicarse a la ciencia y crear productos. Por hora, ni siquiera se imaginan que esto sea posible. Creen que todo viene de fuera.

**¿Pensaba dedicar su vida a la química cuando era más joven?**

¡En absoluto! No había ninguna mujer que me sirviera de modelo. Pero yo tenía muchas ambiciones y siempre pensé que llegaría a ser médico o dentista. Luego, mis profesores tuvieron un papel muy importante. En mi primer año de facultad [en Lesotho] tuve un profesor adjunto que pertenecía al Cuerpo de Paz de los Estados Unidos. Lograba que la química fuese una asignatura apasionante. Así descubrí mi vocación y la química me cautivó para siempre. Soy oriunda de Lesotho y la universidad me dio la oportunidad de cursar estudios de doctorado. Conseguí una beca para formarme en Canadá y

➔ Los láseres tienen múltiples aplicaciones en el campo de la ciencia. Aquí tenemos "Reflejos y gotas de agua", una ilustración del experimento "La fuente de láser gigante" del Laboratorio de Física de los Láseres del CNRS de Francia (Universidad de París 13). Este experimento permite comprender el funcionamiento de las fibras ópticas y demostrar a la vez los principios fundamentales de la óptica (véase el sitio web: <http://www.fontainelaser.fr>). © K. Penalba/INP-CNRS (Francia)



allí obtuve mi título de máster y sostuve mi tesis de doctorado. Ahora, hago lo mismo con los estudiantes. Tengo alumnos que vienen de universidades de toda África y otras partes del mundo a doctorarse conmigo.

**Primera mujer en ocupar el puesto que ahora desempeña en la Universidad de Rhodes, usted ha dicho que su motivación era "realizar lo imposible"...**

Es verdad, tuve muy poco apoyo y me costó mucho seguir adelante en mi carrera profesional. Muchas mujeres acaban renunciando por este motivo. Hay que estar un poco "loca" para hacer lo que yo hice. Por eso, me prometí a mí misma que ayudaría a las demás mujeres tanto como pudiera. No tienen mucha confianza en sí mismas. En cambio, yo no sé por qué los hombres sí que se sienten seguros de sí mismos, aunque digan insensateces.

**¿Cree usted que la época actual es propicia para las mujeres dedicadas a la ciencia en Sudáfrica?**

Sí, es un buen periodo. Tengo muchas alumnas y logro atraerlas, aunque a veces sea un tanto severa. A decir verdad, creo que la gente no sabe aprovechar suficientemente las oportunidades que se le presentan. Estamos en un país con buenas perspectivas. Sudáfrica es una nación emergente y un país del tercer mundo a la vez. Hay gente muy pobre que escarba las basuras para comer y otra que vive en la opulencia. Sin embargo, el país cuenta con infraestructuras suficientes y el gobierno ha decidido que no sólo va a luchar contra la pobreza, sino que va a desarrollar la ciencia y la tecnología. Habría que sacar partido de esto y trabajar encarnizadamente..., pero al parecer el trabajo encarnizado no goza de gran popularidad. Hay fondos para que nos podamos equipar y formar a más estudiantes. Por mi parte, siempre estoy postulando para obtener subvenciones y agarrarlas donde pueda. ■

**Tebello Nyokong**, tiene 59 años de edad y es profesora de farmacología y nanotecnologías en la Universidad de Rhodes (Sudáfrica), donde dirige el Centro de Innovación Nanotecnológica para Sensores, dependiente del Departamento Sudafricano de Ciencia y Tecnología y del Mintek. En 2009, fue una de las cinco científicas galardonadas con el Premio L'ORÉAL-UNESCO "La mujer y la ciencia", en representación de la región de África y los Estados Árabes. Ocupa el tercer puesto entre los científicos sudafricanos por el número de sus publicaciones.

# Velar por la salud del país

**Debido a la información esencial que proporciona sobre el espinoso problema de la contaminación del medio ambiente por metales pesados, la química desempeña un papel importante en la cadena de adopción de decisiones en Etiopía, país al que se debe la propuesta de proclamar 2011 Año Internacional de la Química.**

## Bhagwan Singh Chandravanshi



© DR

La contaminación de los productos alimentarios con metales pesados se ha convertido en un problema imposible de eludir en todo el mundo. La contaminación del agua, el aire y el suelo contribuye a la presencia de elementos nocivos –cadmio, plomo, mercurio y arsénico– en los productos alimentarios. El rápido desarrollo del sector industrial, la utilización creciente de productos químicos en la agricultura y el auge de las actividades urbanas son factores que originan la contaminación los alimentos.

En la naturaleza hay rastros, incluso ínfimos, de metales pesados. Para detectarlos, es necesario recurrir a métodos analíticos complejos que comprenden tres etapas: muestreo, tratamiento previo de las muestras y análisis. La selección de un método específico se basa en diferentes criterios: costo, sensibilidad o límite de detección, rapidez y disponibilidad de instrumentos. Las muestras analizadas pueden extraerse del agua o del suelo, y de peces, verduras, frutas y plantas como el khat, el té y el café.

Aunque los suelos cultivados contienen de forma natural metales pesados en cantidad escasa, estos últimos se vuelven tóxicos por la capacidad que tienen para acumularse en los organismos vivos. Al detectarlos, podemos determinar sus efectos nefastos no sólo en el desarrollo de las plantas, sino también en la salud de las personas.

Los trabajos de investigación que realizamos en Etiopía nos permiten evaluar los índices de presencia de metales pesados, así como informar a las autoridades gubernamentales y las poblaciones sobre sus posibles riesgos. Nuestros análisis han puesto de manifiesto que, por el momento, el índice de presencia de metales pesados es todavía relativamente bajo en Etiopía, aunque aumente de vez en cuando en relación con la actividad humana y sobrepase la proporción que se da normalmente en la naturaleza.

En resumidas cuentas, la química nos ayuda en la tarea de velar por la salud de nuestro país. ■

**Bhagwan Singh Chandravanshi** es profesor en el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Addis Abeba (Etiopía).



# Metales y plantas: aliados contra el cáncer

Anlong Xu

**Las nuevas quimioterapias del cáncer tienen por objetivo llegar a las células enfermas sin dañar las células sanas. Esto se dice fácilmente, pero lograrlo es muy difícil. Los investigadores están explorando diferentes pistas, teniendo incluso en cuenta las medicinas ancestrales. Una planta usada en la medicina china tradicional contra los tumores del aparato digestivo abre nuevas perspectivas a la terapéutica moderna.**

A pesar de los importantes adelantos en materia de prevención, diagnóstico y tratamiento, el cáncer sigue siendo una de las principales enfermedades mortales a escala mundial. Hasta el decenio de 1960, se trataba por medios quirúrgicos y con radioterapia, pero en los últimos cincuenta años la quimioterapia se ha convertido en una de las armas más poderosas para luchar contra esta enfermedad.


El primer medicamento antitumoral moderno, la mostaza nitrogenada, fue descubierto por casualidad durante la Segunda Guerra Mundial. Algunos investigadores se dieron cuenta accidentalmente que el gas mostaza –llamado así por su color amarillo y utilizado como arma química durante la Segunda Guerra Mundial– podía reducir la proporción de glóbulos blancos en la sangre. En 1942, Louis Goodman, Alfred Gilman y otros farmacólogos de Yale (Estados Unidos) lo utilizaron para tratar linfomas en estado avanzado y se percataron de que podía inducir la regresión de los tumores, si se administraba sistemáticamente. En 1949, la Administración Federal de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos autorizó la venta de la mostaza

nitrogenada, lo que impulsó la elaboración de numerosos medicamentos quimioterapéuticos para tratar diversos tipos de cánceres.

No obstante, esos medicamentos provocaban graves efectos secundarios y hasta principios del siglo XXI no dio comienzo una nueva era de la terapia molecular contra el cáncer. Los medicamentos de la nueva generación ya no se difunden por todo el cuerpo dañando a su paso las células sanas, sino que apuntan precisamente a los tejidos del organismo donde se hallan las células cancerosas.

## **Evitar daños colaterales**

Aunque la mayoría de los medicamentos utilizados para el tratamiento del cáncer son compuestos orgánicos, cabe señalar que también existen medicamentos a base de complejos metálicos. El uso de metales para tratar enfermedades data de tiempos remotos de la civilización humana. Hace 2.500 años, por ejemplo, los chinos ya sabían que el oro podía utilizarse con fines terapéuticos. En nuestra época, otro metal precioso, el platino, es la base de uno de los medicamentos anticancerosos más vendidos todavía en el mundo: el cisplatino.

 Fragmentos de células cancerosas.

© INSERM (Francia)/  
J. Valladeau

Su hallazgo se lo debemos al químico estadounidense Barnett Rosenberg y a sus colegas, que en 1965 descubrieron por un feliz azar su propiedad de impedir la proliferación de las células cancerosas.

Sin embargo, como en este caso los efectos secundarios resultaron ser nefastos una vez más, los investigadores trataron de elaborar medicamentos a base de otros metales como el rutenio. Gracias a la labor precursora llevada a cabo por Michael J. Clarke (Estados Unidos), Bernhard K. Keppler (Austria) y Peter J. Sadler (Reino Unido), el rutenio parece constituir una alternativa al platino especialmente interesante. Al igual que el hierro, puede vincularse a la transferrina, la proteína del suero sanguíneo que transporta el hierro hacia los órganos del cuerpo. En lugar de extenderse por todo el organismo se concentra en las zonas tumorales, atraído por las células cancerosas que cuentan en su superficie con receptores de transferrina entre 5 y 15 veces más numerosos que los de las células normales. De este modo, va directamente a la célula enferma y la destruye. Además de esta gran precisión –superior a la del platino–, algunos complejos de rutenio pueden inhibir las metástasis, impidiendo la extensión del cáncer a otras partes del cuerpo.

#### Una nueva estrategia

Ampliando el campo de las investigaciones sobre los complejos de rutenio, nuestro equipo científico ha demostrado recientemente que la combinación del rutenio con un ingrediente activo de la alhórgama (*Peganum harmala*), una planta de la familia de las rutáceas, puede abrir una nueva estrategia para elaborar medicamentos anticancerosos. En el pasado, la medicina china tradicional utilizaba las semillas molidas de esta planta como medicamento contra los tumores del aparato digestivo. Actualmente, algunos complejos químicos obtenidos mediante esta combinación de un metal y un vegetal consiguen impedir la proliferación de las células enfermas con mucha más eficacia que el cisplatino. Además, hemos comprobado que esos complejos pueden inducir simultáneamente una apoptosis y una autofagia citoprotectora en células cancerosas humanas. Que nosotros sepamos es la primera vez que se ha mostrado la existencia de esta doble acción.

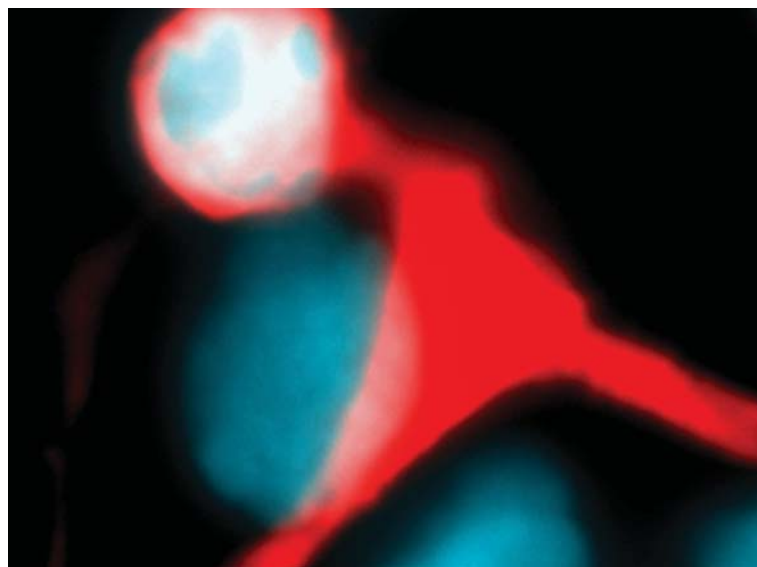
La apoptosis, llamada a veces “suicidio programado de las células”, es un proceso normal que desemboca en la muerte de determinadas células “desgastadas” en un momento dado. Ahora bien, en el caso de las células cancerosas, el funcionamiento de la apoptosis está trastornado, lo que explica su proliferación continua. Los trabajos de investigación oncológicos más recientes se centran, por lo tanto, en las moléculas que provocan el suicidio de las células cancerosas.

Por su parte, la autofagia, es decir, el hecho de las células se devoren a sí mismas, es un mecanismo que permite a la célula digerir una parte de su contenido para sobrevivir. Esta función es un arma de dos filos, porque puede permitir la supervivencia de las células sanas en detrimento de las enfermas –protegiendo el citoplasma– o, a la inversa, facilitar la supervivencia de las células enfermas en detrimento de las sanas.

Nuestros trabajos sobre las moléculas tienen por objeto activar la autofagia para destruir las células cancerosas que resisten a la apoptosis. Este nuevo enfoque del tratamiento del cáncer podría hacer más eficaz la lucha contra este flagelo de la humanidad.

Las estadísticas publicadas por el Instituto Nacional del Cáncer (NCI) de los Estados Unidos indican que la tasa de supervivencia de los enfermos de determinados tipos de cáncer aumentó considerablemente en los últimos decenios. Sin embargo, las tasas de remisión de otros tipos de esta enfermedad siguen siendo muy bajas. Por ejemplo, en el caso del cáncer de hígado sólo un 10% de los enfermos sobreviven más de cinco años. Según las estimaciones del Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIRC) de las Naciones Unidas, en 2008 fallecieron de cáncer unos 760 millones de personas en todo el mundo y en 2030 el número de fallecimientos podrá alcanzar la cifra de 1.320 millones. La guerra contra el cáncer no ha terminado todavía. ■

*Nuestros trabajos sobre las moléculas tienen por objeto activar la autofagia para destruir las células cancerosas que resisten a la apoptosis. Este nuevo enfoque del tratamiento del cáncer podría hacer más eficaz la lucha contra este flagelo de la humanidad.*



**Anlong Xu** es vicepresidente para investigación y desarrollo y profesor de inmunología y biología moleculares de la Universidad Sun Yat Sen (China). Además, es director del Laboratorio Principal Estatal de Biocontrol, miembro de la Comisión de Expertos en Nuevos Medicamentos de la Administración Estatal para Alimentos y Medicamentos, y miembro de la Comisión de Farmacopea de China.

🔬 Cultivo de células: neurona dopaminérgica en apoptosis.  
© INSERM (Francia)/P. Michel



# Primacía de la naturaleza

**Vanderlan da Silva Bolzani**

*En los últimos 40 años, la naturaleza ha suministrado la mitad de las sustancias químicas aprobadas por los organismos de reglamentación del mundo entero.*

La cosmovisión de los kallawayas, pueblo de herboristas y curanderos de los Andes bolivianos, fue inscrita en 2008 en la Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad.  
© UNESCO/J. Tubiana

Desde 1992, año en que se celebró la Cumbre para la Tierra en Río de Janeiro (Brasil), se ha venido planteando con intensidad creciente el problema del vínculo entre la explotación de los recursos de la naturaleza y los beneficios socioeconómicos de la bioprospección. El objetivo principal del Convenio sobre la Diversidad Biológica, adoptado en esa cumbre, es “la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos”. Sin embargo, la bioprospección –que consiste en hacer un inventario de los elementos constituyentes de la biodiversidad para garantizar su conservación, así como una explotación de los mismos compatible con el medio ambiente– ha sido constantemente desviada de su objetivo en provecho de sociedades industriales y comerciales que han ido patentando las sustancias inventariadas.

La 10ª Conferencia de las Partes en el Convenio, celebrada el pasado mes de octubre en Nagoya (Japón), va a modificar esta situación, porque adoptó de un protocolo jurídicamente vinculante sobre el reparto justo y equitativo de los

recursos genéticos. A partir de 2012, ese protocolo regirá las relaciones comerciales y científicas entre los países que poseen la mayoría de los materiales biológicos existentes, así como los conocimientos, a menudo ancestrales, inherentes a esos recursos, y los países que los utilizan con fines industriales. Podemos decir que se ha abierto una nueva página en la historia de la explotación de la extraordinaria riqueza química de los países denominados megadiversos.

La diversidad química es un componente esencial de la diversidad biológica. En efecto, los metabolitos secundarios –alcaloides, lignanos, terpenos, fenilpropanoides, látex, taninos, resinas y los varios miles de otras moléculas inventariadas hasta la fecha– que desempeñan funciones muy variadas en la vida de los vegetales, son elementos fundamentales para la creación de nuevos medicamentos.

Aunque el hombre vive en la era de la química combinatoria, del cribado a alta velocidad y de la ingeniería molecular, sigue extrayendo de la naturaleza las materias primas necesarias para muchos productos terapéuticos nuevos que tienen mucho éxito, tanto en los laboratorios como en el mercado. En los últimos 40 años, la naturaleza ha suministrado la mitad de las sustancias químicas aprobadas por los organismos de reglamentación del mundo entero. ■

**Vanderlan da Silva Bolzani** es profesora en el Instituto de Química de la Universidad Estatal Paulista (UNESP) de Araraquara (Brasil). Ejerció la presidencia de la Sociedad Brasileña de Química en el periodo 2008-2010.



# El boom farmacéutico indio

Entrevista de SUNIL MANI con Shiraz Sidhva, corresponsal del Correo de la UNESCO en la India

**En el lapso de tres decenios, la India ha llegado a ser la tercera productora mundial de fármacos. Prácticamente autosuficiente en medicamentos, este país ocupa, además, el primer puesto mundial por el número de fábricas aprobadas por la Administración Federal de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos. Su industria farmacéutica, especializada en la fabricación de productos genéricos a precios imbatibles, cuenta con unos 5.000 fabricantes y da empleo a 340.000 personas. ¿Cuál es la clave de este tremendo éxito y cuál es el reverso de la medalla?**

**¿Cómo se explica el fenomenal desarrollo de la industria farmacéutica india, que en pocos años se ha convertido en un modelo de producción de medicamentos genéricos de bajo costo y alta calidad?**

Las empresas farmacéuticas no sólo se sitúan en primera fila de las industrias científicas de la India, sino que además han adquirido vastos conocimientos teóricos y prácticos en el complejo ámbito de la fabricación y tecnología de los medicamentos. Su volumen de negocios, que en 1980 se cifró en la módica suma de 300 millones de dólares, ascendió a 19.000 millones de dólares en 2008. Después de los Estados Unidos y el Japón, la India es la tercera potencia del mundo por el volumen de medicamentos producidos y su cuota de mercado en el comercio farmacéutico mundial se cifra en un 10%. Sin embargo, en valor de producción sólo ocupa el decimocuarto puesto mundial y su cuota de mercado asciende a 1,5%.

