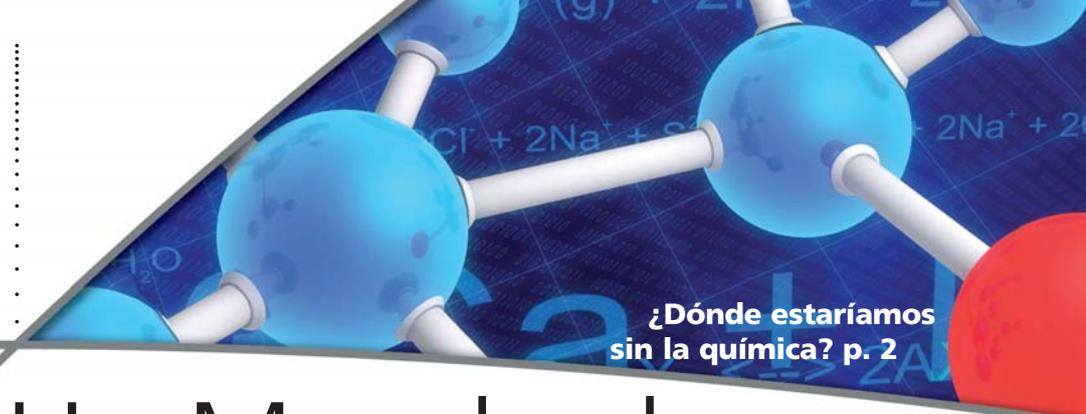


En este número
un suplemento adjunto:
una tabla periódica de los elementos



Organización
de las Naciones Unidas
para la educación,
la ciencia y la cultura



¿Dónde estaríamos
sin la química? p. 2

Un Mundo de **CIENCIA**

Boletín trimestral
de información sobre las
ciencias exactas y naturales

Vol. 9, No. 1
Enero-marzo 2011

SUMARIO

ENFOQUES ...

2 ¿Dónde estaríamos sin la química?

ACTUALIDADES

- 9 La escasez de ingenieros amenazará el desarrollo
- 9 Estaciones sísmicas para Nepal
- 10 La mejor arma contra el cáncer: un estilo sano de vida
- 11 Los expertos abogan por la investigación en geoingeniería
- 11 Las capas subterráneas para aliviar la escasez de agua en Iraq
- 11 Diez medallas en nanociencias y nanotecnologías
- 12 Once sitios se suman a la Red mundial de geoparques
- 13 Numerosos países aprueban el Tratado de Nagoya sobre la Biodiversidad
- 14 Los expertos solicitan una evaluación de los micro-plásticos en el océano

ENTREVISTA

15 Jean-Christophe Balouet investiga sobre un crimen medioambiental

HORIZONTES

- 17 Ciencias sin fronteras
- 21 La biodiversidad en un kit

BREVES

- 24 Agenda
- 24 Nuevas publicaciones

EDITORIAL

La química: nuestra **vida**, nuestro **futuro**

Cuando dos personas se atraen mutuamente, se dice que hubo una reacción química. Esta noción romántica no está lejos de la verdad, ya que no solo vivimos en un mundo químico, sino que somos nosotros mismos verdaderas fábricas químicas: 99% del cuerpo humano está compuesto de oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, calcio y fósforo. Estos elementos se combinan entre ellos para producir una diversidad admirable de moléculas que constituyen todos los órganos de nuestro cuerpo y nos permiten respirar, comer, desplazarnos y pensar –en fin, vivir.

Al igual que los elementos químicos colocados en un tubo de ensayos, los de nuestro cuerpo reaccionan a los estímulos y sufren transformaciones desencadenadas por las reacciones químicas del cerebro. Cuando un individuo enfrenta un peligro, el cerebro escoge: ¿retirarse o pelear? Se producen entonces unos compuestos químicos con el fin de preparar al cuerpo ya sea para el combate o la huida. Si los medicamentos son eficaces, es porque reaccionan con entidades químicas particulares de nuestro cuerpo para combatir la enfermedad, que puede ser percibida como un desorden de la química corporal.

Gracias a la química, la vida se ha vuelto mucho más comfortable. Nuestros autos, nuestras habitaciones y nuestra ropa muestran los frutos de su creatividad. El futuro de la energía depende de ella al igual que, entre los Objetivos de Desarrollo del Milenio, el acceso al agua potable y a servicios de saneamiento para todos. Si se echa una mirada al pasado, fueron los químicos quienes descubrieron el abono químico gracias al cual la producción alimentaria y el crecimiento demográfico pudieron marchar a la par. Fueron los químicos quienes descifraron el problema mayor de nuestra época, el cambio climático, vigilando durante decenas de años el nivel de dióxido de carbono en la atmósfera de la Tierra.

Por tanto, no es sorprendente entonces que el tema del Año Internacional de la Química que comienza este mes se llame La Química: nuestra vida, nuestro futuro. Damos la arrancada con un artículo de base que hace la pregunta: «¿Dónde estaríamos sin la química?».

Claro que los productos químicos, tal y como los conocemos en su forma doméstica, industrial o incluso de laboratorio, deben ser manipulados con prudencia, a causa de la toxicidad y de la volatilidad de ciertos compuestos. En este número descubriremos cómo la investigación forense ambiental logra seguir la pista de un derrame de productos químicos hasta sus orígenes, a veces varias decenas de años después de los hechos.

No habría Año Internacional de la Química si Etiopía no hubiese sometido a las Naciones Unidas una Resolución apoyada por una veintena de otros países. Coordinado y dirigido conjuntamente por la UNESCO y la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, que festeja su centenario, el Año marca también el centenario del otorgamiento del Premio Nobel de Química a María Sklodowska Curie. En homenaje a su memoria, el Año terminará con la primera representación, en la sede de la UNESCO en París, de una Ópera que ilustra su vida. Mientras tanto, mujeres químicas participarán el 18 de enero en un desayuno en red entre Australia, Egipto y otros países, donde la contribución de las mujeres a la química será elogiada.

El Año se iniciará oficialmente en la UNESCO los días 27 y 28 de enero. Si usted desea proponer una idea u organizar una actividad durante el Año, no dude en registrarlas en el sitio oficial: chemistry2011.org.

Gretchen Kalonji
Subdirectora General para las ciencias exactas y naturales

¿Dónde estaríamos sin la química?

Ya comienza la celebración del Año Internacional de la Química. Celebración plenamente justificada en la medida en que la química reviste, para cada uno de nosotros y donde quiera que estemos, una gran importancia. Si quisiéramos desembarazarnos de todas las contribuciones de la química al mundo moderno, nos encontraríamos nuevamente en la edad de piedra, la vida sería corta y penosa, estaríamos subalimentados, el mundo perdería sus colores, estaríamos vestidos con la piel de los animales y sólo podríamos disponer de muy pocos de esos aparatos que nos distraen y facilitan la vida.

Como toda gran empresa, reconozco de entrada que la química crea problemas. Se utiliza para la fabricación de explosivos utilizados por la industria armamentista, produce venenos, y las emanaciones de sus fábricas deterioran el medioambiente. Algunos casos dramáticos de accidentes han matado y mutilado a miles de personas. En 1984, la explosión de la planta de productos químicos de la Unión Carbide en Bhopal, India, costó la vida de miles de inocentes y aún hoy se sufren sus terribles consecuencias. La contaminación del agua y del aire ha provocado grandes daños a nuestro medioambiente. Debemos reconocer estas desgracias y horrores pero todo progreso tecnológico y científico implica dificultades a su paso. Con algunas excepciones, la industria química ha tomado consciencia de sus obligaciones hacia la humanidad y su entorno y trabaja arduamente por evitar los efectos nocivos de sus actividades.

En este artículo trataré solamente de los aspectos positivos de la química en el mundo moderno y ustedes serán libres de decidir si el precio a pagar es demasiado elevado.

La química es la ciencia de la materia y de los cambios que esta puede sufrir. En términos muy generales, los químicos toman la materia bajo una de sus formas y la restituyen bajo otra. En algunos casos, extraen de la tierra la materia prima, como el petróleo o los minerales, para producir otros productos derivados como los combustibles y el acero, tamizan los cielos tomando el nitrógeno de la atmósfera para producir fertilizantes. Frecuentemente, utilizan los materiales más elaborados como materia prima de tejidos o sustancias destinadas a la alta tecnología.

La química hace posible la vida en sociedad

Tomemos el agua, por ejemplo, un elemento absolutamente indispensable para la vida. La química ha hecho posible la vida comunitaria al purificar el agua y liberarla de agentes patógenos. El cloro es el principal elemento que permite la existencia de las ciudades: sin él, las enfermedades estarían por doquier y la vida urbana sería un juego de azar. Los químicos lograron extraer este elemento de una fuente abundante: el cloruro de sodio, la sal común. ¿Existirán sin embargo, otros procedimientos? ¿Los futuros químicos (quizás usted lector o los estudiantes que usted estimula a continuar esta carrera) lograrán hacer posible



©BASF
La aplicación a pistola de una membrana concebida por BASF en la pared interior de un túnel en construcción en Reino Unido reduce la cantidad de concreto necesario, y economiza millones de euros en gastos de construcción al reducir la cantidad de CO₂ emitidos por la fabricación del cemento.

la vida en sociedad sin recurrir al cloro? Sería muy bueno poder prescindir de él ya que es un aliado de poca confianza; aunque gracias a su poderosa reactividad química, purifica el agua, ataca al mismo tiempo los otros compuestos y penetra, por ejemplo, en la cadena alimentaria en forma de dioxinas o compuestos similares. Estos compuestos pueden atacar el sistema nervioso y acumularse en las grasas corporales. Por otra parte, al ascender muy alto en la atmósfera, el cloro y sus compuestos contribuyen a la destrucción del ozono troposférico y a la formación de lluvias ácidas.

Los químicos se encuentran a la vanguardia de la batalla para producir agua potable

a partir del agua salobre, de las aguas envenenadas de los mantos freáticos –como las aguas cargadas de arsénico de los profundos acuíferos de Bangladesh– y de la fuente más abundante de todas, los océanos, gracias a las plantas de desalinización. Los químicos han hecho aportes directos a esta empresa vital, desarrollando la potabilización de las aguas por ósmosis inversa, proceso por el cual se ejerce una presión sobre el agua salobre para hacerla atravesar una membrana filtrante y convertirla en potable. Igualmente, los químicos han hecho aportes indirectos, desarrollando mejores

membranas e incrementando la eficacia del proceso con el fin de reducir sus costos energéticos y aumentar la duración de vida y eficacia de las mismas. Huelga decir que el talento legendario de análisis de los químicos para descubrir la naturaleza de los elementos presentes, en qué medida puede ser tolerado y qué elemento esencial debe ser eliminado para desencadenar la reacción buscada, es determinante en esta empresa.



©UNESCO/Fiona Ryan

Cultivo de arroz en China. La adopción del cultivo de arroz dorado podría beneficiar a millones de personas en toda el África y Sudeste asiático que sufren la carencia de vitamina A.

Cómo la búsqueda de explosivos originó una revolución verde

Luego, está la alimentación. A medida que la población mundial aumenta y que se deterioran las tierras productivas, se hace cada vez mayor la necesidad de incrementar el rendimiento de los cultivos. El procedimiento tradicional consiste en añadir fertilizantes. En relación con ello, los químicos han hecho una notable contribución descubriendo fuentes de nitrógeno y de fósforo y haciendo que estos elementos sean asimilados por las plantas. La ingeniería genética es otra manera de actuar pero muy cuestionada debido a las dudas que albergan ciertos círculos sobre los efectos de la manipulación de los factores hereditarios y sobre la posibilidad de su transferencia incontrolada a otras especies. La producción de alimentos proveniente de organismos genéticamente modificados (los OGM) puede, sin embargo, ayudar a reducir el uso de pesticidas químicos, a resistir las infecciones virales y la sequía, y finalmente, al igual que en los cruces naturales en la ganadería, obtener cultivos más abundantes y más ricos en elementos útiles. La adopción del cultivo del arroz dorado, que comprende genes de junquillos amarillos que favorecen una fuerte concentración de precursores de vitamina A, podría beneficiar a millones de personas de toda África y del Sudeste asiático que sufren de carencias de esta vitamina, carencia responsable de millones de muertos y miles de casos de ceguera irreversible.

El nitrógeno es asombrosamente abundante. Constituye cerca de tres cuartas partes de la atmósfera, pero se encuentra bajo una forma que no puede ser asimilada por la mayoría de los vegetales. Uno de los mayores logros de la química, practicado desde principios del siglo XX, bajo el impulso no del deseo humanista de alimentar sino bajo el deseo inhumano de matar, fue desarrollar un método de cómo extraer el nitrógeno del aire y prepararlo para que pudiese ser asimilable para los cultivos. El impulso surgió de la necesidad de sustituir los nitratos extraídos

de las regiones áridas de Chile utilizados como fuente natural de nitrógeno, por una fuente mayor y más segura, que en tiempos de la Primera Guerra Mundial (1914–1918), era requerida para la fabricación de explosivos. El desarrollo en Alemania de un proceso eficaz y económico de conversión del nitrógeno gaseoso no reactivo en una forma reactiva realizado por el químico alemán Fritz Haber y su compatriota el ingeniero químico Carl Bosch inicialmente

en 1909 y a escala industrial en 1913, marca un progreso decisivo de la industria química ya que, siendo al mismo tiempo tributario del de los catalizadores apropiados, la producción de fertilizantes exigía la creación de una industria que funcionara a temperaturas y presiones nunca alcanzadas con anterioridad.

El descubrimiento del nitrógeno reactivo revolucionó la agricultura del siglo XX permitiéndole aumentar los rendimientos. Pero el procedimiento consume aún mucha energía. Sería maravilloso que los procesos observados en las bacterias presentes en las raíces de ciertas leguminosas como el trébol, la alfalfa y los cacahuetes o maníes puedan ser replicados a escala industrial para fijar el nitrógeno. En el proceso natural, el nitrógeno es liberado bajo una forma utilizable cuando la planta que muere lo pone a disposición de las otras plantas. Es el mismo principio de la rotación de los cultivos en la agricultura tradicional, de donde se inspira la agricultura orgánica. Los químicos han pasado decenas de años estudiando este proceso, realizando finas disecciones sobre las enzimas que utilizan las bacterias, de forma tranquila, con poco gasto de energía, a bajas presiones y a baja temperatura. Se avistan en un futuro luces de triunfo, pero si usted desea convertirse en célebre como el químico que habrá resuelto el problema de alimentar a la humanidad, pruebe su suerte.



Reproducido con la amable autorización de Peter Trusler

En esta escena imaginada por el paleo-artista Peter Trusler, un dinosaurio moría, hace aproximadamente 110 millones de años, mientras que el polo Sur disfrutaba de un clima más clemente. Si el cuerpo de este Leaellynasaura amicographica se cubre rápidamente de sedimentos, puede fosilizarse y el fósforo de sus huesos será atrapado en forma de rocas fosfóricas.

