

Un Mundo de **CIENCIA**

Boletín trimestral
de información sobre las
ciencias exactas y naturales

Vol. 6, No. 2
Abril – junio 2008

SUMARIO

ENFOQUES ...

- 2 ¿Cuál es el futuro para la enseñanza de las geociencias en África?

ACTUALIDADES

- 9 Lanzamiento del Arqueomapa
- 9 Proyecto de prevención del VIH/SIDA en África
- 10 La salud, tema dominante de los premios L'ORÉAL- UNESCO
- 12 Un Año para descubrir el Universo
- 12 Hoja de ruta sexenal para las Reservas de Biosfera
- 13 Centro internacional de investigación sobre el Karst en China
- 13 Tendencias de los gastos mundiales para la educación
- 14 Mejoras del sistema de alerta contra los tsunamis

ENTREVISTA

- 15 Khady Nani Dramé explica por qué el productor de arroz no tendrá que deplorar los períodos de sequía

HORIZONTES

- 17 El arte de construir un mundo mejor
- 20 Año negro para los corales del Caribe

BREVES

- 24 Agenda
- 24 Nuevas Publicaciones

EDITORIAL

No perder la ocasión

Una fecha debería figurar en la agenda de todos los países poseedores de un litoral: el 13 de mayo de 2009. Es la fecha tope para aquellos que desean formular una solicitud de extensión de su plataforma continental jurídica.

El artículo 76 de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar constituye el marco jurídico internacional en el cual los Estados ejercen sus derechos y obligaciones referentes a la utilización del océano y sus recursos. En el mismo, la Convención define sobre todo los límites de las aguas territoriales, de las zonas económicas exclusivas y la extensión de las plataformas continentales.

Los Estados ribereños que firmaron la Convención antes de 1999 tienen el derecho de reivindicar, hasta el 13 de mayo de 2009, los recursos de los fondos marinos que sobrepasen las 200 millas marinas medidas a partir de la línea de marea baja. Tienen la posibilidad de formular las demandas ante la Comisión de los Límites de la Plataforma Continental, para hacer extender su jurisdicción hasta 350 millas marinas (aproximadamente 650 Km).

Cuando se sabe que el petróleo y el gas explotados off-shore actualmente constituyen un cuarto de la producción total, y la misma proporción de las reservas conocidas, no es sorprendente ver a los estados ribereños apresurarse con el fin de actuar a tiempo. Las profundas prospecciones revelan constantemente importantes descubrimientos: campos petrolíferos, depósitos de hidratos de gas, de minerales y extremófilos –esos misteriosos organismos de las profundidades que poseen características prometedoras para la farmacología y otras industrias. Uno de los continentes parece, sin embargo, no haber tomado consciencia de la inminencia de esta fecha. Si bien es cierto que 33 de los 39 estados marítimos de África han firmado la Convención, solamente África del Sur, Ghana, Kenya, Madagascar, Namibia, Nigeria y algunos otros se activan para delimitar su plataforma continental jurídica. Esto es inquietante ya que, a diferencia de otras zonas, la plataforma continental no es objeto de una jurisdicción automática. Para obtener este aval, las demandas deben pasar la prueba científica de la extensión natural de su territorio bajo el mar.

Viniendo en su ayuda, la Unidad de Coordinación Marina del NEPAD, asociada desde diciembre 2006 al PNUMA y a la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO, ha intentado acelerar el proceso en África. Como lo hiciera en la Cumbre de la Unión Africana de Addis-Abbeba (Etiopía) en enero del año pasado, ella ha llevado el mensaje a los grandes foros panafricanos. Próximamente, en julio, *Un Mundo de Ciencia* publicará un artículo en seguimiento a este editorial, dando a conocer los detalles de los expedientes.

Supongamos que un gran número de países africanos sobrepasan la fecha tope, ¿qué pasará? Como lo sostienen los autores del artículo de la página siguiente sobre la geo-enseñanza, «Los países africanos deberían preguntarse, si ellos disponen de especialistas, equipos y estrategias a la medida de esta formidable oportunidad, para el caso y el momento en que sus reivindicaciones sean validadas».

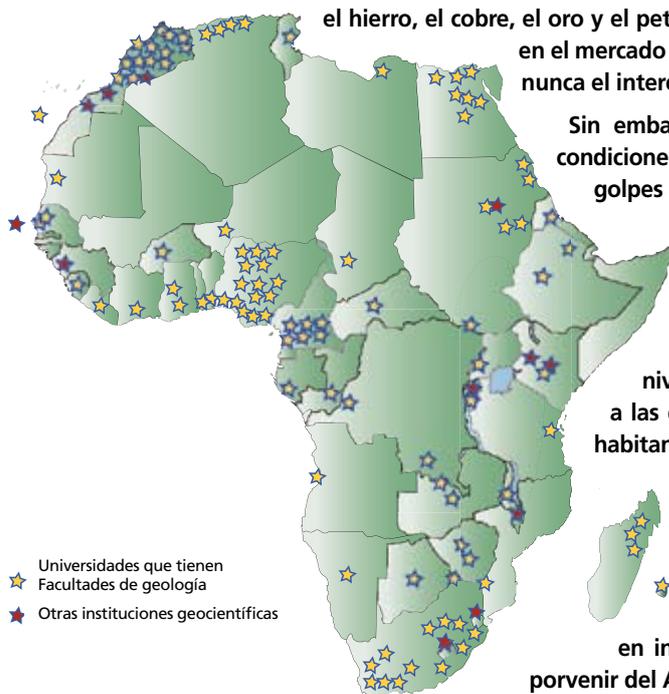
W. Erdelen
Subdirector General para las Ciencias Exactas y Naturales

¿Cuál es el futuro para la enseñanza de las geociencias en Africa?

El continente africano está dotado de inmensos recursos geológicos: minerales, petróleo, carbón, gas y otros. Para los países africanos en fase de transición, es urgente explotar estos recursos y hacer de ellos el motor de un desarrollo socioeconómico sostenible. Este potencial es considerable, teniendo en cuenta el alza vertiginosa de los precios de materias primas tales como el hierro, el cobre, el oro y el petróleo. Este último sobrepasó incluso el umbral de los 110 dólares el barril, en el mercado mundial, en marzo. Nada sorprendente que la geología despierte más que nunca el interés de los decisores y de los responsables políticos.

Sin embargo, en numerosos países africanos, el sistema educativo no está en condiciones de enfrentar el reto: luego de decenios de inestabilidad –sin hablar de los golpes militares, de las guerras civiles y los períodos de estancamiento económico– flagrantes desigualdades en materia de capacidades de enseñanza y de medios de investigación, aparecen en el conjunto del continente: se ven afectados el personal, la concepción de los programas de estudio, la experimentación en el terreno y la calidad de las bibliotecas, teniendo como consecuencias un limitado número de graduados con insuficiente nivel de capacidades. En Alemania, más de 10 000 estudiantes se dedican hoy a las ciencias de la tierra, sobre una población de alrededor de 80 millones de habitantes. En Africa del este –Kenya, Tanzania y Uganda– cuya población conjunta está cerca de los 100 millones, menos de 500 estudiantes están inscritos en ciencias de la tierra.

Este ejemplo por sí solo basta para ilustrar la crisis de la geo-enseñanza en Africa. Uno de los objetivos esenciales del Año Internacional del Planeta Tierra, es el de estimular a los jóvenes a estudiar las geociencias, en interés de sus países y a la vez como una elección juiciosa de carrera. El porvenir del Africa dependerá de los incentivos que las políticas sepan crear para ellos.



En un futuro próximo, una fecha tendrá grandes repercusiones en Africa: el 13 de mayo 2009. Para los países del mundo entero, es la fecha límite para depositar demandas de extensión de la plataforma continental jurídica. Esta guarda grandes recursos bioactivos y minerales, como el petróleo y el gas natural. Según un estimado preliminar sobre el África, esta podría reivindicar una zona equivalente a cuatro veces la superficie de Francia, lo que representa una fuente substancial de riquezas.

Pero al mismo tiempo, los países africanos deberían preguntarse si disponen de especialistas, equipos y estrategias a la medida de esta formidable oportunidad, para el caso y el momento en que sus reivindicaciones sean validadas, o bien si abandonarán la explotación de sus nuevas riquezas a las multinacionales y a los expertos expatriados.

Situación actual

Africa posee una población de alrededor de 930 millones de habitantes, repartidos en 53 países independientes y seis territorios. En total, unas 100 facultades y otros establecimientos superiores en geociencias, proponen cursos de ciencias de la tierra, lo que corresponde, aproximadamente, a una facultad por cada 100 millones de personas (*ver mapa más arriba*).

Un país que ya posee una producción minera como África del Sur, ofrece a una población de cerca de 48 millones de habitantes, al menos 13 universidades que disponen de Facultades de ciencias de la tierra, a menudo muy bien evaluadas en las clasificaciones internacionales.

En el otro extremo de la escala, entre los países pequeños, algunos no tienen un solo establecimiento de formación y enseñanza en geociencias, como las Comores, Guinea ecuatorial, Gambia, Guinea Bissau, Mauricio, Sao Tomé y Príncipe y las Seychelles.

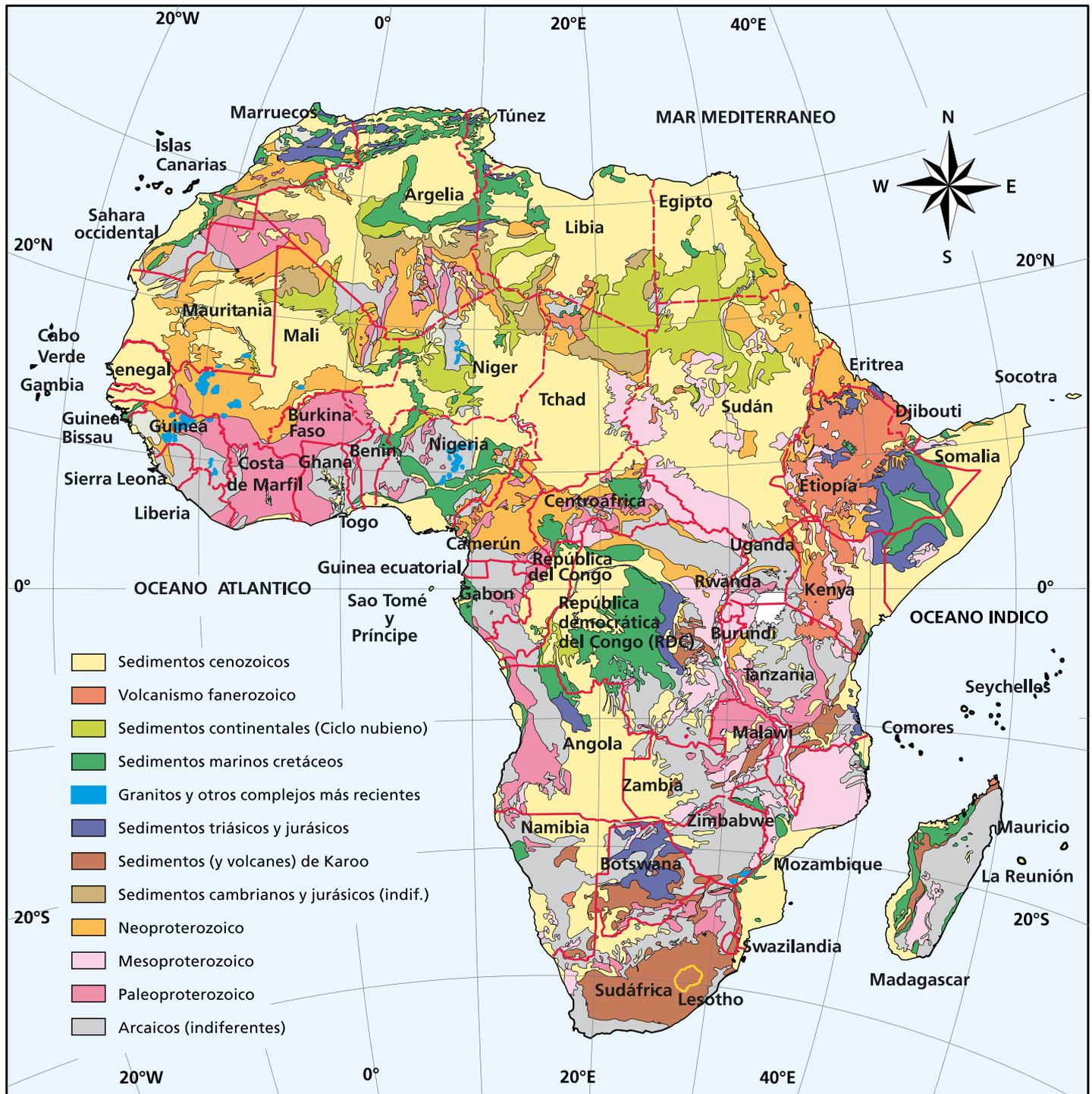
Entre los tres, Marruecos, Nigeria y Egipto tienen un número satisfactorio de Facultades de ciencias de la tierra, a veces con excelentes directivos pero insuficientes equipamientos.

La inestabilidad política ha provocado, además, el deterioro en estos últimos años, de estas Facultades en Burundi, Liberia, Ruanda, Sierra Leona y Somalia.

Poniendo a un lado la alarmante situación que reina en numerosos países, es necesario preguntarse: ¿los métodos y los programas se corresponden con las necesidades actuales de Africa? Aparentemente no, ya que tanto los decisores como los electores de la mayoría de los países de África parecen no haber tomado conciencia de que los conocimientos en geociencia pueden ponerse al servicio del desarrollo sostenible y en beneficio de sus países.

Geología y principales yacimientos de África

Países y territorios (entre paréntesis, los minerales de pequeño valor económico)



Fuentes: Bureau de recherches géologiques et minières, France, modificado por Elisabeth Sillmann, Germany, www.blaetterwald-Design.de

Argelia Fe, Pb, Zn, Petr Angola D, Au, Ni, Cr, PGS, Fe, Mg, Cu, Ph, (Ag, Co, U, Va) Bénin Au, Petr Botswana D, Cu, Ni, Au, PGS, Fe Burkina Faso Au, Ph, (D, Zn, bx) Burundi Au, T, (Ni, Va, Ph, Ni) Camerún bx, Petr, (Au, D, T, Ni, Co, gem) Islas Canarias (España) - Cabo Verde - República Centroafricana (D, Au, Fe, Cu, T) Tchad (bx, Cr, Au, Petr, colt) Las Comores - República democrática del Congo (RDC) Cu, Co, Zn, T, colt, Mg, D República del Congo Petr, Cu, Pb, Zn, Fe, Ph, (Ni, Cr, Au, U, D) Costa de Marfil Au, D, Fe, (Ni, Co, bx) Djibouti - Egipto Petr, Ph, (Au, Cu) Guinea ecuatorial Petr, (Au) Eritrea Au, (Cu, Fe) Etiopía Au, (Fe, Cu, Ag) Gabon Petr, Mg, U, (Au, D, Ph) Gambia - Ghana Au, D, bx, (Mg) Guinea bx, D, Au, Fe, Ni, U Guinea-Bissau (bx, Ph) Kenya Trona, (Au, gem) Lesotho D, U Liberia Fe, D, (Au, bx, Ni, Co) Libia Petr, (Ph) Madagascar Cr, gas, (bx, Fe, gem) Madère (Portugal) - Malawi carbón, (bx, U) Mali Au Mauritania Fe, Cu, Ph Mauricio - Marruecos Ph, Pb, Zn, Cu, (Ag) Mozambique Au, carbón, (Cu, Pb, Fe, Ni, bx) Namibia D, Au, Ag, Cu, Pb, Zn, U, gem Niger U, Au, carbón, (Ag, PGS, Cr, Ph) Nigeria Petr, Au, T, carbón, (colt, Pb, Zn, Fe) La Reunión (Francia) - Rwanda T, colt, Au, (gem) Sao Tomé y Príncipe - Senegal Au, Ph, (D, Fe) Seychelles - Sierra Leona Bx, D, Au Socotra (Yemen) - Somalie - Africa del Sur Au, PGS, D, carbón, Fe, Mg, Cr, gem, U, Va, Pb, Zn, Ph Sudán Petr, gas, (Au, Cr) Swazilandia Fe, Au, D, carbón Tanzania Au, D, gem, carbón, gas, Ph, (Cu, Pb, Zn, Ni, Fe) Togo Ph, (D, Au, Mg, Fe) Túnez Ph, gaz Uganda Au, Cu, Co, T, (Ni, PGS, colt) Sahara occidental (su administración marroquí) Ph Zambia Cu, Co, Pb, T, Zn, carbón, gem, (U) Zimbabwe Cr, Au, Ni, PGM, D, carbón

Abreviaturas Ag : argent ; Au : or ; bx : bauxita ; Co : cobalto ; colt : coltan ; Cr : cromo ; Cu : cobre ; D : diamantes ; Fe : Hierro ; gem : gemmes ; Mg : manganeso ; Ni : níquel ; Pb : plomo ; Petr : petróleo ; PGS : minerales del grupo platino ; Ph : fosfato ; T : étain ; U : uranio ; Va : vanadium ; Zn : zinc

Geodinámica del Sistema del Gran Rift africano



©UNESCO

Cráneo de tipo Australopiteco descubierto en la cuenca del lago de Turkana, en el Valle del Rift, expuesto en el museo de los Koobis Fora y la Base de investigación del parque nacional de Sibiloi, en las riberas del lago de Turkana, en Kenya. Este valle contiene una rica capa de fósiles, porque la rápida corrosión de las tierras altas, proyectó los sedimentos en el valle, lo que permitió preservar los vestigios

En el 2002, el Programa Internacional de Geociencias (PICG), patrocinado por la UNESCO y el UISG, aprobó un proyecto quinquenal de estudio de la geodinámica, el potencial mineral y el impacto del georriesgo del Sistema del Gran Rift africano.