Los factores que han contribuido a este descomunal crecimiento son de diversa índole. En 1970, el gobierno hizo aprobar una ley de patentes que redujo el poder de las empresas multinacionales extranjeras, dominantes en el mercado desde 1947, año de la independencia. Esta política que, por un lado, favorecía el derecho de propiedad intelectual y, por otro lado, no reconocía las patentes internacionales relativas a los productos farmacéuticos, impulsó a los fabricantes indios a dedicarse a la imitación de medicamentos conocidos y a comercializarlos a precios imbatibles.



**Sunil Mani** es Presidente de la Comisión de Planificación de la Economía del Desarrollo en el Centro de Estudios sobre el Desarrollo de Trivandrum (India). Es uno de los autores del Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010.

© UNESCO/M. Ravassard



*Los industriales indios se beneficiaron de un largo periodo de aprendizaje anterior que les permitió dominar a fondo la "ingeniería inversa"*

Los industriales indios se beneficiaron de un largo periodo de aprendizaje anterior que les permitió dominar a fondo la "ingeniería inversa" –esto es, la copia de medicamentos patentados en el extranjero– y el desarrollo de tecnologías a nivel local con una gran eficacia en función del costo.

Otro factor estimulante del crecimiento de la industria farmacéutica ha sido la formación masiva de científicos. En la enseñanza superior de la India se da un claro predominio de las ciencias de la vida con respecto a la ingeniería o la tecnología. En los decenios de 1970 y 1980, e incluso en el de 1990, por cada ocho graduados en ciencias sólo había un titulado en ingeniería. De ahí la ventaja que la India ha llegado a sacar a otros países en algunos sectores científicos como el de la fabricación de medicamentos.

Asimismo, el Estado indio subvencionó la investigación y otorgó desgravaciones fiscales para fomentar la creación de infraestructuras de investigación.

***En 2005, la India renunció a su política proteccionista y modificó la legislación sobre patentes, ateniéndose al Acuerdo sobre los derechos de propiedad intelectual (ADPIC) de la Organización Mundial del Comercio, ¿cómo se adaptó la industria farmacéutica a ese cambio? ¿Sigue apostando ésta por el desarrollo de las exportaciones, cuando el mercado interno se ha multiplicado por dos en el lapso de un decenio?***

Una gran parte del crecimiento de la industria farmacéutica de la India se basa en las exportaciones, que aumentaron en casi un 22% entre 2003 y 2008. Actualmente, la India exporta

medicamentos intermedios, a granel o acabados, y también principios activos, productos biofarmacéuticos y servicios clínicos. En 2008 sus cinco clientes principales, por orden de importancia, eran los Estados Unidos, Alemania, Rusia, el Reino Unido y China.

La industria cuenta actualmente con 5.000 fabricantes indios y extranjeros bajo licencia, que emplean directamente a 340.000 personas. Fabrica predominantemente formulaciones farmacéuticas –mezclas de sustancias químicas necesarias para elaborar medicamentos– y principios farmacéuticos activos.

La India es prácticamente autosuficiente en medicamentos, como lo demuestra el saldo cada vez más positivo de la balanza comercial de este sector. La industria farmacéutica es una de las más innovadoras del país, tanto por la importancia de su investigación y desarrollo (ID) como por el número de patentes registradas a nivel nacional y en el extranjero. Su dinamismo es especialmente importante en el mercado de los medicamentos genéricos, incluidas las exportaciones a países desarrollados.

En 2007 y 2008, el 25% de las peticiones de aprobación rápida de medicamentos genéricos para el mercado norteamericano, así como un porcentaje casi igual de los expedientes de comercialización presentados a la Administración Federal de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos, emanaban de la industria farmacéutica india. Además, la India es el país del mundo que cuenta con un mayor número de plantas de producción de medicamentos aprobadas por la FDA.

**G** Fabricación de medicamentos con ropa protectora en la India, país que se ha convertido en uno de los líderes mundiales de la industria farmacéutica  
© Sinopictures/dinodia/  
Specialist Stock

**Algunos fabricantes indios que ayer se situaban en cabeza de la elaboración de medicamentos genéricos, parecen hoy deseosos de elaborar nuevos medicamentos en vez de copias. ¿Están preparadas las empresas nacionales para lanzar al mercado productos totalmente creados en la India?**

Va ser muy difícil. Los costos de lanzamiento de un nuevo producto se elevan a veces a miles de millones dólares. Además, es necesario atenerse a la reglamentación nacional vigente que, sin ser tan drástica como la estadounidense, no por ello deja de ser menos compleja. Se debe tener en cuenta que un medicamento está destinado al uso de seres humanos y, por lo tanto, es preciso efectuar pruebas clínicas con un costo prohibitivo y con índices de fracaso sumamente altos. Para crear un medicamento hacen falta por lo menos nueve o diez años. En la India ya se han hecho descubrimientos a pequeña escala, pero para poder innovar a nivel mundial habrá que esperar. Además, es poco probable que esto pueda hacerse a gran escala porque se necesitan inversiones masivas en ID, que la mayoría de las firmas indias no pueden permitirse el lujo de realizar.

**Desde hace poco tiempo la India se está convirtiendo en un eje de la ID farmacéutica y está registrando una creciente demanda de pruebas clínicas solicitadas por firmas extranjeras. ¿Puede explicarnos esto?**

Este fenómeno es una de las consecuencias de la capacidad de innovación mostrada por la industria farmacéutica india. El país se ha convertido en un punto de destino apreciado para la realización de pruebas clínicas, la fabricación por contrato y la deslocalización de la ID. Estas capacidades son muy prometedoras para la industria nacional porque se estima que, de aquí a 2012, van a perder sus patentes en los Estados Unidos toda una serie de medicamentos cuyo valor comercial se cifra en 103.000 millones de dólares. Por otra parte se prevé que, de aquí a 2015, el valor del mercado mundial de la fabricación por contrato de medicamentos recetados pasará de 26.000 a 44.000 millones de dólares.

En la India, las pruebas clínicas son mucho menos onerosas que en los países occidentales. Por otra parte, abundan mucho los pacientes “ingenuos” –esto es, los que nunca han sido sometidos a tratamiento alguno – y las pruebas clínicas dan resultados mucho mejores con este tipo de usuarios primarios. El tercer factor es la disponibilidad de médicos altamente calificados para llevar a cabo esas pruebas. Otra ventaja es que estos profesionales son anglófonos en su gran mayoría, debido a que en la India la mayor parte de la enseñanza superior se imparte en inglés. Además, la duración de las pruebas clínicas es mucho más corta porque es más fácil obtener el consentimiento de los pacientes.

**Para los países en desarrollo, la India es uno de los principales proveedores de antibióticos y medicamentos para tratar el cáncer y el sida a precios relativamente abordables. ¿Qué impacto tienen los medicamentos genéricos de fabricación nacional en la atención médico-sanitaria en el mundo y en la propia India?**

Es difícil evaluarlo porque la industria farmacéutica nacional se centra sobre todo en las exportaciones a otras naciones en desarrollo, o a países occidentales. Las empresas indias de fabricación de fármacos han desempeñado un papel muy importante en la baja espectacular del precio de los medicamentos antirretrovirales, haciendo así más abordables los tratamientos contra el sida. Esta ha sido una de las principales contribuciones de la industria farmacéutica india a la salud en estos últimos años, tanto en su propio país como en el resto del mundo.

Sin embargo, al centrarse prioritariamente en las exportaciones, los industriales indios no han prestado suficiente atención a la fabricación de medicamentos contra las enfermedades llamadas “ignoradas”, como la malaria o la tuberculosis. A los fabricantes occidentales no les interesan estas enfermedades porque representan mercados exiguos, y también porque sus víctimas suelen ser poblaciones pobres que no pueden pagar los tratamientos. Las medicinas contra esas enfermedades no producen beneficios financieros importantes y, por lo tanto, se dejan de lado. Las firmas farmacéuticas indias comparten este modo de pensar y por eso ninguna de ellas cuenta con proyectos fiables de ID para fabricar medicamentos destinados a contrarrestar esta clase de dolencias. ■

*En la India, las pruebas clínicas son mucho menos onerosas que en los países occidentales. Por otra parte, abundan mucho los pacientes “ingenuos” –esto es, los que nunca han sido sometidos a tratamiento alguno – y las pruebas clínicas dan resultados mucho mejores con este tipo de usuarios primarios.*



# Algas bienhechoras

Vicki Gardiner

Poco después de que se descubriera el sitio arqueológico de Monte Verde (Chile) en 1977, se encontraron restos de nueve algas diferentes en la choza de un curandero que vivió en ese lugar unos 14.000 años antes. A 17.000 kilómetros de las costas chilenas, en el archipiélago japonés de Okinawa sus habitantes consumen en gran cantidad, desde la más remota antigüedad, algas pardas que contienen fucoídán, una sustancia muy rica en polisacáridos sulfatados (azúcares naturales).

En los últimos treinta años, los trabajos de investigación sobre el fucoídán y otros polisacáridos marinos han dado lugar a la publicación de unos 800 artículos científicos que confirman lo que los japoneses sabían desde siglos atrás: esa sustancia es un potente antiinflamatorio y anticoagulante, que inhibe además la presencia de determinados virus y mejora el sistema inmunitario humano. Algunas investigaciones recientes sobre un nuevo medicamento a base de fucoídán han puesto de manifiesto otra propiedad suya desconocida hasta ahora: la reducción de los síntomas de la artritis ósea de la rodilla.

Hoy en día, muchos preparados médicos y suplementos nutricionales contienen algas o extractos de éstas. El extracto obtenido de las algas pardas kelp, una vez secadas y molidas, se utiliza por su rico contenido en yodo, mientras que el alginato y el agar-agar, extraído de algas rojas, se usan por sus propiedades gelatinosas. El agar-agar tiene efectos laxativos y sirve de medio de cultivo en microbiología para detectar agentes infecciosos,

*Algunas investigaciones recientes sobre un nuevo medicamento a base de fucoídán han puesto de manifiesto otra propiedad suya desconocida hasta ahora: la reducción de los síntomas de la artritis ósea de la rodilla.*

📖 El "wakame" o helecho marino es un alga comestible muy consumida en Japón.  
© Ian Wallace

mientras que las sales de alginato forman geles que se utilizan en los parches curativos para encapsular los medicamentos y difundirlos lentamente en el cuerpo. Estas sales se utilizan también en apósitos para absorber las secreciones de las heridas.

Los extractos de algas marinas, como el fucoídán, encierran un potencial considerable en lo que se refiere a la elaboración de nuevos nutracéuticos (alimentos con propiedades medicinales) y productos farmacéuticos comercializables. Sin embargo, uno de los problemas más importantes que se plantean para su uso en el futuro es el del aprovisionamiento en algas de alta calidad. La disminución de la calidad del agua del mar como consecuencia de la industrialización rápida, hace que sea cada vez más difícil encontrar algas con una baja concentración de elementos tóxicos, como metales pesados, por ejemplo. Otro problema importante es el de la utilización de este recurso del mar sin alterar el medio ambiente, a fin de preservar la biodiversidad del ecosistema marino. ■

**Vicki Gardiner** es miembro de la Academia de Ciencias de Australia y Secretaria General Honoraria del Real Instituto Australiano de Química (RACI). Dirige el departamento de innovación y creación de productos de la firma Marinova Pty Ltd. y coordina las actividades del Año Internacional de la Química en el RACI.



# La química muda de color

Aunque se le debe una gran parte de las innovaciones que han contribuido a mejorar el bienestar de la humanidad, la química sigue causando a veces cierto espanto entre el público. Muchos la relacionan con las humaredas de color negro de las chimeneas fabriles. De hecho, su reputación se vio manchada en el pasado por toda una serie de catástrofes industriales, efectos tóxicos de los plaguicidas y escándalos de la industria farmacéutica, que llegaron a veces a ocultar sus aspectos sumamente positivos.

Ahora, sin embargo, las soluciones a la contaminación química emanan de la química misma. En estos últimos veinte años, los investigadores universitarios y los ingenieros químicos del sector industrial compiten en ingenio tratando de encontrar medios para contrarrestar el cambio climático y el deterioro del medio ambiente. La química "verde" va viento en popa, tanto en los países occidentales como en las naciones emergentes o en desarrollo. Buena prueba de ello son los testimonios entusiastas que nos han llegado de estudiantes de diferentes partes del mundo. Son representativos de una juventud que, después de haber ignorado la química, está volviendo a cobrar interés por ella para reinventarla.



# Cómo inutilizar las bombas para aerosoles

**Jes Andersen**  
periodista danés

**La química de los gases industriales ha tropezado sucesivamente con el problema del ozono y el del calentamiento climático. Los trabajos de investigación se han centrado en la elaboración de compuestos cada vez menos peligrosos. En el último decenio, esta especialidad de la química ha logrado que el potencial de calentamiento global de los gases usados en los aerosoles, refrigeradores y climatizadores sea 350 veces menor. Estos y otros aspectos se abordan en el presente resumen de un encuentro con Ole John Nielsen, de la Universidad de Copenhague (Dinamarca).**


Todos los que usaban un pulverizador en 1973 estaban asesinando a la Tierra poco a poco..., sin saberlo. Un año después se enteraron de ello, cuando Mario Molina y F. Sherwood Roland, dos químicos galardonados más tarde, en 1995, con el Premio Nobel de Química, descubrieron que el gas utilizado en los aerosoles, el freón, destruía la capa de ozono.

Desde entonces, la previsión de los efectos de los productos químicos en la atmósfera se convirtió en una afición apasionada para Ole John Nielsen, un joven estudiante de aquella época que, con el correr del tiempo, llegó a ser profesor de la Universidad de Copenhague, miembro del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (GIEC) y "adivinator" de las futuras repercusiones de los fenómenos químicos.

Nielsen recuerda: "Decían que los clorofluorocarbonatos (CFC) iban a destruir la capa de ozono que protege al planeta contra las radiaciones ultravioleta, y que el aumento de éstas iba a provocar cánceres... En resumen, anunciaban poco más o menos una especie de apocalipsis. Yo era entonces un joven e ingenuo estudiante y, espontáneamente, me interesé por esos compuestos químicos y sus repercusiones en la atmósfera".

En 1974 era una novedad la hipótesis de que las actividades humanas podían dañar la atmósfera terrestre, pero a mediados del decenio siguiente se confirmó: los CFC estaban destruyendo lentamente la capa de ozono en la región del Antártico.

Como los CFC se utilizaban también en los climatizadores y refrigeradores para producir frío, a

 *Los efectos nocivos del freón, gas utilizado en las bombas para aerosoles, sólo se descubrieron en 1970.*  
© iStockphoto.com/Franck Boston

*En 1974 era una novedad la hipótesis de que las actividades humanas podían dañar la atmósfera terrestre, pero a mediados del decenio siguiente se confirmó.*

lo largo de los años se habían ido evacuando hacia la atmósfera millones de toneladas de CFC. "Por ese entonces, no se planteaba la cuestión de saber qué iba a pasar con esos compuestos, ni cuáles podrían ser sus efectos", dice Ole John Nielsen.

Sin embargo, la cuestión de los aerosoles dio que pensar a los responsables del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y este organismo se dispuso a actuar para taponar, por así decir, todas las espitas que emitían esas sustancias. Los esfuerzos del PNUMA culminaron el 16 de septiembre de 1987, fecha en que se abrió a la firma el Protocolo de Montreal relativo las sustancias que empobrecen la capa de ozono. Este tratado internacional, ratificado hasta la fecha por 196 Estados, declaraba en esencia que se debían prohibir todos los compuestos químicos peligrosos para la capa de ozono. Los CFC estaban condenados a desaparecer.

En esa época, Ole John Nielsen era ya un reputado especialista en química de la atmósfera y se preparaba a luchar contra las sustancias devoradoras de ozono. En un año, él y su equipo de investigadores publicaron unos 25 artículos científicos sobre este tema. Por eso, no fue ninguna sorpresa que los industriales se pusieran en contacto con ellos para pedirles que ensayaran un nuevo compuesto químico susceptible de reemplazar a los CFC. "Éramos las personas más indicadas, teníamos las competencias requeridas y era el momento adecuado para ese ensayo", dice Nielsen.

Ese compuesto era un hidrofluorocarbonato denominado HFC 134a. En efecto, había menos probabilidades de que esa sustancia representara un peligro para la capa de ozono y, al final, el ensayo fue concluyente: no era en absoluto peligrosa. Así, a partir de 1994 los CFC se fueron sustituyendo por el HFC 134a en la mayoría de sus aplicaciones. Entonces, el profesor Nielsen estimó que lo mejor sería buscar un nuevo ámbito para sus investigaciones.

Sin embargo, el científico danés, lejos de colgar definitivamente los guantes, prosiguió su combate

en defensa de la atmósfera, porque el compuesto químico que había certificado como inocuo para la capa de ozono entrañaba otro peligro para nuestro planeta...

En efecto, se pudo comprobar que el HFC 134a aprisionaba las radiaciones infrarrojas en la Tierra, provocando así un efecto de invernadero. Se descubrió que el potencial de calentamiento global (PCG) de este compuesto inofensivo para la capa de ozono era 1.400 veces mayor que el del CO<sub>2</sub>.