Reciclar animales muertos para alimentar los vivos

El fósforo también es abundante ya que es el vestigio de animales prehistóricos. El fosfato de calcio de sus huesos, dotados de una fuente interna especial de energía, las moléculas de trifosfato de adenosina (ATP) que animaban cada una de sus células, se encuentra comprimido en enormes grupos sobre los océanos y los continentes del mundo entero. El fósforo es utilizado sobre todo para producir abono, derivado de las rocas fosfáticas. La mayoría de las reservas de

esas rocas se encuentran en Marruecos. Solamente Marruecos y China poseen 91% de las reservas mundiales. Así, al transformar los animales fósiles en abono, los químicos contribuyen a reciclar los animales muertos para alimentar a los vivos.

Sin energía, las civilizaciones desaparecerían

Después del agua y los alimentos, necesitamos energía. Sin energía, no ocurre nada en el mundo. Las civilizaciones se desmoronarían si a estas les faltara, su progreso exige cada vez una mayor utilización de la energía. Los químicos aportan su participación, a todos los niveles y en todas las áreas, a la investigación de nuevas fuentes así como a la aplicación más eficaz de las fuentes disponibles.

El petróleo forma parte de la herencia del pasado, en la medida en que constituye un residuo parcialmente descompuesto de materia orgánica, como el plancton y las algas que languidecieron en lagos y mares, sometidos a los efectos del calor y la presión. Se trata, evidentemente, de una fuente de energía extremadamente práctica, ya que es fácil de transportar, incluso en los aviones donde el peso supone un problema. Los químicos participan desde hace mucho en el refinamiento de la materia prima o petróleo crudo, comprimida y bombeada desde las profundidades. Ellos han desarrollado los procesos y los catalizadores, que han tomado estas moléculas proporcionadas por la naturaleza, las han fraccionado en fragmentos más volátiles y las han reconstituido de manera tal que se puedan quemar con mayor eficiencia.

Pero quemar los recursos ocultos de la naturaleza podría ser considerado por las generaciones futuras como la destrucción, como mínimo, insensata de un recurso inestimable. Por otra parte, esos recursos no son ilimitados, y aunque aparezcan constantemente noticias sobre descubrimientos de nuevas reservas de petróleo, al menos hasta ahora, su explotación se hace cada vez más arriesgada y costosa.

Debemos admitir que aún cuando nos separen décadas de la desaparición de este don de la Tierra, ese día llegará. Los químicos deberán esforzarse por desarrollar nuevas fuentes de energía. Los jóvenes que llegan hoy a la profesión sabrán que tendrán grandes posibilidades de dejar sus huellas sobre el bienestar futuro del mundo y su población.

¿Hacia qué nuevas fuentes de energía apuntan los químicos actualmente? El Sol, evidentemente. La forma en que la naturaleza explota su energía, a saber, la fotosíntesis, es un modelo tentador, susceptible de imitar. Los químicos ya han desarrollado materiales fotovoltaicos relativamente eficientes y cuya eficacia siguen mejorando. Con una ventaja de cuatro mil millones de años sobre los químicos de laboratorios, la naturaleza ya encontró un sistema muy eficaz basado en la clorofila. Aunque se comprendan los grandes principios del proceso, subsistirá aún para los químicos actuales —y quizás para los futuros como ustedes— la dificultad de observar el ejemplo brindado por la naturaleza y de adaptarlo a escala industrial. Una de las posibles acciones consiste en utilizar la luz solar para separar el agua (H_2O) a sus dos elementos constitutivos y canalizar o bombear el hidrógeno hacia donde puede ser quemado.

Dije «quemado». Los químicos saben que existen maneras más sutiles y eficaces de utilizar la energía contenida en el hidrógeno y los hidrocarburos que de darles fuego para captar la energía liberada bajo forma de calor y dirigirla hacia un

motor mecánico ineficiente o un generador eléctrico. La electroquímica, utilización de las reacciones químicas para producir electricidad y recurrir a la electricidad para producir una modificación química, representa un potencial extremadamente importante para el mundo. Los químicos ya han contribuido en la producción de fuentes de energía: las baterías que accionan nuestros pequeños aparatos portátiles como linternas, lectores de música, computadoras portátiles, teléfonos, aparatos de vigilancia de todo tipo, y cada vez más y más, nuestros automóviles.

Los químicos colaboran muy activamente con los ingenieros en desarrollar pilas de combustibles a todas las escalas, desde las que permiten el funcionamiento de las computadoras portátiles hasta las que se usan en el mando de los aparatos domésticos, y probablemente un día, de pueblos enteros. En estas pilas, la electricidad proviene de reacciones químicas que alternativamente sumergen los electrones en las superficies conductoras de donde los retiran mientras que el combustible

—hidrógeno o hidrocarburos— es inyectado desde el exterior. Para ser viable, esta pila depende enteramente de la naturaleza de las superficies donde tienen lugar las reacciones, y del líquido en el cual estas son sumergidas. Esta es otra orientación de la química donde usted, lector o quizás químico incipiente, podría cambiar profundamente el futuro de su país y del mundo.



Plataforma petrolera. Actualmente, numerosos objetos son fabricados en materias sintéticas derivadas del petróleo.

© Richard Avoury/Stockphoto

La energía nuclear propiamente, ya sea de fisión o un día de fusión, imitación del Sol en la Tierra, depende de la pericia de los químicos. La construcción de reactores nucleares para la fisión depende de la disponibilidad de nuevos materiales. La extracción de los minerales del combustible nuclear en forma de uranio y de sus óxidos apela a la química. Nadie ignora que lo que retrasa el desarrollo de la energía nuclear y su aceptación por el público, más allá de las inquietudes políticas y económicas, son las dificultades en cuanto a los medios para deshacerse de los desechos radioactivos una vez utilizado el combustible. Los químicos ayudan a encontrar los medios de extraer de esos desechos, los isótopos¹ útiles y lograr que no contaminen el medioambiente y no constituyan un riesgo para los siglos futuros. Si usted pudiera colaborar con los ingenieros atómicos para resolver este problema, el mundo podría distinguir con menos inquietud los peligros de la energía nuclear, y usted le brindaría una tregua a la futura llegada de la fusión nuclear, que comprende menos riesgos. Ella consiste en hacer chocar entre sí los isótopos del hidrógeno y en captar la energía liberada cuando estos fusionan para formar el helio, como sucede en el Sol. La dificultad consiste en obtener altas temperaturas ya que es solamente bajo esta condición que los núcleos chocan suficientemente fuerte para superar su repulsión eléctrica- evitando al mismo tiempo que se derrita el conjunto del dispositivo donde ocurre la reacción. El gran proyecto de investigación sobre la fusión nuclear, que tiene lugar en Francia, bajo el nombre de Reactor Termonuclear Experimental Internacional (ITER) (*iter* significa en latín “el camino”), implica una colaboración internacional a escala sin precedentes entre países que representan a la mitad de la población mundial (ver página 20).



Paneles solares sobre el techo de un estadio en Baeza, España

Los plásticos, un producto del petróleo

He mencionado la destrucción aparentemente insensata de un recurso inestimable cuando la mezcla orgánica compleja que llamamos petróleo es bombeada del subsuelo donde reposaba desde hacía milenios para ser quemados con toda indiferencia. Por supuesto, no todo el petróleo sale de los tubos de escape de nuestros automóviles, camiones, trenes y aviones. Una buena parte del petróleo se extrae y utiliza como materia prima de una impresionante cadena de reacciones desarrolladas por los químicos, lo que constituye la industria petroquímica.

Miren alrededor de ustedes y vean eso que los químicos han realizado al tomar ese petróleo crudo, negro y viscoso que brota de la Tierra, sometiéndolo a las reacciones

desarrolladas por ellos y transfiriendo el producto a los fabricantes de objetos del mundo moderno.

El efecto más impresionante de estos procesos ha sido sin duda el surgimiento del plástico. Hace un siglo, la vida cotidiana estaba hecha de metal, cerámica o productos naturales. Los objetos eran de madera, lana, algodón y seda. Actualmente, numerosos objetos son hechos de plástico, derivado del petróleo. Nuestras ropas son tejidas en las materias concebidas por los químicos; en viajes, usamos maletas y bolsos hechos de materiales sintéticos; nuestros aparatos electrónicos, televisiones, teléfonos y computadoras portátiles están todos moldeados en materiales sintéticos. Nuestros vehículos son fabricados cada vez más a partir de estos materiales. Incluso el aspecto y la textura del mundo familiar es hoy diferente de lo que lo era hace cien años: acaricie un objeto actualmente y su textura será generalmente la de una materia sintética. Esta transformación se la debemos a los químicos.

Incluso si usted lamenta la muerte de muchos materiales naturales, usted siempre podrá agradecer a los químicos haberlos preservados, allí, donde aún son empleados. Los materiales naturales se corrompen pero los químicos han inventado materias que retrasan su deterioro. Nuevos preservantes de madera, por ejemplo, generalmente a base de cobre, han sido desarrollados para evitar los problemas de los antiguos preservantes que se escurrían hasta el suelo y lo envenenaban con arsénico, cobre o cromo.



Foto: Wikipedia

Grupo de objetos domésticos comunes. Un desafío urgente que enfrentan los químicos es reducir el ciclo de la biodegradación de los plásticos, de las latas de aluminio y de otros embalajes. Ver también página 14.

Autos más ligeros, computadoras moleculares y ropas inteligentes

El plástico es sólo uno de los aspectos de la revolución de los materiales que ha marcado los últimos cien años y hoy continúa su paso vigoroso. Los químicos desarrollan cerámicas que comienzan a sustituir los diferentes metales utilizados en los vehículos lo que, aligerándolos, aumenta la eficiencia de nuestros sistemas de transporte. La cerámica ya ha sido empleada en los colectores de escape de ciertos automóviles muy potentes y se han realizado experiencias para construir el bloque del motor con cerámica. El sistema de enfriamiento de los motores de autos ha sido simplificado y su peso reducido ya que los motores actuales son capaces de soportar temperaturas elevadas. Quedarían por resolver los problemas de fabricación y resistencia a la tracción, con los que quizás usted nos pueda ayudar. Corresponde igualmente a los químicos desarrollar los semiconductores de los que dependen las comunicaciones del mundo moderno y la informática. De hecho, una de las tareas principales de la química consiste actualmente en crear aquello que pudiéramos llamar la infraestructura material del universo digital. Los químicos desarrollan los semiconductores que se encuentran en el corazón de la informática y las fibras ópticas que sustituyen cada vez más frecuentemente el cobre en la transmisión de las señales. Las pantallas que sirven de interfaz con el sistema visual humano son el fruto de las investigaciones de los químicos sobre los materiales.

Actualmente, los químicos investigan sobre la computadora molecular cuyos conmutadores y memorias responden al cambio de forma de las moléculas. El éxito de esta empresa –con el optimismo que tanto caracteriza a la ciencia, estamos seguros que se logrará– abrirá la vía a un crecimiento nunca antes igualado en potencia de cálculo, en un volumen extremadamente reducido. Si la creación de este tipo de materiales inteligentes le interesa, usted puede participar en una revolución de la informática. Se vislumbra igualmente la creación de computadoras cuánticas las que dependerán de la capacidad de los químicos de desarrollar los nuevos materiales necesarios y dará lugar a una revolución de la comunicación y de la informática capaz de desafiar la imaginación.

Los tejidos modernos son directamente tributarios de los aportes de la química. Si los suprimiéramos quedaríamos casi desnudos, temblorosos de frío y poco seductores. Incluso los tintes artesanales, como los que utilizan el batik javanés y la impresión india con rodillo, son productos extraídos de plantas y aplicados en los tejidos. Los tejidos modernos comprenden los poliésteres, el nylon y las poliamidas. Pero los aportes de la química son más sutiles que la simple creación de tejidos.



©UNESCO/Michel Ravassard

Modelo sobre la pasarela de un desfile de modas presentando modelos de Asia Central. Los tejidos modernos son fuertemente dependientes de la química.



© Richard Stamper/Stockphoto

Monje thai con su computadora portátil. Los químicos colaboran con los ingenieros en el desarrollo de pilas de combustibles que hacen funcionar las computadoras portátiles.

La química contribuye a la elaboración de retardadores del fuego integrando al tejido compuestos en general bromados. Entre los últimos avances está la inclusión de nanomateriales que aumentan su resistencia al uso, brindan una resistencia a las bacterias y suprimen las arrugas. Estamos incluso en la víspera de descubrimientos aún más apasionantes, en los cuales usted podría participar: se están estudiando los e-textiles (o textiles inteligentes), los que integran características electrónicas, la posibilidad de cambiar de color, con motivos cambiantes (¡y publicidades!) según su estado anímico. Estos textiles podrán adaptar sus capacidades térmicas a las condiciones ambientales y, esperemos, lavarse solos.

Los agentes contra la enfermedad: las sociedades farmacéuticas

Casi no he hablado de la salud. Una de las grandes contribuciones de la química a la civilización humana –y al bienestar de nuestros animales– ha sido la creación de medicamentos. Los químicos pueden con razón vanagloriarse de su contribución al desarrollo de los agentes de lucha contra las enfermedades. La más importante es quizás la de los anestésicos a finales del siglo XIX y principios del XX, ya que redujeron los sufrimientos. ¡Imagínese que, hace 200 años, usted debía sufrir una amputación con un poco de aguardiente y apretando los dientes! Algunos de los anestésicos corrientes actualmente, como la procaína, han sido desarrollados por los químicos para evitar los efectos secundarios como la dependencia,

que causaba el uso de materias derivadas de la medicina tradicional, como la cocaína extraída de la coca peruana. Le corresponde luego, por orden de importancia, al descubrimiento de los antibióticos por los químicos, basado esencialmente en la observación de la naturaleza. Hace un siglo, la infección bacteriana constituía una amenaza mortal; hoy podemos curarla. Sólo nos queda esperar que esto continúe así, y al mismo tiempo, prepararnos por si no siempre lo fuese.

Algunos medios le reprochan frecuentemente a las sociedades farmacéuticas sacar provecho y una explotación considerada como extravagante pero esta merecen mayor comprensión. Al preparar los medicamentos que combaten las enfermedades, estas sociedades actúan en el respetable interés de disminuir el sufrimiento humano. Los químicos se encuentran en el corazón de esta empresa y es muy lamentable que la fabricación de medicamentos sea tan costosa. Las técnicas de la electrónica moderna contribuyen a la investigación de nuevas vías de acción y de reducción de recursos en los ensayos con animales. Es necesario, sin embargo, tomar todas las precauciones antes de introducir elementos ajenos en los cuerpos vivos; años de investigaciones costosas pueden de pronto desmoronarse si en el estadio final de las mismas se manifiestan consecuencias inaceptables. Su compromiso en esta industria pudiera transformarla un día en un sentido que no podemos prever y usted se convertiría en uno de los orgullosos químicos que habrán contribuido a salvar millones de vidas.

