

# PNUMA ANUARIO

**AVANCES Y PROGRESOS CIENTIFICOS  
EN NUESTRO CAMBIANTE MEDIO AMBIENTE**

# 2009



**PNUMA**

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Copyright © 2009, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

ISBN: 978-92-807-2987-0

UNEP/GC.25/INF/2

DEW/1121/NA

### **Descargos de responsabilidad**

El contenido y los puntos de vista expresados en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista o las políticas de los expertos y organizaciones contribuyentes, o del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y tampoco implican ningún tipo de respaldo.

Las denominaciones empleadas y la presentación del material de esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión en absoluto por parte del PNUMA con respecto a la situación legal de ningún país, territorio o ciudad o sus autoridades, o en lo que se refiere a la delimitación de sus fronteras y límites.

La mención de una empresa comercial o un producto en esta publicación no implica respaldo alguno del PNUMA.

© Mapas, fotos e ilustraciones según especificaciones.

### **Reproducción**

Esta publicación puede ser reproducida en su totalidad o en parte y en cualquier formato para propósitos educativos o sin fines de lucro sin que deba mediar permiso del propietario de los derechos de autor, siempre que se haga referencia a la fuente. El PNUMA agradecerá el recibo de una copia de toda publicación que utilice esta publicación como fuente.

No puede utilizarse esta publicación para reventa o para ningún otro propósito comercial sin la autorización previa por escrito del PNUMA. Las solicitudes para tal autorización, con una descripción del propósito y la intención de la reproducción, deben enviarse a la División de Comunicaciones e Información Pública (DCPI), UNEP, P.O. Box 30552, Nairobi 00100, Kenya.

No se permite el uso de información proveniente de esta publicación relativa a productos patentados para publicidad o propaganda.

Esta publicación ha sido impresa en instalaciones con certificación (ambiental) ISO 9001 e ISO 14001, con cobertura a base de agua, tintas vegetales y papel libre de cloro y ácido proveniente de fibra reciclada y fibra certificada por el Consejo de Administración de Bosques.

Producido por

División de Evaluación y Alerta Temprana (DEAT)

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

P.O. Box 30552

Nairobi 00100, Kenya

Tel.: (+254) 20 7621234

Fax: (+254) 20 7623927

Correo electrónico: [unepub@unep.org](mailto:unepub@unep.org)

Web: [www.unep.org](http://www.unep.org)

Página web del Anuario del PNUMA: <http://www.unep.org/geo/yearbook>

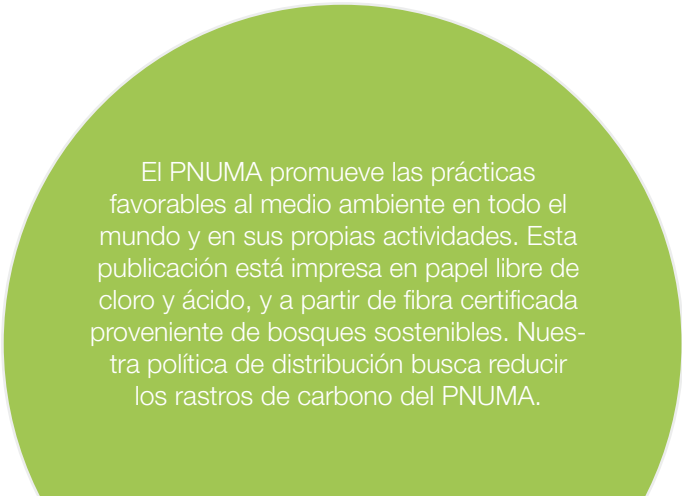
Editor: Catherine McMullen y Thomas Hayden

Tapa: Look Twice Design, Canadá

Diseño gráfico e impresión: Phoenix Design Aid, Dinamarca

Distribución: SMI (Distribution Services) Ltd. Reino Unido

Esta publicación está disponible en Earthprint.com <http://www.earthprint.com>



El PNUMA promueve las prácticas favorables al medio ambiente en todo el mundo y en sus propias actividades. Esta publicación está impresa en papel libre de cloro y ácido, y a partir de fibra certificada proveniente de bosques sostenibles. Nuestra política de distribución busca reducir los rastros de carbono del PNUMA.