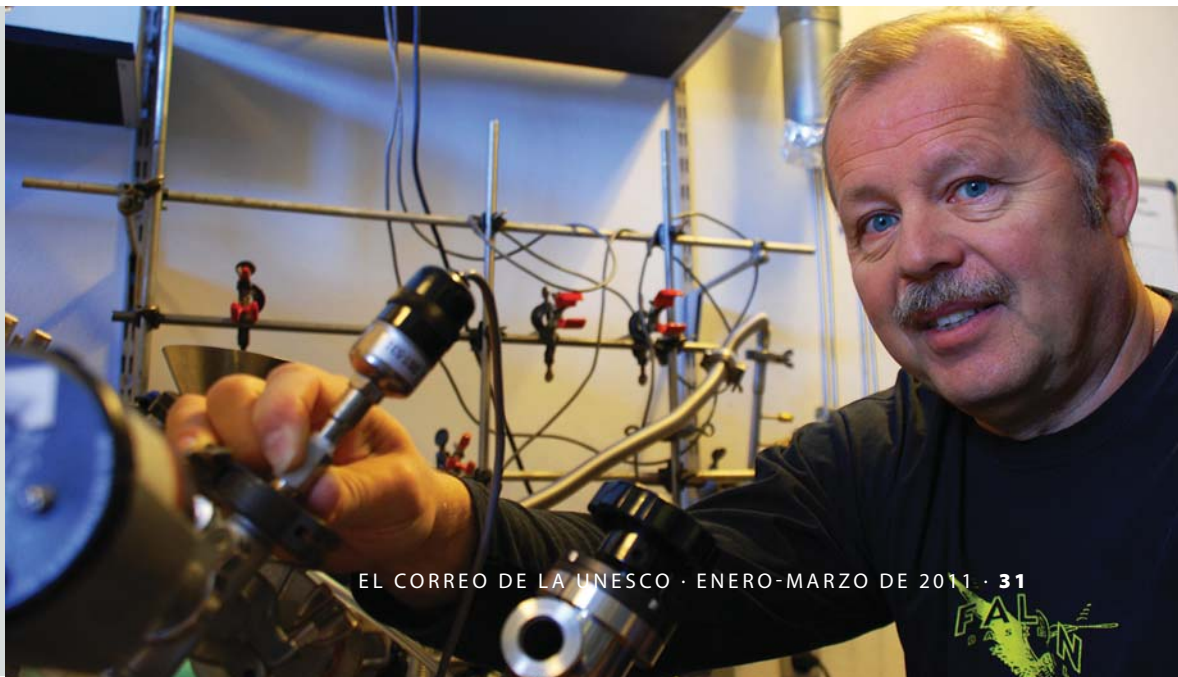
En vista de ello, la industria química se mostró receptiva a la idea de ensayar y utilizar un refrigerante mejor. "A lo largo de mi vida, he sido testigo de un cambio de actitud radical. Ahora, cuando se quiere producir un compuesto químico en grandes cantidades se pide el dictamen de los especialistas sobre los posibles efectos de su emisión en la atmósfera. Esto no siempre ocurría así anteriormente. Evidentemente, hoy en día tenemos legislaciones que persiguen a los que causan daños al medio ambiente, pero es obvio que la industria química, sobre todo las grandes empresas de este sector, actúan hoy con mucha más responsabilidad", dice Nielsen.

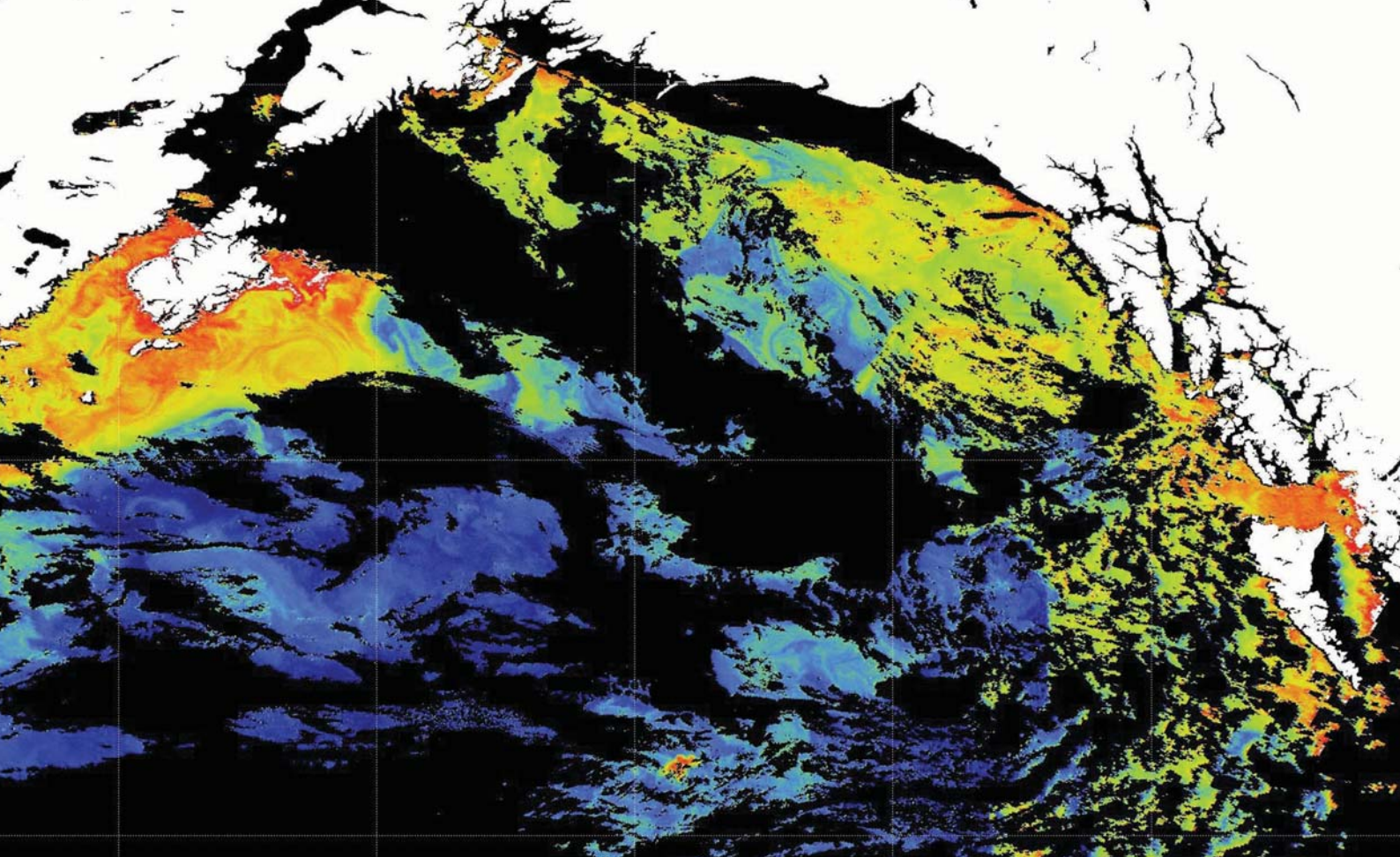
A partir de 2011, en Europa se tendrán que utilizar sistemas de climatización para automóviles dotados de refrigerantes con un PCG inferior a 150. Para sustituir el HFC 134a, cuyo PCG se cifra en 1.400, Nielsen y su equipo han ensayado un nuevo compuesto llamado HFO-1234yf que permitirá a los fabricantes de automóviles cumplir con las normas europeas, ya que su PCG asciende a 4 solamente.

La próxima etapa, según Nielsen, será examinar los biocombustibles. Es posible que el etanol y el butanol no tengan un efecto de calentamiento climático, pero a lo mejor podrían generar en la atmósfera productos nocivos para la salud humana. El científico estima que "si los biocombustibles llegan a reemplazar a la gasolina y el diésel, tenemos que averiguar cuál será su impacto en la atmósfera, antes de utilizarlos, y esa averiguación es necesaria para cualquier compuesto químico que se emita en la naturaleza". ■

**Ole John Nielsen,** profesor de la Universidad de Copenhague y especialista en química de la atmósfera, es miembro del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (GIEC), organismo que fue recompensado con el Premio Nobel de la Paz en 2007.

© Jes Andersen





# Calentamiento climático: el Plan B

La geoingeniería va viento en popa en el seno de la comunidad científica. Limitar el impacto del calentamiento climático mediante la manipulación del medio ambiente es una idea con múltiples ramificaciones desarrollada por un número creciente de químicos y físicos de gran autoridad, como el norteamericano Klaus Lackner, el australiano Ian Jones, el británico James Lovelock y el holandés Paul Crutzen, entre otros.

Todos ellos esperan que los progresos de la investigación nos permitirán encontrar nuevas fuentes de energía para poder frenar el calentamiento climático. Entretanto, están trabajando sobre lo que ahora se llama el "Plan B". Hay dos soluciones alternativas para salvaguardar el clima de la Tierra que gozan de la preferencia de los científicos: la primera consiste en capturar el CO<sub>2</sub> para disminuir las concentraciones de gases con efecto de invernadero, dopando los árboles con nitrógeno, plantando árboles sintéticos, fertilizando los océanos con hierro o recubriendo sus fondos con cal; la segunda tiene por objeto desviar una parte de las radiaciones solares mediante un quitasol gigantesco formado por miles de millones de pequeños discos de vidrio, o mediante una capa protectora formada por partículas de sulfato o de sal procedente de los océanos.

El primero de estos enfoques entraña menos riesgos y es mucho más lento en producir resultados, mientras que el segundo es mucho más rápido, pero se considera demasiado arriesgado. Los costos de ambos son muy altos y su eficacia es limitada.

Observación de un desarrollo de fitoplancton inducido por una aportación de hierro en el Océano Pacífico, frente a las costas del Golfo de Alaska, en el verano de verano de 2002. En esta imagen vía satélite del programa "Ocean Color", el color azul indica la presencia de una cantidad baja de fitoplancton; y la gama de colores más cálidos, que va del verde al rojo, señala la existencia de cantidades cada vez más elevadas.

© Foto reproducida con la amable autorización de Jim Gower (IOS, Canadá)/NASA/Orbimage

## Hierro contra la anemia del mar

Philip W. Boyd

El hierro es uno de los principales elementos de nutrición del fitoplancton, esto es, las algas microscópicas que viven en la superficie de las aguas del mar. El hierro propicia la proliferación de esos microorganismos, que se desarrollan asimilando el gas carbónico (CO<sub>2</sub>), disuelto en el agua mediante la fotosíntesis, y mueren arrastrando consigo dicho gas al fondo del mar. Este proceso natural recibe el nombre de "bombeo biológico" del carbono.

Para capturar duraderamente una parte del gas carbónico (CO<sub>2</sub>) que las actividades humanas vienen emitiendo hacia la atmósfera desde los comienzos de la era industrial y limitar así el calentamiento de la Tierra, los partidarios de la fertilización propugnan que se viertan en los océanos cantidades masivas de micropartículas de hierro.

¿Por qué? Porque el fitoplancton sufre de anemia. Aunque el hierro es el cuarto elemento más abundante de la corteza terrestre, escasea mucho en las zonas de alta mar por hallarse éstas demasiado alejadas de las costas y no



recibir en cantidad suficiente el aporte férrico proporcionado los ríos. Con las células de las algas microscópicas ocurre lo mismo que con las de los seres humanos, funcionan mal cuando están anémicas. Por microscópicas que sean, esas algas ocupan vastísimas extensiones de la superficie oceánica y su anemia colectiva tiene repercusiones planetarias, sobre todo en el clima. En efecto, el fitoplancton marino produce más oxígeno que todos los bosques del mundo juntos, cuando goza de buena salud.

De ahí que a algunos les haya venido a la mente la idea de que el hombre fertilice determinadas regiones oceánicas con partículas ferrosas para fomentar la producción de fitoplancton. Pero, bien es sabido que, a veces, de la mano a la boca se pierde la sopa...

Hoy en día, un número cada vez mayor de expertos científicos ponen en tela de juicio el buen fundamento de añadir hierro a los mares del planeta para absorber las emisiones de CO<sub>2</sub> y señalan que esta estrategia, lejos de limitarse a reproducir la obra de la naturaleza, puede acarrear una serie de efectos secundarios. La "siembra" de hierro en el mar podría privar de oxígeno a vastas zonas submarinas, aumentando su acidez y restándoles oxígeno, al hundirse las algas en el fondo del océano y descomponerse por la acción de la fauna microbiana marina. También propiciaría la proliferación de algas tóxicas en las aguas superficiales.

Fertilizar artificialmente los océanos con la esperanza de poner término al aumento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera es, por consiguiente, una empresa sumamente arriesgada. Además, su costo parece ser tan alto como el de muchos otros proyectos elaborados por firmas de geoingeniería, que se caracterizan por no poner en peligro los recursos marinos. Para capturar el CO<sub>2</sub>, algunos preconizan, por ejemplo, la plantación de "árboles sintéticos" compuestos por un pilar y una estructura equivalente a la de las ramas y las hojas. ■

**Philip W. Boyd** es profesor de biogeoquímica marina en el Instituto Nacional de Investigaciones sobre el Agua y la Atmósfera de Nueva Zelanda y en el Centro de Oceanografía Química y Física de la Universidad de Otago, situada en la ciudad neozelandesa de Dunedin.

## Árboles sintéticos

*Encuentro con Klaus Lackner*  
Katerina Markelova

Entre las soluciones propuestas para capturar el CO<sub>2</sub> y disminuir la concentración de gases con efecto de invernadero, la que goza de mayor favor es la instalación de depuradores de CO<sub>2</sub> o árboles sintéticos. Concebido por Klaus Lackner, geofísico y profesor de la Universidad de Columbia (Estados Unidos), este sistema de depuración del CO<sub>2</sub>, que se halla todavía en la fase de prototipo, podría filtrar el aire de la misma manera que un árbol natural, pero con una capacidad mucho mayor. "Un depurador de CO<sub>2</sub> del mismo tamaño que un molino de viento puede extraer del aire mucho más dióxido de carbono que la cantidad de este gas que se evita producir con un molino de ese tipo", explica el inventor del método.

Fue su hija la que le inspiró la idea: "Corría el año 1998... Clara había trabajado en un proyecto que le había permitido demostrar que se puede extraer el dióxido de carbono de la atmósfera". En efecto, en una sola noche consiguió recuperar la mitad del CO<sub>2</sub> contenido en el aire de una habitación.

Sobre la base de esta experiencia, Klaus Lackner construyó un "aspirador" que, instalado en zonas de viento, absorbe y filtra el aire cargado de CO<sub>2</sub> y lo suelta purificado en la atmósfera. El elemento decisivo de este método de purificación es la soda cáustica. Cuando ésta entra en contacto con el dióxido de carbono se transforma en una solución líquida de bicarbonato de sodio. Luego, ese líquido se comprime para transformarlo en un gas muy concentrado que se puede almacenar en la roca porosa de los fondos marinos. Al ser más denso que el agua, el gas no puede salir a la superficie y queda así capturado por los siglos de los siglos.

Según el profesor Lackner, en una primera etapa sería necesario "retirar una cierta cantidad de CO<sub>2</sub> del aire y, si el procedimiento resulta rentable, se podrían contrarrestar las emisiones de dióxido de carbono producidas por los automóviles y los aviones. Luego, si se demuestra que esta tecnología, combinada con otras semejantes, consigue frenar el aumento de los índices de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, se podría empezar a capturar cantidades

mayores de aire y reducir el nivel de CO<sub>2</sub>".

Los árboles sintéticos pueden aportar un elemento positivo a las negociaciones internacionales sobre las emisiones de dióxido de carbono, porque permiten las importaciones y exportaciones de CO<sub>2</sub> entre países. "En efecto, la captura de aire permite separar fuentes de emisión y pozos de carbono", dice Klaus Lackner. "También nos permite imaginar un mundo en el que se traten todas las emisiones de CO<sub>2</sub>, sin dejar de lado las provocadas por los automóviles y los aviones", añade.

Actualmente, esta tecnología resulta tan cara "como fabricar un automóvil manualmente", según dice el propio Klaus Lackner. Pese a todo, el geofísico se siente optimista en lo que se refiere a las posibilidades de reducir los costos. De todas maneras, los árboles artificiales no son una solución milagrosa. Lackner admite que "en la fase de compresión es cuando más cantidad de energía se consume, ya que un 20% del volumen de CO<sub>2</sub> capturado por un árbol sintético vuelve a la atmósfera debido a la energía eléctrica que se necesita producir para transformar el bicarbonato de sodio en gas".

La técnica propuesta por Klaus Lackner forma parte de las soluciones a largo plazo. "Su aplicación necesita tiempo y una decidida voluntad de llevarla a cabo", dice este geofísico, al mismo tiempo que preconiza el recurso a energías alternativas en estos términos "El hecho de que exista un depurador de CO<sub>2</sub> no significa que tengamos que seguir generando contaminación". ■



La idea de crear árboles sintéticos de Klaus Lackner se ha inspirado en la gran capacidad de los vegetales para filtrar el aire, absorbiendo el CO<sub>2</sub>.

© UNESCO/Linda Shen

## Venus en ayuda de la Tierra

Jasmina Šopova

¿Tiene Venus la clave para luchar con eficacia contra el cambio climático? En un comunicado fechado el 5 de noviembre de 2010, el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNRS) de Francia anunció que un equipo internacional de investigadores acababa de localizar una capa de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en la alta atmósfera de Venus. En el comunicado se dice que “el SO<sub>2</sub> interesa especialmente al equipo, porque este gas podría servir para enfriar la Tierra mediante un procedimiento de geoingeniería propuesto por Paul Crutzen, Premio Nobel de Química (1995)”.

En efecto, hace cinco años este célebre químico holandés había preconizado, en caso de calentamiento acelerado del clima, una solución de urgencia consistente en desparramar en la estratosfera un millón de toneladas de azufre que, mediante un proceso químico

natural, se transformaría en dióxido de azufre primero, y en partículas de sulfato después. Estas partículas refractarían los rayos solares y permitirían así reducir la temperatura media de la Tierra. Esa idea de Crutzen se inspiraba en los trabajos realizados en el decenio de 1970 por el climatólogo ruso Mijail Budyko, y también en las consecuencias de la erupción del volcán filipino Pinatubo, sobrevinida en 1991: los diez millones de toneladas de azufre arrojadas por el volcán a la atmósfera hicieron que temperatura media de la Tierra disminuyese en medio grado centígrado al año siguiente.