Cómo la biología se convirtió en química hace 50 años

Estrechamente ligada a la contribución de los químicos al alivio de las enfermedades, está la participación de estos en las investigaciones a nivel molecular. La biología se convirtió en química hace exactamente 50 años, con el descubrimiento de la estructura en doble hélice del ADN. La biología molecular, que debe su existencia en una gran medida a este descubrimiento, no es más que la química aplicada a los organismos vivos. Disfrazados frecuentemente como especialistas en química molecular, los químicos han mostrado el camino a la comprensión de la vida y de su característica esencial, la transmisión de los caracteres genéticos, a su nivel fundamental, abriendo así grandes esferas del molecular a la investigación racional. Igualmente, transformaron la medicina legal, llevaron ante la justicia a criminales y transformaron la antropología remontando el curso de la historia étnica y de la ascendencia.

El desplazamiento de la atención de la química hacia los procesos de lo vivo se produjo en una época en que las esferas

de la química –orgánica, inorgánica y física– alcanzaron un grado elevado de madurez y estaban prestas a ocuparse de la red extremadamente compleja de los procesos internos de los organismos, sobre todo humanos. La forma de abordar la enfermedad –y sobre todo de prevenirla– fue orientada sobre una base racional a partir de los descubrimientos que realizan los químicos. Si usted piensa desarrollarse en este medio, la importancia de la genómica (estudio del genoma de un organismo) y de la proteómica (estudio de la panoplia de las proteínas sintetizadas por el genoma) se revelarán esenciales para sus trabajos ya que las mismas ayudarán a situar sobre una base racional el tratamiento de la enfermedad y ponerla en relación personal con el individuo. Se trata en verdad de una esfera de la química en la cual usted puede, con toda confianza, apoyarse en los hombros de los gigantes que le precedieron, sabiendo que usted ataca la enfermedad desde su raíz.



A este enfermo del siglo XIX se le administró óxido nitroso (N₂O) antes de la extracción de un diente. Conocido también por el nombre de gas hilarante, el óxido nitroso fue identificado en 1772 como anestésico por el químico inglés Joseph Priestly.

Los magos de la materia

Me he limitado a un pequeño número de éxitos de la química aplicada ya que ellas representan el resultado tangible de los trabajos realizados desde hace siglos por miríadas de químicos y, lo digo con algunas precauciones, por alquimistas. Si bien es cierto que los alquimistas cometieron errores, intentando convertir en oro los metales ordinarios, esto les permitió familiarizarse con la materia y las transformaciones a las cuales se la puede someter.



Fuente del texto e imagen: Wikipedia

Mohamed Ibn Zakariya ar-Razi (865-925) era un persa, alquimista, médico y filósofo. Se le atribuyen numerosas «primicias» como la de haber escrito una obra de pediatría. Fue también el primero en descubrir el ácido sulfúrico –después de haber perfeccionado los métodos de su destilación y extracción– así como otros numerosos productos y compuestos químicos, como el keroseno, el alcohol y el etanol.

Existe, sin embargo, otro aspecto de la química que no debería pasar inadvertido y que la justifica a los ojos de muchas personas. La química explora la materia y el funcionamiento del mundo material. Es por ello una empresa profundamente cultural: es completamente normal, dado el interés que la UNESCO manifiesta por el Año Internacional de la Química, constatar que esta pertenece al mismo tiempo a la esfera educativa, científica y cultural. La química nos inicia en las propiedades y en el comportamiento de la materia. Es, además, una actividad verdaderamente transnacional y transcultural, que progresa gracias a la colaboración de casi todos los países del mundo.

Químicos como el inglés John Dalton (1766–1844) atrajeron nuestra atención sobre la existencia de los átomos y de las moléculas, y sus descendientes nos mostraron cómo establecer un vínculo entre esas entidades y lo que observamos. Si bien nos produce placer observar simplemente el color intenso de una flor, la química nos permite percibir el origen molecular del color y profundizar así nuestro deleite.

Los primeros químicos comenzaron por comprender por qué una sustancia reaccionaba con una sustancia específica y no con otra. Sus descendientes descubrieron el motor del cambio químico y abrieron así nuestra comprensión de por qué sucede tal o tal acontecimiento. Comprendemos lo que impulsa el mundo a avanzar, por qué las cosechas maduran, por qué vivimos y morimos y por qué las cosas se producen así.

Evidentemente, queda mucho por hacer. Aún cuando los principios fundamentales de la química ya están bien establecidos, su aplicación es aún difícil y arduamente estudiada. La química nos permite sondear las profundidades



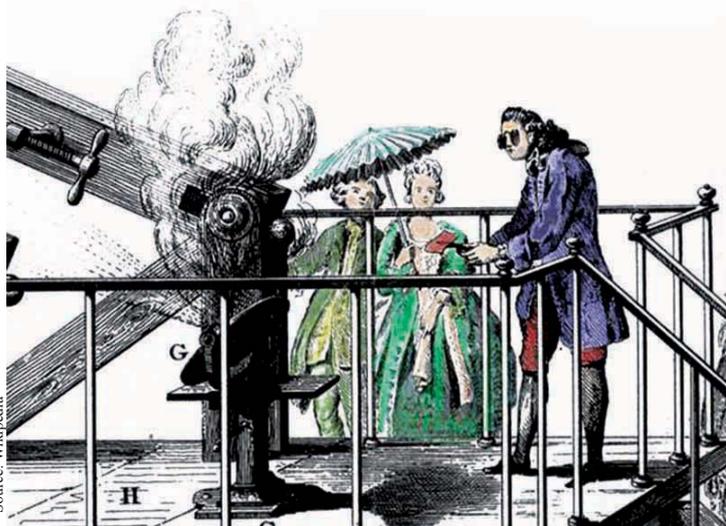
©Sophie Smith

El profesor Tebello Nyokong en su laboratorio del departamento de química de la Universidad Rhodes, en Sudáfrica. Una de las cinco laureadas del premio L'OREAL-UNESCO en 2009, debe su premio a sus investigaciones sobre los compuestos químicos llamados colorantes de ftalocianinas. Estimulados mediante exposición a un haz de laser rojo, estos colorantes sirven para atacar de manera selectiva los tejidos cancerígenos, según un procedimiento menos invasivo que la quimioterapia. Está rodeada del estudiante Wu Xi, proveniente de China para un intercambio, y de Taofeek Ogunbayo, un doctor sudafricano.

de la materia, y permite a los químicos de la Tierra montar sutiles cadenas de átomos que podrían no existir en ninguna otra parte del Universo, dotados de propiedades finamente ajustadas a una aplicación hasta ahora imprevisible. Si usted es químico o tiene la intención de serlo, se convertirá en un mago de la materia capaz de hacer aparecer formas esperadas o inesperadas de lo que nos rodea. Pero usted no será un verdadero mago: usted será un manipulador racional, inteligente, un arquitecto a la escala de las moléculas.

El Año Internacional de la Química es, con razón, la celebración de la transformación del mundo y de la vida de sus habitantes. Celebra, con razón, los éxitos actuales, los efectos de la química sobre la población de todo el mundo y sus progresos debido a la colaboración mundial. Ella anticipa, igualmente, con razón, sus eventuales contribuciones al nuevo mundo imprevisto que se aproxima.

Peter Atkins²



Source: Wikipedia

Antoine Lavoisier (1743–1794) prueba un motor de combustión que concentra la luz del Sol sobre el material inflamable. Este químico francés estableció que el agua se componía de oxígeno y de hidrógeno, y que el aire era principalmente una mezcla de nitrógeno y oxígeno. Fue guillotinado en pleno auge de la Revolución Francesa.

1. Todo elemento posee un determinado número de protones. Los isótopos de un elemento comparten el mismo número de protones, pero su número de neutrones cambia: el carbono 12, el carbono 13 y el carbono 14, por ejemplo, son tres isótopos del carbono. El número atómico del elemento siempre es el mismo: en el caso del carbono este es seis, ya que cada átomo de carbono tiene seis protones.
2. Universidad de Oxford, Reino Unido

La escasez de ingenieros amenazará el desarrollo

Más que nunca, el mundo necesita soluciones innovadoras en materia de ingeniería para hacer frente a los grandes desafíos, de la pobreza al cambio climático. Ahora bien, muchos países reconocen un descenso de la cantidad de jóvenes, de mujeres en particular, en las escuelas de ingeniería, principalmente en los países en desarrollo donde la fuga de cerebros constituye un problema suplementario, según el primer informe internacional de la UNESCO sobre el tema.

Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development ilustra la creciente necesidad de competencias en el campo de la ingeniería. Se estima que se necesitarán alrededor de 2,5 millones de nuevos ingenieros y técnicos, sólo para África Subsahariana si la región se propone alcanzar el Objetivo del Milenio para el Desarrollo relativo a un mejor acceso al agua potable y al saneamiento. Al mismo tiempo, los expertos prevén que el mercado mundial vinculado a la búsqueda de soluciones para hacer frente al cambio climático –tales como productos bajos en carbono o los sistemas de energía renovable– alcanzará rápidamente 1 trillón de dólares y que continuará creciendo.

La falta de ingenieros es evidente en numerosos países. Así Alemania registra una seria escasez de ingenieros en la mayoría de los sectores. En Dinamarca, un estudio muestra que de aquí al 2020, faltarán 14 000 ingenieros. A pesar de que en cifras absolutas la cantidad de estudiantes de ingeniería aumenta en el mundo, su porcentaje es bajo con relación a otras disciplinas. En Japón, Países Bajos, Noruega y República de Corea por ejemplo, fue registrada una baja de 5 a 10% desde finales de los años 1990.

Los esfuerzos encaminados a aumentar la participación de las mujeres en numerosos países han permitido aumentar su cantidad que, de 10 a 15% al comienzo, pasó a 20% y hasta más, incluso si se comprueba un retroceso desde 2000. En algunos países, el porcentaje de mujeres ingenieras es inferior a 10% y en otros es casi nulo. Un estudio reciente llevado a cabo durante dos años en el Reino Unido muestra la persistencia de prejuicios que identifican la ingeniería como una disciplina estrictamente técnica y masculina.

El informe contiene proposiciones para estimular el interés por la ingeniería, principalmente mediante la aprobación de métodos de aprendizaje más concretos, demostrando así que la ingeniería permite, por su propia naturaleza, resolver los problemas planteados.

El informe subraya también la urgente necesidad de disponer de mejores estadísticas y de indicadores pertinentes sobre el tema. Actualmente no es posible comparar la cantidad de ingenieros o su especialidad, en el mundo, ya que los datos actuales a nivel internacional no diferencian los ingenieros de los científicos. Indicadores más precisos permitirían mejorar la información disponible para los decisores y los planificadores.

De forma general, el informe subraya la necesidad de una mejor comprensión, por los decisores y entre el público, de los problemas de ingeniería y de la manera en que ésta orienta el desarrollo.

El informe subraya la importancia de invertir en las infraestructuras y la innovación en períodos de desaceleración económica.

Para más detalles, ver página 24.

Estaciones sísmicas para Nepal

La UNESCO prevé instalar una red de estaciones de vigilancia multiparamétricas de los temblores de tierra en el valle de Katmandú y sus alrededores a fin de mejorar las capacidades de predicción de los sismos.

Desde su puesta en servicio, las estaciones estudiaron las variaciones de la concentración de algunos gases en el suelo, tales como el radón (Rn), el helio (He), el dióxido de carbono (CO₂), el nitrógeno (N₂) y el metano (CH₄), que indican un incremento de la actividad geológica. Las estaciones vigilarán además con piezómetros, las variaciones de la presión del agua en las capas freáticas y efectuarán estudios electromagnéticos y geomagnéticos a fin de detectar los signos de tensiones subterráneas. Los datos estadísticos recogidos serán analizados y las anomalías calculadas para determinar la fecha probable del próximo temblor de tierra.

Nepal tiene una larga historia de sismos destructores. En 1934, uno de ellos destruyó 20% de los edificios del valle de Katmandú y un cuarto en la capital. Si hoy se produjera un gran sismo en el valle o en sus alrededores, provocaría daños mucho más severos que en el pasado. Con su población de cerca de 1,5 millones de habitantes, el valle deviene cada año más vulnerable a los temblores de tierra. El de 1934 está lejos de haber sido un evento aislado. La historia de la frecuencia de sismos de la región, que se remonta a 1255, sugiere que un sismo de la magnitud del de 1934 se produce poco más o menos cada 75 años. Por consiguiente Nepal estaría «destinado» a sufrir un gran temblor de tierra en un futuro próximo.

Según un estudio de evaluación de las pérdidas publicado conjuntamente por el National Society for Earthquake Technology y el GeoHazards International, el próximo gran temblor de tierra que afectará al valle de Katmandú podría ocasionar decenas de miles de muertos. Los daños a las casas, a los comercios, a los edificios públicos, a los servicios y redes de transporte se elevarían a millones de dólares.

Esta vulnerabilidad de Nepal se debe al hecho que el desplazamiento de la placa tectónica India hacia el norte sigue



Vista de Badghaon en el Valle de Katmandú

© UNESCO/J.M. Grassend

una trayectoria poco más o menos perpendicular al cinturón de colisión del Himalaya. Los estudios efectuados desde hace 40 años muestran que este movimiento ejerce tensión de compresión en algunas fallas transversales de la región, lo que aumenta el riesgo de sismo.

Las etapas preparatorias del proyecto son dirigidas conjuntamente por las oficinas de la UNESCO en Katmandú y Nueva Delhi, en estrecha asociación con las autoridades competentes de Nepal y de la India.

Para más detalles: b.neupane@unesco.org; www.nset.org.np/

La mejor arma contra el cáncer: un estilo sano de vida

Hace algunos años, usted hubiera sonreído ante la idea de que un régimen alimenticio y la actividad física pudieran ayudar a prevenir el cáncer. Sin embargo, los expertos al dirigirse, el 9 de noviembre, a una sala repleta en ocasión del fórum científico de la UNESCO sobre los Progresos de la Prevención del Cáncer y sus Recaídas no dejaron lugar a dudas: numerosos estudios epidemiológicos internacionales afirman que el modo de vida puede efectivamente influenciar la evolución de un cáncer y contribuir a prevenir las recaídas.

Este fórum fue organizado en la sede de la UNESCO, en París, en colaboración con el semanario *Paris Match*, que publica una sección sobre la salud. Desde hace siete años, este fórum difunde para todos los públicos informaciones sobre los progresos de la investigación y las innovaciones terapéuticas.