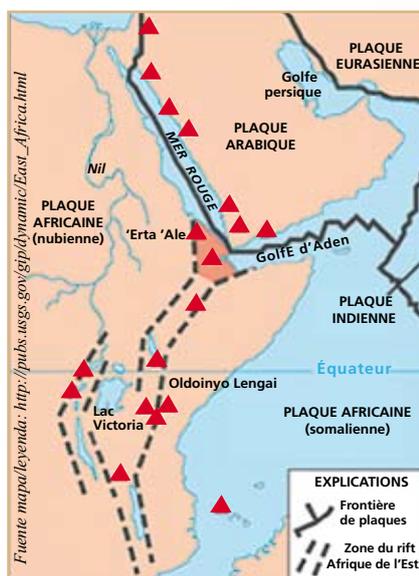
Este sistema, el más ejemplar de las depresiones activas del mundo, se extiende desde la región del Afarses (Eritrea y Etiopía) al norte, hasta Malawi al sur. En la región del lago Victoria, comporta una rama oriental y una rama occidental. Las depresiones están entrecortadas por varias grandes fallas a lo largo de las cuales se localizan la mayoría de los grandes estratovolcanes.

Una de las regiones de mayor actividad geológica del mundo

La mayor parte de los volcanes del mundo, en actividad o recientemente extintos, se circunscriben al Cinturón de Fuego del Pacífico. La segunda, por orden de tamaño, cubre al mediterráneo, el norte de Asia menor, la región del mar Rojo y África central. Y allí, la mayoría se localizan en el Sistema del Rift del África del Este. Es por consiguiente una de las regiones del mundo de mayor actividad volcánica.

Muchos de estos volcanes requieren de una vigilancia constante. Como el Nyiragongo, en la frontera entre Congo y Ruanda cuya erupción de 2006 causó la muerte de varias personas, o la del Nyamuragira en Ruanda y la del Erta Ale en Etiopía. Por otra parte, «se piensa que existe una cavidad magmática bajo la provincia volcánica de Rungwe, en Tanzania», indican los investigadores del PICG. «La temperatura de los gases que escapan de la chimenea de Rungwe no deja de aumentar, lo que hace pensar que la mezcla está a punto de entrar en la erupción».

El sistema conoce también de los frecuentes terremotos, como el de magnitud 6,8 que golpeó a la región del lago de Tanganika en diciembre del 2005, o el de 6,2 que agitó la ribera occidental del lago de Kivu en octubre del 2002.



Africa del Este, con la localización de algunos volcanes históricamente activos (triángulos rojos) y el punto triple de los Afars (parte central coloreada), triple unión donde tres placas se alejan unas de otras: la placa arábiga, y los dos elementos de la placa africana (nubia y somali), que se alejan a lo largo de la zona del Rift del este africano

Manifestaciones del pasado y del futuro del Sistema

Parece ser que el Sistema del Rift africano comenzó a fisurarse al principio del Mioceno (hace 23 Ma), y que el movimiento aún continúa. La sismica muestra que en la zona del Rift, la corteza adelgazó para medir tan sólo aproximadamente 20 km. Un día el Valle del Rift podría convertirse en una cuenca oceánica, como el mar Rojo y el golfo de Adén que se abrieron durante el Mioceno. Esto proviene del hecho de que el Valle del Rift se sitúa en la unión de placas que se alejan a unas de las otras (fronteras divergentes).

Cartografiar las estructuras geológicas del Sistema...

El proyecto del PICG consiste en dar respuesta a preguntas tales como: ¿qué determina las variaciones de volumen y composición del magma a lo largo del sistema? ¿Cómo afecta a los recursos la dinámica de apertura? ¿Cuáles son las causas y consecuencias de los riesgos medioambientales?

Proyecta crear un punto de reunión transnacional de investigaciones africanas, capaz de estimular y facilitar la colaboración con los países desarrollados, con vistas a cartografiar las estructuras geológicas de la rama suroeste del Sistema del Rift, gracias a Landsat, a los datos aeromagnéticos y de gravedad con el fin de determinar la localización de los puntos débiles y el espesor de los sedimentos en las cuencas de derrumbe. Prepararán una recopilación de datos que documentan los microsismos, gracias a los sismómetros instalados en las estaciones de vigilancia de terremotos de Botswana, Zambia y Zimbabue.

El proyecto también debe compilar un conjunto de datos sobre los modos de sedimentación según la tectónica y el paleoclima, y datos hidrológicos sobre el efecto de los cambios climáticos bruscos sobre la puesta en marcha de los sistemas de desagüe en la época en que se iniciaba la deriva continental.

...y sus preciados recursos

El Sistema del Gran Rift africano posee importantes recursos geológicos: minerales (de los cuales algunos son escasos en la Tierra), energía geotérmica y aguas de superficie y subterráneas.

Según los investigadores, «África del Este tendría la capacidad de producir aproximadamente 2 500 MW de energía a partir de sus fuentes geotérmicas» que permanecen ampliamente sin explotar. Las cuencas sedimentarias de la rama occidental, como la del lago de Tanganika, parecen lo suficientemente espesas como para haber generado una acumulación de hidrocarburos.

Los minerales de interés industrial descubiertos en el Valle del Gran Rift comprenden, sobre todo la piedra pómez, las materias volcánicas, el azufre, el caolín, el oro, los sulfidos, las piedras carbonatadas, el fosfato, la diatomita, la sílice y la trona. La trona da lugar a múltiples usos, como la producción de jabón, cristal y papel. Se encuentra alrededor del lago de Madag, en el sur de Kenya, y del lago de Natron, en el norte de Tanzania.

En lo que se refiere a los recursos en agua, el Sistema «incluye una cadena de lagos de forma alargada, que pueden servir a la irrigación, la extracción de carbonato sódico, a la acuicultura y al ocio. Este ofrece buenas oportunidades de reforzar los recursos en aguas del subsuelo con fines de irrigación en numerosos puntos del Sistema, que cruza fundamentalmente regiones secas». Los investigadores subrayan sin embargo, que «las aguas de los lagos deben ser objeto de una estricta protección».

La extracción minera y las otras actividades humanas provocan actualmente algunos daños en los lagos y los ríos del valle, incluido en el mayor, el más antiguo (12 Ma) y el más profundo, el lago de Tanganika. En algunos lagos más pequeños, el equipo de investigadores notó que los peces fueron contaminados por el mercurio que proviene de la búsqueda artesanal», lo que hace su consumo peligroso para los hombres.

El proyecto del PICG, conocido bajo el número 482/489, está dirigido por el etíope Gene Mulgeba, del Instituto Sueco de Ciencias de la Tierra; el equipo está compuesto también por Estella Atekwana, de origen Nigeriano, de la Universidad del Missouri-Rolla, en los Estados Unidos, el Sr. P. Modisi, de la Universidad de Botswana, M.N. Sebagenzi de la Universidad de Lumumbachi de RDC y Jean-Jacques Tiercelin del Centro Nacional de Investigación Científica de Francia.

El proyecto organizó dos conferencias internacionales sobre el Sistema del Gran Rift africano: el primero en Addis-Abeba (Etiopía) en junio del 2004 y el segundo en Kampala (Uganda) en julio del 2007. Atrajeron cada una a más de 100 participantes de aproximadamente veinte países. Las actas de la primera fueron publicadas por la Sociedad Geológica de Londres y por el *Journal of African Earth Sciences*. Este último está listo para publicar las actas de la segunda conferencia.

Fuentes: UNESCO (2005) Informe anual del Programa internacional de geociencias; adaptación de la Encyclopedia of Life Support Systems (en línea) publicado por la UNESCO y la Editora EOLSS, acceso libre para las instituciones de los países en desarrollo: www.eolss.net

Lograr la mayoría de los doctorados en casa

La casi desaparición de la investigación en geociencias en numerosos países africanos suscita otra pregunta: ¿Quién queda para guiar a los jóvenes profesores y supervisar los estudios de tercer ciclo, o colaborar en proyectos con jóvenes colegas? Es cada vez más raro encontrar un profesor confirmado que no sea desviado de este tipo de actividad por sus obligaciones como consultor, su participación en proyectos de investigación para un propósito dado o en reuniones de negocios.



La mina de Middleburg en el Karoo. África del Sur ocupa el quinto lugar entre las naciones productoras de carbón, después de China, los Estados Unidos, India y Australia. La vecina Zambia dispone también de grandes depósitos de carbón pero que por el momento están poco explotados

Desalentados, los mejores estudiantes se marchan para terminar sus estudios de doctorado fuera del continente. «No es necesario insistir sobre las evidentes ventajas que tendrían las universidades africanas al otorgar en casa la mayoría de los doctorados», declara el profesor Kwesi Andam, antiguo vice-rector de la Universidad de Ciencias y Tecnología Kwame Nkrumah de Ghana¹.

Precisa que en su universidad, «hemos invertido la tendencia tradicional [de los mejores cerebros de unirse a universidades fuera del continente para realizar sus estudios de doctorado] simplemente hallando fondos para mejorar las becas de los estudiantes después de la licenciatura y las remuneraciones de los conferencistas de doctorado con el fin de hacerlos atractivos». De tal forma que, nos dice, «en vez de los 2 a 5 estudiantes inscritos normalmente cada año en doctorados, en toda la universidad, hemos registrado cerca de 200 en tres años».

Según el profesor Andam, esta gestión sería aún más eficaz, si las universidades africanas estimularan «a sus científicos de la diáspora a involucrarse en la supervisión de los estudiantes en doctorado».

Enfrentarse a la fuga interna de cerebros

Uno de los problemas que se les presenta a los gobiernos, es el de cómo luchar contra la habilidad de las multinacionales para desviar del sector público a los geofísicos mostrándoles remuneraciones y carreras excepcionales. Esto tiene el perverso efecto de privar a estos mismos gobiernos de los consejos ilustrados que necesitan, para poder tratar cuestiones técnicas sobre una base de igualdad con las multinacionales.

François Pinard, del Centro Internacional para la Formación y los Intercambios en Geociencias (CIFEG), fundación que tiene su sede en Francia, observa que «muy pocos países han resuelto mediante alicientes financieras el problema de la fuga de cerebros hacia el sector privado». Sugiere a los gobiernos atribuir préstamos a los estudiantes en geociencias, así como

en ciertos campos vecinos, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG). «De esta forma, los jóvenes licenciados que se comprometen a trabajar cierto número de años en el sector público, son exentos de devolver sus préstamos. Sin embargo, este procedimiento solo funciona», agrega Pinard, «si el gobierno mejora, al mismo tiempo, el atractivo de las carreras en el sector público, ofreciendo a los jóvenes graduados un salario conveniente y la posibilidad de emplear y desarrollar sus conocimientos. El gobierno puede, por ejemplo, apoyar a las oficinas de estudios geológicos del país».

Los geocientíficos se mantienen aislados

El problema más grave al que se enfrentan los graduados africanos en ciencias de la tierra, no es quizás la falta de formación en la base, sino más bien el hecho de no estar integrados a la comunidad mundial de geocientíficos y, por consiguiente, su poca familiaridad con los últimos progresos en materia de técnicas, métodos y conceptos. De forma tal que cuando hay que realizar algún trabajo, las empresas mineras y petrolíferas, tanto nacionales como multinacionales, piensan siempre que es necesario llamar a especialistas extranjeros, en detrimento de los científicos locales.

A pesar de la crisis de la enseñanza de las ciencias geológicas, se realizan muy buenos trabajos de investigación, aunque en cantidades limitadas. Pero los resultados obtenidos por los científicos africanos en ciencias de la tierra, raras veces son incluidos en las bases de datos internacionales, ya que generalmente son publicados en revistas locales de poca difusión, o no lo son en absoluto, por el hecho de que las revistas internacionales raramente aceptan trabajos que tratan temas locales. Este problema se agrava aún más por la falta de acceso a las tesis y disertaciones sometidas en una región determinada, que a menudo son datos empíricos locales, que casi nunca se encuentran en la documentación internacional.



Una fábrica de diatomita en la región de Kariandusi, valle del Rift, en el centro de Kenia. La diatomita es una piedra sedimentaria similar a la tiza, esencialmente compuesta de fósiles de plantas acuáticas unicelulares, las diatomeas. La diatomita sirve sobre todo de ligero abrasivo, de absorbente para los líquidos, de insecticida mecánico y componente de la dinamita. También se usa como aislante debido a su inercia térmica

Foto: Martin Trouth/Universidad de Potsdam

La imposibilidad de conocer el contenido de la documentación geocientífica de África y de tener acceso a ella, es frustrante, tanto para los estudiantes como para los investigadores. Los decisores, consejeros de gobiernos y otros actores encargados de formular políticas, decretar y ejecutar directivas y reglamentos, inspirados por la investigación universitaria en geociencias, están, ellos también, imposibilitados de acceder a estos resultados. Sin embargo, el auge de las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) abre posibilidades infinitas de difusión e intercambio.

Las nuevas oportunidades

Los comportamientos de los estudiantes han cambiado desde los años 1980. Hoy día, un gran número de estudiantes africanos se inscriben en ciencias de la tierra sin tener una verdadera vocación, sino más bien porque están atraídos por las perspectivas de empleos lucrativos en la industria, o porque fueron rechazados en las disciplinas que eligieron.

Es una lástima, pues ciertamente los geólogos están, hoy más que nunca, a la vanguardia del desarrollo de África. La urbanización acelerada y el rápido crecimiento de la población, van a desbordar a las megápolis. De aquí al 2015, varias ciudades africanas –entre las cuales Abidján, El Cairo, Johannesburgo, Kinshasa y Lagos– contarán más de 5 millones de habitantes. Concentradas a menudo en estrechas bandas costeras, falta espacio en las zonas urbanas, donde el precio de los terrenos alcanza altas cimas. Los arquitectos querrán pasar progresivamente de la construcción en altura, a la construcción en profundidad. Geocientíficos calificados deberán evaluar las características de los terrenos para construir y asumir otras tareas, como concebir sistemas de evacuación de desechos y de gestión de las aguas subterráneas, o determinar si los terrenos están expuestos a riesgos geológicos.

Una buena parte de África tiene un régimen de lluvia abundante. Sin embargo cuando se prevé la construcción de una carretera o una autopista, muchos gobiernos se ahorran un estudio geológico. Es una actitud a corto plazo: si se abren desde el principio canalizaciones adecuadas, el agua se evacua completamente y la

El geopatrimonio de África: una mina de oro en potencia para el geoturismo y la educación

En el territorio africano abundan ejemplos de paisajes, piedras y fósiles que poseen las llaves de la comprensión de un momento o un período particular de la historia de la Tierra. Existen por lo menos tres buenas razones para conservar este geopatrimonio. En el primer lugar, cada sitio es un ejemplar único. En segundo lugar, los geositos presentan un interés intrínseco en el plano estético o como soporte para el establecimiento de un geoturismo respetuoso de la ecología. Administrados convenientemente, estos sitios pueden crear empleos y nuevas fuentes de ingresos. Finalmente, los geositos son escuelas al aire libre donde puede estudiarse la naturaleza y su pasado, así como la historia humana. Los geositos también pueden hacer comprender cómo se integran al mundo natural actividades humanas como la explotación minera.

A la notable excepción de África del Sur, pocos defensores africanos del geo-medioambiente, han hecho hasta ahora, el inventario de sus geositos nacionales; estos son: Kenia, Namibia, Uganda y Tanzania.

La UNESCO lanzó, en el 2004, una Red Mundial de geoparques nacionales con el fin de ofrecer una plataforma de cooperación a los expertos y practicantes del geopatrimonio. Bajo el amparo de la UNESCO, los grandes sitios geológicos nacionales ganan así en fama internacional se benefician de intercambios de conocimiento, experiencia y personal con los otros miembros de la red. A la fecha, ninguno de los 54 geoparques nacionales situados en 17 países se encuentra en África, pero varios países africanos mostraron el deseo de adherirse a la red.

Algunos geoparques son parte, al mismo tiempo, de una reserva de la biosfera y/o aparece en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO. La UISG se propone cooperar estrechamente con el programa de geoparques de la UNESCO, en el marco de su Proyecto Mundial de Geositos, lanzado en 1996.

Para más detalles: www.unesco.org/science/earth/geoparks.shtml

Grabado de dos inmensas jirafas sobre una roca volteada en Níger. Estas petrografías y las de elefantes, de addax, de oryx, gacelas y avestruces, datan quizás de 6 000 a 8 000 años, época donde el Sahara era más verde. Este sitio que pertenece a Air y Ténéré y que cubren 24 millones de ha. se convirtió en Reserva de biosfera de la UNESCO en 1997. Ocho millones de ha. de esta región estaban registrados desde 1991 en la Lista del Patrimonio Mundial, y desde el año siguiente, en la Lista del patrimonio en peligro



Centro del Patrimonio mundial de la UNESCO

El Oled Al-Hitan, o Valle de la Ballena, en el desierto occidental de Egipto, es excepcionalmente rico en vestigios fósiles del primer bajo-orden de las ballenas, el arqueocetáceo, hoy extinto. Hace aproximadamente 40 Ma, estos fósiles quedaron atrapados en la piedra arenisca de los fondos marinos que se formaron en el Eoceno cuando esta región de Egipto se encontraba sumergida. Los fósiles que allí se encuentran muestran algún arqueocetáceo en la última fase de pérdida de los miembros posteriores. Ellos revelan una de las grandes historias de la evolución: cómo la ballena se volvió un mamífero marino después de haber sido terrestre y antes de dar los dos tipos de ballenas modernas. El Oled Al-Hitan fue inscrito en el 2005 en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, enseguida después del descubrimiento del primer esqueleto completo de un arqueocetáceo en forma de serpiente de 18 cm. de largo, el Basilaurus isis. En el cuadro de la izquierda, el sitio de excavación de la ballena se señala por un perímetro de piedras



Centro del Patrimonio mundial de la UNESCO



Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO

carretera resiste inundaciones y deslizamientos de terrenos, de ahí un mantenimiento mucho menos costoso. Estas canalizaciones o alcantarillas siempre podrían ser abiertas posteriormente, pero a un costo mucho más elevado.