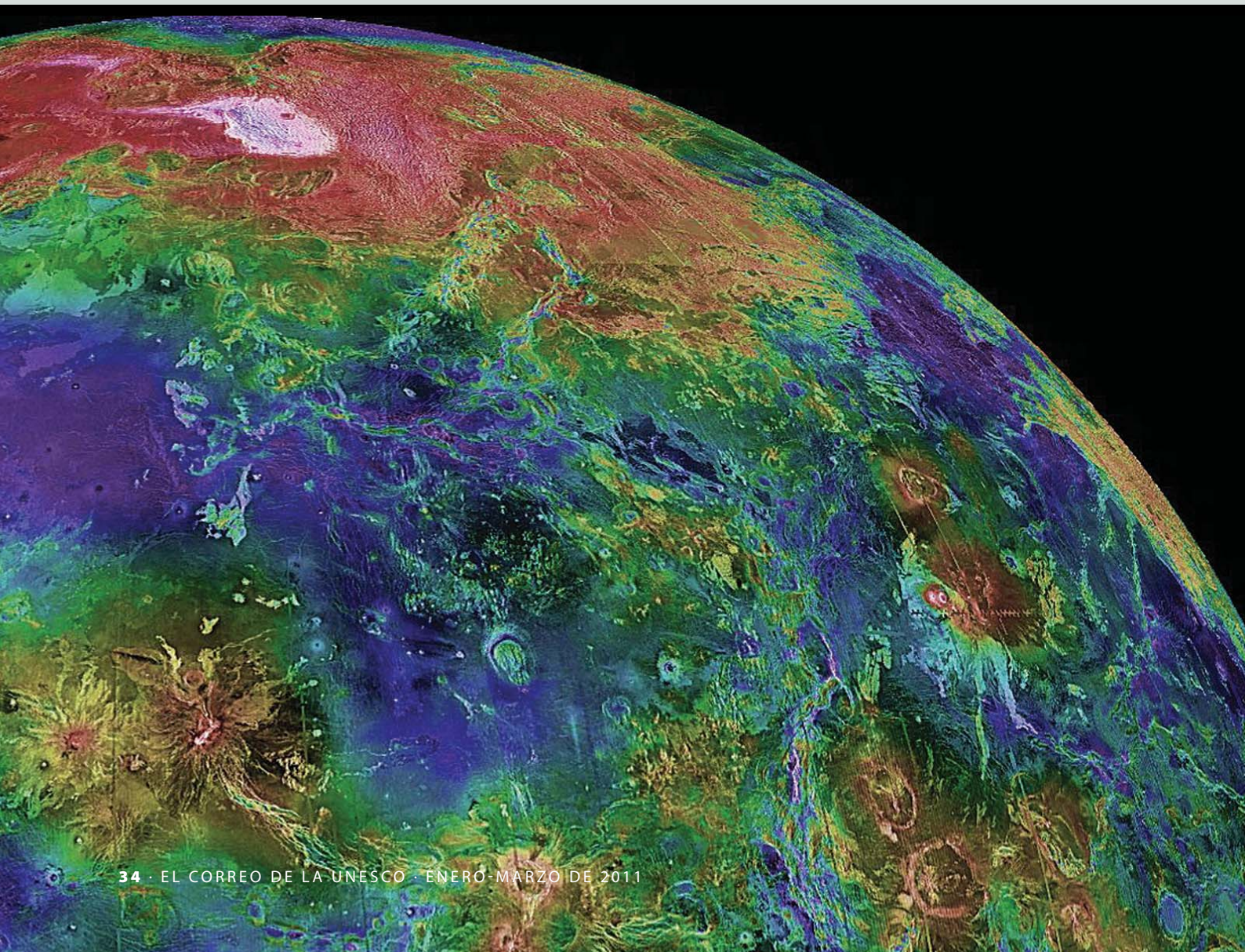
Xi Zhang, director de las operaciones informáticas de simulación que han confirmado la presencia de SO<sub>2</sub> en la alta atmósfera de Venus, afirma que las aplicaciones de este descubrimiento a la manipulación del clima no son de su competencia. Sin embargo, en un artículo publicado con su equipo el 31 de octubre de 2010 en la revista *Nature Geoscience*, este investigador del Instituto de Tecnología de California no descarta esa

posibilidad. En las conclusiones de ese artículo se dice: “Habida cuenta del alto grado de similitud que se da entre la capa superior de bruma de Venus y la capa de sulfato de la estratosfera terrestre (capa de Junge), que constituye un regulador importante del clima de la Tierra y de la abundancia de ozono, los resultados de los experimentos y modelizaciones realizados podrían ser pertinentes para la química de los aerosoles estratosféricos y sus aplicaciones a la geoingeniería del clima de la Tierra”.

Todavía nos hallamos en el terreno de las hipótesis. No obstante, cabe señalar que, en concentraciones elevadas, el SO<sub>2</sub> es un gas que puede provocar enfermedades pulmonares y cardiovasculares, deteriorar la vegetación, acidificar los océanos, corroer los metales, etc. Los científicos reconocen que todavía queda un largo camino por recorrer antes de que se proyecte la creación de una “pantalla solar” de este tipo para la Tierra. ■

📷 Foto de una de las caras de Venus tomada por la sonda Magallanes.

© NASA/Cortésia de nasaimages.org





# Del negro al verde

**La industria química es una de las más importantes del mundo. Su producción mundial anual se valora en la impresionante suma de 3,6 billones de dólares. Durante decenios se desinteresó por el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente, pero después de catástrofes como las de Seveso (Italia) y Bhopal (India) esta actitud está empezando a cambiar. Ahora, ya no es la química negra, sino la química verde la que progresa, viento en popa a toda vela, en el mundo entero.**

El 4 de octubre de 2010, Hungría se vio afectada por una importante catástrofe, cuando se rompieron los diques de una represa que contenía desechos de una fábrica de aluminio, explotada por la firma MAL y situada cerca de la ciudad de Kolontár, a unos 160 kilómetros de Budapest. Una ola de barro rojo tóxico de dos metros de altura anegó las casas, causando nueve muertos y 150 heridos entre los habitantes de esa localidad. Una superficie de 40 km<sup>2</sup> fue contaminada por el vertido de centenares de miles de toneladas de un barro residual de la producción de aluminio sumamente tóxico, portador de hidróxido de sodio, un producto muy cáustico, y de metales pesados como mercurio, arsénico y cromo, nocivos para la salud.

En los últimos decenios, la difusión de imágenes de las escenas de horror y aflicción provocadas en muchas ocasiones por los accidentes químicos ha tenido una repercusión negativa duradera en la industria química. En 1976, en la ciudad de Seveso, situada en el norte de Italia, no lejos de Milán, se produjo un escape de dioxina en una fábrica perteneciente a la firma ICMESA, filial de la sociedad Hoffmann-La Roche. La nube de este gas –miles de veces más tóxico que el cianuro de potasio– sembró a su paso la muerte y la destrucción por doquier: las plantas se marchitaron, los árboles perdieron su follaje y miles de animales murieron. Las fotografías de niños desfigurados y de trabajadores protegidos con máscaras de gas y

**Jens Lubbadah**

corresponsal alemán del *Correo de la UNESCO* y periodista de *Greenpeace Magazine*

Los principios de la química verde, nacida a finales del decenio de 1980, son: evitar la producción de desechos, reducir el consumo de energía, mejorar la eficacia de la producción y explorar los recursos renovables.

©123rf.com/Michal Rozewski



vestidos de blanco dieron la vuelta al mundo. Ocho años después sobrevino en la India un desastre aún más horrible: en la ciudad de Bhopal, situada en el centro del país, se produjo un escape de cuarenta toneladas de isocianato de metilo, un gas sumamente tóxico, en una fábrica perteneciente a Union Carbide, la firma gigante de la industria química estadounidense que es hoy filial de Dow Chemical. Varios miles de personas perecieron y otras 500.000 todavía padecen hoy secuelas de aquel desastre. El accidente químico sucedido en Bhopal se considera hoy el más grave de todos los tiempos. Dos años después, Europa fue de nuevo víctima de otro accidente: el incendio de un depósito de la gran empresa química Sandoz –hoy Novartis– en las proximidades de Basilea, que provocó un vertido de pesticidas tóxicos en el río Rin, cuyas aguas enrojecieron a lo largo de centenares de kilómetros, acarreamo ingentes cantidades de peces muertos.

#### **La industria contaminadora número uno**

Los motivos de las catástrofes de Kolontár, Bhopal, Seveso y Basilea son casi siempre los mismos: imprudencias, negligencias y errores humanos. Las empresas tratan también casi siempre de disimular y minimizar las causas y consecuencias de los accidentes. Y los resultados suelen ser, una vez más casi siempre, muy parecidos: campos asolados, vegetación devastada y animales muertos, y en medio de toda esa desolación trabajadores que parecen extraterrestres con su indumentaria de

*En muy pocos decenios se ha producido un cambio espectacular: en los años cincuenta, el nilón, el plástico y los detergentes para lavar ropa eran símbolos del progreso, pero en los años setenta y ochenta la imagen de la industria química llegó a ser tan “negra” como en sus orígenes.*

protección. La gente se inquieta cada vez más por la invisible amenaza de muerte que planea sobre el mundo, no sólo a causa de las radiaciones atómicas, sino también de los productos químicos. De esa inquietud nació el movimiento ecológico en los decenios de 1970 y 1980. El público conoce cada vez más las prácticas de las industrias químicas, como el vertido de desechos tóxicos en la naturaleza o su envío a los países pobres, y es cada vez más consciente de los problemas ecológicos. A sus ojos, la industria química se ha convertido en el contaminador número uno, hasta tal punto que la palabra “química” se ha llegado a percibir como sinónima de toxicidad. Actualmente, las etiquetas de muchas mercancías llevan la mención “sin producto químico” como argumento de venta. En muy pocos decenios se ha producido un cambio espectacular: en los años cincuenta, el nilón, el plástico y los detergentes para lavar ropa eran símbolos del progreso, pero en los años setenta y ochenta la imagen de la industria química llegó a ser tan “negra” como en sus orígenes.

En efecto, la palabra “química” viene del término árabe “al kimiya” (alquimia), derivado a su vez del vocablo egipcio “kemi”, con el que se designaban tanto la fértil tierra negra del Nilo como el kohl para oscurecer los ojos. De actividad oscura y oculta, la alquimia (véase la pág. 13) pasó a ser una verdadera ciencia en el siglo XVIII y luego, a partir del siglo XIX, dio lugar a la creación de una de las industrias más importantes del mundo. Fue por ese entonces cuando nacieron muchas de las más importantes

En marzo de 2010 se encontraron cien toneladas de peces asfixiados en la laguna de Rodrigo Freitas (Río de Janeiro, Brasil). Causa probable de la asfixia: la proliferación de un alga, ocasionada por la cantidad excesiva de nitrato y fósforo que se acumuló en la laguna por el vertido de aguas usadas, domésticas e industriales, portadoras de desechos tóxicos.

© M.Flores –  
PNUMA/Specialist Stock

firmas químicas actuales: BASF, Bayer, DuPont y La Roche. Según el Consejo Americano de Química (ACC), la industria química fabrica más de 70.000 productos diferentes: plásticos, abonos, detergentes, medicamentos, etc., y su producción anual se cifra, a escala mundial, en la impresionante suma de 3,6 billones de dólares. Esta industria ha modificado y mejorado considerablemente nuestras condiciones de vida y, sin ella, la civilización moderna sería impensable.

Sin embargo, después de un siglo de éxitos, la industria química ha aumentado enormemente su volumen con la producción de masa mecanizada y ha causado un número cada vez mayor de problemas ecológicos: su consumo de materias primas y energía es devorador; la mayoría de los solventes y catalizadores que utiliza son venenosos; los métodos de eliminación de sus desechos son complejos y costosos; y, por último, sus fábricas contaminan la atmósfera y el agua con sustancias tóxicas y cancerígenas. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), tan sólo en el año 2000 Europa Occidental produjo un total de 42 millones de toneladas de desechos tóxicos, de los que se exportaron 5 millones en 2001.

### Química verde

La negligencia en el vertido de desechos tóxicos se toleró durante mucho tiempo o fue cuidadosamente ocultada por los políticos, debido a la gran importancia que tenía la industria química en el plano económico. Sin embargo, después de lo ocurrido en Bhopal y

Seveso, los políticos se vieron obligados a reaccionar y, en los decenios de 1980 y 1990, las empresas de productos químicos tuvieron que plegarse a normas cada vez más exigentes. En los Estados Unidos, por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) logró en 1990 que se aprobara la Ley de Prevención de la Contaminación, marcando así una ruptura con la política anterior en materia de medio ambiente. A partir de entonces se empezó a exigir que se evitara la contaminación y que los procedimientos de fabricación y los productos se fuesen haciendo compatibles con la preservación del medio ambiente. La química negra inició así su paulatina transformación en química verde. "Después de haberse definido la expresión *química verde* en 1991, resultó evidente que convenía establecer un marco común para los que desearan plasmar en la práctica sus principios", dice el "padre de la química verde", Paul Anastas, director del Centro de Química Verde de la Universidad de Yale (Estados Unidos) y colaborador de la EPA. En 1988, enunció con su colega Jack Warner los *Doce principios de la química verde*. El primero de ellos dice que "es mejor prevenir la producción de desechos que tratarlos o eliminarlos después de haberlos producido". Otro principio enuncia la necesidad de encontrar productos inofensivos para sustituir las sustancias y los solventes tóxicos. El último paso adelante hacia la obtención de una química verde se ha dado en 2006 con la adopción de la Directiva REACH de la Unión Europea relativa al registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y preparados químicos. Ahora, ya no son las autoridades europeas las que tendrán que demostrar a los fabricantes la posible peligrosidad de las sustancias utilizadas, sino que son éstos los que deberán efectuar los ensayos correspondientes. Gracias a la directiva REACH, unos 40.000 productos químicos van a tener que someterse a pruebas.

Otros objetivos de la química verde son: disminuir el consumo de energía, mejorar la eficacia de los procesos de producción y recurrir cada vez más a recursos energéticos renovables. A este último respecto, cabe señalar que la industria química es dependiente de los combustibles fósiles, ya que la fabricación del 80% al 90% de sus productos absorbe el 10% de la producción mundial de petróleo. La industria química devora una gran cantidad de energía: en Alemania, por ejemplo, representó de por sí sola en 2008 el 12,5% de la demanda total de recursos energéticos. Desde el decenio de 1990 las empresas industriales vienen haciendo esfuerzos continuos para perseguir el objetivo del desarrollo sostenible, y han conseguido así mejorar su imagen. La mayor firma química del mundo, BASF, que cuenta con más de 100.000

Escena de la catástrofe ecológica provocada por una avalancha de barro rojo en octubre de 2010 en Hungría. El aluvión de lodo tóxico, desecho de la producción de aluminio, acabó con la vida de nueve personas.

© Waltraud Holzfeind/  
Greenpeace



*Desde el decenio de 1990 las empresas industriales vienen haciendo esfuerzos continuos para perseguir el objetivo del desarrollo sostenible, y han conseguido así mejorar su imagen.*

empleados en todo el mundo y vende cada año productos por valor de 50.000 millones de euros, aspira a ser cada vez más verde. Otro tanto ocurre con algunas de las firmas más gigantescas del sector, por ejemplo DuPont y Dow Chemical. "En BASF, todas las actividades se organizan en función de un principio rector: el desarrollo sostenible. Estamos creando productos que ayudan a nuestros clientes a economizar energía y recursos naturales, mejorando a la vez su calidad de vida", dice Jürgen Hambrecht, director general de esta empresa. Esos productos son, principalmente, materiales aislantes que permiten a los propietarios de casas y apartamentos reducir los costos de calefacción y las emisiones de dióxido de carbono.

BASF publica las estadísticas de sus emisiones de carbono, no sólo las relativas a sus propias plantas de fabricación, sino también las que se refieren al ciclo de vida completo de sus productos, desde la extracción de materias primas hasta el tratamiento final de los desechos. El sitio web de esta empresa muestra que la fabricación de sus productos generó en 2010, a escala mundial, la emisión a la atmósfera de unos 90 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que representa un 10% de las emisiones totales de este gas en Alemania. De aquí a 2020, BASF se propone reducir en un 25% –con respecto a la cifra registrada en 2002– las emisiones de gases con efecto de invernadero ocasionadas por su producción. Sin embargo, como el proceso de producción propiamente dicho sólo genera una parte del volumen total de esa clase de emisiones, ese objetivo de reducción sólo representa en realidad una disminución del 7,5% de las emisiones totales de la firma.

No obstante, Hambrecht señala que, de por sí, los productos de BASF reducen las emisiones de dióxido de carbono en unos 287 millones de toneladas anuales, esto es, en una cantidad tres veces superior a la emitida durante su fabricación. La firma, que anuncia con orgullo esta reducción en su sitio web, se ha comprometido también a aplicar, de aquí a 2015, la Directiva REACH y a reducir para 2020 en un 70% las cantidades de compuestos orgánicos, compuestos de nitrógeno y metales pesados que contaminan la atmósfera y el agua. En su sitio web, BASF proclama haber alcanzado ya esos objetivos. Además, la firma está prospectando la utilización de recursos renovables, como el aceite de ricino natural para la fabricación de colchones, el plástico biodegradable Ecovio, constituido en gran parte por ácido poliláctico extraído del maíz, y otros productos más

La química verde no se está desarrollando exclusivamente en Occidente. "Desde hace poco tiempo, los países en desarrollo se están interesando cada vez más por este tipo de química", según dice Paul Anastas, que ha

participado recientemente en el primer Congreso Panafricano de Química Verde celebrado en Etiopía el pasado mes de noviembre (véase el recuadro). Anastas señala también que "en algunas naciones emergentes, como China y la India, la implantación de la química verde en el mundo universitario, los centros de investigaciones científicas y la industria se está llevando a cabo con mayor celeridad, probablemente, que en cualquier otra parte del mundo". Al parecer, estas naciones no tienen la intención de cometer los mismos errores que los países occidentales. ■

## **LA QUÍMICA:**

### **La química, un denominador común en África**

El primer Congreso Panafricano de Química Verde se ha celebrado del 15 al 17 de noviembre de 2010 en Addis Abeba, la capital de Etiopía. Este evento forma parte de una larga serie de seminarios, conferencias y talleres organizados en toda África, en los que expertos de este continente y de otras partes del mundo vienen tratando temas tan variados como la biodiversidad, el desarrollo sostenible, el agua y la enseñanza, bajo el denominador común de la química.