Según el Prof. David Khayat, el régimen alimenticio ha estado correlacionado con los cánceres comunes del tubo digestivo, del seno, de la próstata y del pulmón, es decir 30% de todos los cánceres. Al citar un reciente estudio canadiense que muestra que 15% de las frutas y legumbres en el mercado contenían residuos de pesticidas, recomienda dar preferencia a la agricultura biológica. Es necesario prevenir la obesidad en los jóvenes para evitar los riesgos de cáncer del seno o del colon, dice el mismo. Aconseja no cocinar en la parrilla ni en un wok* que producen cancerígenos. Recomienda también consumir con moderación algunas especies de pescados, como el atún rojo y el salmón, que pueden contener metales pesados cancerígenos.

Hasta los suplementos vitaminados pueden ser peligrosos. En los hombres de más de 50 años, un complemento en vitamina E aumenta el riesgo de cáncer de la próstata. En cuanto al suplemento en vitamina A, aumenta el riesgo de cáncer de pulmón en los fumadores.

El tabaco es responsable de 80% de todos los cánceres del pulmón y puede provocar el cáncer de garganta y de vesícula biliar.

Hecho notable, la duración cuenta más que la cantidad: una persona que fuma 10 cigarrillos por día durante 20 años tiene más riesgo de tener un cáncer del pulmón que la que fuma 20 al día durante 10 años.

Según su sexo, un consumo excesivo de productos lácteos puede ser benéfico o nocivo: en el hombre de más de 50 años, el consumo de más de 2 g de calcio por día aumenta sus riesgos de cáncer de próstata, mientras que en una mujer de la misma edad, reduce los riesgos de cáncer de colon.

Uno de los otros factores de riesgo es la carencia de actividad física. Un estudio llevado a cabo en Francia durante doce años en 90 509 mujeres de 30 a 60 años con buena salud, mostró que las que hacían al menos cinco horas por semana de actividad física reducían 25% sus riesgos de contraer cáncer del seno. En 2010, la revista *Breast Cancer Research and Treatment* mostró que las mujeres que tienen una predisposición al cáncer debido a la diabetes, a la obesidad, o a la historia familiar podían reducir en 40% el riesgo de cáncer del seno si hacían cinco horas de actividad física por semana. Esta tendencia ha sido confirmada para una amplia gama de cánceres, a excepción de los que son provocados por el tabaco.

La prolongada exposición al sol puede provocar un cáncer de la piel, incluso, hasta el bronceado artificial mediante lámparas de ultravioleta de los salones de belleza. Algunas personas son sin embargo más predispuestas que otras al cáncer de la piel. Existe casos raros de predisposición genética, pero los mayores factores de riesgos son simplemente los ojos azules, los cabellos pelirrojos y la piel muy pálida. El único medio de prevención es reducir su exposición al Sol.

Los virus y agentes infecciosos son los factores de riesgo más péfidos: pueden encontrarse en su cuerpo desde hace diez años permaneciendo inadvertidos. Es actualmente el caso para un 10 a 15% de los cánceres. La vacunación puede proteger de algunos virus, como la hepatitis B y, en los adolescentes, del papiloma virus responsable del cáncer de cuello del útero.

«Para muchos cánceres, el pronóstico se ha mejorado considerablemente en estos últimos años», según indica el Prof. Dominique Maraninchi, Presidente del Instituto Nacional Francés de Lucha contra el Cáncer. «Un 85% de los cánceres del seno, 90% de los cánceres de próstata y más del 80% de los del colon y del recto pueden en lo adelante ser curados a condición de ser atacados a tiempo», dijo. Además, gracias al advenimiento de la «medicina inteligente», disponemos en la actualidad de productos que atacan únicamente las células malignas, a diferencia de la quimioterapia.

Para ver el fórum: www.longevity.com;
para más detalles: Sabine de Labrosse:
paris-match.lecteurs@lagardere-active.com; r.clair@unesco.org

* wok: NT; Sartén típico de la cocina china



© UNESCO/Katy Anis

Una fumadora en Timor Oriental

Los expertos abogan por la investigación en geoingeniería

El 12 de noviembre, una reunión internacional de expertos recomendó establecer un programa internacional de investigaciones de geoingeniería tomando como modelo el Programa Mundial de Investigación sobre el Clima, patrocinado por el Consejo Internacional para la Ciencia, la Organización Meteorológica Mundial y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO.

La geoingeniería es la alteración intencional del sistema climático a gran escala. Este campo de la investigación ha causado grandes controversias al aparecer algunas de sus más extrañas propuestas en grandes titulares. Un proyecto, por ejemplo, proponía instalar un parasol gigante que giraría en órbita alrededor del planeta para refrescarlo. Existen planes de inyectar CO₂ en las profundidades del suelo o del océano, a fin de almacenar grandes cantidades de este gas por largos períodos. El océano es un destino tentador debido a que el mismo absorbe ya alrededor de un tercio del CO₂ atmosférico; muchas experiencias controvertidas causas de debate ya han «fertilizado» con hierro zonas del océano con el objetivo de estimular el crecimiento del plancton en la superficie.

¿Geoingeniería, la vía a seguir? Tal era el tema de la reunión organizada en noviembre por la UNESCO en su sede, en París. La misma aspiraba a utilizar el papel de «mediador neutral» de la UNESCO para crear un fórum de discusión internacional y hacer tomar conciencia del potencial científico y de gobernabilidad de este campo en pleno desarrollo. Los expertos invitados comprendían 20 participantes originarios de una docena de países y de diversas instituciones científicas sin fines lucrativos, gubernamentales y no gubernamentales.

Un programa de investigaciones podría, según el sentimiento general, aceptar los desafíos tecnológicos y científicos de la geoingeniería y permitir avanzar en los trabajos científicos válidos de este campo causa de controversia. Esta iniciativa da continuidad a la declaración formulada por el Secretariado del Convenio sobre la Diversidad Biológica durante su reunión de octubre en Nagoya (ver página 13) reconociendo que las experiencias de investigación en geoingeniería actualmente llevadas a cabo a pequeña escala deberían ser autorizadas en la medida en que las mismas se sometan a controles.

Organizada conjuntamente por el COI, el Programa Internacional de Geociencias y la División de las Ciencias Básicas y de la Ingeniería, la reunión de la UNESCO consideró que la geoingeniería se encuentra en dos grandes categorías:

- ✓ La **geoingeniería solar**, cuyas intervenciones se orientan a reducir la radiación solar absorbida por el sistema climático de la Tierra, tales como la inyección de partículas reflectantes, como el dióxido de azufre, en las capas bajas o elevadas de la atmósfera, para ocasionar una reducción de la temperatura mundial media, y
- ✓ La **geoingeniería del carbono**, que se esfuerza por liberar activamente la atmósfera de su CO₂ inventando instrumentos de limpieza, o bien fortalecer los procesos del ecosistema, para reducir el efecto nocivo de la acumulación de los gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Para consultar las actas:
www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences

Las capas subterráneas para aliviar la escasez de agua en Iraq

La UNESCO lanzó, el 3 de octubre, un inventario de las capas subterráneas de Iraq a fin de apoyar los esfuerzos del gobierno para remediar la escasez de agua del país. La mayoría de las regiones del país sufren actualmente de escasez: 7,6 millones de iraquíes no tienen acceso a un agua potable de calidad aceptable mientras que la agricultura sufre la sequía desde hace años.

Actualmente, falta un inventario completo de los recursos en aguas subterráneas del país. El estudio lanzado por la UNESCO proporcionará a las autoridades nacionales y locales los medios de localizar con precisión y de administrar sosteniblemente este precioso recurso.

Tomando en cuenta las prioridades fijadas por el gobierno de Iraq para el sector del agua, el proyecto será ejecutado en dos tiempos. La primera fase, financiada por la Unión Europea en el marco del Fondo en Fideicomiso para Irak del Grupo de las Naciones Unidas para el Desarrollo, establecerá una base interactiva de datos usando las informaciones hidrogeológicas ya existentes de Iraq, así como un equipo de expertos gubernamentales formados para administrar esta base de datos. Los datos y los análisis recopilados en esta primera fase serán integrados en una investigación nacional sobre los recursos hidrológicos de Iraq. La segunda etapa, prevista para 2011, localizará las capas de aguas subterráneas hasta una profundidad de 3 000 metros y estudiará la composición de los suelos y la recuperación de las mismas, priorizando las zonas de desarrollo de la agricultura.

Una vez el proyecto se haya llevado a cabo, el gobierno de Iraq dispondrá de un volumen de nuevos datos sobre el estado de las aguas subterráneas del país y podrá actuar rápidamente para terminar con la penuria de agua en las regiones más afectadas. El proyecto permitirá mejorar igualmente la planificación de nuevos proyectos agrícolas y la administración sostenible de las capas freáticas iraquíes. Además, el proyecto permitirá a todos los ingenieros hidráulicos del país compartir entre ellos las informaciones sobre estos recursos, de forma rápida y eficiente.

Para más detalles: c.walther@unesco.org; www.unesco.org/en/iraq-office

Diez medallas en nanociencias y nanotecnologías

El 2 de noviembre, la Directora General de la UNESCO, Irina Bokova, entregó la Medalla de la UNESCO por la contribución al desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías al académico ruso **Zhores Alferov**, premio Nobel de Física en 2000, y al Prof. **Chunli Bai**, Vicepresidente Ejecutivo de la Academia de Ciencias China. Durante una segunda ceremonia, la Sra Bokova entregó, el 18 de noviembre, otras ocho medallas a:

- ✓ La **Fundación intergubernamental para la comprensión en la educación, la ciencia y la cultura** de la Comunidad de Estados independientes (CEI), representada por M. A. Smbatian, Director Ejecutivo;

- ✓ **la Compañía petrolera nacional** de la República de Azerbaidjan, representada por Eldar Shakhbazov;
- ✓ **Valery Chereshev**, de la Academia de Ciencias de Rusia;
- ✓ **Yuri Guliayev**, Miembro del Presidium de la Academia de Ciencias de Rusia;
- ✓ **Alexander Sigov**, Rector del Instituto de Moscú para la Electrónica y la automatización;
- ✓ **Vladislav Panchenko**, Presidente de la Fundación Rusa para la Investigación Fundamental;
- ✓ **Alexander Khavkin** del Instituto del Petróleo y del Gas de la Academia de Ciencias de Rusia;
- ✓ **Viktor Alexandrovich Bykov**, Presidente de la Sociedad Rusa de Nanotecnología.

Esta Medalla de la UNESCO fue creada en 2010 por la comisión internacional encargada de desarrollar el tema de las nanociencias y nanotecnologías para la Enciclopedia sobre el Desarrollo Sostenible (ESDS) publicada por la UNESCO y las ediciones EOLSS. El volumen sobre las nanociencias y nanotecnologías fue publicado en ruso en 2010 (ver página 24).

Para más detalles: www.eolss.net; unesco-eolss@unesco.org

Once sitios se suman a la **Red mundial de geoparques**

Reunido en el marco de la 9ª Conferencia Europea de Geoparques, en la isla de Lesbos (Grecia) del 1 al 5 de octubre, la Oficina de la Red Mundial de los Geoparques admitió 11 nuevos miembros de nueve países. Creada en 2004 bajo la égida de la UNESCO, la red cuenta con 77 geoparques repartidos en 24 países.

- ✓ Situada en el noroeste de España, cerca de la frontera francesa, el primero de los nuevos geoparques, el de **Gipuzkoa Euskadi/País Vasco** en la costa cantábrica, está rodeado por un paisaje de montañas que alcanzan los 1 000 m. Este geoparque tiene una larga historia cultural de la que dan fe principalmente las pinturas rupestres, intentos de comunicar con el mundo espiritual (artefactos chamanistas) y la magnífica iglesia gótica Santa María la Real situada en Deba;

- ✓ Situado en el extremo norte de Vietnam, el geoparque de la **Meseta Cárstica Dong Van** en la provincia de Ha Giang presenta un paisaje cárstico y una gran diversidad geológica que se combina con un rico patrimonio cultural. Situado en una región aislada y desfavorecida, este sitio está llamado a desempeñar un papel importante para el desarrollo sostenible del país;
- ✓ Situada alrededor de 100 km al sur de la península, **La Isla de Jeju**, en República de Corea, es una isla volcánica cuya dinámica economía se basa ampliamente en el turismo y principalmente en varios sitios geológicos de dimensión internacional bien preservados;
- ✓ Situado al suroeste de China, el **geoparque Leye-Fengshan**, en la región autónoma de Guangxi Zhuang, se caracteriza por grandes ríos subterráneos, ventanas cársticas puentes naturales, grandes redes de grutas, etc. Los elementos más cársticos de este paisaje son los Tiankengs, amplias depresiones con paredes casi verticales, cuya profundidad y el diámetro medio alcanzan generalmente más de 100 m;
- ✓ Situado igualmente en China, el **geoparque de Ningde** en el Fujian ilustra la interacción roca-agua bajo forma de gigantes cascos erosionados y de impresionantes paisajes;
- ✓ Situado en los Apeninos, el **geoparque de Cilento y del Valle Diano**, en Campania, (Italia), presenta paisajes variados de montañas, grutas y costas que reflejan su rica diversidad geológica;
- ✓ Próximo al Círculo Ártico, el **geoparque de Rokua**, en Ostrobonia del Norte y Kainuu, Finlandia, es el geoparque más septentrional de la red. Se caracteriza por paisajes modelados en la era glacial: crestas glaciares, landas o eriales recubiertas de pinos y de líquenes, marmitas de gigantes y pequeños lagos de agua clara. Además de estos paisajes, la región ilustra la historia de las instalaciones de asentamientos humanos prehistóricos;
- ✓ Anidado en el corazón del parque nacional de la isla de Honshu, el **geoparque San'in Kaigan**, en Japón, es un ejemplo exitoso de integración del patrimonio geológico al desarrollo local. Sus paisajes costeros de una gran belleza (dunas de arena, playas, estaciones de fuentes calientes, recursos marinos) permitieron crear una industria turística floreciente;
- ✓ Situado en la costa este de Canadá, el **geoparque Stonehammer** de Nuevo-Brunswick es la cuna de la investigación geológica del país. La geología también forma parte integrante de lo cotidiano de los habitantes de la región, gracias a la participación