Uno de los nuevos debates que Africa no puede ignorar trata sobre la captura y el almacenamiento del carbono en reservorios terrestres geológicamente seguros, que permitan utilizar los carburantes fósiles sin liberar óxido de carbono (CO₂) en la atmósfera y sin agravar el calentamiento planetario. En agosto 2006, el editorial de *Nature*, apuntaba, sin dudas, hacia los países del G8 y China –los más fuertes productores de CO₂– aconsejando a los países de «advertir firmemente a sus industrias energéticas que la producción de carbono les costará cara y que su almacenamiento es una de las soluciones parciales, a corto plazo», la revista se dirigía también a Africa del Sur, Brasil, la India y México. Fácil es imaginar, hasta que punto esta advertencia atañerá a otros países africanos dentro de algunos años, cuando hayan desarrollado industrias alimentadas por carburantes fósiles.

Hay otro campo en el que los geocientíficos africanos deberán tener interés en unirse a la comunidad mundial, es el proyecto intergubernamental lanzado en febrero 2003 para crear, de aquí al 2015, el Sistema Mundial de los Sistemas de Observación de la Tierra (GEOSS). Hasta hoy, de los 71 países miembros del Grupo de Observación de la Tierra, que pilotea el proyecto, 15 son africanos. Ciertamente estos países africanos deberán disponer de competencias en teledetección y en observación *in situ* para poder aportar una real contribución a esta iniciativa y sacar de ella las mayores ventajas.

Intercambios internacionales de corta duración, así como otras formas de cooperación, pueden ayudar a los profesores y a los estudiantes a adquirir nuevos conocimientos y experiencias, al mismo tiempo que exponen sus trabajos a un mejor reconocimiento internacional.

«Uno de los programas de cooperación internacional más ambicioso que yo conozca», declara Pinard, «es el Séptimo Programa-marco de la Unión Europea, que estimula la participación de África. Como, por ejemplo, el proyecto euro-africano que se lanzará en mayo en Arusha (Tanzania), con vista a establecer un sistema panafricano de observación de los georecursos del continente, de aquí al 2015. Previsto para una duración de dos años, el proyecto AEGOS es un elemento del GEOSS».



El Big Hole, en Africa del Sur, tiene más de un Km de profundidad. Antigua mina de diamante, fue convertida en museo

Los proyectos internacionales de investigación pueden ayudar a revelar las oportunidades a nivel nacional. Por haber participado en el proyecto financiado por Francia, llamado MAWARI, que asocia a científicos, estudiantes y responsables del agua de Djibuti, Etiopía, Kenya y Francia, el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Nairobi acaba de decidir introducir un curso dedicado a la hidrogeología. El proyecto MAWARI tenía como objetivo la difícil gestión de las aguas subterráneas en el contexto volcánico del Valle del Rift.

Para el futuro: especialización y puesta en red

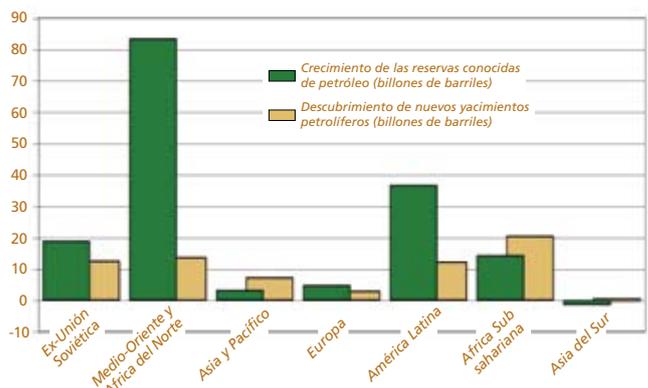
Al orientarse hacia especialidades tales como la teledetección y los SIG –utilizados entre otras cosas, para cartografiar el riesgo geológico– la hidrogeología, la geología de la ingeniería, la micropaleontología, y realizando cursos prácticos, desde el nivel de la licenciatura, los graduados africanos en ciencias de

la tierra verán aumentar sus posibilidades para encontrar trabajo en la explotación minera, la ingeniería, la hidrología y otros campos especializados.

Los propios gobiernos deben darse cuenta de la importancia de estos sectores para el desarrollo socio-económico de sus países, asignándoles el financiamiento y la infraestructura indispensable. Anunciada en junio pasado, la nueva política científica de Etiopía² reconoce que ni la calidad ni la cantidad de la mayor parte de sus

yacimientos mineros son realmente conocidas, a pesar de la presencia atestada de petróleo, gas natural, platino, cobre, níquel, hierro, estaño, cinc, carbón y potasio. Esta política recomienda establecer centros de investigación sobre la explotación de las minas, el agua y la energía.

Se ha sugerido crear redes regionales entre las instituciones y otras agencias nacionales con la finalidad de mejorar la enseñanza de las ciencias de la tierra y proponer una formación especializada en las técnicas y los conceptos de avanzada. Una red regional permite reforzar los servicios y los establecimientos nacionales a través de programas y actividades regionales, y extender a todas las instituciones de la región las ventajas de las actividades de la red. La puesta en red también contribuye a mantener a los científicos en contacto con la comunidad internacional en geociencias. Permite a la vez estimular la investigación africana y hacer reconocer sus trabajos en su justo valor.



Evolución de las reservas mundiales de petróleo crudo entre 1996 y 2003. Los descubrimientos de nuevos yacimientos petrolíferos se situaban principalmente en Africa Subsahariana

Fuente: <http://pubs.usgs.gov/of/2007/102/>

Intercambiar geo-informaciones entre toda Africa

Sistema Panafricano de Información Geológica (PANGIS)

La UNESCO Utiliza a las TIC para distribuir las geo-informaciones y sus datos por 32 Estados africanos por la vía de sus Oficinas de estudios geológicos nacionales y sus universidades. Gracias al PANGIS, creado en 1987 junto al CIFEG, los socios usan los programas de la UNESCO y sus computadoras personales para reorganizar su tratamiento de los datos bibliográficos y factoriales, y hacerlos más fácilmente accesible a los científicos e ingenieros de las otras disciplinas, así como a los administradores y decisores. Las Oficinas de estudios geológicos nacionales y las universidades reciben también una ayuda en la puesta en marcha del SIG y el uso de la tecnología moderna en la investigación, como la imaginería satelital para la teledetección.

Atlas marino para Africa

De mayo 2006 a febrero 2007, un equipo de geocientíficos del grupo de dirección de datos marinos que pertenecen a la Red de datos e información oceánica de la UNESCO-COI para Africa (ODINAFRICA), recopiló juegos de datos marinos y costeros con vista a la confección de un atlas marino de Africa. A partir de fuentes publicadas y no publicadas, de los centenares de juegos base de datos –que cubren a menudo el mundo entero– fueron cuidadosamente circunscritos a una serie concertada de centros de interés del continente africano, luego convertidos a los formatos del SIG, anotados y desplegados en un sitio de atlas en libre acceso. Este atlas se convirtió en una biblioteca en línea de datos compatibles al SIG, que cubre la geosfera, la hidrosfera, la atmósfera, la biosfera, el medio ambiente humano y mapas de referencia.

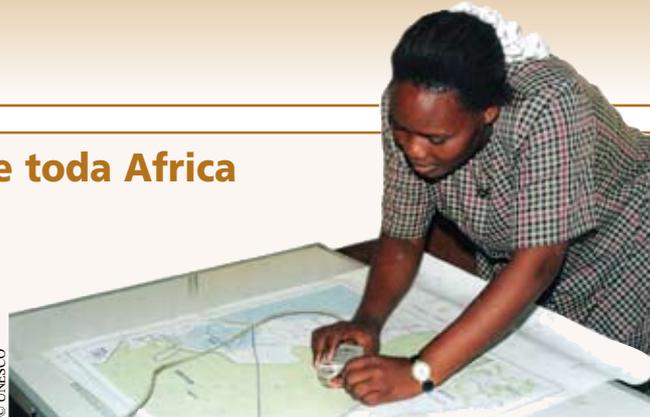
Algunas «hojas», por ejemplo, presentan la presencia de diatomeas, de tiburones-ballas, mangle, la localización de los arrecifes coralinos de Reefbase, los puertos, los límites marítimos, las estaciones mareográficas, los hoteles del litoral y los cables submarinos de fibra óptica. En el campo geológico, los datos conciernen las provincias geológicas de África, los lugares de tsunamis y terremotos, los minerales y los sitios de los programas de perforación profunda, el espesor de los sedimentos, la cubierta vegetal, las tierras etc.

El desarrollo de este atlas –al que constantemente se le agregan juegos de datos– se debe a un equipo de 16 especialistas de las ciencias del mar y expertos en SIG pertenecientes a los centros nacionales de oceanografía, información y datos de Africa del Sur, Benin, Ghana, Kenya, Mauritania, Mauricio, Mozambique, Namibia, Senegal, Seychelles y Tanzania.

TIGER

Lanzado en el 2002 por la agencia espacial europea, el TIGER ayuda a los países africanos a resolver sus problemas de recopilación, análisis y difusión de geo-informaciones sobre el agua, acudiendo a la tecnología de la observación de la Tierra. La iniciativa interesa a más de 150 organizaciones africanas, las agencias del agua, centros de teledetección y universidades.

La participación de la UNESCO en el TIGER pasa por el programa de aplicación de la teledetección a la geología, que patrocina en concertación con el UISG, y por su propio Programa Hidrológico Internacional. La Oficina Regional para las Ciencias en Africa de la UNESCO, en Nairobi, alberga la oficina ejecutiva de TIGER desde marzo del 2007.



Numeración de los datos a reportar sobre el Atlas marino para África, al Instituto Kenyano de las Ciencias del Mar y la Pesca, en Mombasa

El Dr Kamaluddin El Siddig Bashar, titular de la cátedra UNESCO sobre los recursos hídricos en Sudán, dirige el equipo que crea un sistema de previsión, alarma y prevención de las inundaciones en la cuenca del río Gash gracias a la tecnología espacial. Este río es frecuentemente una fuente de terror para los habitantes de sus dos márgenes. Atravesando Sudán, Eritrea y Etiopía, este se desborda aproximadamente cada tres años.

Otro proyecto de TIGER depende del Instituto UNESCO-IHE para la Educación relativa al Agua, situado en los Países Bajos. Este administra la distribución del agua en ambos lados de las fronteras y la prevención de los conflictos, en la cuenca del río Incomati compartido por África del Sur, Mozambique y Swazilandia. Este proyecto evalúa el informe entre pluviosidad y flujo y ajusta el uso de agua según los datos de observación de la Tierra.

African Journal of Science and Technology

La UNESCO facilita la difusión de los resultados de investigación en el conjunto del África subvencionando el *African Journal of Science and Technology*. Esta revista se publica dos veces por año por la Red Africana de Instituciones Científicas y Tecnológicas (ANSTI), albergada en Nairobi por la Oficina de la UNESCO.

El jefe de redacción es el Prof. Norbert Opiyago-Aketch, geólogo de la Universidad de Nairobi, antiguo decano de la Facultad de Ciencias Naturales. Uno de los seis editores temáticos de la revista, el Dr I.K. Nijilah, pertenece a la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Yaoundé, en Camerún.

En el pasado mes de junio, la revista publicó un artículo escrito por científicos de la Facultad de Geología de la Universidad de Makerere, en Uganda, sobre el potencial de explotación del oro en los cinturones de rocas verdes del sudeste de Uganda.

Para leer la revista: www.ansti.org ;

Para consultar el atlas: www.africamarineatlas.net; m.odido@unesco.org ;

Sobre PANGIS: Thomas.Schlueter@unesco.unon.org; www.cifeg.org ;

Sobre TIGER: www.tiger.esa.int; www.unesco.org/science/earth ; www.unesco.org/water; www.unesco-ihe.org/

* Argelia, Angola, Bénin, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Camerún, Congo, Djibouti, Etiopía, Gabon, Ghana, Guinea, Kenya, Lesotho, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritania, Marruecos, Mozambique, Niger, Uganda, Senegal, Sierra Leona, Swazilandia, Tanzania, Tchad, Togo, Túnez, Zambia y Zimbabwe

Transformar la crisis en oportunidad

Los especialistas en ciencias de la tierra de Africa deben ver en la presente crisis una apertura hacia el progreso. La invitación a renovarse, hecha a la geo-enseñanza del continente, es una oportunidad ideal para que se desarrolle una visión realista de la sociedad africana, una confianza renovada en la dignidad y los valores humanos y una mejora de la formación y la enseñanza.

Lo ideal sería que los científicos del mundo industrializado consideraran a sus homólogos del Sur como colegas con plenos derechos e igualdad, cosa que no siempre es así. Esto es particularmente importante con respecto a la adquisición, la manipulación y la compartición de bases de datos pesadas y a menudo dispares. Pero la responsabilidad también descansa, sobre todo, en los hombros de los geocientíficos que viven en Africa quienes deben comunicarse entre sí. Estos no sólo deberían dar la bienvenida con los brazos abiertos a los colegas establecidos más allá de sus fronteras, sino también emprender con ellos proyectos de colaboración con el fin de conocer mejor el laboratorio natural que se encuentra bajo sus pies.

En la enseñanza, sería necesario instituir un sistema de remuneración para los maestros según el mérito, como se hace en la universidad de ciencia y tecnología Kwame Nkrumah. Por su parte, los estudiantes tienen necesidad de formarse en un ambiente favorable al estudio. La primera gestión en este sentido, que requiere de pocas inversiones financieras, o ninguna, consiste en convencer a los estudiantes de que aprender es importante, estimulante y beneficioso, no sólo para ellos, sino para el desarrollo sostenible de la sociedad en que viven.

Thomas Schlüter³ y Theophilus C. Davies⁴

1. Comentario del prof. Andam en el Informe anual de la ANSTI para 2006. Preside el Consejo de Administración de esta Red
2. *Vér Un Mundo de Ciencia*, julio 2007
3. *De la Oficina Regional de la UNESCO para las Ciencias en Africa en Nairobi*: Thomas.Schlueter@unesco.unon.org
4. *Del Departamento de Geología y Minas, Universidad de Jos, Nigeria*: daviestheo@hotmail.com

Lanzamiento del **Arqueomapa**

El toque de arrancada del proyecto Arqueomapa –políticas de gestión de la arqueología– fue dado, el 7 de diciembre, en la ciudad de Palermo, en la isla italiana de Sicilia.

Financiado a un nivel de 480 000 euros por la Comisión Europea, el proyecto prevé la formación de un comité internacional encargado de coordinar la elaboración de políticas científicas integradas para las zonas costeras del mediterráneo. Este deberá preparar un esquema de desarrollo sostenible que permita a la región conservar su patrimonio natural, cultural y subacuático.

Durante los próximos dos años, se estudiarán los tesoros arqueológicos de diez sitios: En las islas Egadianas del noroeste de Sicilia y en la península de Sinis, en la costa occidental de Cerdeña (ambas en Italia), en la isla del Pharos de Alejandría (Egipto), en Gibraltar (Reino Unido), Empuria en la Costa Brava (España), Villefranche-sur-mer (Francia), la bahía de Salónica (Grecia), el estado isleño de Malta y las ciudades fenicias de Cartago (Túnez) y de Tyr (Líbano).

Máscara púnica expuesta en el Museo de Cartago. Esta ciudad se fundó por Tyr, otra ciudad fenicia, en el siglo 9 A.C (3000 años antes del presente) en el Golfo de Túnez. A partir del 6^{to} siglo A.C., Cartago se convirtió en un imperio comercial que abarcaba casi todo el mediterráneo. Durante las largas guerras púnicas (el adjetivo punicus significa fenicio en latín) que opusieron a Roma con Cartago desde el 264 A.C. Esta ocupó territorios que pertenecían a Roma quien finalmente prevaleció sobre su rival y la destruyó en el 146 A.C. Una segunda Cartago – romana – fue erigida sobre las ruinas de la primera. Hoy día, Tyr y Cartago son sitios del Patrimonio Mundial.



Bajo la supervisión del Comité Internacional, el proyecto debe elaborar metodologías innovadoras con indicadores interdisciplinarios para medir el progreso del desarrollo sostenible del litoral mediterráneo. El Comité se reunirá dos veces al año, en Alejandría, Barcelona (España), París (Francia) y Palermo. Su primera reunión tuvo lugar en Palermo en diciembre, durante el lanzamiento del proyecto. En el seno del comité, es la Superintendencia del mar de la región de Sicilia quien está encargada de coordinar el proyecto, y la UNESCO de garantizar el aspecto propiamente científico. El secretariado del Arqueomapa es albergado en París por la División de Política Científica y Desarrollo Sostenible de la UNESCO.