# PNUMA ANUARIO

**AVANCES Y PROGRESOS CIENTIFICOS**  
EN NUESTRO **CAMBIANTE MEDIO AMBIENTE**

# 2009



**PNUMA**

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

# Prólogo

El Anuario 2009 del PNUMA, que se concentra en las seis áreas de nuestra nueva Estrategia de Mediano Plazo, aparece con un telón de fondo de inquietudes en materia de alimentos, combustibles y finanzas que ponen en evidencia las opciones que deberá encarar la humanidad en el siglo XXI.

Esas opciones se centran en encontrar un futuro mejor y más sostenible en los viejos modelos económicos del siglo XX o en un nuevo enfoque de Economía Verde, que recompense la mayor eficiencia de recursos, la óptima gestión de activos naturales y el empleo digno, tanto en el mundo desarrollado como en desarrollo.

La respuesta a esta alternativa se puede encontrar en las conclusiones del Anuario 2009.

Los ecosistemas, vastos “servicios públicos” naturales cuyos bienes y servicios están valuados en billones de dólares al año, también están cambiando: ecosistemas enteros de bosques han desaparecido en 25 países y en otros 29 han disminuido en un 90 por ciento.

La biomasa de grandes especies de peces marinos de interés comercial ha disminuido en un 90 por ciento desde los años 60. La superficie de tierras de cultivo disponible puede llegar, a mediados de siglo, a menos de 0,1 hectáreas por persona, lo que implicaría la necesidad de una mayor productividad agrícola, inalcanzable a través de métodos convencionales.

El cambio climático es otro ejemplo conmovedor. El fracaso en “interiorizar” por completo los costos de las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero está desencadenando repercusiones inimaginables solo algunos años atrás.

Los embalses del Mediterráneo y del centro-oeste de los Estados Unidos de América podrían secarse pronto y el manto de hielo de Groenlandia ya puede estar perdiendo alrededor de 100 kilómetros cúbicos por año con consecuencias en el aumento del nivel del mar.

El Ártico constituye también un vasto depósito de metano, con más de 250 columnas que borbotean al noroeste de Svalbard. Mientras tanto, aumenta la posibilidad de que se hagan realidad los pronósticos de puntos de inflexión en el clima de la Tierra.

El presente Anuario, adicionalmente, destaca enfoques más inteligentes y creativos, tales como la biomimética. El sistema de refrigeración del Eastgate Building en Harare, Zimbabwe, inspirado en las torres construidas por las termitas, ahorra 90 por ciento de energía en comparación con otros edificios equivalentes.

Los programas de derechos a cuotas de pesca para pescadores, instrumentados en países como Canadá, Chile, México y los Estados Unidos de América, evidencian que son capaces de reducir y hasta revertir el riesgo de colapso del ecosistema.

Hoy se destinan billones de dólares para estimular la economía. Es la oportunidad de superar los males actuales pero también de comenzar a conformar los mercados a fin de favorecer, no sólo al planeta en general sino al sustento y bienestar de seis mil, y pronto de nueve mil, millones de personas. En suma, es la ocasión ideal para dar el puntapié inicial hacia la Economía Verde.



  
Achim Steiner

Secretario General Adjunto  
de las Naciones Unidas y  
Director Ejecutivo,  
Programa de las Naciones Unidas  
para el Medio Ambiente

# Índice

Prólogo	ii		
Introducción	iv		
<b>Gestión de los ecosistemas</b>			
Introducción	1		
Ecosistemas cambiantes	2		
Los ecosistemas y el bienestar humano	4		
Nuevos paradigmas de gestión	6		
Conclusión	9		
Referencias	10		
<b>Sustancias nocivas y desechos peligrosos</b>			
Introducción	11		
Sustancias nocivas en alimentos y bebidas	12		
Historia de la contaminación con mercurio	14		
La cara de la nanotecnología	16		
Desafíos al resurgimiento de la energía nuclear	18		
Conclusión	19		
Referencias	20		
<b>Cambio climático</b>			
Introducción	21		
Detección, observación, atribución	22		
Sumideros, fuentes y retroalimentación	25		
Impactos y vulnerabilidades	27		
Puntos de inflexión	28		
Conclusión	29		
Referencias	30		
		<b>Desastres y conflictos</b>	
		Introducción	31
		Desastres, conflictos y medio ambiente en 2008	32
		Fallas humanas y prevención de desastres	35
		Grandes esperanzas	38
		Conclusión	39
		Acontecimientos climáticos significativos en 2008	40
		Referencias	42
		<b>Eficiencia de recursos</b>	
		Introducción	43
		Hacer más, desperdiciar menos	44
		De la cuna a la tumba	48
		Agua: necesidad urgente de mejores sistemas	49
		Progreso constructivo	50
		Conclusión	51
		Referencias	52
		<b>Gobernanza ambiental</b>	
		Introducción	53
		Hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio	54
		Calendario de acontecimientos seleccionados en 2008	56
		Cambio de herramientas	58
		Conclusión	61
		Referencias	63
		Siglas y abreviaturas	63
		Reconocimientos	64