Leye-Fengshan, región autónoma de Guangxi Zhuang en República Popular de China



Organización de las Naciones
Unidas para la educación,
la ciencia y la cultura

Unión internacional
de química pura
y aplicada

Patrocinadores para el Año internacional de la química 2011



Año Internacional de la
QUÍMICA
2011

Tabla periódica de los elementos





Organización de las Naciones
Unidas para la educación,
la ciencia y la cultura

Unión internacional
de química pura
y aplicada

Patrocinadores para el Año internacional de la química 2011

Tabla periódica

1		2		3						4						5						6						7						8						9					
1 H hidrógeno 1,008																																													
3 Li litio 6,941(2)	4 Be berilio 9,012																																												
11 Na sodio 22,99	12 Mg magnesio 24,31																																												
19 K potasio 39,10	20 Ca calcio 40,08	21 Sc escandio 44,96	22 Ti titanio 47,87	23 V vanadio 50,94	24 Cr cromo 52,00	25 Mn manganeso 54,94	26 Fe hierro 55,85	27 Co cobalto 58,93	37 Rb rubidio 85,47	38 Sr estroncio 87,61	39 Y itrio 88,91	40 Zr circonio 91,22	41 Nb niobio 92,91	42 Mo molibdeno 95,96(2)	43 Tc tecnecio	44 Ru rutenio 101,1	45 Rh rodio 102,9	55 Cs cesio 132,9	56 Ba bario 137,3	57-71 lantánidos	72 Hf hafnio 178,5	73 Ta tántalo 180,9	74 W wolframio 183,9	75 Re renio 186,2	76 Os osmio 190,2	77 Ir iridio 192,2	87 Fr francio	88 Ra radio	89-103 actínidos	104 Rf rutherfordio	105 Db dubnio	106 Sg seaborgio	107 Bh bohrio	108 Hs hassio	109 Mt meitnerio										
																	57 La lantano 138,9	58 Ce cerio 140,1	59 Pr praseodimio 140,9	60 Nd neodimio 144,2	61 Pm prometio	62 Sm samario 150,4	63 Eu europio 152,0																						
																	89 Ac actinio	90 Th torio 232,0	91 Pa protactinio 231,0	92 U uranio 238,0	93 Np neptunio	94 Pu plutonio	95 Am americio																						

Clave:

número atómico
Símbolo
nombre
masa atómica relativa





Año Internacional de la
QUÍMICA
2011

de los elementos

										18					
										2 He helio 4,003					
										13	14	15	16	17	18
										5 B boro 10,81	6 C carbono 12,01	7 N nitrógeno 14,01	8 O oxígeno 16,00	9 F flúor 19,00	10 Ne neón 20,18
										13 Al aluminio 26,98	14 Si silicio 28,09	15 P fósforo 30,97	16 S azufre 32,07	17 Cl cloro 35,45	18 Ar argón 39,95
10	11	12													
28 Ni níquel 58,69	29 Cu cobre 63,55	30 Zn cinc 65,38(2)	31 Ga galio 69,72	32 Ge germanio 72,64	33 As arsénico 74,92	34 Se selenio 78,96(3)	35 Br bromo 79,90	36 Kr criptón 83,80							
46 Pd paladio 106,4	47 Ag plata 107,9	48 Cd cadmio 112,4	49 In indio 114,8	50 Sn estaño 118,7	51 Sb antimonio 121,8	52 Te teluro 127,6	53 I yodo 126,9	54 Xe xenón 131,3							
78 Pt platino 195,1	79 Au oro 197,0	80 Hg mercurio 200,6	81 Tl talio 204,4	82 Pb plomo 207,2	83 Bi bismuto 209,0	84 Po polonio	85 At astato	86 Rn radón							
110 Ds darmstadtio	111 Rg roentgenio	112 Cn copernicio													

64 Gd gadolinio 157,3	65 Tb terbio 158,9	66 Dy disprosio 162,5	67 Ho holmio 164,9	68 Er erbio 167,3	69 Tm tulio 168,9	70 Yb iterbio 173,1	71 Lu lutecio 175,0
---------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

96 Cm curio	97 Bk berkelio	98 Cf californio	99 Es einstenio	100 Fm fermio	101 Md mendelevio	102 No nobelio	103 Lr lawrencio
--------------------------	-----------------------------	-------------------------------	------------------------------	----------------------------	--------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

de la comunidad y a los programas de cooperación que apoyan numerosos proyectos de entretenimiento y de turismo;

- ✓ El **Parque Minero Toscan** está en el corazón de la más importante región minera del centro de Italia, los Montes Metalíferos. Adaptando los paisajes costeros y montañosos, ocupa una posición estratégica entre los principales sitios culturales y artísticos de Toscana y varias estaciones balnearias muy turísticas;
- ✓ El **geoparque de Vikos-Aoos**, de Ioannina, en Grecia, se extiende sobre un paisaje de montaña panorámica preservado, que comprende las más impresionantes gargantas del noroeste de Grecia, Vikos y Aoos. El consorcio encargado de la gestión del geoparque mantiene una industria turística sostenible que integra principalmente a los habitantes de las villas locales.

Para más detalles: m.patzak@unesco.org

Numerosos países aprueban el **Tratado de Nagoya sobre la Biodiversidad**

Con una inmensa satisfacción, los delegados de 193 países aprobaron, el 30 de octubre, el *Tratado de Nagoya sobre la Biodiversidad*. Este acuerdo-marco de importancia histórica comprende un *Plan Estratégico para la Biodiversidad* que cubre el período 2011–2020, un protocolo sobre el acceso a los beneficios obtenidos por su utilización y su distribución, y el compromiso de movilizar los recursos financieros necesarios para la aplicación del tratado.

Reunidos en Nagoya (Japón) del 18 al 30 de octubre, los Estados miembros del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) acordaron reducir a la mitad la pérdida de los hábitat naturales, llevar de aquí al 2020 de 12 a 17% la superficie mundial de las reservas terrestres y de 1 a 10% las de las reservas marinas y costeras. También se comprometieron a rehabilitar al menos el 15% de las zonas degradadas y a esforzarse muy particularmente en reducir la presión que se ejerce sobre los arrecifes coralinos.

Descrito por el Secretario Ejecutivo de la CDB, Ahmed Djoghlaif, como uno de los instrumentos jurídicos más importantes de la historia de la protección del medioambiente, el Protocolo de Nagoya sobre el Acceso a los Recursos Genéticos y la Distribución Equitativa de las Ventajas que se Obtenga de la Utilización de la Biodiversidad fija las reglas fundamentales de la cooperación entre naciones en materia de recursos genéticos. «El protocolo nos permitirá en lo adelante poner en práctica la totalidad de la convención» declaró el Secretario Ejecutivo, añadiendo que el protocolo sentaba las bases de un nuevo orden económico y ecológico internacional basado en el respeto de la naturaleza en su diversidad, incluido los seres humanos. El protocolo precisa cómo las ventajas –obtenidas por ejemplo, al explotar las propiedades genéticas de un vegetal para hacer un producto farmacéutico, o cualquier otro producto comercial– serán compartidas con los países y las comunidades que preservaron y administraron este recurso, a veces durante milenios. Igualmente estipula cómo serán administradas las sustancias y los compuestos derivados de los recursos genéticos y esclareció algunas cuestiones vinculadas a los agentes patógenos, por ejemplo

cómo los países desarrollados podrían procurarse un virus de la gripe para crear una vacuna que venza una epidemia inminente.

El protocolo entrará en vigor de aquí al 2012, gracias a una subvención de 1 millón de dólares del Fondo Mundial para el Medioambiente.

Al firmar el *Tratado de Nagoya sobre la Biodiversidad*, los países también aprobaron un plan de movilización de los recursos que permitirá aumentar el nivel actual de ayuda al desarrollo con el objetivo de la preservación de la biodiversidad. Además, el Primer Ministro japonés Naoto Kan anunció una subvención de 2 mil millones de dólares destinados a ayudar la puesta en práctica de los resultados obtenidos en Nagoya, y su Ministro del Medioambiente la creación de un Fondo japonés para la biodiversidad.

La comunidad de donantes también aportó su apoyo a las preocupaciones sobre la biodiversidad. Los representantes de 34 agencias bilaterales o multilaterales acordaron integrar el plan en sus prioridades en materia de cooperación para el desarrollo.

Al mismo tiempo, la reunión se congratuló por el *Plan de Acción Plurianual para la Cooperación Sur-Sur sobre la Biodiversidad para el Desarrollo*, concebido a iniciativa de los 131 miembros del Grupo de los 77 y de China.



Cada año, alrededor de 52 toneladas de peces que se pierden son capturados nuevamente de las aguas del Papahānaumokuākea, vasto parque marino de Estados Unidos, nombrado Reserva de Biosfera el pasado año.

Por otra parte, la reunión de Nagoya dio luz verde al establecimiento por la Asamblea General de las Naciones Unidas de una Plataforma Intergubernamental de Política Científica sobre la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (IPBES). Y esto, unas semanas antes que la Asamblea General de las Naciones Unidas lo apruebe formalmente, el 20 de diciembre. La próxima etapa será la organización de la primera reunión plenaria del IPBES, de aquí al mes de julio, por la UNESCO, el Secretariado de la CDB, la FAO y el PNUD. Durante el transcurso de esta reunión se definirán las modalidades de funcionamiento del IPBES y el lugar de la sede de su Secretariado.

En Nagoya, los gobiernos aprobaron varias decisiones de una gran importancia para el programa el Hombre y la Biosfera de la UNESCO y su Red Mundial de Reservas de Biosfera. A modo de ejemplo, el programa común de la UNESCO y del Secretariado del CDB, elaborado el pasado mes de junio por la Conferencia Internacional sobre la Diversidad Biológica y Cultural, fue reconocido como «mecanismo muy útil de coordinación para estimular la aplicación de la Convención y profundizar, a escala mundial, la comprensión de los lazos que unen diversidad cultural y biológica».

Estados miembros y otras entidades implicadas fueron invitados a «participar y aportar su ayuda a la puesta en práctica de este programa común».

La próxima reunión de la Conferencia de las Partes de la CDB tendrá lugar en India en 2012.

www.cbd.int; www.unesco.org/en/biodiversity; para IPBES, ver Un Mundo de Ciencia, julio 2010

Los expertos solicitan una evaluación de los micro-plásticos en el océano

Un taller de expertos recomendó que se haga una evaluación mundial de los micro-plásticos que cubren los océanos a fin de esclarecer a los decisores sobre las formas de manejarlos. A pesar de que alcanza proporciones cada vez más grandes, este problema se comprende mal.

Esta evaluación pluridisciplinaria estará dirigida por el Grupo Mixto de Expertos encargado de estudiar los aspectos científicos de la protección del ambiente marino (GESAMP)³, en colaboración con las agencias técnicas de las Naciones Unidas encargadas de la gobernanza del océano, las autoridades regionales nacionales, las OIGs y los ONGs. De forma ideal se espera que el estudio sea efectuado en 2013, a tiempo para la primera ronda del Proceso Regular de las Asambleas Generales de las Naciones Unidas para la Evaluación del Medio Marino.

Acogido conjuntamente por la COI de la UNESCO y el GESAMP en la sede la UNESCO en París del 28 al 30 de junio, el taller tuvo en cuenta las investigaciones regionales y un volumen creciente de artículos científicos que coinciden al confirmar que lo que solamente hacemos es amontonar los problemas para

resolverlos en el futuro. Los micro-plásticos se acumulan en las regiones del mundo que sufren de un desarrollo acelerado y no tienen tradición de gestión de los desechos sólidos. La cantidad y el tipo de plásticos que se vierten en el océano son, además, nociones sobre las cuales las informaciones son muy insuficientes, principalmente en el seno de los gobiernos, de las municipalidades, de la industria del plástico y de las multinacionales de minoristas. El hecho que los desechos plásticos provocan daños físicos a los mamíferos, a los peces y a los invertebrados está bien establecido: son muy corrientes la muerte de animales enredados, asfixiados o el bloqueo de sus órganos.

Los micro-plásticos son pequeños fragmentos de plástico producidos por el deterioro estructural y la desintegración de objetos de plásticos, tales como embalajes y películas plásticas, ropas, cepillos de dientes y maquinillas de afeitar, así como materiales de construcción y material de pesca perdido o abandonado. Los micro-plásticos también pueden irrumpir directamente en el océano en forma de gránulos de resina plástica que intervienen en la fabricación de los plásticos o son fabricados con perfiles, como los abrasivos de arena o como exfoliantes cosméticos para la cara. Ya se ha encontrado en casi todos los medios costeros y marinos.

La producción mundial de plásticos aumenta como media en 9% por año. Culminó en 2008 con 245 millones de toneladas métricas antes de volver a caer brevemente a 230 millones de toneladas métricas en 2009. A medida que la economía mundial se recupere, esta producción retomará su desarrollo.

Los científicos se preocupan muy particularmente por los micro plásticos, ya que los mismos son digestibles y concentran contaminantes tóxicos que podrían acumularse en el cuerpo sin poder ser eliminados. Estos son fundamentalmente los bifeniles policlorados, el dicloro-difenil-tricloroetano –pesticida sintético conocido por las siglas de DDT– y los éteres bifeniles polibromados utilizados como retardante del fuego. El impacto de esta contaminación en los grandes mamíferos marinos, los tiburones y los seres humanos, que se encuentran en la cima de la cadena alimentaria, es poco conocido.

El plástico puede muy bien tomar lo mismo decenios que siglos para fragmentarse. Y sobre todo, en vez de desaparecer, es más probable que termine por incrustarse en los sedimentos y otras superficies. Incluso la llegada al mercado de plásticos biodegradables o biofuentes debería tener efectos limitados, ya que las condiciones requeridas para degradar estos «plásticos inteligentes» simplemente no están totalmente disponibles, ni en la tierra ni en el mar. Conocer cómo se dispersan y en lo que se convierten una vez que han penetrado en el océano, es una investigación que sólo comienza ahora.

Para más detalles:
www.gesamp.org/publications/publicationdisplaypages/rs82; jl.valdes@unesco.org
 en GESAMP: tim.bowmer@mo.nl;
peter.kershaw@cefias.co.uk.

3. La GESAMP tiene por misión asesorar a las agencias que la apadrinan: OMI, FAO, UNESCO, ONUDI, OMM, AIEA, PNUMA y PNUD en cualquier nuevo asunto vinculado al estado del ambiente marino.



Foto reproducida con la autorización de British Antarctic Survey.

Joven foca de piel (Arctocephalus Gazella) enredada en una red de pesca en Bird Island, en Georgia del Sur, isla situada alrededor de 1 000 Km al sudeste de las islas Malvinas, en el Atlántico Sur.



Jean-Christophe Balouet

Escena de crimen medioambiental

Cuando la policía llega a la escena de un crimen, hay grandes posibilidades de que a esta la acompañen los peritos forenses. Estos pueden buscar huellas de sangre, cabellos u otras sustancias que contengan ADN dejadas involuntariamente por un agresor. Al equipo se le puede solicitar examinar billetes falsos, explosivos o drogas, encontrar el titular de alguna huella digital, o también determinar desde qué tipo de arma de fuego fue disparado un proyectil. Las dos principales preguntas que el equipo intentará responder serán: ¿Qué sucedió y quién lo hizo?