Este congreso ha sido organizado por la Red Panafricana de Química (PACN), creada en noviembre de 2007 por iniciativa de la Real Sociedad de Química (RSC) del Reino Unido y Syngeta, una firma agroquímica suiza. Un año antes, la RSC había impulsado la creación del proyecto Archivo para África que permite a numerosas universidades africanas acceder gratuitamente a revistas especializadas en química.

La PACN está destinada a facilitar la comunicación entre los químicos de los distintos países africanos para propiciar la innovación y el desarrollo científicos en todo el continente. La red trabaja en asociación con la Federación de Sociedades Africanas de Química (FASC), fundada en 2006 con el apoyo de la UNESCO. Hasta la fecha se han establecido tres centros de la red en Etiopía, Kenya y Sudáfrica. Está proyectado crear otros nuevos centros en Nigeria y Egipto.

La red otorga becas y subsidios para viajes que facilitan la movilidad de los químicos africanos, ayudándoles así a profundizar sus trabajos de investigación en países extranjeros y a participar en congresos internacionales.

Los ámbitos privilegiados por la red son la seguridad alimentaria, la biodiversidad y la prevención de enfermedades. – J.Š.  
[www.rsc.org/Membership/Networking/InternationalActivities/PanAfrica/](http://www.rsc.org/Membership/Networking/InternationalActivities/PanAfrica/)

# Carta a un joven químico

Entrevista de AKIRA SUZUKI con Noriyuki Yoshida, periodista del *Yomiuri Shimbun* de Tokio

**El Premio Nobel de Química 2010 se otorgó al estadounidense Richard Heck y a los japoneses Ei-ichi Negishi y Akira Suzuki por sus trabajos sobre la síntesis orgánica, que permitieron inventar uno de los instrumentos más complejos de la química: el acoplamiento cruzado. Una de las piedras angulares de esta inmensa construcción científica se ha denominado “reacción de acoplamiento de Suzuki”, en homenaje al galardonado entrevistado en estas páginas. Akira Suzuki nos habla de sus investigaciones y, además, alienta a los jóvenes a que no abandonen los estudios científicos y se orienten hacia la química para hacer de ella una nueva ciencia.**



Akira Suzuki en noviembre de 2010 en Tokio.  
© Yomiuri-Shimbun

## **¿Para qué puede servir el acoplamiento cruzado?**

Le daré un ejemplo para que lo comprenda enseguida. Tras el anuncio del Premio Nobel, me pidieron tantas entrevistas que me subió la tensión arterial. Mi médico me recetó un hipotensor y el farmacéutico me explicó que ese medicamento había sido sintetizado gracias al “acoplamiento de Suzuki”. Este procedimiento químico se utiliza también para fabricar algunos antibióticos y medicamentos contra el cáncer y el sida.

En el ámbito de los sistemas informáticos y de comunicación, el acoplamiento se usa también en la síntesis de los cristales líquidos que se necesitan para las pantallas de televisores y ordenadores, o para los visualizadores electroluminiscentes con que suelen estar provistos algunos aparatos pequeños como los teléfonos celulares.

## **¿Cuánto tiempo necesitó para poner a punto este método?**

El descubrimiento de la reacción de acoplamiento sólo tomó unos dos o tres años, a finales de los años setenta. Pero desde 1965, año en que regresé de Estados Unidos después de acabar mis estudios en la Universidad de Purdue, estuve trabajando sobre la química del boro, un metaloide pariente del carbono. Por lo tanto, hay que decir que es el resultado de diez años de investigaciones.

## **¿Cuál fue la reacción en su entorno cuando comenzó a trabajar en ese ámbito?**

En general, se consideraba que las posibilidades de éxito eran nulas. Por eso había muy pocos investigadores en el mundo en ese terreno. Pero como soy optimista por naturaleza, pensé que los inconvenientes podrían convertirse en ventajas. Me dije que superando las dificultades sería posible poner a punto un procedimiento de síntesis estable y de fácil utilización.



**Suele decirse que la suerte desempeña un gran papel en la investigación. ¿Usted qué piensa de eso?**

Al comenzar un trabajo de investigación no hay que contar con el azar. La investigación debe ser racional ante todo. Es importante analizar correctamente los éxitos y fracasos de los experimentos y tenerlos en cuenta en la fase siguiente. Luego, la suerte puede intervenir. Todos podemos tener suerte, pero para atraerla debemos estar atentos, esforzarnos y ser siempre modestos.

**De niño, ¿le apasionaba la ciencia?**

Nací en la pequeña ciudad de Mukawa, al sur de Sapporo (Hokkaido). La ciudad se llama hoy Shishamo. En la escuela primaria fui un chico como los demás. Me gustaba ir a pescar con mis compañeros y jugar al béisbol. Por aquel entonces no existían los juku [escuelas privadas que ofrecen cursos vespertinos de refuerzo] y los niños éramos más libres e impetuosos. A mí no me interesaba especialmente la ciencia, pero en la escuela secundaria me gustaron las matemáticas. Hoy, retrospectivamente, creo que lo que me gustaban eran las cosas claras.

**¿Por qué eligió estudiar química al llegar a la universidad?**

En realidad, ingresé en la Universidad de Hokkaido para estudiar matemáticas. Pero en un curso de química di con un manual de esta ciencia, lo leí y me impresionó mucho. Su autor era un profesor de química orgánica de la Universidad de Harvard. Me costó muchísimo leer aquel libro en inglés, pero lo encontré muy interesante. Así que acabé olvidándome de las matemáticas.

Durante mis estudios de química, el profesor Harusada Sugino ejerció en mí una gran influencia porque me enseñó para qué servía la

🔗 El descubrimiento de Akira Suzuki permite optimizar la luz azul en los diodos orgánicos electroluminiscentes de las pantallas, como en ésta producida por la firma Sharp.  
© Yomiuri-Shimbun

*“Lo que yo pueda decirle [...] siempre será lo mismo que ya le tengo dicho: siempre el deseo de que usted halle en sí bastante paciencia para sufrir, bastante sencillez y candor para creer”.*

Rainer Maria Rilke,  
*Cartas a un joven poeta*

química y el por qué de su importancia. Debo decir que no sólo se interesaba por esta ciencia. Llegó a ser rector de la Universidad de Hokkaido y presidente de la Comisión Nacional Japonesa para la UNESCO.

**Entre 1963 y 1965, usted estudió en Estados Unidos, en la Universidad de Purdue, donde fue alumno, con su colega Ei-ichi Negishi, de Herbert Charles Brown, Premio Nobel de Química de 1979.**

Cumplidos ya mis treinta años, ejercía la docencia como profesor adjunto en la Universidad de Hokkaido y estaba buscando un tema de investigación. Un día, entré en una librería de Sapporo y eché una ojeada a los libros de química. Me fijé en uno de tapa negra y roja que parecía un libro de literatura. Lo tomé y vi que su autor era el profesor Brown. Me interesó tanto que pasé noches enteras leyéndolo. Resolví escribir una carta a este profesor para decirle que quería estudiar con él, y así fue como partí con rumbo a los Estados Unidos.

En Estados Unidos yo era tan sólo un estudiante de posdoctorado, pero mi sueldo era cuatro veces mayor que el de un profesor adjunto en Japón. Además, recuerdo que la carne y la gasolina eran muy baratas... Realmente fue por entonces cuando me percaté de la diferencia que había entre los dos países. Había también muchos investigadores extranjeros y me hice muchos amigos. Los intercambios con ellos me abrieron las puertas de mundos que desconocía. Cuando estamos entre japoneses, podemos entendernos casi sin hablar, pero al sumergirse en otra cultura hay que hablar mucho para comprenderse. Así aprendí inglés. Recomiendo a los jóvenes que no vacilen en viajar al extranjero. Se aprende mucho, y no sólo en el plano profesional o de la especialización.



### **¿Qué le enseñó el profesor Brown fuera del campo de su investigación?**

El profesor Brown decía a menudo: "Realicen un trabajo que sea digno de un curso". Con eso quería decir que hiciéramos algo nuevo, que se pudiese publicar en un curso y que fuese también útil. No era fácil, pero yo mismo he acabado por decirles a mis alumnos que "no limpien el recipiente del almuerzo con un escarbadientes", una expresión japonesa que significa no detenerse en detalles nimios e inútiles. También les digo que llenen ese recipiente con sus propios productos.

### **¿Existe un método de trabajo que garantice el éxito?**

Aunque existiera no se podría exigir a nadie que lo adoptase. Cada uno tiene sus propias cualidades y todo lo que puede hacer es aprovecharlas. En mi caso, creo que mi cualidad era el optimismo. Cuando los experimentos no salían bien, me iba a beber un trago y a distraerme con los alumnos, y al día siguiente reanudaba mis experiencias con un espíritu nuevo.

### **En su opinión, ¿qué se debe hacer para que las nuevas generaciones se interesen más por la química?**

Los jóvenes se alejan de la ciencia y esto es un problema muy serio. Este fenómeno es particularmente evidente en Japón. Lo único que se puede hacer en un país como el nuestro, desprovisto de recursos naturales, es crear cosas nuevas a base de ingenio.

A los jóvenes, y solamente a ellos, les incumbe encontrar en la ciencia sus esperanzas e ideales. En mi condición de "anciano", lo que más deseo es brindarles todo mi apoyo. Gracias al Premio Nobel, la expresión "acoplamiento cruzado" empieza a ser conocida, incluso entre los niños. La difusión y vulgarización de la ciencia me motivan enormemente.

### **En su opinión, ¿cuál será nuestra relación con la química en el futuro?**

La química no tiene muy buena prensa en nuestros días. Se asocia a los malos olores y la suciedad, y puede llegar a provocar aversión. Ya estaban así las cosas en nuestra juventud, pero en ese entonces la petroquímica estaba en pleno auge y muchos estudiantes optaron por ella.

Actualmente, algunos cometen el error de considerar que la química es una industria exclusivamente contaminante, pero sin ella la productividad disminuiría y no podríamos vivir como vivimos hoy. Si hay contaminación es porque se vierten en la naturaleza productos nocivos. Es necesario, evidentemente, mejorar el tratamiento y la gestión de los desechos, elaborando al mismo tiempo sustancias químicas

y procedimientos de síntesis que no contaminen el medio ambiente.

La química es indispensable para el desarrollo del Japón y del mundo. Me gustaría que los jóvenes estudiaran química con la idea de crear una nueva ciencia. Hasta el presente se han realizado muchos descubrimientos y creaciones, lográndose así fabricar un número incalculable de sustancias. La química seguirá teniendo una gran importancia en los años venideros.

🔴 El diodo orgánico de emisión de luz (OLED) es una de las múltiples aplicaciones de la "reacción de acoplamiento de Suzuki".  
© Yomiuri-Shimbun



### **¿En qué ámbitos será necesario desarrollar la química orgánica en el futuro?**

Creo, como el profesor Negishi, que será necesario orientarse hacia la industrialización de la fotoquímica basada en el dióxido de carbono, como la fotosíntesis de las plantas. El rendimiento energético obtenido en este sector es todavía escaso. La naturaleza produce compuestos orgánicos complejos a partir del dióxido de carbono, utilizando la luz solar como fuente de energía. Además, esas reacciones se producen a la temperatura en que vivimos y en un medio ambiente donde el agua existe. Espero que logremos dilucidar algún día esos mecanismos y aplicarlos.

Se ha proclamado 2011 Año Internacional de la Química. ¿Desea transmitir con este motivo un mensaje a los lectores del Correo de la UNESCO del mundo entero?

La química desempeña un papel muy importante en nuestra vida. La mayoría de las especialidades y tecnologías químicas tienen por objeto fabricar productos destinados al bienestar a la humanidad. La cantidad de sustancias fabricadas en el mundo es considerable y nadie conoce su número con exactitud, pero la casi totalidad de ellas son compuestos orgánicos. Por eso, la química orgánica es una de las ramas más importantes de esta ciencia y merece que cada vez más personas se interesen por ella y contribuyan a su desarrollo. ■

*Recomiendo a los jóvenes que no vacilen en viajar al extranjero. Se aprende mucho, y no sólo en el plano profesional o de la especialización*

# Químicos en ciernes del mundo entero

**Con motivo de la celebración del Año Internacional de la Química (AIQ 2011), El Correo de la UNESCO, ha hecho una encuesta entre jóvenes que han optado por estudiar química y que participan en la red del AIQ 2011. Para la gran mayoría de ellos, la química es mucho más que una opción profesional. Es una auténtica pasión.**

## En favor del reciclaje

Me llamo Ana Alejandra Apaseo Alaniz. Tengo 19 años y estudio química en la Universidad de Guanajuato (México). Puedo decir que curso la licenciatura en química para entender un poco más lo que me rodea. La química me gusta porque se puede aplicar en cualquier área. Cuando era niña me agradaba hervir plantas y ver a que sabían. Más de una vez me enfermé del estómago, pero eso era lo divertido, investigar.

Me interesan sobre todo la química orgánica y sus aplicaciones. Un proyecto que me encantaría realizar en el Año Internacional de la Química, es encontrar un procedimiento que nos ayude a reutilizar los productos hechos con poliuretano.

Lo que tengo planeado para mi vida profesional es trabajar en una empresa química dedicada a crear compuestos orgánicos de uso común en industrias y laboratorios químicos, a partir de materiales reciclados.

**Ana Alejandra Apaseo Alaniz (México)**



© Ana Alejandra Apaseo Alaniz

## Escogí la química sin vacilar

Me llamo Somnath Das y tengo 21 años. Curso el segundo año del máster de ciencias en el Instituto Indio de Tecnología de Kanpur (Estado de Uttar Pradesh, India).

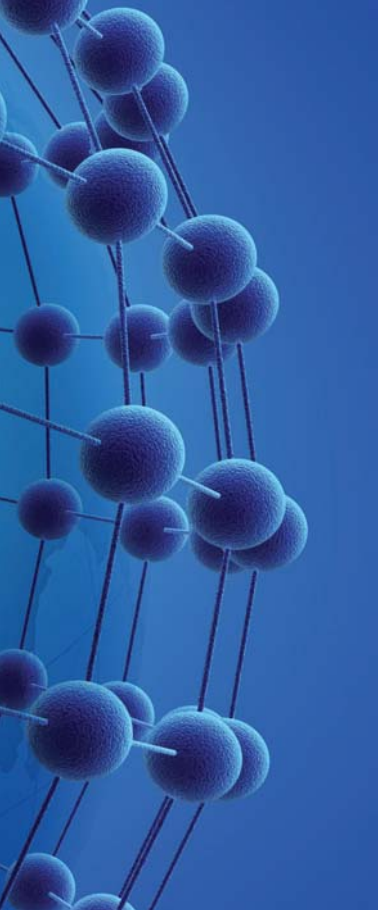


© Sougata Maity

Después de aprobar el examen final de la enseñanza secundaria, al entrar en la universidad para cursar los estudios de licenciatura, me pidieron que escogiera entre tres disciplinas: matemáticas, física y química. Opté sin vacilación por esta última. Me intrigaba saber cómo se podían manejar las moléculas cuando son invisibles a simple vista, y quería averiguar también cómo se comportan y reaccionan... Por eso escogí la química, para conocer mejor el universo molecular.

Todo me gusta en la química, salvo cuando no hay una explicación teórica para una reacción. Por ejemplo, en la mayoría de las reacciones que se dan en medios quirales, uno de los dos enantiómeros es preponderante. La mayor parte de las veces no se consigue explicar esa selectividad, salvo en los casos contados en que se dispone de un modelo. De las tres disciplinas científicas más importantes la que prefiero con diferencia es la química, y más concretamente la química orgánica. Estoy resuelto a realizar mis trabajos de investigación en este ámbito.

**Somnath Das (India)**



## La sabiduría de la vigilancia

Nací en 1981 en Chiraz, la capital cultural del Irán. Me crié en una familia adorable y muy unida. Cuando estaba en la escuela primaria ya era muy curiosa y, por eso, en la escuela secundaria escogí las ciencias experimentales y así pude desarrollar mis dotes para la química. Me entristeció mucho saber que no hay un tratamiento definitivamente eficaz contra el cáncer, ni contra las heridas causadas por las armas químicas y muchas otras enfermedades graves. Por eso opté por cursar estudios de química cuando fuera a la universidad. Quería sintetizar nuevas moléculas. En 1999, me admitieron a matricularme en la Universidad de Yasuj para la licenciatura de química pura. Fue entonces cuando comprendí que la química estaba presente en todo nuestro entorno. Luego, en 2006 empecé mi doctorado en química de los polímeros en la Universidad de Chiraz.



© Fatemeh Farjadian

© DR

*Me entristeció mucho saber que no hay un tratamiento definitivamente eficaz contra el cáncer, ni contra las heridas causadas por las armas químicas y muchas otras enfermedades graves. Por eso opté por cursar estudios de química cuando fuera a la universidad.*

La química me aporta la sabiduría de la vigilancia, que es la regla de conducta de todos los aspectos de mi vida. Lo que no puedo soportar es que tanto a los gobiernos como a la gente en general les preocupen tan poco los efectos secundarios de la química industrial: contaminaciones, calentamiento climático, enfermedades, etc. Son los científicos los que tendrían que encargarse de examinar a fondo todos estos problemas.

He obtenido un año sabático y en 2011 iré a la Universidad de Duisburgo (Alemania) para trabajar en un proyecto sobre las membranas de síntesis, que se utilizan mucho para la eliminación selectiva de impurezas en distintos medios. Al finalizar mi doctorado, desearía trabajar en una empresa química sobre proyectos destinados a contrarrestar la contaminación.

**Fatemeh Farjadian (República Islámica del Irán)**

## La química es la "ciencia madre"

Me llamo Kufre Ite y he cumplido ya 28 años. A finales de este año escolar, espero obtener el máster de química analítica en la



© Cortesía de "E-Research Link" (Nigeria).