# Introducción

El Anuario 2009 del PNUMA presenta los avances actuales sobre la comprensión científica del cambio climático mundial, así como una perspectiva de las cuestiones ambientales por venir. Su objetivo es crear conciencia acerca de los vínculos entre las diversas cuestiones ambientales que pueden acelerar el ritmo de los cambios y amenazar el bienestar humano.

Los capítulos de este Anuario siguen la misma trayectoria que nuestra conciencia del cambio ambiental. Las transformaciones son inherentes a esta trayectoria y tienen lugar en distintos frentes: de la agricultura industrial a la ecoagricultura, de una sociedad que derrocha recursos a otra que los usa eficientemente, y de múltiples intereses en competencia en la sociedad civil, el sector privado y los gobiernos a un modelo más cooperativo, basado en la defensa de beneficios mutuos.

El primer capítulo, **gestión de los ecosistemas**, presenta la respuesta a ritmos acelerados por parte de los ecosistemas a los cambios climáticos, antropógenos y ecológicos, e introduce los umbrales críticos que se aproximan. Además, examina el reclamo por un enfoque ecoagrícola para la producción de alimentos y el potencial que ofrecen los principios de sostenibilidad a fin de asegurar que la gestión de los ecosistemas pueda encarar la reducción de la pobreza.

El capítulo sobre las **sustancias nocivas y desechos peligrosos** parte del descubrimiento de la síntesis del nitrógeno y su aplicación en los fertilizantes químicos, que estimularon un crecimiento demográfico sin precedentes y aceleraron una era de química industrial a gran escala. Muchos de estos productos químicos afectan negativamente al medio ambiente y a la salud humana.

El capítulo dedicado al **cambio climático** dirige la atención hacia las últimas investigacio-

nes sobre las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, y a los nuevos descubrimientos en las tasas y patrones de distribución del derretimiento del hielo y el aumento del nivel del mar. Se consideran las consecuencias potenciales para sistemas específicos de la Tierra, tales como la circulación oceánica, los monzones tropicales y las oscilaciones atmosféricas conocidas. Adicionalmente, se presentan los conceptos de elementos y puntos de inflexión en los sistemas de la Tierra.

El capítulo sobre **desastres y conflictos** registra descontentos sociales, terremotos, tormentas y sequías que continúan agregando tensión a la población humana y a los ecosistemas de los que ésta depende. La población más vulnerable es particularmente la que mayor riesgo presenta. Sin embargo, cada vez hay mayores evidencias de que la prevención y los programas de preparación para desastres funcionan positivamente. Este capítulo contiene también un mapa de los acontecimientos ambientales significativos en 2008.

En el capítulo acerca de la **eficiencia de recursos** se exploran enfoques industriales alternativos. Actualmente se está llevando a cabo una considerable transformación a través de nuevos modelos de producción y de consumo, junto a la mejora en el uso eficiente de los recursos. El desarrollo de soluciones innovadoras provenientes del sector privado, como la simbiosis industrial y la desmaterialización, puede ayudar a sortear el creciente déficit de recursos.