El proyecto Arqueomapa nació de una resolución de la Conferencia General de la UNESCO en 2005, que invitaba a la organización a sostener un plan de acción regional para el desarrollo sostenible del patrimonio marino del

Mediterráneo, como continuación a la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible de 2002. Se le solicitó a la UNESCO crear un comité internacional que estudiaría el aporte de la ciencia y la cultura al desarrollo sostenible de la región. La División de Política Científica y Desarrollo Sostenible de la UNESCO redactó un proyecto de proposición que la Superintendencia del mar presentó a la Comisión Europea para su financiamiento a nombre de los dos socios.

La UNESCO organizará en el 2009 un foro internacional para dar a conocer a través de un coloquio y un taller de formación, las informaciones pertinentes que se habrán reunido sobre el proyecto. Participarán en el los expertos internacionales y nacionales del patrimonio natural, cultural y subacuático del Mediterráneo; por su parte, la UNESCO hará una presentación de la Convención Sobre el Patrimonio Mundial (de 1972) y de la Convención sobre Patrimonio Cultural Subacuático (de 2001). Entre los diez sitios pilotos del Arqueomapa, tres son parte del Patrimonio Mundial.

Para más detalles: www.archaeogate.org (en italiano); www.unesco.org/science/psd; m.el-tayeb@unesco.org

Proyecto de prevención del **VIH/SIDA en Africa**

Un acuerdo de asociación por un monto de 1 275 millones de euros para la educación preventiva contra el VIH/SIDA en varios países de Africa, fue firmado en París, el 5 de diciembre por el Director General de la UNESCO y Marisa Bruni-Tedeschi, Directora de la Fundación Virginio Bruni-Tedeschi.

La Fundación financiará durante dos años un proyecto que busca reforzar la educación en la prevención del VIH/SIDA en Angola, Lesotho, Namibia y Swazilandia. Unos 100 000 alumnos de cada uno de estos países se beneficiarán de los programas y material educativo de sensibilización a estas afecciones. También participarán en las actividades destinadas a aumentar sus conocimientos sobre la enfermedad e incitarlos a reducir la estigmatización de las personas alcanzadas por el virus. Cerca de 100 escuelas y 1 000 maestros de estos países serán involucrados.

Un estudio llevado a cabo en Tanzania, de 1998 al 2002, por el *Department for International Development* de Reino Unido, concluyó que los niños instruídos en la prevención del VIH/SIDA eran más propicios a retardar su inicio en la vida sexual y utilizar la protección de los preservativos durante sus relaciones.



La salud, tema dominante de los premios L'ORÉAL-UNESCO

Las cinco laureadas y las 15 becarias del año se encontraron en París, en la sede de la UNESCO, el 5 y 6 de marzo, para recibir sus premios L'ORÉAL-UNESCO para las mujeres y la ciencia, en ocasión de una ceremonia dedicada al 10^{mo} aniversario de estos premios. A cada laureada se le asignó una suma de 100 000 dólares y a cada bolsista 40 000 dólares para financiar sus proyectos de investigación. Si bien el mayor centro de interés de las cinco laureadas es la salud, el de las becarias en las ciencias de vida también incluye la ecología y la agronomía.

La **Prof. Ada Yonath**, del Instituto de Ciencias de Weizmann, en Israel, es la laureada por Europa. Logró determinar la estructura de los ribosomas y los mecanismos de su perturbación por los antibióticos. Los ribosomas son responsables de la producción de todas las proteínas en las células vivas –como la de los hombres, las plantas y las bacterias. Si el trabajo de los ribosomas es obstaculizado, la célula muere. Los ribosomas es una opción de blanco para los antibióticos que pueden atacar la actividad ribosómica de las bacterias dañinas mientras respetan la integridad de los ribosomas humanos. La resistencia a los antibióticos desarrollada por las bacterias es un serio problema de salud pública.

La investigación de la Prof. Yonath ha revelado entre otras cosas los modos de acción precisa de más de 20 diferentes antibióticos que apuntan a los ribosomas bacterianos y clarificó la manera en que las bacterias desarrollan una resistencia a los antibióticos. Estos conocimientos pueden aplicarse para mejorar la capacidad de los antibióticos a atacar

Las becarias de L'ORÉAL-UNESCO para 2008

Nombre	País de origen	Tema de Investigación	Institución(es) que invitan
Yonelle Dea Moukoubi 34 años	Gabón	Analizará los rasgos genéticos de diferentes variedades de arroz Nerica (New Rice For Africa) cultivado en las zonas de tierras bajas en Benin. Las variedades de Nerica son un híbrido de variedades de africano y arroz asiático. Ver también la entrevista, Pág. 15 .	Centro del Arroz para Africa, Cotonou, Benin
Maria Joao Rego Rodrigues 34 años	Mozambique	Estudiará 22 arrecifes coralinos a lo largo de la costa de Mozambique para valorar la permanencia y progresión de sus enfermedades. Será el primer estudio cuantitativo de este tipo en la región.	ARC Centre of Excellence for Coral Reef Studies, James Cook University, Australia; Institute of Marine Science, Zanzibar, Tanzania; Wildlife Conservation Society, Kenya
Hanneline Adri Smit 27 años	Africa del Sur	Ampliará su interés por la evolución explorando los factores históricos susceptibles de haber modelado la actual biodiversidad de un cierto número de pájaros y mamíferos en dos regiones vecinas de Africa del Sur.	Universidad de California, Estados Unidos
Jamillah Zamoon 34 años	Kuwait	Descodificará la estructura de proteínas presentes en una sustancia natural, las secreciones epidérmicas de una especie de pez-gato de Kuwait cuando está sometido al estrés. Estas proteínas poseen propiedades cicatrizantes para el hombre y serían susceptibles de tratar las úlceras crónicas de los diabéticos.	Universidad Rosalind Franklin, Chicago, Estados Unidos
Magda Boudagher Kharrat 33 años	Libano	Establecerá las bases de datos numéricas sobre la riqueza ecológica y genética de la flora Libanesa.	Universidad de París-Sur XI, Francia
Hakima Amjres 26 años	Marruecos	Examinará los rasgos de las bacterias presentes en fuentes calientes y zonas hipersalinas de Marruecos: algunos azúcares superficiales producidos por estas bacterias les permiten resistir temperaturas o las salinidades elevadas: estos azúcares (exopolisacáridos) ofrecen grandes posibilidades en el plano médico, alimenticio y cosmético.	Universidad de Ciencias Agronómicas, Gembloux, Bélgica
Made Tri Ari Penia Kresnowati 30 años	Indonesia	Concebirá un prototipo de bioreactor destinado a cultivar y multiplicar las células originales para la producción de diferentes tipos de células sanguíneas para su uso en la transfusión.	Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Monash, Melbourne, Australia
Naranjargal Dashdorj 27 años	Mongolia	Comparará la conectividad funcional en los cerebros de pacientes sanos y deprimidos, cuando se les muestra una sucesión de rostros tristes, felices o neutros, así como los efectos de las medicinas en el tratamiento de las emociones.	Escuela de Ciencias Médicas y Quirúrgicas, Universidad de Nottingham, Reino Unido
Susanna Phoboo 29 años	Nepal	Estudiará la ecología y la fisiología del chiraito, importante planta medicinal en Nepal, amenazada en estado salvaje por la sobreexplotación; realizará también experimentos para examinar la probabilidad de impacto de los cambios climáticos en la fisiología de la planta, cultivando plantas en condiciones de temperatura y nivel de CO ₂ acrecentado.	Departamento de ciencias de los vegetales, el sol, la tierra y los insectos, Universidad de Massachusetts, Amherst, Estados Unidos
Federica Migliardo 32 años	Italia	Esclarecerá los lazos entre los mecanismos protectores y las estrategias de supervivencia, sobre todo la manera en que la estabilidad de las proteínas y la actividad enzimática son preservadas en condiciones extremas.	Laboratorio de Dinámica y Estructura del Material Molecular, Universidad de Lille I, Francia
Alma Tostmann 27 años	Países Bajos	Realizará investigaciones sobre los efectos secundarios de los tratamientos antituberculosis y la interacción entre las medicinas para la diabetes y la tuberculosis en pacientes de Tanzania.	Kilimanjaro Christian Medical Centre, Moshi, Tanzania
Maja Zagmajster 30 años	Eslovenia	Aprenderá a usar las tecnologías innovadoras en las estadísticas espaciales y de los SIG para analizar la distribución de las especies y la escasez de los troglobiontes terrestres, especies adaptadas a la vida en los ecosistemas de cueva subterráneas, incluso a la ausencia de luz y la escasez de alimentos; experimentará las diferentes perspectivas de prevención y conocimiento de los modelos de la biodiversidad y selección de las zonas de protección de las especies.	Universidad de Florida, Estados Unidos; American University, Washington DC, Estados Unidos
Carolina Trochine 30 años	Argentina	Estudiará varios aspectos del ecosistema de los lagos poco profundos de Patagonia, amenazados por el vertimiento de desechos y la agricultura. Experimentará los efectos del nitrógeno y el fósforo en los ecosistemas de los lagos, así como en los modelos de cambio climático para el año 2100.	Instituto de Investigación sobre el Hábitat Natural, Aarhus, Dinamarca
Andrea Von Groll 33 años	Brasil	Usando las herramientas modernas de biología molecular disponibles en la institución anfitriona en Bélgica, evaluará el perfil genético de las muestras de tuberculosis provenientes de pacientes en Río Grande, con el fin de determinar por qué esta ciudad presenta un impacto de tuberculosis superior en un 20% al promedio de Brasil.	Instituto de Medicina Tropical Príncipe Leopoldo, Amberes, Bélgica
Lina Maria Saavedra Diaz 32 años	Colombia	Buscará soluciones para reconstituir las poblaciones de peces empobrecidas, permitiendo a la vez un uso sostenible de algunas especies de peces: Colombia beneficia de la segunda mayor biodiversidad del mundo pero, en lo que refiere a la pesca, una diversidad importante significa también una débil abundancia de especies individuales.	Universidad del New Hampshire, Durham, Estados Unidos



Ada Yonath



Lihadh Al-Gazali



Elizabeth Blackburn



Ana Belén Elgoyhen



V. Narry Kim

los ribosomas de agentes patógenos, contribuyendo de esta forma en luchar contra el problema de resistencia.

La **Prof. Lihadh Al-Ghazali**, del Departamento de Pediatría de la Universidad Al-Ain, de los Emiratos Arabes Unidos (EAU), es la laureada por Africa y los Estados árabes. Es una pionera de la investigación genética en su país, cuya población presenta una alta proporción de endogamias. Esto ha inducido una incidencia acrecentada de problemas genéticos, sobre todo de síndromes dismórficos raros y de displasias de los huesos. La Prof. Al-Gazali concentró principalmente su investigación en la identificación y la delimitación de las perturbaciones y síndromes genéticos que prevalecen en los EAU y en las otras poblaciones árabes. Esta proporcionó datos importantes sobre el aspecto clínico y la historia biológica de muchos síndromes genéticos, y describió nuevos síndromes entre los cuales, dos están asociados a su nombre. Creó también una oficina de registro para el control de las imperfecciones de nacimiento en los EAU.

La Prof. Al-Gazali contribuyó grandemente en sensibilizar al público sobre la importancia de los consejos en genética para prever estos problemas. Creó el primer centro dedicado a los problemas genéticos en los EAU, el servicio de genética clínica, sostenido por los laboratorios de ADN y de citogenética (para el examen de los cromosomas al microscopio), que ofrece consultas, una educación y un apoyo a las familias afectadas por enfermedades genéticas.

La **Prof. Elizabeth Blackburn**, del Departamento de Bioquímica y Biofísica de la Universidad de California (E-U), es la laureada por América del Norte. En 1985, Elizabeth Blackburn y su estudiante de tercer ciclo, Carol Greider, descubrieron las telomerasas, la enzima que restaura las extremidades de los cromosomas reformando los telómeros, estas capuchas protectoras que cierran las extremidades de los cromosomas. La enzima telomerasa está en casi todas células de los animales superiores y es crucial para un desarrollo celular normal. Los cromosomas que pierden sus capuchas proteccionista (telómeros) pierden la capacidad de reconstruirse y no se dividen normalmente para formar nuevas células sanas. A medida que envejecemos, la telomerasa no está siempre activa y los telómeros se acortan. Esta pérdida de la capacidad de regenerar las células es la base de una teoría en boga que responde a la interrogante del porqué de nuestro envejecimiento. Los telómeros juegan también un papel en el desarrollo desenfrenado del cáncer y la metástasis. Los niveles de telomerasa son elevados en un 80 a 90% de los tumores malignos y la actividad de la enzima trae consigo el crecimiento y la rápida división de las células cancerosas. Una división celular no regulada es una característica del cáncer.

Las investigaciones de la Prof. Blackburn abrieron un nuevo campo de estudio de terapias potenciales contra el cáncer que bloquearían la producción de la enzima telomerasa e impediría por consiguiente la capacidad de la célula para replicarse. Una mirada opuesta podría ser considerada para el tratamiento de las enfermedades neurodegenerativas y vinculadas a la edad: la reactivación de la

enzima para prolongar la vida de las células. La Prof. Blackburn y sus colegas reportaron últimamente que el estrés psicológico crónico tiene algunas consecuencias sobre la telomerasa. El estrés reduce el efecto restaurador de los telómeros, disminuyendo así la capacidad de la célula así de auto renovarse. Este descubrimiento tiene implicaciones en la manera en que el estrés puede favorecer la aparición precoz de enfermedades vinculadas con la edad. Mostraron por otra parte que los niveles bajos de telomerasa son un factor de riesgo para las enfermedades cardiovasculares humanas.

La **Prof. Ana Belén Elgoyhen**, del Instituto de Ingeniería Genética y Biología Molecular (CONICET), de la Universidad de Buenos Aires (Argentina) es la laureada por América Latina.

Estudia los mecanismos neuroquímicos que controlan la audición. Identificó y caracterizó los receptores nerviosos cocleares especializados (oreja interior), que permiten a las señales nerviosas que bajan del cerebro, ajustar los sonidos recibidos por la oreja. Estos receptores disminuyen la intensidad de algunos sonidos inhibiendo su amplificación. Ser capaz de leer sin ser perturbado por un ruido de fondo, nos parece lo más natural, pero la capacidad de disminuir la intensidad del sonido ofrece una protección contra los traumas inducidos por el ruido, provocado por ejemplo, por una ruidosa circulación o los conciertos de rock. Una lesión de las células del receptor sensorio de la oreja interior puede traer consigo problemas de audición y un zumbido (campaneo en las orejas).

La **Prof. adjunta V. Narry Kim**, de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Seoul (República de Corea), es la laureada por Asia y el Pacífico. Se especializa en la biología de los micro ARN que juegan un importante papel en la regulación de los genes. Los micro ARN son unos pedazos de ARN muy pequeños que funcionan como un interruptor encendido/apagado para la expresión de los genes, que se son ellos mismos un interruptor encendido/apagado para la actividad celular. Estas minúsculas moléculas de ARN pueden detener la producción de las proteínas necesarias a un proceso particular, deteniendo así este proceso (por ejemplo la división celular) en el buen momento para el correcto desarrollo de un órgano. Ellos controlan por consiguiente, varias vías de desarrollo que es críticas para la vida, incluso la formación precoz de la sangre y los órganos, la proliferación celular y finalmente la muerte celular.

Una gran parte de la influencia del micro ARN y la magnitud de sus efectos, sigue siendo desconocida, pero V. Narry Kim mostró que los micro ARN tienen un papel regulador importante en los procesos celulares fundamentales. Fueron la Prof. V. Narry Kim y su grupo quienes determinaron que los micro ARN se generan por un proceso «progresivo» específico, que contiene dos fases consecutivas. Este estudio mayor, publicado en el 2002, brindó los fundamentos de la investigación en materia de micro ARN.

Para más detalles: r.clair@unesco.org; www.forwomeninscience.com; www.unesco.org/fellowships

Un año para descubrir el Universo

Cuatrocientos años después que Galileo observó por primera vez las estrellas a través un telescopio, el acontecimiento va a ser celebrado en el 2009, en el mundo entero. El Año Internacional de la Astronomía fue proclamado el 20 de diciembre, en Nueva York, por la Asamblea General de la Naciones Unidas, quien designó a la UNESCO como agencia piloto. La Unión Astronómica Internacional (UAI) asegurará su puesta en marcha.

En 1609, Galileo abrió el camino a 400 años de descubrimientos astronómicos y desencadenó una revolución científica que cambió profundamente nuestra visión del mundo. Hoy en día, los telescopios posicionados en tierra y en el espacio exploran continuamente el universo, a través de todas las amplitudes de onda de la luz. «El Año Internacional de la Astronomía brinda a cada nación la posibilidad de participar en esta apasionante revolución científica y tecnológica puesta en marcha», afirma Catherine Cesarsky, presidenta de la UAI.

agrega Minella Alarcón. «Utilizaremos la experiencia del Año Internacional de la Física de 2005 para confeccionar una lista de los países y de las instituciones involucrados en actividades en astronomía».

En ese mismo orden de ideas, el Centro para el Patrimonio Mundial de la UNESCO dará seguimiento a su iniciativa «Astronomía y Patrimonio Mundial», lanzada en el 2003 con vistas a identificar los sitios culturales relacionados con la astronomía, en estrecha relación con la UAI. Numerosos Estados partes de la Convención del Patrimonio Mundial de la UNESCO ya han designado a las instituciones nacionales que deberán escoger los sitios más representativos y propondrán su inscripción en la Lista del Patrimonio Mundial.