El incremento de la cantidad de crímenes y pleitos que dañan al medioambiente promueve la multiplicación de un nuevo tipo de investigador: el perito forense medioambiental. Su equipo da respuesta quizás a una queja planteada por un particular, cuyo terreno ha sido contaminado, o a la determinación de los responsables en un caso de «daños tóxicos» entre comunidades enteras. En la búsqueda de pruebas el perito hará uso de la química, la biología, la genética, la geología, la toxicología y otros campos de la medicina, la física, las matemáticas e incluso a la ingeniería. En este artículo, el francés Jean-Christophe Balouet, perito de medioambiente, nos presenta algunas herramientas de su profesión.

¿Cuándo se acude a un perito de medioambiente?

La causa más común tiene que ver con casos de contaminación. En el mundo existen entre cuatro y seis millones de sitios contaminados, casi uno por cada mil habitantes. Todos los años descubrimos miles alrededor del mundo. En aproximadamente 90% de los casos la culpa es de los combustibles fósiles y los solventes.

Uno de los crímenes más fáciles de resolver es la identidad del super tanquero responsable de un derrame de petróleo en el mar. Una vez que el experto ha identificado el problema, hay que encontrar la prueba del producto contaminante, mediante un proceso llamado «el levantamiento de huellas». El análisis químico juega un papel fundamental ya que existen diversos medios para reconocer los productos químicos, aún más por el hecho de que ningún compuesto es puro al 100%.

Los combustibles fósiles son una mezcla de hidrocarburos compuestos, en concentraciones variadas, de parafinas (o n-alcano), de iso-alcános, de aromáticos, de naftalenos y de oleínas, conocidos bajo las siglas de PIANO. Existe naturalmente una fuerte concentración de otros componentes en el petróleo bruto. Son, por ejemplo, el azufre, el cloro y los metales residuos presentes en el producto destilado. Con el transcurso del tiempo, la industria ha utilizado otros muchos aditivos tales como el plomo orgánico en las marcas de petróleo con plomo. El petróleo bruto deja un sello, que proporciona otra pista. El del mundo Árabe se diferencia del de Alaska o el del Mar del Norte. La edad geológica del campo petrolífero influye también en el sello del petróleo. Los procesos industriales de destilación del bruto igualmente dejan en el compuesto manufacturado un sello químico e isotópico inteligible. Finalmente, las huellas químicas dejan pocas posibilidades al contaminador, por no decir ninguna, de permanecer en el anonimato.

Los mismos principios se aplican en la búsqueda del origen de otros contaminantes tales como los solventes clorados utilizados por los tintoreros, que por descuido pudieron infiltrarse en el suelo de un vecino. Otro ejemplo, el comercio ilegal de sustancias reglamentadas o controladas. El protocolo de Montreal aprobado por las Naciones Unidas en 1987 y ratificado por 195 naciones, está eliminando

progresivamente la fabricación de sustancias que empobrecen el ozono (SEO). Una SEO es un compuesto orgánico que contiene cloro, flúor y carbono. Unos traficantes intentaron eludir el protocolo de Montreal haciendo pasar nuevas SEO por sustancias recicladas o autorizadas. También fraccionaron los envíos en pequeños paquetes para disimularlos mejor, o los hicieron transitar por países donde las SEO aún estaban autorizadas. De esta forma, cometieron el error de subestimar la vigilancia y las competencias científicas de las autoridades: en 1997, un tribunal americano le impuso una multa de 37 millones de dólares a un traficante ruso por intentar introducir de forma fraudulenta cerca de 4 000 toneladas de SEO.

¿La contaminación del medioambiente siempre se detecta rápidamente?

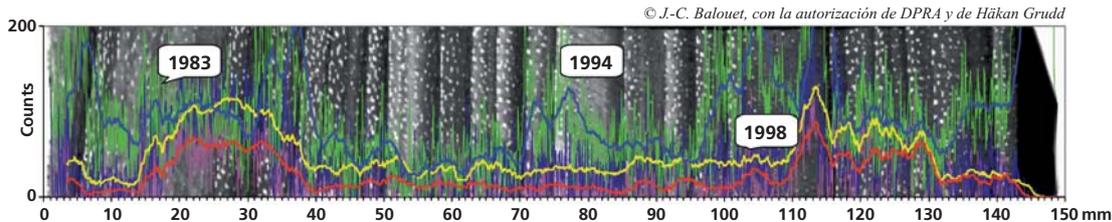
Seguro que no. Frecuentemente, la contaminación se descubre varios años después de haberse producido. Durante ese tiempo, los compuestos habrán sufrido el desgaste del tiempo y se habrán alejado de su fuente. Es posible que una fuente de contaminación se haya fusionado con otra; esto se produce con frecuencia en los grandes sitios industriales o cuando dos fuentes están muy próximas, como cuando la gasolina con plomo y sin plomo es distribuida por dos gasolineras que se encuentran a ambos lados de una carretera. Si un litigio implica una negligencia, el perito puede ser solicitado para ayudar a fijar la indemnización.

Los peritos juegan un papel preponderante en la solución de los litigios. Puede producirse un pleito sobre la fecha precisa en que tuvo lugar la contaminación, por ejemplo si el propietario o su póliza de seguro cambiaron durante el intervalo de tiempo. Cuando es necesario designar a un culpable puede ocurrir que el perito proporcione una coartada al sospechoso, como sucede en cualquier caso criminal.

¿Cómo determina Ud. el origen de la contaminación?

Los contaminantes y sus aditivos utilizados en el tratamiento del petróleo en el transcurso de los años ayudan al investigador a evaluar el calendario. Existen otros métodos de datación, como el cálculo de la velocidad de descomposición de los contaminantes. También se





y su posición en los anillos del tronco. Aquí, una imagen de rayos x del corte de un tronco de árbol. Algunos anillos de referencia fueron fechados. Los colores del gráfico revelan la presencia de fósforo (rosado), azufre (azul) y de cloro (verde). Esta técnica se llama dendroquímica.

El tronco de los árboles graba la huella de los contaminantes. Varios años, incluso varias decenas de años después de la filtración de la contaminación en el suelo, un investigador puede identificar las anomalías químicas en la madera y fechar la contaminación relacionando estas huellas

puede calcular la edad de las aguas subterráneas, ya que los contaminantes de superficie habrán sido absorbidos por las aguas de superficie, como la lluvia; la propia lluvia habiendo sido contaminada por contaminantes atmosféricos específicos a un período o a un momento dado, tales como las SEO o el tritio emitido a escala global por los ensayos nucleares. Estas últimas técnicas son de una precisión relativa y no siempre se pueden aplicar. Es inútil, por ejemplo, aplicar el método del tritio cerca de una central nuclear.

Recientemente se han desarrollado técnicas que utilizan a los árboles como archivos de indicadores. Cuando los contaminantes se filtran en el suelo que rodea a un árbol, estos son absorbidos por la savia y fijados en los anillos que se forman año tras año y nos dan su edad. El perito toma una muestra del tronco y analiza los anillos del árbol para determinar la fecha en que un determinante contaminante afectó al árbol, exactamente igual que las cajas negras graban el desarrollo de los eventos en un accidente de aviación.

Con el tiempo los compuestos volátiles, como los combustibles, los diversos hidrocarburos de la mezcla evolucionarán de forma diferente con el tiempo. Unos se evaporarán o se degradarán más rápido que otros. Además unos microorganismos descompondrán a los contaminantes de forma selectiva, modificando así el sello isotópico de los componentes según un proceso de «especialización». Tales transformaciones nos dan un producto químico parcialmente descompuesto y algunos subproductos, numerosas pistas importantes para determinar en lo que devino el contaminante con el tiempo.

¿Cuáles son los límites de esta nueva ciencia?

Todos los métodos de análisis tienen sus límites. Para obtener el mejor resultado, más vale combinar varios de estos métodos. Si las pruebas son irrefutables, las partes concernidas se ponen de acuerdo para no tener que enfrentarse en los tribunales. Si no, el caso puede proseguir ante la justicia donde –esto no es sorprendente– los peritos de los adversarios lógicamente pueden presentar argumentos contrarios. Los mejores peritos deben poseer no solo conocimientos indiscutibles en ciencia, sino también en derecho medioambiental. Deben también tener talento de orador, ya que tienen que presentar los hechos materiales, pero deben igualmente convencer al tribunal y al jurado.

Son pocos los casos de contaminación medioambiental que recurren realmente a los procedimientos judiciales. En la mayoría de los casos las responsabilidades son evidentes, lo que obliga a las compañías a reconocer sus responsabilidades. El vertimiento de desechos tóxicos cerca de Abidján, en Costa de Marfil, una noche de agosto 2006, provocó la muerte de diez personas. Otras setenta personas fueron hospitalizadas de urgencia y ciento de miles enfermaron o desarrollaron síntomas inquietantes. En a penas unos días se identificó a los culpables y unas semanas más tarde comenzaba la limpieza del medioambiente. La compañía Trafigura negoció con las autoridades, en febrero 2007, una indemnización de mil millones de CFA (150 millones de euros). Este tipo de acuerdo estipula en general que ninguna nueva reclamación puede ser recibida, lo que excluye toda investigación ulterior.

¿Quién solicita los servicios de peritos del medioambiente?

La demanda puede provenir de los poderes públicos o del sector privado, trátase de grandes industrias o de pequeños propietarios. Puede provenir también de compañías de seguros que desean verificar si verdaderamente les incumbe asumir gastos de limpieza. Es importante, en general, que las pruebas sean evaluadas objetivamente por un experto independiente, para evitar que los intereses, financieros u otros, ejerzan influencia sobre los testimonios.

En cuanto a los abogados, pueden buscar los servicios de un experto con el fin de proteger a sus clientes, sea víctima o persona tenida por responsable de los daños. El precio a pagar por daños al medioambiente puede ser muy elevado: desde unas decenas de miles de dólares por limpiar un pequeño escape situado sobre cisternas subterráneas privadas –problema bastante usual– hasta centenas de miles o incluso millones de dólares cuando está en juego la salud humana. Las reclamaciones pueden elevarse a veces a miles de millones de dólares, como en el litigio que opone actualmente a una ONG de Ecuador a una gran compañía petrolera; esta última podría ser condenada a pagar 27 mil millones de dólares por daños.

¿Desde cuando el peritaje forense medioambiental existe como especialidad?

Es más bien desde hace una veintena de años que se desarrolló este tipo de dictamen pericial. Su auge se debe a un conjunto de factores: la multiplicación de los casos de contaminación del aire, del suelo y del agua, la creciente sensibilización de las poblaciones respecto al medioambiente, el desarrollo del arsenal de regulaciones, reglamentaciones y los progresos de la ciencia fundamentales así como de las herramientas analíticas.

La Internacional Society of Environmental Forensics solo existe desde el 2000. El primer curso universitario de esta disciplina fue inaugurado por la universidad del País de Gales en 2003. Desde entonces, se han organizado decenas de conferencias en el mundo con el objetivo de difundir esta ciencia y establecer redes internacionales. Malasia creó, en septiembre 2008, un centro de excelencia en medicina legal del medioambiente en la Facultad de Estudios del Medioambiente de la Universidad de Putra Malasia.

Gracias al progreso general del principio «quien contamina-paga», los daños ocasionados al medioambiente son cada vez más considerados como un crimen por muchas naciones. Los gastos de reparación y de conflictos son tan elevados que usted necesita una prueba irrefutable para establecer de forma objetiva las responsabilidades. Visto la multiplicación y la diversidad de los litigios, el peritaje en medioambiente tiene un gran porvenir ante sí.

Entrevista de Susan Schneegans

Para más detalles: jcbalouet@aol.com; www.environmentalforensics.org
 Próximas conferencias: www.rsc.org/inef; www.webs-event.com

Ciencias sin fronteras

Una de las revelaciones del *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010* es la creciente tendencia a la internacionalización de la ciencia. Ello se manifiesta no solo en las estadísticas de publicación conjunta de artículos sino también en la multiplicación de programas y de centros de investigación donde participan dos o más países.

Un medioambiente geopolítico más favorable, así como el carácter transfronterizo cada vez mayor de los grandes problemas por resolver –ya se trate del cambio climático o de las pandemias, por ejemplo– motivan a los gobiernos a crear nuevas alianzas o fortalecer las antiguas, a través de la ciencia. Sólo en noviembre pasado, la India y los Estados Unidos firmaron tres acuerdos sobre energías limpias, la previsión de los monzones y la vigilancia de las enfermedades a partir de un proyecto de Centro Mundial de Detección de Enfermedades en la India. Y esta tendencia no concierne únicamente a la diplomacia: el número de consorcios internacionales de negocios continúa en aumento en las industrias de alta tecnología. Presentamos aquí algunas de las asociaciones descritas en el *Informe de la UNESCO sobre la ciencia 2010*.



Imagen generada por el ordenador de la Estación espacial internacional, en órbita base alrededor de la Tierra

A partir de 2012, las estaciones terrestres establecidas en Sudáfrica, Islas Canarias (España), Egipto y Gabón podrán recibir los datos emitidos por un satélite de observación de la Tierra, que está siendo construido en China y en Brasil. Este será el tercer satélite CBERS concebido y puesto en órbita desde 1999 por la asociación chino-brasileña. Hasta ahora, las imágenes satelitales de la utilización de las tierras en constante evolución sólo eran difundidas a sus usuarios de China y en América Latina, a razón de más de un millón y medio desde 2004. Actualmente, China y Brasil decidieron ampliar la lista de los beneficiados incluyendo a los países africanos. Teniendo en cuenta que un satélite no se detiene en fronteras en su revolución alrededor de la Tierra, sería razonable compartir los datos obtenidos con los países situados en la trayectoria del satélite, y crear así nuevas asociaciones. La carrera espacial del pasado siglo fue destronada por un nuevo paradigma: la diplomacia espacial.

En los próximos años, la diplomacia internacional tomará cada vez más la forma de una diplomacia científica.

Irina Bokova, Directora General de la UNESCO

Prólogo del Informe de la UNESCO sobre la ciencia 2010

La asociación chino-brasileña para desarrollar satélites ha sido beneficiosa para las dos partes. Por un lado, esta permitió a Brasil superar limitaciones tecnológicas: en octubre 2003, cuando el CBRS-2 fue lanzado desde el Centro de Lanzamiento de Satélites de Taiyuan en China, Brasil no disponía aún de un vehículo adecuado. Igualmente, la asociación propició a los dos países

poder compartir la carga financiera de la construcción de cada satélite CBERS. La participación de Brasil en la inversión del programa se eleva aproximadamente a 500 millones de dólares, de los cuales 60% en forma de contratos industriales.