El capítulo final, **gobernanza ambiental**, ofrece un breve resumen de las conclusiones clave de los capítulos precedentes, concentrándose en los posibles efectos acumulativos de la degradación de los ecosistemas, la liberación de sustancias nocivas para esos

ecosistemas y para la salud humana, las consecuencias del cambio climático, las continuas pérdidas humanas y económicas por causa de desastres y conflictos, y la sobreexplotación de recursos. Asimismo, destaca la urgencia con la que se requiere una gobernanza responsable de cara a umbrales y puntos de inflexión inminentes. En este capítulo se incluye también un calendario de acontecimientos seleccionados en 2008.

Más profundamente, dicho capítulo identifica algunos de los factores responsables de los actuales desafíos: el aumento de la población y de sus aspiraciones materiales, y un modelo económico deficiente que no otorga el valor adecuado a muchos de los recursos explotados. Estos factores tienen efectos acumulativos y requieren una gobernanza ambiental exigente y compleja. Por ejemplo, las presiones derivadas del crecimiento demográfico y de las aspiraciones materiales, motivan a los trabajadores a establecerse cerca de parques nacionales, donde, para poder sobrevivir, pueden verse obligados a destruir el ecosistema protegido, o los llevan, en otros casos, a buscar su medio de vida en zonas costeras urbanas, donde quedan expuestos a amenazas de tormentas cada vez más intensas y frecuentes.

El presente Anuario explora también algunas de las numerosas soluciones, como los eficaces programas de preparación para desastres que pueden constituir la base de la cooperación comunitaria que podría perdurar a través de otros proyectos de desarrollo futuros. Los procesos de evaluación con uso de nuevas herramientas y el establecimiento de planes innovadores con múltiples beneficios sociales y ambientales son solo algunos ejemplos de las soluciones que pueden diseñarse mediante mecanismos institucionales y de buena gobernanza.

# Gestión de los ecosistemas

Los ecosistemas de la Tierra están bajo amenaza. El 20 por ciento de la cubierta terrestre ha sido degradada considerablemente por la actividad humana y el 60 por ciento de los ecosistemas evaluados en el planeta están actualmente dañados o amenazados. El modelo irrefutable es el de la sobreexplotación de los recursos naturales y la simultánea creación de más desechos de los que los ecosistemas pueden procesar.



La rica variedad de plantas y animales en las montañas Hoang Lien dan lugar a paisajes montañosos increíbles y a campos de cultivos en terrazas en el distrito de Sapa, Provincia de Lao Cai, al noroeste de Vietnam.

*Fuente: Graham Ford*

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas, por definición, tienen capacidad de recuperación y son adaptables a los cambios, aún a los cambios abruptos. Esto torna más serio el colapso en el mundo actual de las funciones de los ecosistemas: durante los últimos 50 años las actividades humanas han acelerado la velocidad de los cambios e introdujeron conexiones artificiales y sustancias a tal punto que los sistemas naturales están perdiendo su capacidad de adaptación. Las tensiones, que incluyen la destrucción del hábitat, la pérdida de especies, la contaminación y el cambio climático, se combinan para que el colapso ecológico sea más extenso, agudo y probable (Homer–Dixon 2007). Peor aún, a medida que las múltiples tensiones se desarrollan simultáneamente, los principales ecosistemas alcanzan umbrales críticos más allá de los cuales no podrán recuperarse ante nuevas alteraciones.

La ciencia no puede predecir aún el umbral exacto para cada ecosistema, pero nuestra capacidad para comprender los cambios no lineales y acumulativos ha mejorado sustancialmente y disponemos de información nueva en cuanto hasta dónde se puede presionar a los ecosistemas antes de que ocurran cambios irreversibles (Willis y otros 2007). Estos avances explican, de manera concluyente, los numerosos vínculos entre la salud de los ecosistemas a largo plazo y el bienestar humano. Resulta claro que se deben considerar conjuntamente la gestión de los ecosistemas, los servicios ambientales y el desarrollo socioeconómico.

Frente al cambio climático y a la creciente vulnerabilidad del agua, la inestabilidad de los precios de la energía y la crisis de los precios de los alimentos en 2008 ilustran el alcance mundial y los efectos en cascada de las presiones que ejercemos sobre los ecosistemas. Estos

hechos subrayan aún más la vulnerabilidad propia de las doctrinas actuales de crecimiento económico perpetuo sostenido por la comunidad mundial y demuestran que los métodos convencionales y muy fragmentados de gestión de los ecosistemas no funcionan.