Universidad de Uyo (Nigeria). Durante mis estudios secundarios, la asignatura "Introducción a las tecnologías" suscitó mi curiosidad por la

ciencia. Luego, escogí la química porque todas las ciencias naturales y aplicadas se basan en sus principios. Es, por así decir, la "ciencia madre". La química observa atentamente la naturaleza y la recrea. Recuerdo que, hace algunos años, me impresionó mucho esta máxima de la Sociedad Nigeriana de Química: "¿Hay algo en nuestro entorno que no sea química?" En efecto, todas las personas se benefician continuamente de las aplicaciones prácticas de esta ciencia, desde el jabón con que se lavan hasta los vestidos que llevan. Otra cosa que aprecio mucho es la meticulosidad y precisión de los químicos.

Para el AIQ 2011, he escogido el tema "Los químicos en nuestra sociedad modernizada". Me gustaría sensibilizar a las pequeñas y medianas empresas a los problemas de seguridad en los lugares de trabajo y en la manipulación, almacenamiento y transporte de productos químicos y reactivos. Así, el público comprenderá y apreciará mejor la función que desempeña la química en los sectores público y privado de nuestra economía.

**Kufre Ite (Nigeria)**

## No olvidemos los experimentos tradicionales

Tengo 21 años y curso estudios de ingeniero en química aplicada en la Facultad de Ingeniería y Tecnología Químicas de la Universidad de Zagreb (Croacia). En mi caso personal, mi afición por la química es fruto del amor que profeso a la naturaleza desde que era muy pequeño. El carácter pluridisciplinario de los cursos es lo que más me gusta, y lo que menos aprecio es la enorme influencia de los ordenadores, ya que nos apartan de los enfoques experimentales tradicionales. Naturalmente, reconozco que también ofrecen muchas ventajas. Cuando me gradúe, quiero proseguir mis estudios para doctorarme en mi país o en el extranjero, y deseo especializarme en la investigación de los polímeros. Para la celebración del Año Internacional de la Química, me gustaría vulgarizar esta ciencia con experimentos sencillos y apasionantes susceptibles de explicar los fenómenos que se dan en nuestro entorno.

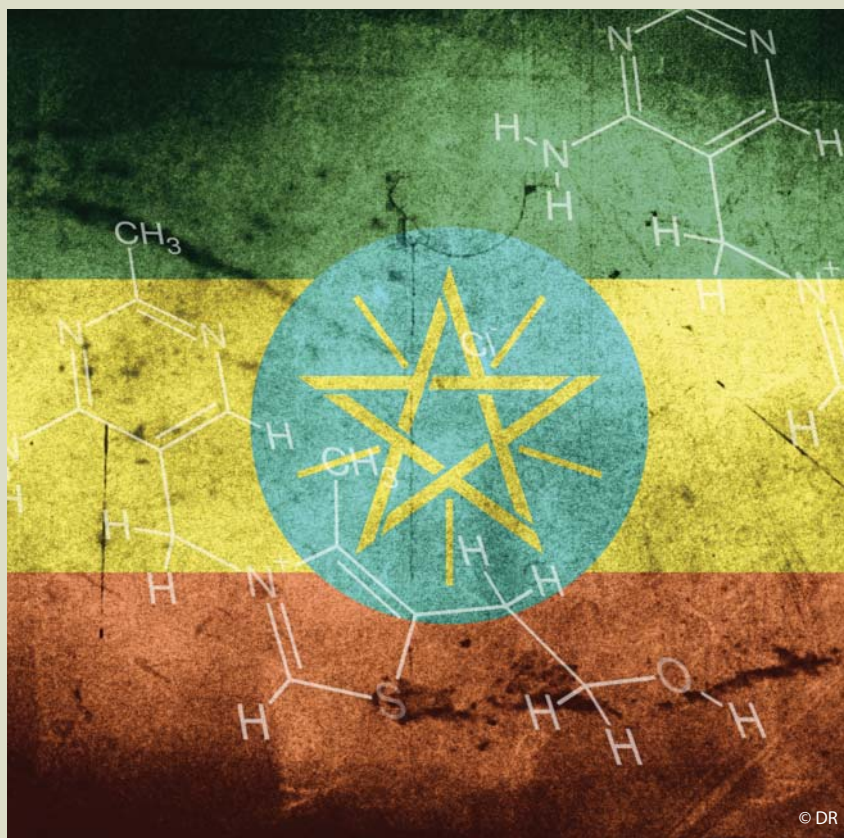
**Marko Viskic (Croacia)**



© Morten Aalbak Christensen

# Estudiar química en Etiopía

Shimalis Admassie



© DR

**Desde 1950, el sistema de enseñanza superior etíope se esfuerza por satisfacer la demanda del país en químicos de alto nivel. La pequeña unidad de química del Colegio Universitario de Addis-Abeba, creada en 1950, se convirtió 17 años después en un departamento de la Universidad Haile Selassie I y comenzó a expedir licenciaturas de química. En 1978, el departamento estableció un programa de máster científico que abarcaba cuatro disciplinas de la química: analítica, orgánica, inorgánica y física. Más tarde, en 1985 se estableció un programa de doctorado.**

Hoy en día, el departamento de química da empleo a 27 profesores y ocho técnicos. En el año escolar 2010-2011, había 1.121 estudiantes matriculados en el programa de licenciatura, 81 en el de máster y 45 en el de doctorado. El departamento se dedica a la detección y el análisis de rastros de metales pesados (véase la página 21), el estudio de sensores biológicos, la química de los productos naturales, la química verde, la electroquímica, la química digital y muchos otros ámbitos de la química.

Los edificios del departamento ocupan una superficie de unos 2.800 m<sup>2</sup> y cuentan con 25 laboratorios y 13 salas anexas. Los productos químicos y el material se almacenan en locales que ocupan más de 700 m<sup>2</sup> suplementarios. Entre los instrumentos más complejos utilizados para la enseñanza y la investigación figuran un espectrómetro de resonancia magnética nuclear de 400 megahercios, un cromatógrafo de fase

líquida de alto rendimiento, un espectrómetro de infrarrojos por transformada de Fourier, un espectroscopio de ultravioleta-visible y un cromatógrafo de fase gaseosa acoplado a un espectrómetro de masa.

La situación e imagen globales del departamento son más bien positivas, pese a la existencia de toda una serie de problemas que es preciso afrontar: medidas de seguridad inadecuadas, número excesivo de estudiantes, laboratorios inadaptados a la enseñanza en el primer ciclo universitario y precios prohibitivos de los productos químicos y los equipamientos científicos. La mayoría de los trabajos de investigación se efectúan gracias a la financiación, muy escasa, que el departamento recibe de la Universidad. Solamente algunos programas son financiados por organismos extranjeros, como la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (ASDI),

la Agencia Gubernamental Sueca de Cooperación Científica con los Países en Desarrollo (SAREC), el Programa Internacional de Ciencias Químicas (IPICS) de la Universidad de Upsala (Suecia), la Asociación de Desarrollo para la Educación Superior (DelPHE) del Consejo Británico y la Fundación Científica Internacional (FCI).

La falta de un centro de análisis de datos en el departamento es también una causa de problemas. El departamento se ve obligado con frecuencia a enviar muestras al extranjero para que sean analizadas, lo que acarrea retrasos importantes para los estudiantes que deben realizar sus trabajos de investigación en un lapso de tiempo limitado. ■

**Shimalis Admassie** es director del Departamento de Química de la Universidad de Addis-Abeba (Etiopía).



## Ciencia sin fronteras

El *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010*, publicado el pasado mes de noviembre, presenta las nuevas tendencias mundiales de la investigación y cooperación científicas. Destaca, en particular, el creciente auge de la cooperación entre científicos, que está conduciendo al establecimiento de alianzas tanto en el ámbito de la ciencia como en el de la diplomacia (pág.46).



## La UNESCO y el CERN: historia de una cooperación

La idea de crear un Consejo Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN) fue aprobada por la Conferencia General de la UNESCO en su quinta reunión, celebrada en 1950. Desde hace 60 años, ambas organizaciones se esfuerzan por facilitar el acceso a los conocimientos científicos y fomentar la cooperación científica. Entrevista con Rolf-Dieter Heuer, Director General del CERN (pág. 48).




## Arte y literatura, lazos entre las culturas

Las culturas se han mezclado e influido mutuamente desde siempre, dando a luz nuevas culturas híbridas. Sin embargo, también tienden a rechazar a las demás culturas. Tomando el ejemplo de la cultura estadounidense y la árabe-musulmana, Stephen Humphreys destaca la función de la literatura y las artes como medios de acercamiento privilegiados (pág. 51).



## La segunda vida de Touki Bouki

Promover el cine africano, apoyar a sus cineastas y salvaguardar el patrimonio cinematográfico de África, éstos son los objetivos del realizador maliense Solimán Cissé, gran defensor de las lenguas vernáculas. Para alcanzarlos, fundó en 1997 la Unión de Creadores y Empresarios Cinematográficos y Audiovisuales del África Occidental – UCECAO (pág. 53).

 Sede de la UNESCO:  
"El globo simbólico" de  
Erik Reitzel (Dinamarca).  
© UNESCO/Michel  
Ravassard

“En los años venideros, la diplomacia internacional irá cobrando cada vez más el carácter de una diplomacia científica”. **Irina Bokova**

# Ciencia sin fronteras



Foto tomada del 10 de abril de 2005 por el satélite chino-brasileño CBERS-2, en la que se puede ver Florianópolis, ciudad del sur del Brasil y capital del Estado de Santa Catarina.

El 5 de junio de 1999, décimo día de la misión espacial STS-96, el transbordador espacial Discovery lanza el satélite Student Tracked Atmospheric Research Satellite for Heuristic International Networking Experiment (STARSHINE). Recubierto por centenares de espejos que reflejan la luz del sol, este satélite tiene, entre otros, el objetivo de facilitar a los estudiantes la observación de los efectos de la actividad solar en la atmósfera terrestre.

© NASA/Cortesía de nasaimages.org

La versión íntegra de este artículo se ha publicado en la revista francesa *Planète Science* (Nº de enero-marzo de 2011).

**La mundialización parece tener repercusiones positivas, por lo menos en el ámbito de la investigación. Se están creando por doquier alianzas científicas, e incluso diplomáticas, entre países con frecuencia muy alejados y dotados de posibilidades muy dispares. Trabajar juntos permite aprovechar mejor las competencias de cada uno, ganar tiempo y ahorrar dinero. Aquí presentamos algunos ejemplos mencionados en el Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010.**

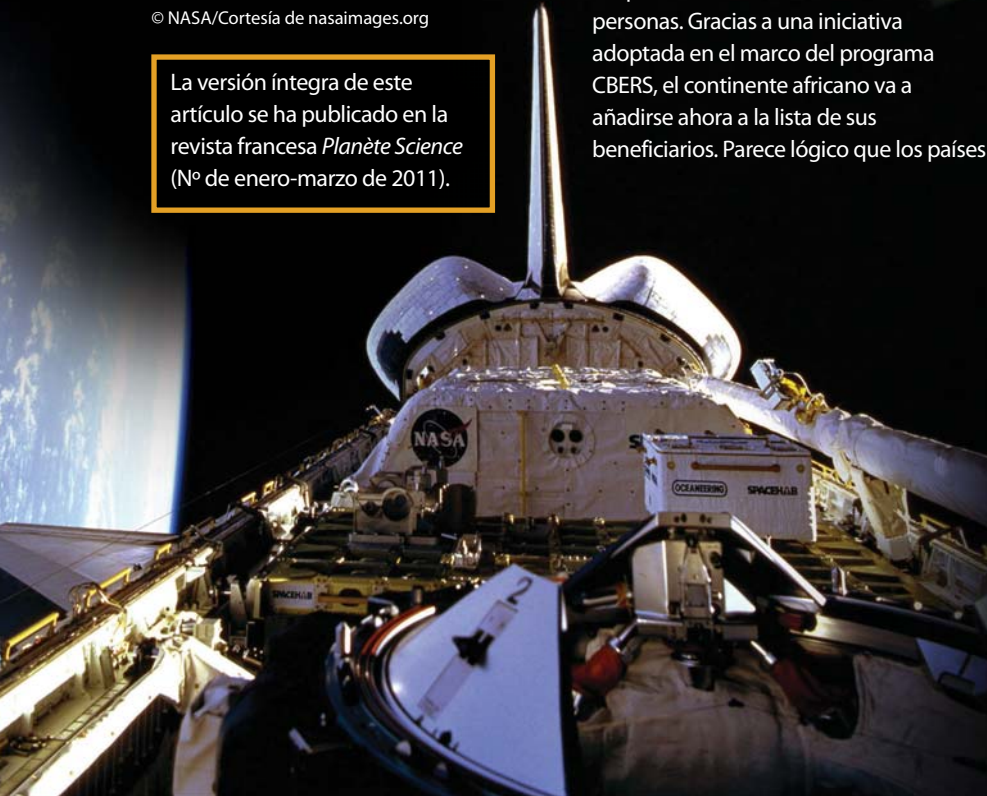
**Susan Schneegans**, redactora jefe del Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010

En 2012, las estaciones terrestres de Egipto, Islas Canarias (España), Gabón y Sudáfrica recibirán los datos transmitidos por el satélite de observación terrestre CBERS, el tercero de los lanzados al espacio conjuntamente por China y Brasil desde 1999. El acceso a las imágenes de una Tierra en evolución, ofrecidas por los satélites chino-brasileños, ha estado reservado desde 2004 a los habitantes de China y del subcontinente latinoamericano, que suman la nada despreciable cifra de 1,5 millones de personas. Gracias a una iniciativa adoptada en el marco del programa CBERS, el continente africano va a añadirse ahora a la lista de sus beneficiarios. Parece lógico que los países

por los que pasa un satélite gravitando en torno al globo terráqueo e ignorando toda clase de fronteras, puedan aprovechar sus ventajas mediante el establecimiento de alianzas. Después de la “guerra de las estrellas” del siglo XX, llega ahora la “diplomacia de las estrellas”.

Este ejemplo, mencionado en el recién publicado Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010, ilustra una tendencia cada vez más acusada: la colaboración internacional para utilizar las tecnologías espaciales en la gestión del medio ambiente. Esta colaboración es fruto de la creciente inquietud suscitada por el deterioro del medio ambiente y el cambio climático. Al haberse reconocido que los suelos, el agua y la atmósfera forman un todo, se ha comprendido que la compartición de datos entre los países y los continentes es crucial para conocer mejor el planeta y obrar en consecuencia. La diplomacia de las estrellas ha venido motivada en parte por esa necesidad de compartir datos.

Sin embargo, esto es tan sólo un aspecto de un fenómeno más vasto: el nuevo auge que está cobrando la diplomacia científica. Los ámbitos de colaboración son muy numerosos: la salud, las tecnologías de la información y la comunicación, las energías limpias, etc. El Sudán inauguró en junio de 2009 su primera fábrica de biocombustibles, construida en cooperación con la firma brasileña Dedini. El Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010 menciona también otro proyecto sudanés, realizado en



colaboración con Egipto, en el que se han invertido 150 millones de dólares para producir "biocombustibles de segunda generación a partir de productos no alimentarios, entre los que figuran desechos agrícolas como paja de arroz, tallos y hojas inservibles".

Tanveer Nair, Presidenta del Consejo Paquistaní de Ciencia y Tecnología, señala que, desde que su país y los Estados Unidos firmaron en 2003 un acuerdo para "financiar un fondo común administrado por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, junto con la Comisión de Enseñanza Superior y el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Pakistán, todos los años se alienta la realización de proyectos científicos en colaboración, siempre y cuando haya un investigador estadounidense y otro paquistaní entre los principales solicitantes de financiación". Tanveer Nair añade que "un examen colegial efectuado en ambos países permite seleccionar los mejores candidatos, y así se han podido fortalecer las capacidades de los laboratorios paquistaníes, e incluso descubrir conjuntamente una vacuna contra una enfermedad mortal, inoculada por las garrapatas, que estaba diezmando a las poblaciones pastorales de la provincia de Sind, al sur del país".

### Compartir costos

En todo el mundo, los países están estableciendo alianzas para la ciencia, la tecnología y la innovación, en el contexto de políticas más vastas encaminadas a forjar alianzas con otras naciones y reforzar su presencia en la escena internacional. Sin embargo, esta colaboración internacional obedece también a un deseo más pragmático de aunar recursos ante los costos cada vez mayores de las infraestructuras científicas. Por ejemplo, se ha estimado que la financiación del Proyecto ITER – consistente en construir, de aquí a 2018, un reactor experimental termonuclear internacional en Cadarache (Francia) para crear una fuente de energía limpia a partir de la fusión nuclear– se va a cifrar en unos 10.000 millones de euros, como mínimo. Según el consultor Peter Tindemans, ex coordinador de las políticas de investigación y ciencia de los Países Bajos, ITER es "el proyecto de colaboración científica internacional más ambicioso de todos los tiempos".

En ese proyecto van a participar no sólo las potencias científicas tradicionales

como los Estados Unidos, la Federación de Rusia, el Japón y la Unión Europea, sino también China, la India y la República de Corea, lo que muestra la fuerza que han cobrado estos tres últimos países en el plano económico y tecnológico. "China prevé financiar el 9,09% del costo de construcción del reactor y para ello tendrá que invertir más de mil millones de dólares [...] Unos mil científicos chinos participarán en el Proyecto ITER, ya que China se va a encargar de concebir, instalar y ensayar doce de sus componentes", según dice el director del Centro de Innovación y Desarrollo de la Academia de Ciencias de China, Mu Rongping, en el *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010*.

### Nuevos mercados en perspectiva

El sector empresarial no ha tardado en percatarse de las ventajas que aportan esas colaboraciones. Además del reparto de los costos, los consorcios internacionales ofrecen una oportunidad tentadora de conquista de nuevos mercados. El éxito arrollador del consorcio Airbus, por ejemplo, se debe a una fusión de empresas de construcciones aeronáuticas de cuatro países – Alemania, España, Francia y Reino Unido– que ha constituido un excelente ejemplo de cooperación paneuropea.