A esta fecha, 99 naciones y 14 organizaciones han decidido participar en el Año.

*Para más detalles: www.astronomy2009.org; y.berenguer@unesco.org www.unesco.org/sciences/earth/space_education/home.shtml
Ver también el artículo sobre el Año en Un Mundo de Ciencia de enero de 2007.*

Hoja de ruta sexenal para las Reservas de Biosfera

El Tercer Congreso Mundial de Reservas de Biosfera de la UNESCO, terminó sus trabajos el 9 de febrero en Madrid, España, adoptando un Plan de acción y una Declaración que subraya el papel de las Reservas de Biosfera como lugares de «inversión y de innovación para atenuar y adaptarse a los efectos del cambio climático y promover una mayor utilización de las energías renovables»...

La Declaración de Madrid fue adoptada luego de una semana de deliberaciones entre más de 800 representantes de Reservas de Biosfera, instituciones del sector privado y público. Ella recomienda sacar provecho «del potencial de Reservas de Biosfera para enfrentar a los nuevos desafíos», tales como la diversidad cultural, la pérdida del conocimiento tradicional, el crecimiento demográfico y la reducción de las tierras cultivables. Recomienda la creación de un «mecanismo de financiamiento innovador y sostenible» para las Reservas de Biosfera, y hace un llamado al desarrollo de la cooperación entre el programa El Hombre y la Biosfera (MAB) y los otros programas científicos intergubernamentales de la UNESCO en geociencias, ciencias del agua, ciencias del mar y ciencias sociales.

El Congreso adoptó también el Plan de acción de Madrid que establece la estrategia del MAB para el período 2008-2013. Concebido alrededor de 31 objetivos y 62 acciones, el plan subraya la necesidad de tomar en cuenta la evolución del clima, la galopante urbanización, la pobreza y la desertificación. Invita a las reservas de biosfera a lograr integrar las zonas urbanas situadas en sus territorios, organizar talleres de formación en los diferentes ecosistemas, crear reservas pilotos para evaluar su aporte económico en el plano local, suscitar la implicación del sector privado y comercializar los productos bajo la marca de Reserva de Biosfera.



La Tierra, vista por la sonda europea Huygens, puesta en órbita alrededor de Saturno por el satélite americano Cassini

Alrededor del tema «El Universo, descúbralo usted mismo», el Año busca estimular, en el mundo entero y sobre todo en los jóvenes, el interés por la astronomía. Yolanda Berenguer, quien dirige en la UNESCO el programa de educación referente al espacio, explica que, «prevemos reforzar durante el Año, la acción pedagógica de los planetarios y de los observatorios en los países en desarrollo, brindándoles el material apropiado e intensificando la cooperación entre los centros interesados con las ONG». El Programa de Educación sobre el Espacio organiza talleres para los alumnos y profesores de secundaria y ofrece telescopios portátiles gracias a un acuerdo con Meade Instruments.

«El programa de física de la UNESCO sacará provecho para explorar las estrechas relaciones entre la física y la astronomía»,

En el marco del Congreso, el Consejo Internacional de Coordinación del MAB eligió como presidente de la oficina para el período 2008-2009 a Henri Djombo, ministro de Economía, los Bosques y Medio Ambiente de la República del Congo. Los cinco nuevos vicepresidentes son de Argentina, República de Corea, España, Líbano y la Federación Rusa.

Finalmente, con las reservas de las Islas Marietas (México) y de Rostovsky (Federación de Rusia), que se unieron a la Red mundial de Reservas de Biosfera de la UNESCO durante el Congreso, este cuenta ahora con 531 reservas, distribuidas en 105 países.

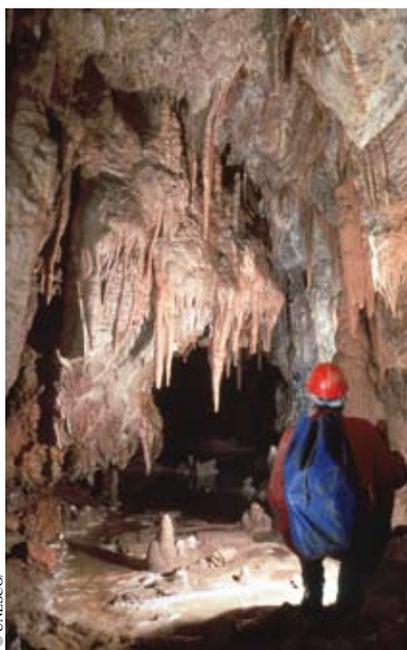
Para más detalles: www.unesco.org/science/mab

Centro internacional de investigación sobre el Karst en China

Mil millones de personas distribuidas en 40 países viven en las regiones de Karst, fenómeno geológico que se manifiesta por la porosidad de un terreno que exige ser tratado con muchas precauciones. En Guilin (China), un nuevo centro se dedicará al estudio de los problemas de medio ambiente propios a este tipo de paisajes frágiles: la desertificación, la contaminación de las aguas subterráneas, derrumbes, inundaciones y sequía.

El Centro Internacional de Investigación sobre el Karst fue oficialmente clasificado en la categoría II bajo los auspicios de la UNESCO, el 11 de febrero, por la firma del acuerdo entre Koïchiro Matsuura, Director General de la UNESCO, y Wang Shouxiang, Viceministro de tierras y recursos de la República Popular de China.

Fue en 1990 que un equipo internacional dirigido por el Pr Yuan Daoxian, del Instituto Geológico kárstico de la Academia China de Ciencias Geológicas, lanzó el primer proyecto quinquenal sobre la geología, el clima, la hidrología y las formaciones kársticas en el marco del Programa Internacional de Geociencias (PICG). Dos otros proyectos del PICG sobre los procesos Kársticos y el ciclo del carbono (1995-1999) y sobre la correlación mundial de la geología de Karst y su ecosistema (2000-2004). A la fecha, un proyecto del PICG



Cueva subterránea en Hungría



© UNESCO/Fiona Ryan

Cultivador de arroz de la provincia de Guizhou, en China del Sur, en 2006, al fondo de formaciones kársticas. La aparición de estas formas toma miles de años. Al atravesar a la atmósfera, la lluvia se carga de CO₂. Luego se infiltra en la tierra, absorbiendo aún más CO₂ y produciendo de esta forma ácido carbónico. Con tiempo, el agua así enriquecida empieza a disolver a la piedra carbonatada que es a menudo dolomita, caliza o mármol. Las fisuras y las grietas se agrandan y dan lugar a un sistema de drenaje subterráneo. Este lento proceso geológico termina esculpiendo cuevas subterráneas y creando hundimientos, así como abismos en la superficie y debajo de la misma

prepara un Estudio mundial sobre los acuíferos y los recursos hídricos de Karst que debe concluirse en 2009.

En el momento de la firma del acuerdo, el Sr. Matsuura recordó que China era el Estado Miembro que albergaba mayor número de centros de categoría II bajo los auspicios de la UNESCO, en ciencia y educación. Subrayó, «la vigorosa cooperación de la República Popular de China y la UNESCO en el dominio de las ciencias de la tierra» y el apoyo del gobierno a otra importante iniciativa, la creación de geoparques. Fue en Beijing donde se organizó en el 2004 la primera conferencia internacional sobre los geoparques, bajo el patrocinio de la UNESCO.

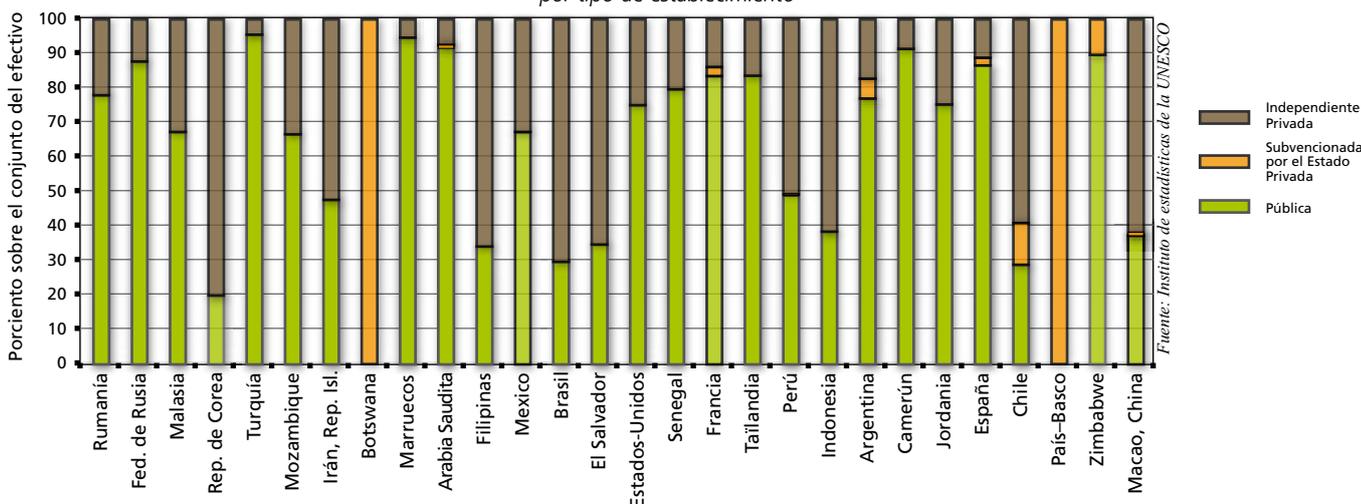
Para más detalles: r.missotten@unesco.org; m.patzak@unesco.org

Tendencias de los gastos mundiales para la educación

Los países del mundo entero se comprometieron en asegurar a sus niños una educación primaria de calidad, y gratuita. Sin embargo, numerosos son los gobiernos que no podrían honrar este compromiso sin la ayuda de los alumnos y sus familias que de sus propios fondos subvencionan la enseñanza privada a todos los niveles. ¿Tienen los gobiernos tendencia a descansar demasiado sobre esta generosidad?

Esta pregunta, entre otras tantas, tienen respuesta en la *Compendio Mundial de la Educación 2007*, publicado últimamente por el Instituto de Estadísticas de la UNESCO. Este presenta las más recientes cifras para los tres niveles de enseñanza en más de 200 países. La edición de este año se concentra en las fuentes públicas y privadas de financiamiento de la educación, y proporciona una serie de indicadores para

Matrícula en la enseñanza superior en 2006 o el año más reciente por tipo de establecimiento



comparar diferentes modelos de gastos, según los países y los niveles de enseñanza.

En la enseñanza superior, al menos 50% del financiamiento proviene del sector privado en 11 de los 41 países que proporcionaron datos. Chile va a la cabeza, con 85%, seguido por la República de Corea y la de Moldavia con 79%. Como era de esperar, la matrícula en las universidades privadas alcanza en estos países niveles similares, con la excepción de Moldavia (18%).

Esto confirma la tendencia general emanada del *Compendio*: mientras más elevado el nivel de enseñanza, más aumenta la parte de financiación privada en los establecimientos del sector privado. En Italia y los Estados Unidos, el gasto privado para la educación superior es cinco o seis veces más importante que el de todos los otros niveles acumulados. La situación parece ser muy diferente en la India donde las familias pagan como promedio 28% de los gastos de educación de sus niños en la primaria y la secundaria. Pero los alumnos suficientemente privilegiados como para llegar a la universidad solo pagan alrededor de 14% de sus gastos del estudio. Esto saca a la luz serias cuestiones de equidad que quizá explican por qué la enseñanza privada es objeto de animados debates.

Compendio Mundial de la Educación 2007 *está disponible en árabe, inglés, español, francés, y ruso por: www.uis.unesco.org/GED2007*

Mejoras del sistema de alerta contra los tsunamis

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO firmó el 20 de diciembre un acuerdo en Londres, (Reino Unido), con Inmarsat, el líder mundial de las telecomunicaciones móviles por satélites en el orden de perfeccionar y fortalecer el Sistema de alerta contra los tsunamis en el Océano Índico.

En virtud de este acuerdo, Inmarsat transmitirá datos a través su red mundial de comunicaciones de banda ancha (BGAN) a 50 estaciones de medición del nivel del mar en el Océano Índico. Esta red asegura la conectividad de los datos de alto caudal a través de los satélites de comunicación; esta transmitirá cada minuto, los datos del nivel del mar, mientras que por el sistema actual que utiliza satélites meteorológicos, el intervalo es de 15 minutos.

El tiempo ganado podría salvar vidas, al permitir a las autoridades nacionales alertar más rápidamente a las poblaciones costeras amenazadas.

Para más detalles: www.unesco.org/tsunami



Khady Nani Dramé

El productor de arroz ya no tendrá que deplorar los períodos de sequía



Aunque el nivel de tolerancia a la sequía varía perceptiblemente entre las diferentes variedades de arroz, la mayoría de los estudios sobre la sequía han sido realizados, hasta ahora, sobre la especie de arroz de origen asiático, *Oryza sativa*. Durante la primera de una serie de entrevistas para conmemorar los diez años de los premios y becas L'ORÉAL-UNESCO para las mujeres en las ciencias, hablamos con Khady Nani Dramé, quien dedica la beca L'ORÉAL-UNESCO que obtuvo en febrero 2007 a la búsqueda de las bases genéticas de la tolerancia a la sequía, no en *O. sativa*, sino en la otra especie cultivada, el arroz de origen africano, *O. glaberrima*, que se cultiva exclusivamente en África occidental.

Nacida en Senegal, hace 28 años, Khady Nani Dramé es titular de un doctorado en ecofisiología molecular de la Universidad de París XII (Francia), que dedicó a la tolerancia del maní a la sequía. En África occidental, la sequía es uno de los principales impedimentos para la producción de arroz, tanto para los cultivos pluviales como para los sistemas irrigados artificialmente, debido a una insuficiente gestión de los recursos en agua. El arroz es, sin embargo, uno de los alimentos de base de las poblaciones urbanas y rurales. A causa de una producción inferior a la demanda local, la mayoría de los países de la región importan grandes cantidades de arroz de origen asiático, *O. sativa*, de alto rendimiento. A través de sus trabajos de investigación, Khady Nani Dramé espera reducir esta dependencia del mercado exterior.

¿Qué distingue una variedad de arroz que es tolerante a la sequía de las otras variedades de arroz?

Desde un punto de vista agronómico, una variedad que tolera la sequía es una variedad capaz de mantener buenos rendimientos en períodos de sequía, cuando otras variedades, en las mismas condiciones, producen poco o nada.

Sin embargo, desde un punto de vista fisiológico, una variedad que tolera la sequía no es necesariamente la más productiva. Es aquella que es capaz de sobrevivir mejor y más tiempo, a la falta de agua en sus células y retomar su normal desarrollo cuando el agua está disponible nuevamente. Esto gracias a la puesta en marcha de mecanismos de adaptación específicos que le permiten mantener intactas sus funciones celulares.

¿Cómo piensa usted identificar las variedades de *O. glaberrima* que presentan una fuerte tolerancia a la sequía?

Hacemos pruebas en el campo y en macetas en las que varias variedades de *O. glaberrima* son sometidas a sequía, suspendiéndoles el riego, y distintas etapas de desarrollo. Diferentes características, tales como el cierre de los stomatas –esos pequeños poros en la hoja por medio de los cuales el intercambio gaseoso y la transpiración tienen lugar–, el enrollamiento de las hojas, el potencial hídrico foliar, la biomasa total, el rendimiento... etc. son evaluados con el fin de identificar las variedades que mejor se adaptan a la falta de agua sin sufrir grandes pérdidas de rendimiento.

¿Es sólo la primera fase?

Sí. En un segundo tiempo, intentaremos algunos cruces entre las variedades de arroz africano que nosotros identificamos como las mejores adaptadas a la sequía y a las variedades de arroz asiático. De esta forma, el campesino que dispone de estas semillas dotadas de resistencia duradera a la sequía, ya no tendrá que deplorar las grandes pérdidas durante los períodos de sequía y podrá aumentar sus fondos.

El arroz africano presenta buena capacidad de adaptación a los estreses abióticos y bióticos, incluso a la sequía, pero debido a las lluvias y el desgrano, sus rendimientos son muy débiles. En cuanto al arroz asiático, este se adapta poco a las adversidades medioambientales del África subsahariana pero es muy productivo (*ver foto en la página siguiente*).

De ahí la idea de combinar los caracteres de tolerancia de *O. glaberrima* con el alto potencial de rendimiento de *O. sativa*. para hacer variedades de arroz tolerantes a las adversidades medioambientales y más productivas. Sin embargo, las dos especies (el *O. glaberrima* y el *O. sativa*) están separadas por considerables barreras de reproducción que provocan la esterilidad de los descendientes híbridos de la 1^{era} generación (F_1). Mi institución, El Centro del Arroz para África (ADRAO⁵) ha creado técnicas de selección por el retrocruzamiento y cultivo de anteras –los órganos masculinos que contienen los granos de polen– para salvar estas barreras. Se logró obtener, de esta forma, las razas interespecíficas que producen buenas variedades, nombradas NERICA (*New Rice for Africa*). Además, el Dr Monty Jones, investigador del ADRAO, fue el primer africano en recibir el Premio Mundial de la Alimentación, en 2004, por haber desarrollado el NERICA.

¿En qué estado se encuentran sus investigaciones actualmente?

Hoy en día, hemos identificado sobre la base de datos de criba, en el campo y en invernadero, siete variedades de arroz africano que se comportan bien en condiciones de sequía.