En 2008, se alzaron voces desde todos los rincones sociales para pedir cambios drásticos. Muchos apoyaron medidas significativas y a largo plazo para incorporar el enfoque ecosistémico a la gestión agrícola y de conservación, con una nueva orientación hacia los sistemas integrados de gestión, que contemplen tanto las necesidades humanas como las de la naturaleza, para beneficio mutuo.

## ECOSISTEMAS CAMBIANTES

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de 2005 informó la pérdida substancial e irreversible de la diversi-

## RECUADRO 1: De prioridad máxima: los mamíferos del mundo en crisis

Según el Índice de la Lista Roja 2008, de las 5487 especies de mamíferos reconocidas en el mundo, más de la mitad está sufriendo la disminución del número de ejemplares y más del 20 por ciento está bajo amenaza de extinción. La Lista Roja, inventario mundial de actualización periódica publicado por la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), es reconocida como la más completa evaluación del estado de conservación y distribución de especies de animales y plantas del mundo.

A pesar de que resulta difícil medir la amenaza con exactitud, la peor situación es la de las especies de mamíferos marinos, ya que el 36 por ciento corre el riesgo de extinción debido a la contaminación, al cambio climático y a los encuentros con redes de pesca y buques de carga. Desde la publicación en 1996 del último Índice de la Lista Roja con la evaluación de las especies mamíferas, los científicos documentaron 700 especies que no habían sido contempladas con anterioridad, incluyendo 349 especies nuevas, descubiertas en su mayoría en Madagascar y la Amazonia. Los científicos piensan que hay más especies por descubrir en regiones tales como la Cuenca del Congo.

Los mamíferos amenazados tienden a concentrarse en ecosistemas ricos, con gran abundancia de especies endémicas y que están bajo extrema presión de la actividad humana. Las áreas más vulnerables se encuentran en el Sur y Sudeste Asiático, los Andes tropicales, las zonas altas de Camerún, la Falla Albertina en África y las Ghats Occidentales en India. La deforestación y la expansión de la agricultura han dejado a los animales viviendo en terrenos cada vez más pequeños y fragmentados.

Al mismo tiempo, es posible que las áreas protegidas ya no ofrezcan a las especies un refugio seguro: el impacto del turismo en las economías locales atrae el asentamiento de personas que buscan trabajo en los alrededores de áreas de conservación. Estas comunidades se dedican luego a la tala de árboles maderables, a la caza de animales salvajes y a la limpieza de los terrenos mediante la quema de los mismos, todas actividades que finalmente conducen a una mayor pérdida de especies en los sectores protegidos.

Fuente: Miller y otros 2006, Schipper y otros 2008, Wittermyer y otros 2008, IUCN 2008



La grave degradación del hábitat, las enfermedades y la disminución de la disponibilidad de agua han llevado a la casi extinción de la cebra de Grevy, de la que quedan 750 animales adultos en Kenia y Etiopía.

Fuente: Jason Jabbour/ UNEP

dad de la vida en la Tierra junto con el deterioro de más del 60 por ciento de todos los servicios de los ecosistemas evaluados (MA 2005) (**Recuadro 1**). Esta grave realidad estimuló el resurgimiento de las investigaciones científicas y de las ideas. Dio impulso a reclamos para que se revisen seriamente nuestros enfoques de gestión, buscando métodos que aborden, de mejor manera, los riesgos y desafíos crecientes que enfrentan los ecosistemas. La apuesta es alta. Si los humanos han de sobrevivir en este planeta con una calidad de vida global mínimamente aceptable, debemos manejar y utilizar nuestros recursos ecológicos de manera más eficiente y creativa (Steiner 2008).