Dos decenios después de la desaparición del Telón de Acero, en la Federación de Rusia están aumentando en proporciones importantes el volumen de los contratos comerciales y el número de alianzas científicas y tecnológicas con sociedades extranjeras. En 2010, la empresa francesa Alcatel-Lucent RT y la empresa estatal rusa Rostekhnologii efectuaron una inversión conjunta en la concepción, producción y comercialización de equipamientos de telecomunicaciones para el mercado ruso y los países de la Comunidad de Estados Independientes, mientras que la empresa ruso-americana IsomedAlpha iniciaba la producción de aparatos médicos de vanguardia, como los tomógrafos informatizados.

### La coautoría científica internacional

Además de obedecer a factores geopolíticos y financieros, el auge experimentado por la colaboración científica internacional en estos últimos tiempos se debe también, en gran medida, al desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y la

comunicación: en el periodo 2002-2008, el porcentaje de usuarios de Internet en la población mundial se multiplicó por más de dos, pasando del 11% al 24%, y en los países en desarrollo por más de tres, progresando del 5% al 17%.

En los últimos años, se ha registrado no sólo un aumento de los artículos publicados en coautoría por científicos de diferentes países, sino también una diversificación geográfica de sus cosignatarios. En el periodo 1998-2008, China figuró entre las tres naciones que realizaron más publicaciones científicas en coautoría con Australia, situándose inmediatamente después de los dos colaboradores tradicionales de este país, los Estados Unidos y del Reino Unido. En Filipinas, los Estados Unidos y el Japón ocupan los dos primeros puestos, por delante de China. En Malasia, China va en cabeza, seguida por el Reino Unido y la India. El papel cada vez más importante de China y la India en la coautoría de publicaciones científicas conjuntas es una consecuencia de su creciente influencia en la escena mundial, y hay síntomas de que está imprimiendo ya una nueva configuración al panorama científico del Asia Sudoriental.

Los países más próximos geográficamente no siempre son los que más colaboran entre sí. Entre un 20% y un 30% de los artículos científicos de la India, la República Islámica del Irán y el Pakistán se publican en colaboración, pero con investigadores occidentales principalmente. Solamente un 3% de los investigadores cosignatarios de esos artículos son del Asia Meridional. En Brasil, un país en el que los artículos realizados en colaboración con científicos de otros países representan un 30% del total de los publicados, "los investigadores estadounidenses son nuestros interlocutores principales", según afirman Carlos Henrique de Brito Cruz, director científico de la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Sao Paulo, y Hernan Chaimovich, director general de la Fundación Butantan (Brasil). Estos dos científicos señalan que, según un estudio realizado en 2009, "el 11% de los artículos científicos brasileños publicados entre 2003 y 2007 tenían por cosignatario un investigador estadounidense por lo menos y el 3,5% un investigador británico, mientras que los científicos argentinos, mejicanos y chilenos apenas representaban, todos juntos, el 3,2% de los cosignatarios". ■

# La UNESCO y el CERN: historia de una cooperación

**Promover la cooperación científica, hacer más atractiva la enseñanza de la ciencia, facilitar el acceso a los conocimientos científicos para edificar un mundo más justo, éstos son los objetivos perseguidos en común por la UNESCO y la Organización Europea de Investigaciones Nucleares, llamada CERN por haber conservado las siglas de su nombre primigenio. Ambas organizaciones mantienen una estrecha relación desde hace sesenta años.**

**Entrevista de Jasmina Šopova con ROLF-DIETER HEUER, Director General del CERN**

Poca gente recuerda que la idea de crear un Consejo Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN) fue aprobada en la 5ª Conferencia General de la UNESCO, celebrada en Florencia (Italia) en 1950. Por ese entonces, el mundo restañaba todavía las heridas recientes infligidas por la Segunda Guerra Mundial. Los intelectuales y las personalidades del mundo de la cultura y la ciencia europeas habían comprendido que la cooperación era un instrumento esencial para la reconstrucción de la paz. Era necesario agrupar en torno a un proyecto común a los investigadores de las naciones aliadas y de los países del Eje.

El proyecto ideado en Florencia se plasmó en los hechos tres años después con el establecimiento del convenio de creación del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN). En 1954, cuando los doce países fundadores lo ratificaron, se abandonó definitivamente la anterior denominación provisional de Consejo y, un año más tarde, se puso la primera piedra del edificio del Centro en la ciudad suiza de Ginebra.

1. Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia, Grecia, Italia, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, Suecia, Suiza y Yugoslavia.

Hoy en día, bajo los edificios de la Organización Europea de Investigaciones Nucleares, que ha conservado las siglas de su nombre primigenio, funciona el mayor acelerador de partículas del mundo: el Gran Colisionador de Hadrones (LHC). Este gigantesco instrumento tiene una circunferencia de unos 27 kilómetros y está provisto de 9.300 imanes.

El 30 de marzo de 2010, un experimento del CERN saltó a la primera plana de los periódicos del mundo entero: gracias al LHC se había conseguido por primera vez una colisión de haces de protones a una velocidad cercana a la de la luz. "Con este experimento, sólo una fracción de segundo nos separa del Big Bang", dice el director general del CERN, Rolf-Dieter Heuer. "Se inicia así una nueva etapa que abre a la investigación perspectivas sobre la formación del universo inimaginables hasta ahora".

La experimentación histórica del 30 de marzo fue posible gracias al Proyecto ATLAS, en el que cooperan unos 2.000 físicos y 1.000 estudiantes de ciencias físicas de más de 170 universidades y laboratorios de 40 países. Una auténtica "nación virtual", como se suele decir en el CERN. "Solamente la motivación



☞ La exposición "Universo de partículas" tiene por objeto sensibilizar a los visitantes del CERN a la problemática más importante de la física contemporánea. © UNESCO/J. Šopova

científica puede explicar el éxito de esta titánica empresa. Todos venimos de diferentes partes del mundo, pero todos vamos en una misma dirección: el conocimiento", dice el director general. Si se llega a descubrir un día el famoso bosón de Higgs –la partícula hipotética llamada el Grial de los físicos, porque éstos la buscan incansablemente desde hace casi medio siglo– será gracias a un proyecto como ATLAS. "Sabemos absolutamente todo sobre esa partícula, excepto una sola cosa: si existe o no", dice Heuer sonriendo.

El CERN no es el único centro de investigaciones que va en pos de esa partícula. El Fermilab, situado en las cercanías de Chicago (Estados Unidos), también está buscándola. "Hoy en día, el CERN cuenta con mayor acelerador de partículas del mundo, pero hasta hace poco tiempo era Fermilab quien lo poseía. En 25 años, este laboratorio ha conseguido acumular una masa extraordinaria de datos, mientras que nosotros acabamos de comenzar tan sólo. El LHC empezó a funcionar en septiembre de 2008. Dicho sea esto, creo que gracias a él tenemos posibilidades de ser los primeros que descubramos la existencia del bosón de Higgs", dice esperanzado Rolf-Dieter Heuer. ¿Colaboran los dos centros? "Yo diría que estamos empeñados en una colaboración competitiva..., o en una competición colaborativa. Fermilab nos ha ayudado mucho, sobre todo cuando el LHC se averió [poco tiempo después de que empezara a funcionar]". ¿Intercambian datos? "Por ahora no, pero le invito a que me vuelva usted a formular esta pregunta dentro de algunos años".

"Sin competición no hay progreso", declara Rolf-Dieter Heuer. Sin cooperación tampoco. Desde los orígenes del CERN hasta la fecha, la cooperación ha sido la fuerza motriz de esta entidad y también es uno de los ideales permanentes de la UNESCO. Entre los proyectos recientes, la UNESCO apoya en particular el Centro Internacional de Radiaciones de Sincrotrón para Ciencias Experimentales y Aplicadas en Oriente Medio (SESAME), con sede en Allan (Jordania). En el plano de la cooperación científica internacional, este centro viene a ser el equivalente del

CERN en el Oriente Medio. Colaboran en él Bahrein, Chipre, Egipto, Irán, Israel, Jordania, Pakistán, la Autoridad Palestina y Turquía. "Nuestros ámbitos de competencia no son los mismos –explica el director del CERN– pero en ambos proyectos está subyacente la idea de poner la ciencia al servicio de la paz. El CERN no escatima esfuerzos para contribuir a la construcción del SESAME, especialmente en lo que respecta a las competencias técnicas".

El CERN pone sus competencias científicas a disposición de la UNESCO en el marco de iniciativas comunes (SESAME, bibliotecas virtuales en universidades africanas, formación de docentes, etc.), mientras que el Programa Internacional de Ciencias Fundamentales (PICF) ofrece al CERN un marco para la cooperación con investigadores de países que no son miembros suyos. El CERN cuenta con 20 Estados Miembros solamente, pero sus proyectos agrupan a unos 10.000 especialistas de 85 nacionalidades.

El CERN cuenta también con la UNESCO para que le ayude a promover un nuevo enfoque de la enseñanza de la física y las matemáticas a nivel internacional. "La enseñanza de la física no debe seguir comenzando con la explicación de las teorías gestadas en el siglo XVIII", dice indignado Rolf-Dieter Heuer. "Las investigaciones actuales sobre el universo, por ejemplo, pueden resultar apasionantes para los jóvenes. La escuela tiene que despertar primero su curiosidad para irlos llevando luego, poco a poco, al conocimiento de las bases de la física. El CERN no puede elaborar un método válido para todos los países, pero sí puede sensibilizar a los docentes de muchas partes del mundo y formarlos. Por su parte, la UNESCO puede convencer a los encargados de elaborar las políticas de educación de que es imperativo hacer más atractivas esas materias para los alumnos de la enseñanza secundaria, evitando así que la juventud se distancie de las ciencias exactas." Ganar esta batalla puede ser una larga empresa. El director del CERN es perfectamente consciente de ello, pero también sabe que "sólo fracasa el que no lo intenta".

La ciencia fundamental es otro ámbito en el que los objetivos de las dos organizaciones coinciden. No cabe duda de que los encargados de la adopción de decisiones consideran a



☞ El 19 de julio de 1953 se firmó en la sede de la UNESCO el convenio de establecimiento del CERN, tres años después de que hubiera germinado la idea de crearlo. © UNESCO

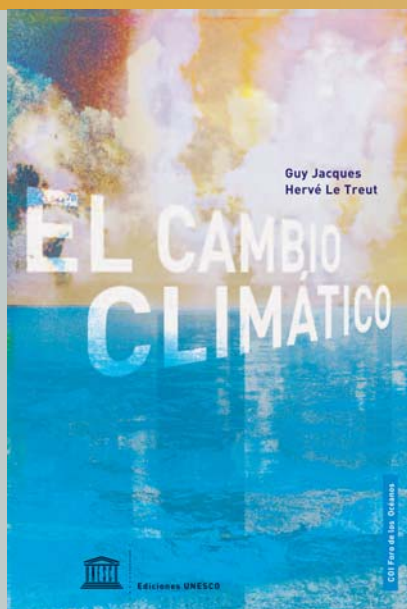
veces que la investigación fundamental es abstracta, ya que sus resultados no son inmediatamente aplicables. Rolf-Dieter Heuer estima que esto es absurdo.

"Defino la ciencia fundamental como una investigación de carácter abierto, centrada en los resultados, pero no en las aplicaciones. Imagínense que a Wilhelm Röntgen le hubieran pedido que inventara un aparato para fotografiar el esqueleto. ¡Nunca se le hubiera ocurrido pensar en las radiaciones catódicas! Sin embargo, sin idea preconcebida alguna, descubrió en 1895 los rayos X, utilizados todavía en la radiografía moderna." No faltan ejemplos para ilustrar la conclusión de Heuer: "Nunca se sabe cuándo ni dónde se aplicará un resultado de la investigación fundamental, pero siempre acabará aplicándose." ■



Rolf-Dieter Heuer, Director General del CERN.

© CERN



### EL CAMBIO CLIMÁTICO

*Guy Jacques y Hervé Le Treut*

Para ilustrar la evolución del clima, los autores de este libro toman como ejemplo el Sahara, donde puede “leerse” toda la historia climática de nuestro planeta. Al abordar las previsiones del clima y un controvertido tema de actualidad –el cambio climático– los autores no ocultan sus incertidumbres con respecto al futuro. La polémica suscitada por las previsiones y los desafíos planteados por el protocolo de Kyoto pone de manifiesto cómo los aspectos científicos, económicos y políticos, íntimamente ligados entre sí, pueden influir perdurablemente en la protección del medio ambiente y las repercusiones climáticas.

*164 páginas, figuras, 15,5 x 24 cm  
14,80 € · 2005*

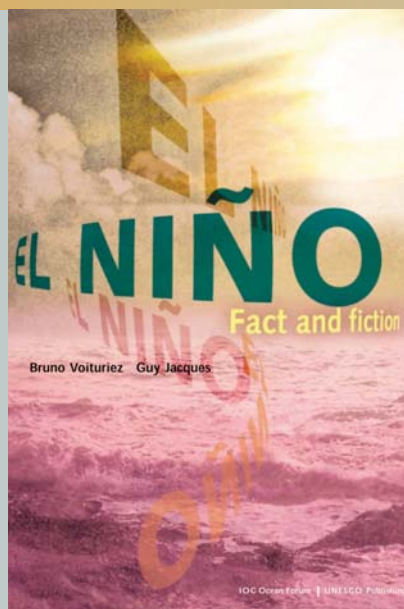
### LOS CAPRICHOS DEL OCÉANO

**Efectos sobre el clima y los recursos vivos**

*Bruno Voituriez*

Las variaciones y fluctuaciones de los océanos evolucionan continuamente y afectan al clima, cuyas consecuencias sobre los recursos naturales, la pesca, la agricultura y la vida de todos los seres vivos son objeto de grandes debates que no siempre son inteligibles para el público en general. El autor explica los mecanismos que vinculan la dinámica de los océanos con el clima y los ecosistemas marinos y expone los elementos críticos del desarrollo de la oceanografía que, como la meteorología, está llamada a ser una ciencia operativa.

*168 páginas, ilustraciones en color, fotos y mapas, 15,5 x 24 cm · 14,80 € · 2003*



### EL NIÑO: Realidad y ficción

*Bruno Voituriez y Guy Jacques*

El Niño es un fenómeno natural que suscita abundantes ficciones y mitos. Este libro sitúa El Niño en su verdadero contexto. Los autores explican con lenguaje claro y perspectiva histórica las variaciones climáticas utilizando la década como escala de tiempo y el planeta como escala espacial, a fin de explicar mejor los efectos verdaderamente imputables a este fenómeno. Las conclusiones pueden resultar a veces sorprendentes.

*142 páginas, ilustraciones y fotos,  
15,5 x 24 cm · 16,80 € · 2000*

### PATRIMONIO MUNDIAL N° 56

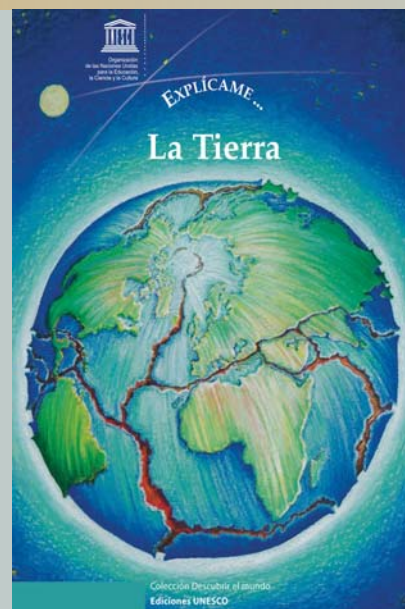
**Patrimonio y biodiversidad: sinergias y soluciones**

Sinergias entre los sitios del Patrimonio Mundial y las áreas clave para la biodiversidad

Patrimonio Mundial marino: la hora decisiva

- Cambio climático: el papel positivo de la naturaleza
- Diversidad cultural, biodiversidad y sitios del Patrimonio Mundial
- Los Ghats Occidentales: biodiversidad, endemismo y conservación
- Los jardines de Kew y la conservación de la biodiversidad – De un jardín real a un recurso botánico mundial
- Fondos para la biodiversidad: implicaciones para los sitios del Patrimonio Mundial

*88 páginas, fotografías en color  
7,50 € · Junio 2010*



### EXPLÍCAME LA TIERRA

*Philippe Bouysse.*

Este libro, que forma parte de una serie dirigida a lectores muy jóvenes, explica los elementos geofísicos básicos de la Tierra y su evolución. Comprender mejor cómo funciona nuestro planeta es esencial para aprender a respetarlo y garantizar así la supervivencia de las generaciones futuras.

*48 páginas, ilustraciones y fotos en color,  
15,5 x 21,7 cm · 8,00 € · 2007*

### EXPLÍCAME LAS RESERVAS DE BIOSFERA

*Christine Sourd*

Un pequeño libro accesible a todos públicos (a partir de los 10 años) que ayuda a comprender la biosfera, sus riquezas, las amenazas que se ciernen sobre ella, la organización de las reservas de biosfera y sus funciones esenciales en el desarrollo sostenible. Los ejemplos presentados pueden servir para concebir iniciativas de protección del medio ambiente mediante pequeños actos personales cotidianos destinados a preservar el medio ambiente.

*40 páginas, ilustraciones y fotos en color,  
15 x 21 cm · 4,60 € · 2004*

# Arte y literatura, lazos entre las culturas

Stephen Humphreys

**Desde que existen, las culturas se entremezclan, se influyen mutuamente y dan a luz nuevas culturas híbridas, aunque paralelamente se muestran propensas a ensimismarse y a rechazar las demás culturas. Tomando el ejemplo de la cultura estadounidense y la árabe-musulmana, Stephen Humphreys destaca la función de la literatura y las artes como medios de acercamiento privilegiados.**

Antes de disertar sobre los contactos íntimos que existen entre dos culturas – independientemente de que se traduzcan en tensiones, conflictos abiertos o búsquedas de un acercamiento–, conviene definir qué es la cultura. Para ello, voy a adoptar el punto de vista expresado por el antropólogo estadounidense Clifford Geertz hace ya unos cuarenta años. A su parecer, la cultura no corresponde a modelos de comportamiento ni a estructuras sociales per se, sino más bien a la manera en que creamos significados y los expresamos dentro de esos modelos y estructuras. Una cultura es un cúmulo de ideas, creencias, actitudes, rituales y prácticas que hacen que una sociedad se perciba a sí misma como un conjunto coherente portador de un sentido, esto es, como un pueblo aparte dotado de una identidad propia.