Este ejemplo ilustra una tendencia cada vez más marcada: recurrir a las tecnologías espaciales para vigilar el medioambiente en el marco de una colaboración internacional. Ello denota una mayor toma de conciencia sobre la rápida degradación del medioambiente y el cambio climático. El reconocimiento de la imbricación natural de la tierra, el agua y la atmósfera está acompañado de la certeza de que compartir datos entre los países y continentes será vital para comprender mejor y vigilar el medioambiente de la Tierra.

Es justamente la preocupación sobre el estado del medioambiente lo que llevó a la Unión Europea (UE) a proveerse de medios de observación del Planeta gracias a su iniciativa de Vigilancia Mundial para el Medioambiente y la Seguridad (GMES). Desde 2006, esta iniciativa paneuropea se proyecta mediante una asociación que construye infraestructuras de observación de la Tierra al servicio de las políticas ambientales de África.



Imagen: CBERS-INPE

Imagen emitida por el satélite CBERS-2 el 10 de abril 2005 mostrando (en rosado) Florianópolis, capital del Estado de Santa Catarina, en el sur de Brasil



Publicaciones internacionales por los coautores: la nueva imagen

La nueva distribución geopolítica y las consideraciones financieras no son los únicos factores del desarrollo de la colaboración científica internacional de estos últimos años: esta se debe en gran medida a la rápida generalización de las TIC. El acceso a Internet se ha duplicado entre 2002 y 2008, pasando del 11% a 24% de la población mundial, y ha triplicado incluso en los países en vías de desarrollo para pasar de 5% a 17% de su población.

En estos últimos años no sólo ha crecido el número de artículos internacionales escritos por diferentes autores sino que también se han diversificado las asociaciones de investigación. Entre 1998 y 2008, uno de los tres principales socios de Australia en esta esfera fue China, junto a los protagonistas habituales, los Estados Unidos y el Reino Unido. Para los filipinos, los primeros lugares lo obtuvieron los Estados Unidos y Japón, seguidos por China. Esta fue incluso el socio número uno de Malasia, delante del Reino Unido y la India. Todo indica que este creciente papel de China y de la India en la publicación científica por coautores, debido a su importancia cada vez mayor en la escena mundial, ya está transformando el paisaje científico del sudeste de Asia.

En cuanto a China propiamente, su mayor socio en materia de investigación es, desde lejos, los Estados Unidos. Ya era así desde 1999-2003, pero actualmente la publicación de artículos científicos por diversos autores entre esos dos países ha sobrepasado ampliamente la de su segundo gran socio, Japón.

Ser vecinos más cercanos no conduce necesariamente a la asociación. La India, Irán y Pakistán publican en total entre 20% a 30% del conjunto de los artículos de investigación en colaboración con los extranjeros, pero la mayoría de ellos viven en países occidentales. Apenas 3% de sus artículos son publicados en colaboración con los homólogos que trabajan en Asia del Sur. En Brasil, donde la colaboración científica internacional permanece estable desde hace más de 5 años, estimada aproximadamente en 30% del total, «los científicos estadounidenses son los principales socios» según los autores Carlos Henrique de Brito Cruz y Hernán Chaimovich, respectivamente Director Científico de la Fundación de Sao Paulo para la investigación, y CEO de la Fundación Butantan de Brasil. Ambos citan un estudio de 2009 que «indica que 11% de los artículos científicos escritos por brasileños entre 2003 y 2007 tenían al menos un coautor en los Estados Unidos y 3,5% en el Reino Unido. Argentina, México y Chile representan entre los tres sólo 3,2% de los coautores de los artículos firmados por los brasileños».

El Gran Telescopio de África Austral en la región semi-desértica del Karoo, en África del Sur, asocia a no menos de siete países.

La diplomacia espacial, subconjunto de un fenómeno más amplio

La diplomacia espacial se revela como un subconjunto de un fenómeno muy difundido actualmente: la diplomacia científica. El espacio es solo uno de los tres componentes de la asociación entre la Unión Europea y la Unión Africana. El segundo componente se refiere a la ciencia propiamente dicha. Al respecto, un proyecto de Seguridad en Agua y Alimentación y de Mejoramiento de la Salud en África fue dotado, por ejemplo, de un fondo de 63 millones de euros. Asimismo, la Comisión de la Unión Africana contribuyó con un aproximado de 1 millón de euros para el primer año de un proyecto de Popularización de la Ciencia y la Tecnología y de promoción de la participación del público.

El tercer componente se refiere a las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC). El proyecto AfricaConnect, por ejemplo, apunta a fortalecer los lazos de la comunidad de los investigadores africanos, tanto a nivel regional como a nivel internacional, mediante el mejoramiento del ancho de banda. Igualmente, un Sistema Africano de Intercambios Internet (AXIS) está en vías de constitución en aras de apoyar el desarrollo de las infraestructuras de Internet a escala del continente. Se construye también un sistema de cables submarinos de fibra óptica multi-vínculos de 10 000 km de largo.

En todo el mundo, los países establecen asociaciones en ciencia, tecnología e innovación según un amplio movimiento que los estimula a crear alianzas políticas, hacerse más presentes en la escena mundial y racionalizar el uso de los recursos. «Para facilitar su integración en la escena mundial de la ciencia y la tecnología y desarrollar en esta un rol más importante, Rusia ha redoblado sus esfuerzos de cooperación internacional», escriben en el informe Leonid Gokhberg y Tatiana Kuznetsova, de la Escuela Superior de Economía de Moscú. Actualmente, 10% aproximadamente de los científicos de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN), en Suiza, son de origen ruso, aún cuando la Federación de Rusia es sólo un país observador.



Según estos mismos autores, «una hoja de ruta, redactada conjuntamente con la Comisión Europea, prevé la creación de un espacio común UE–Rusia de Educación y de Ciencia, sobre la base de la igualdad y la asociación». La UE y Rusia ya desarrollan numerosas y mayores iniciativas cada vez en esferas como la de los nuevos materiales, las nanotecnologías, la producción de energía no nuclear, las TIC y la biotecnología. Durante el sexto Programa-Marco para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico de la UE (2002–2006), Rusia fue incluso «clasificada en el primer rango de los países terceros participantes, tanto por el número de proyectos ejecutados con asociaciones europeas como por el monto de los fondos proveniente de la UE».



Foto: CERN

Trabajos sobre un segmento del Gran Colisionador de Hadrones, acelerador de partículas con el cual los científicos del CERN esperan recrear las condiciones del Big Bang

La búsqueda de fuentes de energías limpias cobra cada vez mayor importancia en las asociaciones internacionales. En junio 2009, Sudán inauguró su primera fábrica de biocombustibles construida en cooperación con la compañía brasileña Dedini. También en Sudán, otro proyecto en asociación con Egipto al costo de 150 millones de dólares ya produce biocombustibles de segunda generación a partir de materias no comestibles, como los desechos agrícolas: paja de arroz, tallos y hojas.

El «poder blando» de las alianzas bilaterales y multilaterales

La diplomacia científica no es privativa de las asociaciones bilaterales. Inaugurado en noviembre 2005, el Gran Telescopio de África Austral en la región semidesértica del Karoo, en África del Sur asocia, al menos, a siete países. Este telescopio óptico, la unidad más grande de una sola pieza del hemisferio Sur, debe su existencia a un consorcio de asociaciones de África del Sur, de los Estados Unidos, de Alemania, de Polonia, de la India, del Reino Unido y de Nueva Zelanda.

En el Cairo, el Centro Regional de Energía Renovable y de Eficiencia de la Energía fue fundado por diez miembros: Argelia, Egipto, Jordania, Liban, Jamahiriya Árabe Libia, Marruecos, Autoridad Palestina, Siria, Túnez y Yemen. Este centro, fundado en 2008, podrá contar con el apoyo financiero de los tres asociados para su desarrollo: la UE, la Agencia Alemana de Cooperación Técnica y la Agencia Danesa de Desarrollo Internacional; ello, hasta 2012, fecha en la cual deberá convertirse en autónomo gracias a las contribuciones de sus Estados miembros y de los recursos provenientes de sus servicios de investigación y de asesoramiento.

La diplomacia científica contribuye, tanto en el Medio Oriente como en otras partes del mundo, a favorecer simultáneamente el desarrollo y la paz. La construcción del Centro Internacional de Radiación Sincrotrónica para las Ciencias Experimentales y sus Aplicaciones en el Medio Oriente (SESAME) se terminó en 2008 en Jordania. Sus miembros son: Bahrein, Chipre, Egipto, Irán, Israel, Jordania, Pakistán, Autoridad Palestina y Turquía. Dentro de cuatro años, cuando este laboratorio de categoría mundial esté funcionando completamente, los científicos podrán trabajar juntos sin distinción de país ni culturas en el seno de un mismo espacio de investigaciones bajo el auspicio de la UNESCO. En espera de ese día, alrededor de 65 hombres y mujeres han trabajado por períodos de hasta dos años, en centros de radiación sincrotrónica en Europa, Estados Unidos, Asia y América Latina. En su mayoría, estos centros se localizan en países observadores del SESAME, compuesto por 12 miembros entre los que se encuentran Estados Unidos, Francia, Japón, Kuwait y el Reino Unido.

Conforme al acuerdo firmado en 2003 entre Pakistán y Estados Unidos, estos países «cotizan a un fondo común administrado conjuntamente por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos y la Comisión de Enseñanza Superior así como por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Pakistán», explica la autora Tanveer Nair que, en su calidad de presidenta del Consejo Pakistání de Ciencia y Tecnología, ha sido la impulsora de este acuerdo histórico. «Cada año solicitamos proyectos de investigación en colaboración, supervisados por, al menos, dos científicos, uno norteamericano y otro pakistání. Las proposiciones son evaluadas por comités de pares en los dos países y son seleccionados por su mérito. Este programa no sólo ha permitido fortalecer la competencia de los laboratorios pakistáníes» declara «sino también el descubrimiento en común de una vacuna para prevenir la enfermedad mortal de la picada de garrapatas de la que son víctimas las personas que trabajan con los animales en la región meridional del Sindh, en Pakistán».

Compartir los super costos de los super proyectos

Más allá de la noble ambición de favorecer el desarrollo, la colaboración internacional en ciencia y tecnología también está motivada evidentemente por el deseo más pragmático de compartir los recursos, teniendo en cuenta el constante aumento del costo de las infraestructuras científicas. El precio de un solo proyecto internacional de energía limpia basado en el posible dominio de la fusión nuclear ha sido estimado en 10 mil millones de dólares. «Es el proyecto más ambicioso de colaboración científica jamás concebido», escribe Peter Tindemans, consultor, ex encargado de coordinar la investigación y la política científica en los Países Bajos. El proyecto apunta a crear, de aquí al 2018, un Reactor Termonuclear Experimental Internacional (ITER) en Cadarache (Francia).



Foto: NASA

La nave espacial Endeavour abandona el Centro Espacial Kennedy de la NASA el 15 de julio 2009 para su cita con el equipo de la Estación Espacial Internacional.

Si el proyecto asocia no sólo a potencias científicas tradicionalmente dominantes –UE, Japón, Federación de Rusia y Estados Unidos– sino también a China, India y República de Corea, ello es debido a la creciente importancia económica y tecnológica de estos últimos países. China, por ejemplo, «asumirá el 9,09% del costo de la construcción y gastará en total, más de mil millones de dólares», escribe en el informe Mu Rongping, Director del Centro de Innovación y de Desarrollo de la Academia de Ciencias de China. «Unos mil científicos chinos participarán en el proyecto ITER y China

deberá ocuparse de desarrollar, instalar y probar 12 de sus componentes» explicó.

Otro proyecto extremadamente costoso: el montaje en curso de la Estación Espacial Internacional en órbita alrededor de la Tierra, que debe ser terminada el próximo año. Este proyecto apela a las competencias y al financiamiento de las agencias espaciales de Canadá, de los Estados Unidos, de la Federación Rusa, de Japón y de la UE.

Un buen negocio

El sector privado no demoró en evaluar las ventajas de la colaboración científica internacional. Además de compartir los gastos, los consorcios internacionales brindan una gran posibilidad para conquistar nuevos mercados. El impresionante éxito del Consorcio Airbus, debido a la fusión de sociedades de construcción antiguamente independientes pertenecientes a cuatro países europeos –Alemania, España, Francia y Reino Unido– representa un ejemplo evidente del potencial de la cooperación europea. Un ejemplo sin dudas menos conocido es el de Sea Launch, consorcio que reúne cuatro compañías privadas de los Estados Unidos, Noruega, Federación de Rusia y Ucrania. Sea Launch brinda a su clientela una plataforma off-shore única y móvil para el lanzamiento de naves espaciales.

Veinte años después de la caída del Telón de Hierro, la Federación de Rusia asiste al rápido desarrollo de sus contactos comerciales y de sus co-empresas («joint-ventures») en ciencia y tecnología asociando compañías rusas y extranjeras. En 2010, la empresa por acciones que une a la sociedad francesa Alcatel–Lucent y la corporación estatal Rostekhnologii comenzó a invertir en el desarrollo, la fabricación y la comercialización de material de telecomunicación para el mercado ruso y el de la comunidad de los Estados Independientes. Igualmente, la compañía ruso-estadounidense Isomed Alpha se lanzó en la producción de material médico de alta tecnología, como los tomógrafos electrónicos.

«Estas asociaciones internacionales permiten intensificar la exportación de productos y de servicios de alta tecnología en ciertas zonas», hacen notar Leonid Gokhberg y Tatiana Kuznetsova. Añaden además que «entre 2005 y 2007, las exportaciones rusas de TIC se han duplicado y las de material electrónico, aéreo y espacial han aumentado de 40 a 50%».

Susan Schneegans⁴

Una versión más corta de este artículo fue publicada en el Correo de la UNESCO de enero 2011.

4. Redactora en Jefe, Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010: s.schneegans@unesco.org

La biodiversidad en kit

Durante todo el Año Internacional de la Biodiversidad, la UNESCO y el Secretariado del Convenio sobre la Diversidad Biológica se dieron a la tarea de desarrollar un Kit educativo sobre la biodiversidad. Compuesto por un *Manual de Referencia sobre la Biodiversidad* y un *Cuaderno de Actividades*, estos nuevos contenidos educativos pretenden informar y sensibilizar sobre las cuestiones de la biología a los jóvenes y sus profesores, así como al público en general.



¿Qué se entiende por servicios de apoyo brindado por los ecosistemas? ¿Por qué las poblaciones de abejas disminuyen? En este extracto tomado del manual, descubriremos que los ecosistemas mantienen las condiciones favorables para la vida sobre la Tierra, ya sea por la formación de los suelos, el ciclo de los elementos nutritivos, la producción de biomasa, la oferta de hábitats naturales, la retención y el transporte de los sedimentos, la producción del oxígeno atmosférico, o por el ciclo del agua o el del carbono.