Para transferir estos caracteres fueron escogidos entre los siete, dos variedades *O. glaberrima*, e hicimos algunos cruces con una variedad sensible a la sequía para una mejor segregación del carácter. La opción del progenitor sensible se inclinó sobre una variedad de arroz asiático que tiene además de buenas actuaciones agronómicas, un buen rendimiento y una buena calidad del grano.



©Edwin Nuijten

O. glaberrima cultivado fuera de irrigación en hábitat natural en Guinea Bissau. Esta variedad de arroz desciende del *Oryza barthii*, un arroz silvestre anual que probablemente crecía en abundancia en los lagos de lo que se convirtió en el Sahara de 10 000 a 6 000 años aproximadamente antes de la actualidad. Mientras que en el Senegal y en el norte de Camerún, este depende solo de la lluvia y de los cursos de agua, bajo los climas netamente más secos de Malí y Níger, el *O. glaberrima* depende más del agua del río. Aún prefiriendo los suelos aluviales fértiles el *O. glaberrima* tolera suelos que lo son menos. En la mayoría de las regiones de África Oriental, al menos para lo que es la agricultura comercial, el arroz africano ha sido reemplazado por el arroz asiático, de un buen rendimiento, menos expuesto a quebrarse, más tierno y por consiguiente más fácil para moler. Los pequeños productores de África Oriental, en cuanto a ellos, prefieren cultivar el arroz africano por su sabor, sus propiedades culinarias, su resistencia a la sumersión y a varias enfermedades y parásitos (Adaptado de <http://database.prota.org>)

Los cruces entre estos individuos –un progenitor masculino que tolera la sequía y un progenitor hembra sensible a la sequía pero con buenos caracteres agronómicos– permitirá, de una parte, tener una población que segrega para el carácter que interesa e identificar QTLs⁶ (o genes) asociados a la tolerancia a la sequía y, de otra parte, tener eventualmente descendientes que asocien la tolerancia a la sequía y la buena actuación agronómica de cada uno de los dos padres.

Serán necesarias, por lo menos de dos a tres generaciones para desarrollar la población antes de obtener el material tolerante a la sequía por introgresión de los genes de tolerancia identificados en variedades populares de Senegal.

Al término de esta primera fase correspondiente a 12 meses de beca, hemos podido identificar donantes de tolerancia a la sequía e iniciar cruces interés específicos entre *O. sativa* y *O. glaberrima* para transferir este carácter.

¿Cómo piensan ustedes comercializar las nuevas variedades de arroz de alto rendimiento y tolerante a la sequía?

El ADRAO no es un centro con fines lucrativos. Las semillas de estas variedades tolerantes a la sequía y de alto rendimiento se distribuirán a los sistemas nacionales de investigación agrícola de los países concernidos para una más amplia difusión entre los campesinos. Varios países africanos son miembros del ADRAO, por el hecho de que se trataba de una asociación para el desarrollo del cultivo del arroz en África Oriental antes unirse al Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). Hay países como Malí, Burkina, Senegal, Costa de Marfil, Níger, Benin... y desde hace poco países de África central como República Centrafricana y Uganda. El ADRAO siempre trabaja en sociedad con los sistemas nacionales de investigación agrícola de estos diferentes países y ellos intercambian las nuevas variedades seleccionadas.

Espero que estas variedades tengan amplia aceptación con el fin de mejorar y consolidar la producción de arroz en África. El reto es considerable y va más allá del interés científico. Según la FAO, las importaciones actuales de arroz en África serían anualmente del orden de 9,6 millones de toneladas para un costo por año de más de 2 billones de dólares que gravitarán sobre los débiles recursos en divisas de que disponen los países de África subsahariana. Una mejor producción local, en cantidad y en calidad, traerá consigo más divisas para los campesinos, menos importaciones y por consiguiente menos dependencia del mercado exterior y participará en el desarrollo global de la región.

¿Qué usted respondería al que sugiriese que el sorgo se adapta mejor a los países semiáridos que el arroz, incluso de origen africano?

¿El cultivo de sorgo en vez de arroz para los países semiáridos? En África, tenemos la suerte de tener diferentes cereales, como el sorgo, el fonio, el maíz y el mijo, pero prácticamente en todos los países del África subsahariana, y en particular en los países del Sahel que en su mayoría están sometidos a climas semiáridos, el consumo de arroz es el más importante entre todos los cereales, tanto en las zonas urbanas como en las rurales. Esto está ligado al hecho de que la cocción del arroz es rápida, su preparación es fácil, contrariamente al fonio o al sorgo, y está más fácilmente disponible en los mercados.

Seleccionar variedades de arroz tolerante a la sequía no quiere decir suplantar los otros cereales, ya que es necesario que conservemos nuestra diversidad. Pero esto permitirá poner a disposición de los campesinos y productores de arroz variedades mejor adaptadas a su medioambiente, sobre todo con los cambios climáticos que se operan, y dar respuesta a sus hábitos alimentarios con arroz local y no importado.

Entrevista de Susan Schneegans

5. El Centro de Arroz para África: www.warda.org

6. Un locus es un lugar preciso e invariable en un cromosoma. Un locus de caracteres cuantitativos (abreviado como QTLs) es un locus donde la variación de los alelos está vinculada a la variación de un carácter cuantitativo (rasgo de herencia). Un alelo es una variante dada de un gen en una especie

El arte de **construir un mundo mejor**

La irrigación sostenida en las regiones rurales de Sudáfrica y la transmisión de datos médicos por fibra óptica hacia los dispensarios del Nepal son dos de los 317 proyectos laureados, el 10 de diciembre, en Mumbai (India) por la UNESCO y Daimier, la firma alemana automovilística.

Los premios Mondialogo de ingeniería fueron creados en 2003 por la UNESCO y Daimier, en el marco del Diálogo Intercultural y de la Iniciativa de Intercambios Mondialogo. Al igual que en la primera edición, los equipos laureados de este año están constituidos por estudiantes de ingeniería de países desarrollados y en vías de desarrollo, cuyas edades oscilan entre 22 y 35 años. Ellos fueron invitados a concebir juntos un proyecto donde se conjugaban los Objetivos del Milenio de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en aras de la reducción de la pobreza y el desarrollo sostenible. Cada equipo obtiene un premio de 20 000 euros que puede ser destinado a la ejecución del proyecto.

Los diez equipos laureados este año pertenecen a universidades y a otros establecimientos de enseñanza superior de Guatemala y del Reino Unido; de Africa del Sur y de los Estados Unidos; de los Territorios Palestinos y de Estados Unidos; de Rwanda y de Alemania; de Indonesia y de Australia; de India y de los Estados Unidos; de Nepal y del Reino Unido; de India y de Singapur; de Nepal y de Alemania; de Kenya y de Suecia.

Mejorar los ingresos de los arboricultores indios

En las zonas rurales de Maharashtra, los agricultores pobres venden todos sus frutos como productos frescos. No obstante, 40 % de estas mercancías se deterioran y se pierden, lo que es sin duda muy lamentable ya que sus frutos son de estación. El equipo de jóvenes ingenieros de la Universidad Nacional de Singapur y del Instituto de Tecnología Química de la Universidad de Mumbai trabaja en la aplicación de un sistema de túnel solar para el secado de frutos, que deberá mejorar los ingresos de estos productores. «Estamos intentando concebir un sistema de tratamiento de los frutos que permitirá a los agricultores conservar una parte de los mismos», declara el equipo, «con el fin de poder venderlos fuera de temporada o de exportarlos».

Proponer una sustitución ecológica a las lámparas de aceite de la India

Al mismo tiempo, el equipo de la Universidad de Illinois (Estados Unidos) y del Instituto de Jagannath de Tecnología y de Gestión (Orissa, India) está ensayando una lámpara que



©Mondialogo

funciona con energía solar y que espera vender a gran escala en la India. «Los avances de la tecnología del estado sólido, aplicadas en la iluminación ofrecen a los pobres de zonas rurales que no están conectados a la red eléctrica, la primera posibilidad económica de sustituir la principal fuente de luz para más de mil millones de personas en el mundo», observan estos jóvenes ingenieros. «Nuestro equipo va a concebir y fabricar lámparas LED con baterías recargables con energía solar. Son más sanas, económicas, menos peligrosas y contaminantes que las lámparas de aceite». Un prototipo de estas ya está listo.

Reciclar los desechos de aceite de oliva en los Territorios Palestinos

Cuando se evoca Sail Lake City en los Estados Unidos, no es en los olivos en lo que se piensa espontáneamente, pero para los estudiantes de la Universidad de Utah, que trabajan con sus homólogos de la Universidad de Birzeit, en los Territorios Palestinos, el reto era reciclar el agua provenientes de las extractoras de olivas. Los desechos ricos en nutrientes, que hasta ese momento eran evacuados tal como estaban en el sistema de alcantarillado o en terrenos yermos pueden, a partir de ahora, ser depurados en fábricas y sus nutrientes vertidos en los campos vecinos. Sólo en Ramallah, con 65 extractoras, el ahorro de agua alcanzó rápido un nivel consecuente, lo que es algo a tener en cuenta en una región donde la temperatura continua elevándose y la pluviosidad, disminuyendo.

Proporcionar a los niños de Guatemala la posibilidad de elegir carreras

En la comunidad rural, autóctona, de La Cipresada, en los alrededores de Quetzaltenango, en Guatemala, los niños ingresan tardíamente a la escuela debido a la falta de medios financieros.

El cultivo de olivas es un renglón valioso para la economía palestina. En general, 90% de las olivas cultivadas en los Territorios son transformadas en aceite, el resto en forma de conserva. Primeramente, el proceso utiliza agua para el lavado, luego para el cepillado y finalmente para el amasamiento. De las prensas sale una sustancia oscura y viscosa, vertida generalmente tal cual, ya sea en los alcantarillados o en terrenos yermos, sin respetar el medioambiente

El equipo de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del King's Collage del Reino Unido avizora poder brindar a estos niños la posibilidad de terminar el ciclo primario y efectuar un aprendizaje que culmine con un diploma estatal. El equipo reúne los materiales de construcción sostenida que conformarán los tres nuevos talleres donde los jóvenes efectuarán su aprendizaje. El primero estará dedicado a la carpintería, el segundo al laboratorio de informática y el tercero a la panadería. Estos talleres estarán integrados al programa escolar local de la primaria. El laboratorio, por ejemplo, familiarizará a los niños desde edades tempranas con las computadoras.



Construcción de un prototipo de mini red eléctrica en Indonesia el año pasado, asociando los transformadores de energía solar, eólica y una mini estación hidráulica con un generador diesel convencional, que abastecerá a las comunidades indonesias de energía y agua purificada

Pero el equipo tiene planes más ambiciosos. «Los talleres de ingeniería no serán sólo centros de formación, funcionarán igualmente como empresas dirigidas por un comité electo de miembros de la comunidad de La Cipseada», afirmaron. «Los maestros y empleados serán jóvenes de la comunidad, que recibirán becas de dos años de formación en ingeniería y en gestión de los negocios, proporcionadas por el INTECAP». Los jóvenes ingenieros han trabajado todo el año con este Instituto de Estado para implementar el programa de formación. Piensan financiar el proyecto durante los próximos tres años, gracias a la suma ofrecida por el premio Mundialogo.

Una solución «sanecol» para las ciudades hongos de Kenya

En Kenya se produce una migración masiva de las poblaciones hacia las islas. Los sistemas sanitarios centralizados están completamente saturados debido al rápido crecimiento de los barrios marginales. Por ello, son numerosos aquellos que no disponen de sistemas organizados de evacuación. Incluso, las propias estaciones de depuración son «desperdiciadoras» ya que estas no reciclan ninguno de los nutrientes contenidos en las aguas usadas. La solución pudiese encontrarse en los sistemas «sanecol», o sea, sanitarios ecológicos. Estos recuperan los nutrientes de la orina y de los excrementos humanos, reduciendo a la vez la contaminación del agua. Seguidamente, estos nutrientes pueden servir como abono a los agricultores o producir biogás.

El equipo de las universidades de Nairobi en Kenya y de Skovde



Eric Martinsson del equipo sueco-keniano trabaja en un elemento del prototipo de sistema urbano de tratamiento del agua, de energía y de canalización de los servicios

Hogskolevagen de Suiza ha desarrollado una Solución a los Problemas de Kenya, integrando el agua, la energía y el sanitario. El principio es sencillo: los efluentes humanos son divididos en tres grupos: las aguas sucias provenientes de la cocina y del lavado de las manos; el agua contenedora de elementos químicos y el agua de los servicios. Todas son tratadas por separado. El equipo va a construir y probar los prototipos de esos sistemas: el agua sucia será purificada al atravesar un módulo de raíces⁸ con el fin de ser reutilizada; los efluentes de los servicios serán colectados en una letrina conectada a un digestor de biogás. El equipo ha elegido este último sistema ya

que el mismo produce nutrientes que pueden ser utilizados como abono. El biogás presenta la ventaja adicional de ser una alternativa a los combustibles utilizados en la cocina o en la iluminación. El sistema integrado podría por otra parte, combinarse con la colecta de las aguas de lluvias.

Proporcionar energía a Indonesia para la reconstrucción

Estos últimos años han sido traumatizantes para muchos indonesios, aún bajo la impresión de las recientes catástrofes. Estudiantes de la Universidad Curtin de Tecnología, de Australia y la Universidad Gadjah Mada de Indonesia han imaginado una forma de proporcionar a los pueblos devastados, así como a las zonas rurales, la indispensable electricidad y un agua sana. Esta universidad indonesia era el socio designado del proyecto por haber desempeñado un gran papel en la ayuda prestada a Aceh (en 2004) y en Jogjakarta (en 2006). Las dos provincias habían sido afectadas por un terremoto, seguido en el caso de Aceh, por un tsunami catastrófico.

El equipo de estudiantes implementa un sistema híbrido de mini red eléctrica asociando los generadores de energía solar, eólica e hidráulica a un generador diesel convencional que abastecerá a la ciudad de electricidad y agua purificada. En una primera etapa, se tratará de concebir el sistema con la ayuda de la modelización numérica para simular las fuentes disponibles de energía renovable en un lugar determinado, y efectuar un análisis económico y ambiental de la situación. Seguidamente, el equipo podrá lanzarse en la construcción del prototipo a implantar.

Asegurar la travesía de los ríos de Rwanda

¿Un puente listo para ensamblar? Tal es la invención de la Fachhochschule d'Aix-la-Chapelle, en Alemania, y del Instituto de Ciencias y de Tecnología de Kigali, en Rwanda. El equipo se plantea concebir y fabricar un puente de módulos que pueda, en montaña, transformarse tanto en una pasarela de campo como en un puente para vehículos pesados. Según el equipo, el material será tan sencillo que pudiera ser montado incluso por un personal no calificado. Prometen que su prototipo no será muy costoso y compuesto por materiales disponibles en el lugar. «Nos gustaría encontrar primeramente el lugar más adecuado», explican, «confiando en los consejos de los socios rwandés y en la observación de la infraestructura existente».



Esta pasarela construida en Rwanda en 2002 es uno de los modelos que inspiró la concepción del «puente listo para ensamblar»

Asegurar las habitaciones nepalesas en previsión de sismos

En vez de ello, los nepaleses tienen otras preocupaciones. En su región, sujeta a terremotos, las habitaciones son demasiado frágiles para resistir grandes sismos. Estudiantes de ingeniería de la Universidad de Oxford, asociados a otros homólogos en Japón, India y en tres colegios de ingeniería de Nepal, se proponen aumentar la resistencia estructural de las casas, reformándolas, con el fin de darles a los ocupantes el tiempo de evacuarse con toda seguridad en caso de urgencia. Según la Estrategia de las Naciones Unidas para la Prevención de las Catástrofes, «se estima que el derrumbe de las construcciones es responsable de 75 a 90 % del número de muertos por terremoto».



En caso de sismo, las construcciones de Tapia sin reforzamiento, hechas esencialmente de lodo y arcilla, como ésta en Nepal, se derrumban frecuentemente sin darles tiempo a sus habitantes de escapar, provocando muertos y heridos. El equipo de jóvenes ingenieros prevé fortalecer la estructura de las construcciones nuevas así como de las viejas

Veinte premios honorarios y una exhortación a continuar

Además de los diez premios principales, otros 20 equipos recibieron, en Mumbai, una mención honorable acompañada de 5 000 euros cada una. Una de ellas obtuvo una medalla a título de premio por el seguimiento de un proyecto premiado en 2005 y prolongado en 2007. El proyecto es el Tratamiento Sostenible de las Aguas Usadas de los Garajes y Talleres de Papúa-Nueva Guinea, utilizando como filtro cortezas de coco y pedazos de caracoles.

Los finalistas de Mondialogo fueron seleccionados por la creatividad y la factibilidad de sus proyectos. Para el jurado internacional, compuesto por siete científicos e ingenieros, la tarea no era fácil. Tenían que elegir entre los proyectos de 3 200 estudiantes de ingeniería originarios de 89 países.