Las culturas, sin embargo, no son herméticas, porque es muy raro que puedan protegerse contra las presiones e influencias externas. De hecho, son permeables y susceptibles de interpenetrarse y mestizarse. Pueden coexistir y mezclarse llegando a alcanzar un equilibrio. Pueden mantener una interacción con culturas vecinas de forma limitada y pragmática, sin tropezar con dificultades para conservar la percepción que tienen de sí mismas y mantener así su identidad fundamental.

El conflicto se produce cuando dos sistemas culturales parecen constituir una amenaza recíproca. Ese sentimiento de amenaza suele originarse por la intrusión violenta de un sistema cultural en el espacio ocupado por otro. Esa intrusión “imperialista”, masiva o a pequeña escala, es una característica constante que

siempre ha estado presente en la historia de la humanidad. Sin embargo, el miedo al Otro es mucho más intenso e insidioso cuando es fruto de una hibridación rápida e invasiva que genera una honda impresión de pérdida de control. En este caso, todos los símbolos, normas de conducta, creencias y rituales ancestrales se desvanecen y empiezan a parecer ajenos, haciendo que las poblaciones afectadas tengan la sensación de no encontrarse en su propio territorio, aunque vivan en él. Hoy en día, este desasosiego generado por la hibridación contagia a todas las culturas de nuestro planeta, prácticamente sin excepción. Por eso, se plantea el interrogante de si es posible remediar ese desasosiego o atenuarlo y, en caso de que esa posibilidad exista, saber cómo y en qué medida puede ser remediado o atenuado.

## Acabar con los estereotipos

Para responder a ese interrogante, examinemos cómo reaccionan los estadounidenses frente a las sociedades árabes y musulmanas. Nadie se sorprenderá si afirmamos que su reacción es, como mínimo, confusa. En general, los norteamericanos están dispuestos a comprender, e incluso aceptar, las diferencias culturales, pero tienen la convicción íntima de que su famoso *american way of life* es superior. La reacción norteamericana está más polarizada en el temor –del “terrorismo islámico”, esencialmente– que en la búsqueda de un conocimiento, amplio y matizado a la vez, de la diversidad y complejidad de las culturas de las



*La obra del traductor, al igual que la del intérprete de una canción, es un elemento esencial del acercamiento entre las culturas.*

**🎨 Encuentro cultural**  
pictórico: diptico realizado conjuntamente por la artista alemana Helga Shuhr y el artista libio Yusef Fatis.

© Helga Shuhr y Yusef Fatis –  
Fotografía: UNESCO/R. Fayad

sociedades árabes y musulmanas. Esa búsqueda existe por supuesto en los Estados Unidos, pero se da sobre todo en círculos restringidos, esencialmente universitarios, y no en el público en general, muy influido por Internet y los demás medios de comunicación e información.

Los estereotipos sobre los árabes y los musulmanes predominan amplia e inevitablemente. Dada esta circunstancia, hay que saber cómo se puede lograr que un gran número de estadounidenses pongan en tela de juicio esos estereotipos, sean capaces de afrontar sus temores y traten de comprender realmente las culturas árabes y musulmanas.

No nos engañemos. Aunque logremos esto, no cabe duda de que seguirán subsistiendo diferencias culturales demasiado difíciles de aceptar por parte de los norteamericanos, ya que éstas no sólo cuestionan profundamente sus valores y modos de vida, sino que además constituyen una ofensa para los mismos. A este respecto, daré un simple ejemplo: a ojos de los estadounidenses, el burka y el niqab simbolizan, o mejor dicho encarnan, el envilecimiento y la despersonalización de la mujer. Se puede afirmar *a priori* que ningún debate o campaña de explicación podrá acabar con esta reacción, que es prácticamente instintiva.

También se plantea otro interrogante: se pueden comprender las diferencias culturales sin aceptarlas, por considerar que no constituyen alternativas aceptables o válidas, pero ¿conduce ineludiblemente al conflicto este rechazo? Personalmente, no tengo respuesta a esta pregunta, pero no cabe duda de que conviene meditarla con seriedad y honradez.

## El espejo del recelo

Cuando se intenta comprender una cultura, es forzoso proceder de forma selectiva porque no se puede pretender saber todo sobre la totalidad de sus aspectos. Entonces, ¿a qué aspectos de las culturas árabes y musulmanas debemos dar prioridad? ¿Qué grupos se han de escoger para representar esas culturas ante nuestra sociedad? Hasta la fecha, la sociedad estadounidense ha propendido a focalizarse en dos grupos casi exclusivamente: los activistas religiosos radicales y las mujeres. El temor suscitado por el primero de estos grupos y las inquietudes con respecto al segundo, tienden a deformar los debates y los análisis de que son objeto ambos.

En lo que al primer grupo se refiere, podemos decir que los norteamericanos ven al islam y a los árabes a través del prisma del 11 de septiembre y del conflicto palestino-israelí, respectivamente. Creo que lo contrario también es cierto: la visión de los Estados Unidos que tienen los árabes del Oriente Medio y de la diáspora está igualmente condicionada por ese conflicto. Cada parte refleja el recelo, el miedo y el resentimiento de la otra parte, lo que constituye un caldo de cultivo propicio para alimentar tensiones y sospechas, e incluso un rechazo cultural recíproco.

Con respecto a los estadounidenses que defienden la causa de los derechos de la mujer, cabe decir que algunos están bien informados sobre la diferencia cultural y la tienen en cuenta, pero no así otros. De todos modos, la acción de todos ellos apunta a los aspectos más íntimos y más vivamente rechazados de las sociedades árabes y musulmanas. De ahí que las tentativas de acercamiento agudicen a veces las tensiones culturales, en vez de eliminarlas.

## El papel de los intermediarios culturales

La literatura y las artes abren vías originales para entender las culturas árabes y musulmanas. En un artículo publicado en el semanario *The New Yorker*, Claudia Roth Pierpont llega a una conclusión reveladora: "Las novelas árabes aportan respuestas formidables a interrogantes que no somos capaces de plantearnos". Así es, pero por desgracia sólo se ha traducido al inglés una ínfima parte de la literatura árabe publicada en los últimos veinte años.

Aunque los novelistas construyen sus propios universos –que no son meros reflejos de sus culturas– y aunque hablan en su propio nombre exclusivamente, y no en el de sus sociedades, sus obras no dejan por ello de ser productos directos y auténticos de las culturas y sociedades en las que viven. Otro tanto ocurre con los músicos, pintores y escultores.

A pesar de todos sus límites y de las reservas que se puedan formular, la literatura y las artes siguen siendo el mejor medio para que las personas ajenas a una cultura penetren en ella. En el caso de las culturas árabes, nos ofrecen perspectivas muy vastas y variadas de la manera en que éstas se perciben a sí mismas y de la infinidad de formas en que tratan de definirse. Sin embargo, para que puedan servir de lazo entre las culturas, se

necesitan traductores, artistas e intérpretes. A estos intermediarios culturales se les trata a veces con una cierta condescendencia, considerándolos meros conductos de transmisión de la labor creativa de los autores a un nuevo público. A todas luces, esta visión no reconoce el suficiente mérito a la comprensión y el conocimiento profundos que se necesitan para hacer inteligibles los productos de un sistema cultural, portadores de significado y útiles para los miembros de otras culturas y sociedades. La obra del traductor, al igual que la del intérprete de una canción, quizás no sea una creación propiamente dicha, pero en la medida en que recrea la obra original es un elemento esencial del acercamiento entre las culturas.

Para concluir, diré que los Estados Unidos sólo serán capaces de comprender las realidades complejas de las culturas árabes cuando cuenten con un mayor número de traductores e intérpretes y, sobre todo, cuando se deje de considerar que estos intermediarios son meros comparsas de la vida intelectual y cultural del país y se reconozca plenamente su papel de protagonistas de ésta. Un cambio de este tipo no se conseguirá del día a la mañana y tampoco acabará con las tensiones y enemistades existentes entre culturas tan diferentes. Sin embargo, acometer esta empresa permitirá por lo menos que los estadounidenses empiecen a ver a los árabes y los musulmanes tal como son en realidad, y con toda su complejidad. Cabe esperar, por supuesto, que los intelectuales y eruditos árabes realicen un esfuerzo análogo para tratar de comprender el modo de pensar y vivir de los estadounidenses. No tengo inconveniente en admitir que esto no es cosa fácil, pero todos debemos emprender esta tarea si queremos superar algún día la confusión y desconfianza mutuas que hoy impregnan tan profundamente a ambas culturas. ■

**R. Stephen Humphreys** es profesor de historia y estudios islámicos en la Universidad de California (Santa Bárbara, Estados Unidos). Este artículo es un extracto de sus "Meditaciones sobre el problema del acercamiento entre las culturas", presentadas el 9 de febrero de 2010 en un foro organizado en la sede de la UNESCO con motivo del acto solemne de entrega del Premio UNESCO-Sharjah de Cultura Árabe.



# La segunda vida de Touki Bouki

Filmar en lenguas vernáculas, ayudar a los cineastas africanos, promover sus películas, apoyar la producción audiovisual moderna, salvaguardar el patrimonio cinematográfico de África. Estos son los objetivos que se ha propuesto el realizador maliense Solimán Cissé. Un hombre lleno de coraje y ambiciones para su continente.


Entrevista de **SOLIMÁN CISSÉ** con **Gabrielle Lorne**, periodista martiniquesa

**¿Constituye el cine un espacio para el diálogo entre las culturas?**

Sí, el cine ha hecho el mundo más pequeño. Es uno de los artifices de la aldea global o, como diría yo, de la emoción planetaria. Sea cual fuere la nacionalidad de su realizador o el país donde fue filmada, una película nos ofrece siempre una visión para que la compartamos todos. Y el espectador se siente transportado a un universo cuyos sonidos y acentos no le resultan familiares. Creo que una de las virtudes del cine es acercar a los seres humanos.

**Usted nos habla de aldea global, pero el repliegue identitario, la desconfianza y la incompreensión parecen aumentar en el mundo.**

Esa ambivalencia es innegable. En los últimos treinta años, las distribuidoras cinematográficas más importantes se han ido distanciando poco a poco de las películas africanas. Parece ser que tienen miedo a la diferencia. En 1987, mi película *Yeelen* se estrenó en Francia y fue proyectada en todos los grandes cines parisinos y de provincias, conquistando a espectadores de todas

 Solimán Cissé en la sede de la UNESCO, durante el acto de inauguración del Año Internacional de Acercamiento de las Culturas (18 de febrero de 2010). © UNESCO/A.Wheeler

las clases sociales. Hoy día, no creo que eso fuera posible. No es que los espectadores hayan cambiado. Son los que toman las decisiones quienes no quieren correr riesgos. Ni el riesgo de la diferencia, ni el del descubrimiento. Y, por supuesto, menos aún el riesgo económico. En cambio, en los países del Sur, nosotros seguimos viendo solamente películas occidentales.

**¿Se puede corregir ese desequilibrio?**

Se necesita una voluntad política fuerte para invertir esa tendencia. Porque la falta de ingresos en taquilla tiene un impacto sobre la calidad y cantidad de nuestro trabajo. Nosotros, los cineastas africanos, debemos sacar enseñanzas de esto y dirigirnos, por ejemplo, a nuestro público natural en nuestros propios países. Sin embargo, nuestros espectadores, por numerosos que sean, no pueden proporcionarnos medios suficientes para financiar nuestras películas. Por eso, la producción cinematográfica en Malí es hoy menor que hace veinte o treinta años.

**¿Por qué filma siempre en bambara, lengua vernácula de su país?**

Se me ha criticado mucho porque no filmo en francés, única lengua oficial de Malí. He optado por filmar en bambara porque es el idioma principal del 80% de los malienses. Además, lo entienden más de 20 millones de personas en el África Occidental. Es la lengua del comercio. Su peso lingüístico no es nada desdeñable.

Por haber dirigido a decenas de actores, puedo asegurarle que cuando los diálogos están en francés no se consiguen los mismos resultados que cuando están en bambara, la lengua de la intimidad. Se nos ha dicho con frecuencia que fuera de África nadie va a comprendernos y que el uso del bambara es una desventaja, pero creo que esto es erróneo. La lengua está al servicio del tema de la película. Cómo hubiera podido filmar *Yeelen* en francés, cuando este filme trata de los conocimientos ocultos que los bambaras se transmiten de generación en generación.

**Usted va aún más lejos. Opina que los Estados deben renunciar a los idiomas de los colonizadores y adoptar las lenguas nacionales, que no están reconocidas como oficiales.**

Las lenguas nacionales estrechan los lazos entre los ciudadanos y son indispensables para edificar una nación. En Malí tenemos 13 lenguas nacionales, pero una sola lengua oficial: el francés. Lo digo y repito, las lenguas nacionales no acaban con el inglés, ni el francés, ni el español. Pero creo que si el Malí no defiende sus propias lenguas, la civilización que vehiculan desde hace varios milenios acabará desapareciendo. Y, si se me permite una observación política, diré que cuando un Estado elige ser independiente, tiene que llegar hasta el final y no tener miedo de alterar por completo la administración. Todavía estamos a tiempo para reanudar la tarea de codificar la escritura de cada una de nuestras lenguas y revalorizar los ideogramas legados por nuestros antepasados.

**Usted se ha comprometido a fondo en la empresa de promover el cine africano...**

Así es. Desde 1995, cuando filmé *Waati*, mi película sobre el apartheid en Sudáfrica, me di cuenta de que estaba disminuyendo el apoyo financiero con el que contaba el cine africano, especialmente en Europa. Por su parte, los Estados africanos carecen de medios para invertir en nuestros filmes, pero al menos pueden fomentar la creación y la industria cinematográficas adoptando marcos jurídicos apropiados.

Por eso hacía falta que nosotros, los profesionales del cine, nos comprometiéramos en la defensa de nuestra actividad. En 1997, fundé con tal fin la Unión de Creadores y Empresarios Cinematográficos y Audiovisuales del África Occidental (UCECAO). Nuestra meta es promover el cine africano e incitar a los que tienen medios en África –por ejemplo, las empresas del sector privado– a que lo apoyen.

**También ha creado festivales de cine...**

En efecto, en 1998 se iniciaron los Encuentros Cinematográficos de Bamako bajo los auspicios de la UCECAO. Luego creamos, en un medio rural, el Festival Internacional de Nyamina (FINA) porque la cultura no es patrimonio exclusivo de la población urbana. El FINA no sólo acoge a



jóvenes cineastas, sino también a fotógrafos y realizadores de vídeos.

**Actualmente usted se interesa por la salvaguardia del patrimonio cinematográfico de África...**

Es cierto. En 2007, tuve el placer de participar en Cannes en el lanzamiento de la World Cinema Foundation (WCF) del estadounidense Martin Scorsese. Meses más tarde, Scorsese vino a Malí invitado por la UCECAO y decidió invertir en la preservación de nuestro patrimonio cinematográfico. En el siguiente Festival de Cannes, pude presentar la versión restaurada de la película *Touki Bouki* de Djibril Diop Manbety, realizada en 1973. Hacía unos 20 años que no se podía proyectar en público debido a su deterioro y mal estado de conservación.

*Touki Bouki* es el primer filme del África subsahariana que ha tenido una segunda vida. Me alegró mucho que se eligiera esta

Cartel de la película *Touki Bouki* realizada por Djibril Diop Mambéty en 1973 y restaurada recientemente por la World Cinema Foundation (WCF).  
© www.trigon-film.org

obra cinematográfica porque creo que fue profética en su tiempo, especialmente en lo referente a la emigración, ya que relata la historia de una pareja joven fascinada por Occidente. ■

**Solimán Cissé**, que tiene 70 años y ha realizado unas treinta películas, es una de las grandes figuras del cine mundial y el primer cineasta africano premiado en el Festival de Cannes por su largometraje *Yeelen* (1987). Ha sido nombrado miembro del Grupo de Alto Nivel sobre la Paz y el Diálogo entre las Culturas. La primera reunión de este Grupo, celebrada el 18 de febrero de 2010, señaló el punto de partida del Año Internacional del Acercamiento de las Culturas que finalizará el próximo mes de marzo.



## Patrimonio cultural inmaterial

“Los parachicos en la fiesta tradicional de enero de Chiapa de Corzo” (México) han sido inscritos en la Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad en 2010.

Las danzas de los parachicos – término con el que se designa a la vez a los bailarines y al tipo de baile que ejecutan– tienen lugar del 4 al 23 de enero de cada año en la localidad mexicana de Chiapa de Corzo. La música, la danza, la artesanía, la gastronomía, las ceremonias religiosas y las diversiones forman parte de esta festividad, que abarca todos los ámbitos de la vida local y propicia el respeto mutuo entre

comunidades, grupos sociales y personas.

Los bailarines recorren toda la localidad disfrazados con máscaras de madera esculpidas, tocadas con monteras y vestidos con sarapes, chales bordados y cintas de colores. Los dirige un patrón portador de una máscara de expresión severa, una guitarra y un látigo, que toca la flauta acompañado por uno o dos tamborileros y entona loas a las que los parachicos responden con aclamaciones.

La Convención de la UNESCO para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural, adoptada en 2003 y vigente desde el 20 de abril 2006, reconoce la importancia del

patrimonio cultural inmaterial. Esa importancia estriba en la riqueza de los conocimientos y prácticas transmitidas de generación en generación más que en la índole de la manifestación cultural propiamente dicha.

Hasta la fecha se han inscrito 213 elementos en la Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial y otros 16 más en la Lista del Patrimonio Inmaterial que requiere medidas urgentes de salvaguardia.

© 2009 Coordinación Ejecutiva para la conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución Mexicana del Estado de Chiapas



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization

Organisation  
des Nations Unies  
pour l'éducation,  
la science et la culture

Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura

Организация  
Объединенных Наций по  
вопросам образования,  
науки и культуры

منظمة الأمم المتحدة  
للتربية والعلم والثقافة

联合国教育、  
科学及文化组织

PEACE  
PAIX  
PAZ  
МИР  
السلام  
和平

65