La formación de los suelos comienza con los minerales que se encuentran en las rocas o en sedimentos que afloran. Cuando está al descubierto, este substrato es duro pero biodegradable. Sus primeras transformaciones resultaron de la acción del clima: la formación de hielo y el deshielo, el calor, el agua, la atmósfera, que interactúan con la naturaleza misma de la roca (granítica, calcárea) para transformarla y degradarla. Sobre las rocas al descubierto que afloraron, las primeras y a veces las únicas plantas que se instalaron fueron los líquenes, aptas para vivir sin suelo, pero que producen ácidos capaces de desagregar la roca expuesta.

Se le llama erosión bioquímica a la acción de las más mínimas raíces que se introducen en los intersticios y con sus secreciones degradan a los minerales. La textura de la degradación no será la misma según se esté en presencia de un substrato granítico o de un sedimento calcáreo. Pero se obtiene el mismo resultado: los productos de la degradación mineral se mezclan con los productos de la degradación vegetal para formar un suelo de un espesor creciente ahí donde anteriormente solo había roca limpia. Este proceso es muy lento, solo con el paso del tiempo las plantas logran implantarse sobre los restos amontonados. Después de los líquenes, le siguen los musgos, luego especies herbáceas, arbustos, que viven, erosionan las rocas, mueren, sus restos se incorporan a las masas inertes de partículas minerales para transformarlas en un sistema de apoyo de la vida.

Reciclaje de la necromasa

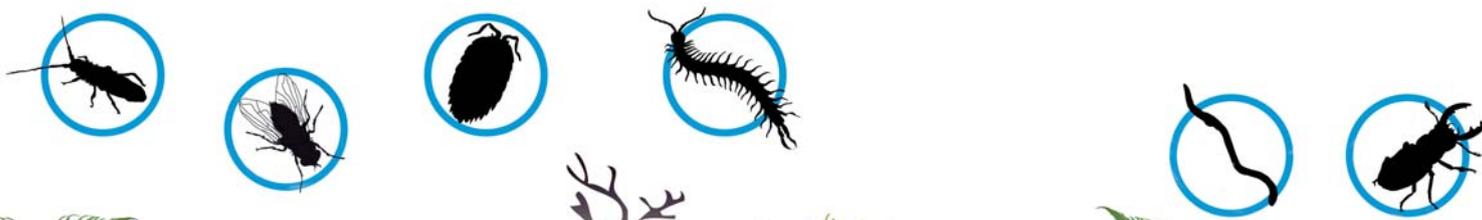
El suelo es sin embargo una matriz compleja. La vegetación aporta residuos vegetales que constituyen una capa de materia orgánica, el lecho que cubre el suelo y provoca, por el hecho de su degradación, la erosión de la roca. Pero la materia orgánica de este lecho no solo está compuesta por ramas, hojas, frutos y

raíces que provienen de vegetales muertos, se compone también de cadáveres de insectos y animales, excrementos, mucus, mudas y forma una capa de diversos desechos producidos por los seres vivos: la necromasa o materia orgánica muerta, por oposición a la biomasa, materia orgánica viva. La necromasa desempeña un papel muy importante en la fertilidad del suelo y el ciclo de los nutrientes. Esta es descompuesta y reciclada bajo la acción de una cadena de organismos, insectos y pequeños animales, hongos, microorganismos, que viven en el suelo o en la superficie y producen el humus y compuestos minerales. El cadáver de un grillo es cubierto rápidamente de filamentos micelios de un hongo considerado entre los organismos descomponedores, al igual que las hormigas que pueden disecar grandes trozos de ramillas o de granos, los insectos necrófagos como ciertos dípteros o coleópteros especializados en los cadáveres, los coprófagos, campeones entre los limpiadores como los escarabajos que descomponen los excrementos y al enterrar los restos en el suelo, eliminan a los organismos parásitos de los vertebrados y otros vectores de enfermedades que pueden contener.

Algunos descomponedores, como los hongos y numerosas bacterias, purifican la materia muerta y la transforman hasta su total regreso a lo inorgánico, reciclando de esta forma los elementos nutritivos en el suelo. Sin el reciclaje de la necromasa por estos organismos vivos (descomponedores), los organismos productores primarios (los vegetales) no podrían crecer, ni conformarse las cadenas alimentarias fundamentales para transmitir las cantidades de energía básica para el funcionamiento de los ecosistemas.

Producción del humus

Al descomponerse, la materia orgánica produce un estado de mineralización (se liberan compuestos minerales) y un estado



de humidificación de compuestos orgánicos blandos que se unen entre ellos y a las arcillas. Esta humidificación crea el humus, sin el cual no puede constituirse un suelo fértil.

El humus actúa como un «abrigo» de superficie; es una capa de tierra vegetal oscura, naturalmente protectora, que retiene bien el agua, un abono de naturaleza química variable según la materia orgánica. Mantiene de forma permanente a las capas inferiores del suelo más o menos permeables y aireadas impregnándolas por partes y las recarga naturalmente en nutrientes.

En las regiones áridas o desérticas, en ausencia de una cubierta vegetal, el humus tiene dificultades para formarse. Sin esta protección el suelo se vuelve vulnerable a la erosión y puede ser destruido. De lo que se trata pues es de proteger las tierras desnudas de los aguaceros violentos y de los vientos, recurriendo a menudo a la diversidad vegetal disponible: gracias a setos protectores o fertilizadores cuando son sembrados y cultivos de plantas de rápido crecimiento que fijan a las tierras expuestas.

Ciclo de los nutrientes

Los nutrientes tales como el nitrógeno, el fósforo, el magnesio, el potasio, el cobre y el calcio son indispensables al crecimiento de las plantas y por lo tanto a la edificación y el mantenimiento de los ecosistemas. Las especies vivas participan constantemente al ciclo de los nutrientes: estas los absorben cuando los hallan en sus alimentos o los toman de sus medios (como los vegetales con sus raíces), los almacenan o los transmiten a través de su propia materia (cuando los vegetales son consumidos por los animales), los reciclan cuando descomponen la necromasa o cuando mueren ellas mismas, liberando sustancias nutritivas en sus restos descompuestos.

Durante su ciclo, los nutrientes pasan constantemente de lo vivo a lo no vivo y la biodiversidad constituye su soporte, su vehículo. Consideremos un ejemplo: entre los nutrientes, se diferencian los macro elementos como el carbono o el nitrógeno que son utilizados en gran cantidad por los seres vivos. El nitrógeno regula nuestro metabolismo elaborando las proteínas indispensables para nuestras células. Este está naturalmente presente en la atmósfera, constituida en un 78% de nitrógeno gaseoso, pero nosotros, los seres humanos, no podemos movilizarlo



©Alan Morgan/Alpha Presse

directamente. Al igual que la mayoría de las especies, cubrimos nuestras necesidades de nitrógeno al tomarlo en nuestros alimentos.

Solo las bacterias pueden utilizar directamente el nitrógeno atmosférico. Al caer con las lluvias bajo forma de ácido nítrico débil, el nitrógeno es movilizadado por bacterias que realizan la fijación de nitrógeno en el suelo que convierten los compuestos nitrogenados en nitratos. Los vegetales absorben los nitratos a través de sus raíces y los transmiten a los animales y... a los humanos.

El nitrógeno se combina pues con otros elementos gracias a las bacterias fijadoras de nitrógeno, como las del tipo *Rhizobium* que invaden las raíces profundas de las leguminosas (frijoles, alfalfa, trébol, guisante, según las regiones) donde forman nódulos fijadores de nitrógeno. Este nitrógeno es «incorporado» a las proteínas de las plantas que lo difunde a través de sus raíces y lo hace disponible para los otros vegetales. Una vez que los nitratos han sido esparcidos por el suelo, otras bacterias lo absorben y liberan nitrógeno en la atmósfera, cerrando así el ciclo de este elemento natural indispensable para todos.

Producción de biomasa

Se le llama biomasa a la masa total de organismos vivos medida en una unidad dada, en un área precisa o en una población. Las plantas representan cerca del 90% de la biomasa. La producción de biomasa es generada por las mismas plantas que, por una parte, fabrican su propia materia vegetal. En la base de las cadenas alimentarias, las plantas son efectivamente unos productores. En la mayoría de los casos, enraizadas en el suelo, estas absorben agua y elementos nutritivos por sus raíces, así como gas carbónico CO₂ por las estomas de las hojas. Durante el proceso natural de fotosíntesis, estas captan la energía solar y gracias a la clorofila contenida en sus órganos, se sirven de esta para convertir el agua y el gas carbónico en azúcares simples que constituyen su alimento. Al absorber este alimento, las plantas producen materia vegetal que, luego, alimentará a otros organismos vivos.

Más allá de la fotosíntesis, la biodiversidad contribuye a la producción de biomasa a través de las diversas interacciones biológicas que sustentan dicha biodiversidad, ya que la biomasa emana de los más diversos organismos. Fueron las plantas con flores (angiospermas), surgidas hace 150 millones de años las que desencadenaron esta dinámica de diversificación. Las numerosas familias y especies de angiospermas que constituyen la gran mayoría de nuestras plantas actuales garantizan su reproducción de forma asexual recurriendo a «terceros», a otras especies que las asisten en las etapas de reproducción en el seno de su propia especie: polinizadores, variados diseminadores...

Con el transcurso del tiempo, esto tuvo como efecto suscitar al menos

Los castores son animales ingenieros. Cortan la madera, arman y dan mantenimiento a las represas donde viven comunidades de invertebrados y de micro-organismos acuáticos, en la base de la cadena alimentaria.



dos fenómenos: la mezcla genética y la lenta adaptación de estas plantas a su medio durante su evolución. De esta forma ellas «coevolucionaron» con otras especies de la misma comunidad, lo que produjo una extraordinaria diversidad.

Preservar un servicio de apoyo como la producción de biomasa, es preservar los preciados eslabones de las interacciones biológicas que la condicionan. Sin embargo, en todas partes se han observado reducciones de la diversidad de insectos polinizadores fundamentales para la reproducción de las plantas. Los contaminadores atmosféricos, entre los cuales se encuentran los biocidas, y los insecticidas o fungicidas que degradan

las moléculas del aroma de las flores y reducen el alcance de las fragancias florales y otras hormonas vegetales. Esto hace más difícil la localización de las flores por los polinizadores, este fenómeno explica en parte la disminución de las poblaciones de abejas pero también de aves y murciélagos nectarinos en numerosos países dotados de poderosos sistemas industriales y agrícolas.

La reducción de los polinizadores efectivos influye sobre la tasa de reproducción de algunas especies, lo que tiene serias consecuencias sobre los cultivos de frutas, legumbres y oleaginosos e influyen más generalmente sobre la producción de materia viva. Un estudio publicado en *Ecological Economics* llevado a cabo por un panel de investigadores franceses y alemanes cifró en 153 mil millones de euros el valor de la actividad polinizadora de los insectos en el mundo durante el año 2005, limitándose a los principales cultivos de los cuales se alimenta el hombre.

Recordemos también el importante papel jugado por los agentes diseminadores o «germinadores». Se ha podido mencionar el papel de las hormigas granívoras en los ecosistemas semidesérticos australianos que, al consumir la envoltura de las semillas de plantas herbáceas, expulsan el resto de estas semillas y contribuyen a diseminarlas muy uniformemente, lo cual explica la densidad de los magníficos tapices florales desde el inicio de las lluvias de primavera.

Otro ejemplo de cooperación que concierne a la actividad germinativa es el de los escarabajos coprófagos de los bosques húmedos de América Central que, al enterrar en el suelo las semillas contenidas en los excrementos de animales frugívoros, facilitan mucho la germinación de estas. O también asociaciones particularmente notables como la del cascanueces moteado y el pino cembro de montaña: el pájaro que aprecia las grandes nueces contenidas en los conos del pino, las acumula en su esófago y bajo su lengua para luego regurgitarlas y enterrarlas aquí o allá en previsión del invierno. Las semillas olvidadas van a germinar y garantizar la propagación del pino en los territorios más inaccesibles.



©Nadine Samson



©Olivier Breslin

Biodiversidad y ciclo del carbono

Al igual que el ciclo del nitrógeno, el del carbono es uno de los grandes ciclos biogeoquímicos de nuestro planeta. Este corresponde al complejo conjunto de los intercambios de elementos carbonos entre el agua, las rocas, la materia viva, la necromasa y la atmósfera de la Tierra. Al igual que el nitrógeno, es un macro elemento: todos los seres vivos contienen al elemento carbono.

Durante la fotosíntesis los vegetales absorben el carbono atmosférico bajo forma de gas carbónico y lo transforman en moléculas orgánicas energéticas (glúcidos, proteínas, lípidos). Los animales, como en el caso del nitrógeno absorben carbono comiendo vegetales u otros animales.

Cuando los seres vivos mueren y son normalmente descompuestos por microorganismos, la mayor parte de su carbono regresa a la atmósfera. Allí donde no hay suficiente oxígeno que genere una real actividad microbiana en el suelo, los microorganismos no descomponen los restos carbonados y estos se acumulan, inmovilizados bajo tierra. Terminan por convertirse en carbón, petróleo o gas natural y constituyen reservas naturales de carbono.

Nuestras actividades humanas industriales o relacionadas con las infraestructuras utilizan masivamente la combustión de rocas carbonadas (carbón, petróleo y gas). Cuando estos combustibles fósiles son quemados, el carbono se libera en la atmósfera.

Otra fuente importante de escape de gas carbónico de origen humano es la combustión masiva de materias orgánicas debido a la deforestación. Se estima que 750 millones de hectáreas de sabanas son quemadas cada año, de los cuales cerca de la mitad en África.

Actualmente es posible estimar el impacto de las intervenciones humanas sobre la modificación del ciclo del carbono: son las responsables del aumento de un tercio de la concentración de dióxido de carbono atmosférico (CO₂) en los últimos dos siglos. Este desequilibrio es en gran parte el origen fenómeno consiguiente de recalentamiento climático causado por la acción de gas de efecto invernadero del CO₂ y del metano anormalmente concentrado en la atmósfera.

Es fundamental analizar y tomar en cuenta el papel de la biodiversidad en la regulación del clima y el almacenamiento potencial de carbono por la fotosíntesis. Esta «extrae» el CO₂ de la atmósfera encerrándolo o almacenándolo en los reservorios naturales que son por ejemplo los bosques. Cada año, el bosque amazónico recicla 66 mil millones de toneladas de CO₂, o sea, cerca de tres veces las emisiones de los combustibles fósiles quemados en el mundo. Imaginémoslo lo que sucedería en términos de recalentamiento climático si el bosque amazónico evoluciona desde su papel de «pozo de carbono» hacia el de «fuente» de carbono para la atmósfera.

Hélène Gille⁵

Para más detalles, ver página 24.

5. Autora del Kit educativo sobre la biodiversidad: h.gille@unesco.org