Susan Schneegans, Susan Rohr y Eva Hamilton

Para más detalles: www.mondialogo.org

7. Los 31 equipos laureados provienen de: Africa del Sur, Alemania, Australia, Cambodia, Camerún, R. P. de China, Colombia, Rep. de Corea, Cuba, Estados Unidos, Francia, Ghana, Grecia, Guatemala, India, Indonesia, Italia, Japón, Kenya, Libano, Nepal, Nigeria, Papúa-Nueva Guinea, Países Bajos, Perú, Filipinas, Reino Unido, Rwanda, Singapur, Suecia, Territorios Palestinos
8. Implementado en los años 1960, el tratamiento por zonas de raíces utiliza un terreno para el vertimiento de los desechos domésticos e industriales. El agua contaminada se infiltra en el subsuelo atravesando las zonas de raíces de rosales especialmente implantadas, que albergan más de 2000 especies de bacterias y miles de especies de hongos aerobios o anaerobios. Estos últimos oxidan la materia orgánica y reducen el fosfato, el azufre, los compuestos carbonados y las materias nitrogenadas en sus elementos de base. Fuente: Oficina Central de Lucha contra la Contaminación, Gobierno de la India: <http://cpb.nic.in/oldwebsite/sewagepollution/ch11-0205.htm>



Año negro para los corales del Caribe

Desde el comienzo del registro de datos, en 1880, los años 1998 y 2005 han sido los más devastadores de la historia para los arrecifes coralinos. Fueron también los años más calientes del mundo. En 1998 aproximadamente, un 16% de los arrecifes coralinos sucumbieron debido al blanqueo en los océanos Índico y Pacífico occidental. Siete años más tarde, un aumento inhabitual de la temperatura del agua provocó un blanqueo aún más severo, esta vez en el Caribe, el que tuvo también un año récord debido al número de huracanes. Sin embargo, algunos de ellos tuvieron, su lado positivo: al tiempo que causaban graves daños, contribuyeron a preservar muchos arrecifes dándoles una tregua a su calentamiento.

A diferencia de los acontecimientos de 1998, el blanqueo debido al calor del Caribe, no estuvo completamente exento de información. Esta vez, muchos instrumentos científicos estaban situados y se dio la alerta al personal encargado de los arrecifes coralinos. Gracias a los datos ofrecidos por la Red Mundial de Vigilancia de Arrecifes Coralinos (GCRMN), por la National Oceanic and Atmospheric Administration de los Estados Unidos (NOAA) y por el Reef Check, fue posible observar el desarrollo de los acontecimientos que culminaron con el blanqueo de los corales y calcular el estado de los daños inflingidos a los arrecifes y a los medios de subsistencia de la población del Gran Caribe. Estas informaciones fueron recopiladas en una obra titulada *Status of Caribbean Coral Reefs after Bleaching and Hurricanes in 2005*. El informe fue presentado a la UNESCO, en París, el 4 febrero, por el GCRMN, del cual la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO es miembro, así como el PNUMA, ReefsBase, la NOAA, el Fondo Mundial para la Naturaleza y la Unión Mundial para la Naturaleza, entre otros.

El Caribe posee el 10% de los arrecifes coralinos del planeta. Los corales se decoloran cuando el animal coralino que sirve de anfitrión se encuentra bajo presión y expulsa las zooxantelas (algas) que viven en simbiosis con este y le aportan la mayor parte de la energía necesaria para su crecimiento y las del arrecife. Si bien muchas fuentes de estrés pueden provocar el blanqueo, la principal, desde hace 25 años, ha sido una temperatura que sobrepasa de 1 a 2° las máximas de verano normales durante al menos cuatro semanas. Ello provoca una acumulación de radicales oxigenados tóxicos en las algas, que incita al coral anfitrión a expulsar las algas. Blanco como un fantasma, quedará particularmente expuesto a morir de inanición o de enfermedad.

Si la situación mejora, los corales se restablecen, en el término de una temporada, al precio, quizás, de un crecimiento reducido y de un defecto de reproducción. En 2005, numerosos corales blanqueados llegaron a morir.



Colonia de *Montastraea sp. blanqueada*, a 10 m del fondo, en Cayo Lima (Jamaica), en noviembre 2005

De los 13 huracanes que atravesaron el Caribe durante el verano 2005, muchos dañaron sensiblemente a los arrecifes debido a la fuerza de las olas y al paso de las aguas dulces enlodadas y contaminadas, pero los efectos no fueron completamente negativos. Los pequeños huracanes contribuyeron a disminuir la temperatura del agua al mezclar las aguas de superficie con las aguas profundas más frías. Hay que señalar que ninguno de esos débiles huracanes pasó por las Antillas menores para refrescar sus aguas, dónde el más fuerte de sus puntos calientes se mantuvo siempre.

Mayo – En mayo, analizando las imágenes satelitales, la NOAA constata que las aguas del Caribe del sur se recalentaban más rápidamente que lo normal. Emite regularmente boletines de información, de alarma y alerta sobre la elevación de la temperatura del agua y de la formación de huracanes, dirigidos a los administradores de los arrecifes coralinos y los científicos que sabían que debían vigilar cualquier signo de blanqueo de los corales.

Junio – En todo el Caribe, el primer señalamiento se produjo a principios de junio, en islas Rosario, al nordeste de Colombia, donde el agua alcanzaba los 30 °C. Seguidamente, esta se refrescó y los corales se restablecieron. A fines de junio, las aguas de superficie sobrepasaron los 30 °C alrededor de Puerto Rico, y 50% de los corales ya estaban muertos. Igualmente se produjo un blanqueo en la costa caribeña de Panamá, aunque la mortalidad fue baja.

Este gráfico, establecido por el Centro Climático Hadley del Reino Unido, muestra que la temperatura del hemisferio norte se elevó muy fuertemente durante las dos últimas décadas y parece seguir aumentando con relación a las temperaturas de referencia de 1960



Julio – Un blanqueo fue señalado en Belice, México, Bahamas, Bermudas y en las islas Vírgenes de los Estados Unidos. Ello coincidió con el anuncio de la muerte de grandes esponjas en islas Vírgenes de los Estados Unidos y en Cozumel, México.

El huracán Dennis, de una extrema violencia, azotó Granada, Cuba y la Florida. Fue seguido por el huracán Emily, quien disminuyó brevemente el récord de potencia, hasta la llegada de Katrina, en agosto. Aún cuando hayan hecho refrescar las aguas, los huracanes Wilma y Emily provocaron daños considerables a los arrecifes coralinos, sobre todo en México, alrededor de Cozumel.

A pesar del blanqueo de 25 a 45% de los corales de Belice y de México, la sucesión regular de tormentas de 2005 dispuso el punto caliente orientado sobre el Sistema Arrecifal Mesoamericano y evitó así una destrucción notable por blanqueo. La reducción de la mortalidad en esta región, puede deberse al hecho de que la población de los corales sensibles al calor es menos numerosa allí, y que los episodios precedentes de blanqueo y enfermedades habían destruido ya las especies más sensibles. Al parecer, las especies más resistentes han sido poco afectadas. La cobertura de coral ha disminuido claramente desde hace 35 años, yendo, en algunos casos, de 80% a menos de 20%.

Agosto – A principios de mes, la inquietud aumentaba al ver cómo el blanqueo dañaba los arrecifes de la Florida y el Golfo de México. A medida que el punto caliente se extendía hacia el norte, hubo avisos de grandes blanqueos en los Cayos de la Florida, donde la temperatura del agua conocía los 31 °C, en condiciones de gran calma y fuerte sol. A fines de agosto, un blanqueo generalizado coincidió con la más alta temperatura del agua nunca antes registrada en Cayo Sombrero, Florida, pero felizmente para estos arrecifes, el huracán Katrina atravesó esta zona en ese mismo momento, con la fuerza de categoría 1, lo que refrescó bien las aguas. Katrina se convertiría en la tormenta más devastadora que haya pasado jamás por los Estados Unidos, causando inmensos daños alrededor de Nueva Orleans.



Colonia de *Montastraea* sp. a 3 m del fondo, en Montego Bay (Jamaica), en vías de restablecimiento luego de haber blanqueado. En 50 años, muchos de los arrecifes del Caribe perdieron hasta 80% de su cobertura coralina. Según la evaluación *Reefs@Risk* del World Resources Institute, su pérdida pudiera costarle a la región del Caribe, una suma anual de 140 a 420 millones de dólares

El Huracán Emily rueda por el Caribe al sur de Jamaica, el 16 de julio 2005, en esta imagen del satélite Terra. En ese momento le acompañan vientos que sobrepasan los 230 Kmlh (125 nudos). Al acercarse el Huracán, los turistas de la península de Yucatán son evacuados de los balnearios y las playas. Este tocará tierra el 18 de julio en la isla de Cozumel. Luego de atravesar la bahía de Campeche, se debilitará en el estado de Tamaulipas, en el norte de México



El blanqueo se extendía a los alrededores de Puerto Rico, bañando todos los corales y animales de la misma naturaleza en una atmósfera caliente y tranquila. Un blanqueo muy avanzado, alcanzando 95%, estaba anunciado en varias islas de las Antillas mayores (Caimán, Jamaica, Cuba) y de las menores (Guadalupe, Martinica, San Bartolomé, en las Antillas francesas; San Martín, Saba, San Eustache en las Antillas neerlandesas del norte, y Barbados). En Islas Caimán, el blanqueo observado resultó tan grave como nunca antes.

Septiembre – El tiempo se mantuvo extremadamente tranquilo durante dos semanas. Se produjo entonces un blanqueo generalizado de los corales (a 80%) en la costa sur de Jamaica. En la costa norte, este comenzaba a atenuarse. Alrededor de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, la temperatura del mar sobrepasaba los 30 °C hasta los 16 m de profundidad, provocando el blanqueo de casi todas las especies de coral. En las vecinas Islas Vírgenes Británicas, más de 90% de los corales blanquearon hasta una profundidad de 30 m. El blanqueo generalizado prosiguió hasta la costa norte de Puerto Rico. En ese momento, ya había pasado por Trinidad y Tobago. Por su parte, la República Dominicana señalaba el blanqueo de 68% de sus corales. El huracán Rita, tormenta de categoría 5, atravesó el golfo de México para azotar Texas y Luisiana.

Octubre – Para esta fecha, la temperatura del agua era extremadamente elevada en las Antillas menores desde hacía aproximadamente seis meses. Durante todo el período había sobrepasado el límite normal de blanqueo de los corales. Este stress térmico provocado había causado el mayor episodio de blanqueo y de mortalidad de los corales nunca antes observado en esta zona, de 25% a 52% de mortalidad en las Antillas francesas, y el blanqueo más severo jamás registrado en Barbados. Afectó a todas las especies de corales de todas las profundidades. Alrededor de las Antillas neerlandesas hubo 80% de blanqueo al norte, cerca de las Islas Vírgenes británicas, mientras que alrededor de Donaire y Curazao, al sur, era mínima y la mortalidad casi nula. Más al este, hubo 66% a 80% de blanqueo en Tobago. En promedio, en el Caribe, el estrés acumulado de agosto a noviembre fue superior a todo lo que los arrecifes habían sufrido durante los 20 años precedentes.

Un segundo acceso de blanqueo comenzó cuando el punto caliente «siguió el curso del sol» hacia Colombia, donde se abalanzó contra los corales, antes de culminar en Venezuela en noviembre y diciembre. El grado de blanqueo fue muy variable, yendo de cero a 100% obteniendo un promedio de 25%. Felizmente, la mortalidad en los arrecifes del sur de la zona tropical de América Latina fue bien inferior a la del norte. Fue en ese momento en que el huracán Wilma provocó daños considerables en México, sobre todo en Cozumel, donde mucho de los corales fueron destruidos. A fines de noviembre, un pequeño acceso de blanqueo afectaba 14 a 25% de los corales de Venezuela, Guatemala y de las islas neerlandesas de Donaire y Curazao.

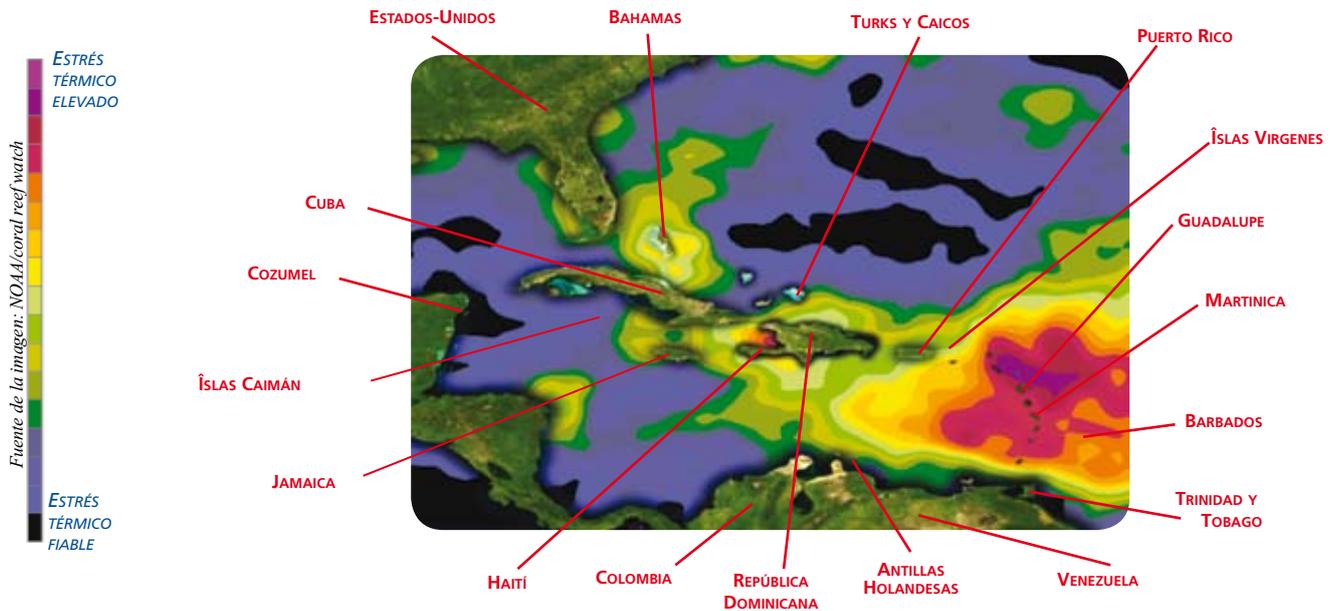
Los puntos calientes continuaron expandiéndose e intensificándose hasta octubre, momento en que las condiciones invernales refrescaron el agua, la que recuperó su nivel normal, en noviembre y diciembre. El período de huracanes terminaba en diciembre cuando se formó en enero la tormenta tropical Zeta, de corta duración. Sin embargo, el blanqueo continuó hasta la mitad de 2006, en las pequeñas y grandes Antillas, en Guadalupe, Martinica, Barbados, Trinidad y Tobago, e incluso hasta 2007 en San Bartolomé. En estas zonas de las Antillas, los arrecifes no parecen reponerse, manteniéndose las colonias decoloradas de 14 a 33%.

Mejor administrados, los arrecifes sanarán más rápido

Los administradores no estaban preparados ante las intemperies destructoras de 1998. Hoy sabemos que nada hubiese podido impedir la mortalidad de los corales frente a la inversión climática de El Niño y La Niña, que elevó la temperatura de las aguas de superficie a niveles nunca antes observados por el hombre en los arrecifes coralinos. El único consejo que pudo formular la comunidad de investigadores y administradores de los arrecifes es que «bien administrados, los arrecifes se restablecen más rápido que aquellos que son sometidos a un estrés por parte de los humanos». En 2006 la publicación de *A Reef Manager's Guide to Coral Bleaching* pretendía aconsejar a los administradores de los arrecifes coralinos confrontados a un estrés que sobrepasaba sus capacidades de intervención.

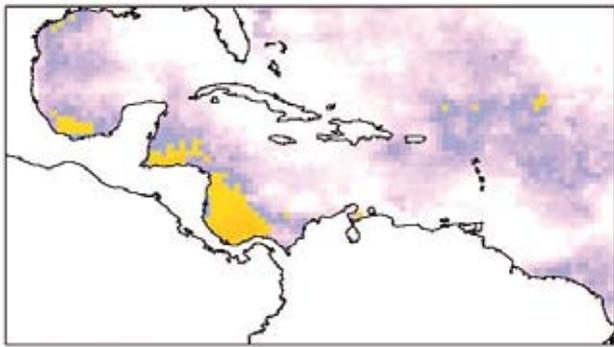
¿Qué nos reserva el futuro?