### Prueba irrefutable de degradación

Todos los ecosistemas están sometidos a cambios rápidos, pero algunos son más drásticos que otros. Sin lugar a dudas uno de los cambios más visibles e importantes de los ecosistemas es la extensa degradación y la conversión de los ecosistemas tropicales y subtropicales (**Figura 1**). La creciente demanda de alimentos y de otros productos agrícolas llevó a intensificar la producción agrícola y a la rápida expansión de la tierra cultivada (Yadvinder y otros 2008). Actualmente, las tierras agrícolas representan aproximadamente un cuarto de la superficie del planeta. Desaparecieron sistemas forestales enteros en al menos 25 países y en otros 29 países disminuyeron en un 90 por ciento (Dietz y Henry 2008). Esta destrucción continúa a ritmo asombroso. Estos cambios, abruptos y extendidos, significan un gran estrés para los procesos ecológicos y ciclos biogeoquímicos, con resultados adversos aún mayores para los servicios de los ecosistemas regionales y globales, derivados directamente de la salud de las funciones ecológicas básicas. Las repercusiones de la conversión de los ecosistemas tropicales y subtropicales traerán aparejadas graves pérdidas para las cuencas hidrográficas, la disminución de la integridad del suelo, el aumento de la erosión, la desaparición de la biodiversidad, la disminución de la capacidad de secuestro del carbono y el deterioro de la calidad del aire regional y local (Scherr y McNeely 2008, Hazell y Wood 2008).

Menos visibles pero igualmente importantes son los cambios inducidos por el hombre que están ocurriendo en los ecosistemas marinos y costeros. Los arrecifes de coral, las zonas intermareales, los estuarios, las operaciones de acuicultura costera y los sebedales han sufrido, todos ellos, contaminación intensiva, degradación y sobreexplotación. El consecuente retroceso de los sistemas acuáticos ha empujado a las pesquerías marinas de todo el mundo a un estado de estancamiento durante

casi una década (World Bank y FAO 2008). Desde el inicio de la pesca industrial en la década de los años 60, la biomasa total de las muchas especies de peces marinos, de interés comercial, se redujo, increíblemente, en un 90 por ciento (Halpern y otros 2008, MA 2005).

La necesidad de emprender acciones relativas a las pesquerías es urgente. Más de mil millones de personas, muchas de ellas entre las poblaciones más vulnerables del mundo, dependen del pescado como su principal fuente de proteínas. Según un estudio encargado en 2008 por el Banco Mundial y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la explotación y el casi agotamiento de las poblaciones de peces más valiosos del océano produjeron una pérdida neta anual del valor de las pesquerías marinas en el mundo del orden de los 50 000 millones de dólares. El aumento innecesario de la capacidad de las flotas pesqueras, el despliegue y el mal uso de las tecnologías de pesca, cada vez más poderosas, el aumento de la contaminación y la pérdida del hábitat son responsables de esta situación (World Bank y FAO).

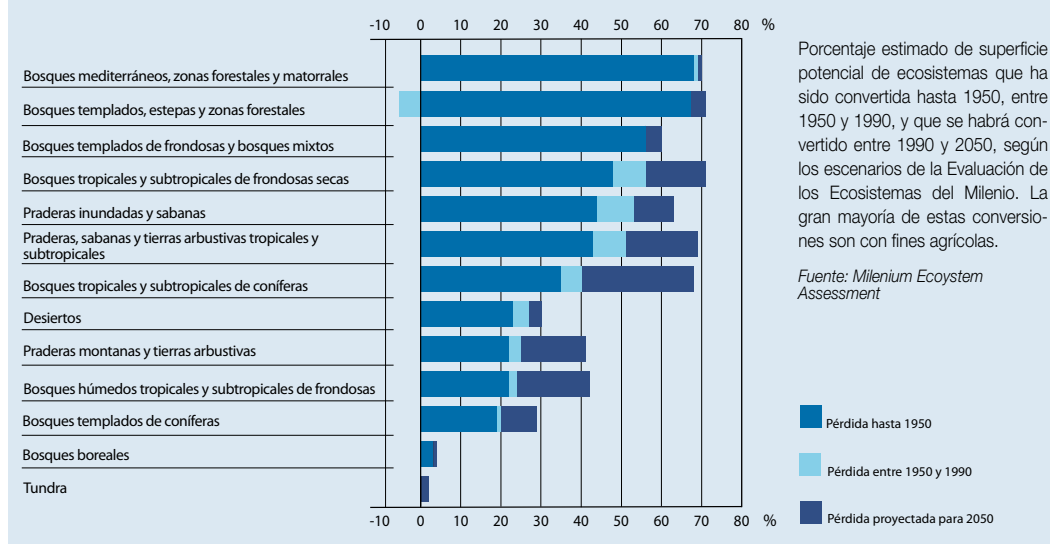
El alza de los precios de los alimentos, la inminente crisis energética y los crecientes impactos producto del cambio climático probablemente presionarán aún más sobre los ecosistemas marinos. Resulta primordial la necesidad inmediata de mejorar la recuperación de esos ecosistemas mediante una serie de reformas regulatorias e institucionales. Las recomendaciones para las reformas coordinadas a nivel nacional e internacional tienen como objetivo aumentar la inversión y el fortalecimiento de las comunidades pobres dedicadas a la actividad pesquera a pequeña escala, e incluirían la eliminación de subsidios contraproducentes y de incentivos perversos, como así también iniciativas de apoyo para certificar la pesca sostenible y nuevas medidas para eliminar la pesca ilegal (World Bank y FAO 2008).