Hay que reconocer que todas las previsiones contenidas en los informes del Grupo de Expertos Intergubernamental sobre la Evolución del Clima (GIEC) del año pasado indican que el recalentamiento extremo del año 2005 no será un acontecimiento aislado. Con una temperatura mundial en aumento de 1,8 a 4 °C

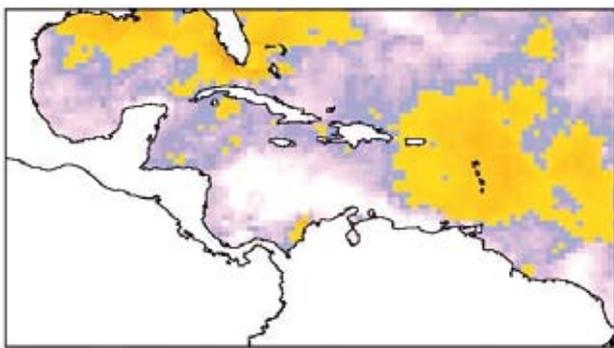


MAPA ANOTADO DE LA MORTALIDAD Y DE LA MORBILIDAD DE LOS CORALES DEL CARIBE EN EL 2005

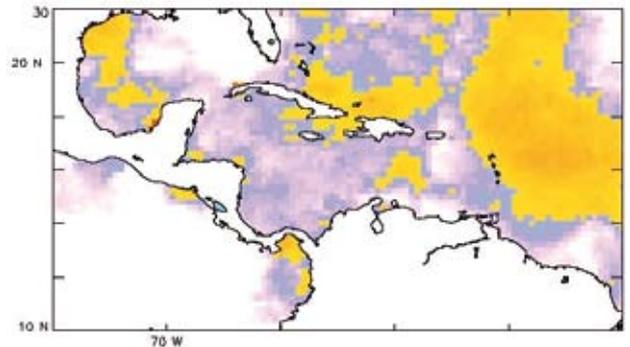
- ◆ Los daños más importantes tuvieron lugar en las Antillas mayores, donde los corales estuvieron inmersos de 4 a 6 meses en aguas de un calor anormal. Después de blanquear, el porcentaje de infección aumentó, pasando de 33 a 39% en Guadalupe y de 18 a 23% en San Bartolomé y a un 49% en Martinica. Las pérdidas en las Antillas francesas estaban entre un 11 y un 30%.
- ◆ El blanqueamiento fue muy severo en las Antillas mayores, pero la mortalidad fue despreciable en Bahamas, las Bermudas, Islas Caiman, Cuba, Jamaica y en las islas Turks y Caicos; en algunos sitios de la República Dominicana, la mortalidad alcanzó un 38%.
- ◆ La tasa de mortalidad más elevada se produjo en las Islas Virgenes: un promedio de 52%, por blanqueamiento y enfermedades oportunistas, que dieron muerte a las colonias decoloradas de Montastraea, Colpophyllia, Diploria y Porites.
- ◆ Barbados conoció su más grave episodio de blanqueamiento de su existencia, con 17 a 20% de mortalidad.
- ◆ En el norte de las Antillas Holandesas, la mortalidad alcanzó el 18% en San Eustache.
- ◆ En Trinidad y Tobago, 73% de las colonias de Colpophyllia y de Diploria murieron; la presencia de las enfermedades ha aumentado.
- ◆ La mortalidad del coral fue muy baja en el sistema de arrecifes de la Mesoamérica, donde numerosas tempestades habían refrescado el mar. Sin embargo, los huracanes Emily y Wilma dañaron algunos arrecifes y redujeron la cubierta coralina de 24 a 10%, sobre todo alrededor de Cozumel. La mortalidad fue despreciable alrededor de Colombia y Venezuela.



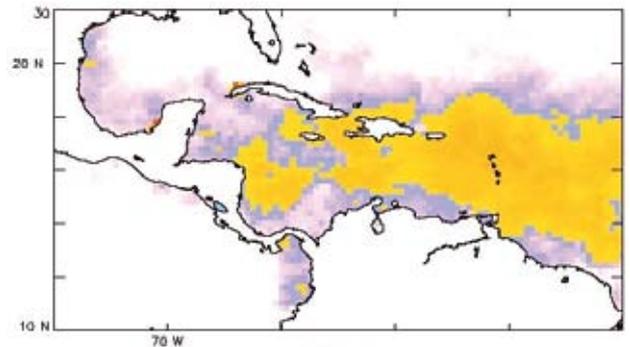
En los puntos calientes oceánicos, la temperatura del agua sobrepasa entre 1 y 2°C las normales estivales. Este fenómeno se agrava sensiblemente si dura 4 semanas o más. Esta imagen de punto caliente sobre la América Central, compuesta el 16 de julio a partir de datos satelitales, fue difundida en todo el Caribe, en momentos en que Belice señalaba el blanqueo de sus corales



Esta imagen del 20 de agosto muestra la expansión de dos puntos calientes, en donde la temperatura sobrepasa entre 2 y 3°C la máxima estival, en una gran parte del Caribe del Norte incluida la Florida y los bancos de arena del Jardín Florecido del Golfo de México y rozando a Cuba. El punto caliente del lado del Atlántico se expandió de forma inquietante hasta el conjunto de las Antillas menores. El otro, más pequeño, es visible por encima de Colombia



A principios de septiembre, dos grandes puntos calientes, cuya temperatura de superficie sobrepasaba entre 2 y 3°C la normal, bañando Cuba y La Española, al centro de la imagen, y las Antillas menores a la derecha. El punto caliente original, en el Golfo de México y la Florida, fue «desplazado» por los huracanes, sobre todo Katrina, que había continuado su curso para devastar la Nueva Orleans el 29 de agosto



Vemos el apogeo de la actividad del punto caliente a principios de octubre, en momentos en que las aguas calientes bañan prácticamente la totalidad del Caribe central y oriental. Una sucesión de huracanes contribuyó a refrescar las aguas del norte de la cuenca, pero ninguno atravesó las Antillas menores donde la temperatura del agua era más caliente. Desde mediados de octubre, el punto caliente va «seguir el curso del sol», donde bañará a las Antillas neerlandesas y la costa norte de América del sur. A principios de noviembre, el punto caliente habrá casi desaparecido

de aquí al 2100, los años comparables a 2005 se harán más frecuentes y devastadores para los arrecifes coralinos del Gran Caribe. Por otra parte, el aumento de la acidez del agua de mar por absorción de una mayor cantidad de CO₂ hará más lento el crecimiento de aquellos corales que tratan de reponerse del blanqueo y otras perturbaciones.

Se prevé que los huracanes y otras intemperies extremas se harán más frecuentes y violentos con la aceleración del cambio climático: las aguas de superficie cargadas con una mayor energía térmica alimentarán las tormentas tropicales más fuertes. Está probado que la proporción de huracanes más destructores (Categorías 4 y 5) ha aumentado en estas últimas décadas, aún cuando el número de tormentas tropicales se ha mantenido estable. Huracanes más fuertes provocarán olas más poderosas e inundaciones de tierras.

El blanqueo de 2005 ha «coincido» con la aparición de graves enfermedades de los corales, que han reducido considerablemente la cobertura de corales vivos del Caribe. En momentos en que muchos corales comienzan a restablecerse, con el principio del invierno y la baja temperatura del agua, algunas enfermedades han hecho irrupción e infligido pérdidas

significativas a la cobertura del coral, sobre todo en las costas de Florida, Belice, Islas Vírgenes y Antillas menores. La explicación dada con más frecuencia es que los corales decolorados estaban estresados, con déficit de reservas de lípidos y sufrían de inanición lo que los predisponía a las enfermedades.

El momento es crítico para los arrecifes coralinos. Una reducción drástica de emisiones de gas con efecto invernadero en los próximos veinte años será el único medio para luchar contra el acecho del recalentamiento y la peligrosa elevación de la tasa de CO₂, la que con toda probabilidad van a reducir el vigor de los corales. Esto disminuirá los hábitat potenciales de numerosos organismos que dependen de los arrecifes coralinos del Caribe y comprometerá la subsistencia de poblaciones humanas circundantes.

Clive Wilkinson y David Souter

Status of Caribbean Coral Reefs after Bleaching and Hurricanes in 2005, puede ser descargado libremente en: www.gcrmn.org; http://coris.noaa.gov/actividades/caribbean_rpt/; www.reefbase.org/ (inscripción gratuita)

Para recibir un ejemplar impreso (Estados Unidos y el Caribe): coralreefwatch@noaa.gov; (otras partes del mundo): clive.wilkinson@rrc.org.au

Agenda

31 Marzo – 1º Abril

Taller sobre química en microciencia

Cooperación UNESCO-ISESCO. Bahrein: m.liouliou@unesco.org

7-11 Abril

Océanos, costas e islas

4ª Conf. mundial para el progreso de la gestión de los ecosistemas y de la gestión integrada de las costas y de los océanos desde ahora y hasta el 2010 en vista del cambio climático. Gerard J. Mangone Center for Marine Policy y UNESCO-COI, PNUMA, NOAA etc. Hanoi (Vietnam): www.globaloceans.org

8-10 Abril

Sistema de alerta de tsunamis en el océano Índico

5ª Sesión Grupo intergov. de coordinación: Kuala Lumpur (Malasia): p.koltermann@unesco.org; <http://www.ioc-tsunami.org>

15-16 Abril

Mecanismo de notificación del estado del medio marino

Evaluación sistemática: Copenhague (Dinamarca): j.barbiere@unesco.org; www.ioc.unesco.org

15-18 Abril

Water down under 2008

Conf. de Ingenieros Australia y Centro Intern. de Excelencia en Gestión de Recursos Hídricos, con PHI-UNESCO. Adelaida (Australia): s.demuth@unesco.org; www.waterdownunder2008.com

17-19 Abril 2008

Congreso Espacial Mundial para la juventud

Fed. Mundial de Estudiantes de Física, apoyada por la UNESCO, para promover la integración de las ciencias del espacio en la enseñanza secundaria: Atenas, (Grecia): y.berenguer@unesco.org

21-25 Abril

Derecho de Mar de la ONU

Reunión del Consejo Consultativo de Expertos, UNESCO-COI. París: <http://ioc.3.unesco.org/abelos>

22 Abril

Esperanza de vida y calidad de vida

5º Forum Científico del Programa de las Ciencias Fundamentales de la UNESCO/París Match. UNESCO París: r.clair@unesco.org

6-7 Mayo

Educación espacial en Tanzania

Taller nacional para alumnos y profesores de secundaria, en alianza con el lanzamiento regional del Año Inter. del Planeta Tierra en Arusha (Tanzania): y.berenguer@unesco.org

19-23 Mayo

Ecohidrología, procesos y gestión sostenible para llanuras de inundación

Conf. intern. UNESCO-MAB, UNESCO-PHI: Lódz (Polonia): lhivasaki@unesco.org; www.erce.unesco.lodz.pl

25-27 Mayo

Gestión de los acuíferos compartidos en África

3ª Conf. Int. sobre iniciativa ISARM, a fin de estudiar proposición del Centro Regional y llevar a cabo Plan de Acción para el continente. Trípoli (Libia): a.aureli@unesco.org

26-28 Mayo

Educación espacial en América Latina

Taller Regional para alumnos y maestros de secundaria, con el ministerio ecuatoriano de relaciones extranjeras, Secr. pro tempore de la 5ª conf. espacial de las Américas. Ecuador: y.berenguer@unesco.org

29 Mayo

Estrategia mundial integrada de observación

Plenaria. UNESCO París: r.missotten@unesco.org

2-4 Junio

Previsión hidrológica

14ª conf. de países danubianos, apadrinada por Com. Nac. eslovaca para UNESCO-PHI, AISH, OMM, Agencia para el medioambiente de Eslovenia. Bled: <http://ksh.fgg.uni-lj.si/bled2008>

3-5 Junio

Humanidad y Planeta Tierra

Seminario UNESCO-MAB y Fundación del Futuro. UNESCO París: www.unesco.org/science/mab

6-7 Junio

Cuencas fluviales

De la hidrología a la gestión del agua. 9º Simposio Kovacs, PHI y AISH: r.briffault@unesco.org; www.cig.ensmp.fr

9-14 Junio

Consejo interg. PHI

UNESCO París: a.tejada-guibert@unesco.org

14 Junio – 14 septiembre

Exposición Internacional de Zaragoza 2008

Sobre el tema del agua y el desarrollo sostenible. Zaragoza (España): www.expozaragoza2008.es

22-26 Junio

Geoparques

3ª Conf. Conferencia Internacional apadrinada por la UNESCO. ¿Cómo optimizar turismo y desarrollo regional? Por primera vez reunida en un geoparque: TERRA.vita.Osnabrück (Alemania): m.patzak@unesco.org

24-28 Junio

Aguas subterráneas y clima en África

Conferencia UNESCO-PHI para científicos, sectores público y privado, agencias internacionales, donantes, etc. con el fin de compartir conocimientos y habilidades. Kampala (Uganda): a.aureli@unesco.org; www.gwclim.org



Nuevas publicaciones

Procedimiento para la aplicación del artículo 247 de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho al Mar (UNCLOS)

Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (COI), bilingüe:

francés/inglés, 53 / 52 p.

El artículo 247 de la UNCLOS hace referencia a los proyectos de investigación realizados por las organizaciones o bajo sus auspicios. «Un Estado ribereño que sea miembro de una organización internacional o tenga un acuerdo bilateral con tal organización, y en cuya zona económica exclusiva o plataforma continental la organización desee realizar, directamente o bajo sus auspicios, un proyecto de investigación científica marina, ha autorizado la realización del proyecto de conformidad con las especificaciones convenidas, si dicho Estado aprobó el proyecto detallado cuando la organización adoptó la decisión de realizarlo o está dispuesto a participar en él y no ha formulado objeción alguna dentro de los cuatro meses siguientes a la fecha en que la organización haya notificado el proyecto al Estado ribereño». En 2005, la Asamblea de la COI ha pedido a los Estados miembros utilizar este Procedimiento en toda ocasión posible en la aplicación de los programas de la COI. Solicitar un ejemplar a: a.mateos@unesco.org

Firmemos la paz con la Tierra

¿Cuál será el futuro del planeta Tierra y para la especie humana?

Colección La biblioteca del filósofo. Ediciones UNESCO/Albin Michel

ISBN 978-92-3-204069-4. €16,00 144 p. Publicado en español, en francés y en inglés.

La inercia cuesta caro: La humanidad tendrá que afrontar una reducción del PIB mundial de 5% a 20% si no empieza a adoptar ahora mismo las medidas necesarias para contrarrestar el cambio climático. Ante los límites físicos del crecimiento económico, la solución no pasa por detenerlo, sino por desmaterializarlo mediante la reducción del consumo superfluo y el ahorro de las materias primas. Vamos a tener que inventar nuevos modos de desarrollo, economizar los recursos del planeta y proteger la biodiversidad.

Integrated Watershed Management

Oficina Regional de la UNESCO para la ciencia en Europa, UNESCO-PHI, PNUMA, Intern. Environmental Technology Centre. En inglés. 246 p.

Manual de ecohidrología y de fitotecnología destinado a los decisores para mejorar los mecanismos de solución a los problemas de degradación de los recursos en agua en el interior de las cuencas vertientes. Par solicitar un ejemplar: p.pyper@unesco.org

Data Requirements for Integrated Urban Water Management

T. Fletcher y A. Deletic ed. Colección aguas urbanas. Pressas de la UNESCO/Taylor & Francis. ISBN 978-92-3-104059-7. €48, en inglés, 392 p.

La 1ª parte presenta los grandes principios de creación de un programa de vigilancia precedente a la gestión sostenida de aguas urbanas. La 2ª estudia en detalle la vigilancia de cada elemento del ciclo de agua. Dos estudios de casos ilustran las tentativas de puesta en marcha de un sistema integrado de vigilancia. Producto del proyecto UNESCO-PHI sobre el mismo tema.

Base de datos de las escuelas africanas de periodismo

Base de datos en libre acceso producida por el Programa de la UNESCO para la Comunicación y la Información, en el marco de un proyecto llevado a cabo en 2007 por la escuela de periodismo y de estudio de los medios de difusión de la Universidad de Rodas (África) y la Escuela Superior de Periodismo (Lille, Francia).

Para profesores de periodismo, estudiantes, editores de manuales, donantes e industria de los medios de difusión. El sitio presenta igualmente el informe de la UNESCO sobre los centros de excelencia de periodismo. Para consultar: www.unesco-ci.org/cgi-bin/asj/page.cgi?d=1

Aquatic Habitats in Sustainable Urban Water Management

Science, Policy and Practice – J. Wagner, J. Marsalek y P. Breil ed. Colección aguas urbanas. UNESCO-PHI y UNESCO-MAB. Ediciones UNESCO/Taylor & Francis ISBN 978-92-3-104062-7. €36, en inglés, 272 p.

La 1ª parte repasa los conceptos y retos de los hábitat acuáticos urbanos, así como las estrategias de gestión integrada. La 2ª examina las medidas técnicas de gestión y rehabilitación de esos hábitat y su integración en el urbanismo, así como su efecto en la salud humana. Ella comprende estudios de caso.

Science Education Policy-making

Once temas a señalar – De P. Fensham, en respuesta a las recomendaciones de un forum internacional de política de la enseñanza de las ciencias, celebrado en relación con la Conferencia Mundial sobre la Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología, en Perth (Australia), en julio 2007. Producido por el Programa de la UNESCO sobre la Enseñanza de las Ciencias, en inglés. 46p.

Entre otros temas, el estudio trata sobre la adquisición de las bases de la ciencia y objetivos de su aprendizaje, unido a criterios de acceso, equidad y calidad. El mismo comprende recomendaciones para los decisores sobre cómo mejorarlas. Para más detalles: j.heiss@unesco.org; <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001567/156700E.pdf>

Normas de capacidad TIC para profesores

Implementado por el Sector de la UNESCO para la Comunicación y la Información, con las Sociedades Cisco, Intel y Microsoft, así como la Sociedad Internacional para la Tecnología en la Educación, y del Virginia Polytechnic Institute and State University (E.-U.). Módulos en francés, inglés, árabe, chino, español y ruso.

Destinado a ayudar los decisores políticos y a los promotores de formación a organizar el empleo de las TIC. Las normas están constituidos en tres partes: Marco político; Módulos de Standards de Competencias; y Directivas de funcionamiento. Estas fueron presentadas a los ministros de Educación de más de 100 países y a la prensa durante la Conferencia Moving Young Minds de Londres, del 8 enero 2008. Para descargarlo: www.unesco.org/en/competency-standards-teachers

Status of Caribbean Coral Reefs after Bleaching and Hurricanes in 2005

Clive Wilkinson y David Souter, ed. Global Coral Reef Monitoring Network y Reef and Rainforest Research Centre (Australia). En inglés, 152 p. Ver página 20.

Descargar Un Mundo de Ciencia en ruso: www.unesco.org

Para solicitar una publicación en venta: www.unesco.org/publishing

Portal de las ciencias exactas y naturales de la UNESCO : www.unesco.org/science