### Ecosistemas en transición

Estudios recientes revelaron la migración y cierta expansión de algunos tipos de ecosistemas en respuesta a las condiciones biogeoquímicas y de cambio climático (Silva y otros 2008). Se ha observado la conversión de la tundra ártica en zona arbustiva a medida que ha aumentado la temperatura en los últimos años. El proceso se debe a temperaturas invernales más cálidas cuando algunos arbustos aún retienen una capa de nieve; dicha capa aísla la tierra y los microbios del suelo local que permanecen activos por más tiempo, bajo condiciones más cálidas, producen los nutrientes que los arbustos necesitan para prosperar. Este proceso fomenta que los arbustos colonicen tundra (Strum y otros 2005). El



**Figura 1: Porcentaje de superficie disponible convertida para 2050**



consecuente cambio en el ecosistema ha sido que la población de caribú se ha visto forzada a salir de las zonas tradicionales de pastoreo en busca de líquenes y otras pasturas que normalmente se encuentran en la tundra (Tape y otros 2006). En 2008 se demostró que mientras las temperaturas más cálidas en el Ártico adelantan la disponibilidad de recursos de pastoreo para el caribú, los ciclos reproductivos de este animal no se adelantan de igual manera que los recursos disponibles. Esto tiene repercusiones muy importantes en el éxito reproductivo del caribú (Post y otros 2008).

En la parte norte de los Montes Urales de Rusia, el clima más cálido en el verano y la duplicación de las precipitaciones en el invierno han alterado la composición, estructura y formas de crecimiento del alerce siberiano (Devi y otros 2008). Como bosques maduros, estas coníferas de entre 10 y 20 metros crecen típicamente en bosquetes mixtos de árboles de tallo individual y de tallos múltiples. Sin embargo, un estudio reciente descubrió que el 90 por ciento de los árboles que aparecieron después de 1950 tenían tallo individual, lo que constituye una característica de los bosques menos maduros. Los investigadores concluyeron que la generación de árboles existente refleja ampliamente la expansión tanto espacial como temporal de un nuevo bosque. Este ecosistema de bosque-tundra puede haber avanzado en la montaña entre 20 y 60 metros en el siglo pasado (Devi y otros 2008).

Durante mucho tiempo los científicos pensaron que las fronteras entre las sabanas y los bosques en galería, dos ecosistemas bien distintos y separados, se mante-

nían efectivamente sin cambios debido a los marcados contrastes en las propiedades del suelo, como por ejemplo, contenido de agua, nutrientes, aireación y acidez (Furley 1992, Beerling y Osborne 2006). En 2008 se encontraron nuevas pruebas en Brasil que revelaron la sorprendente migración de los bosques en galería a las regiones circundantes de sabanas. Parece ser que los cambios climáticos pueden iniciar la migración de estos ecosistemas y que los mecanismos de retroalimentación subsiguientes, que incluyen la acumulación de nutrientes y la extinción de incendios, pueden forzar aún más el proceso de expansión (**Figura 2**) (Silva y otros 2008).

**Figura 2: Las regiones de vegetación y las transiciones ecológicas en Brasil**



## Cambios no lineales y ecosistemas emergentes

La frecuencia con que se producen los cambios y la velocidad en que las condiciones ambientales están transformando los paisajes vegetados, así como la forma inesperada en la que los sistemas naturales existentes están respondiendo, conducen a importantes interrogantes sobre nuestra comprensión de los umbrales de los ecosistemas. Lo que estamos aprendiendo sobre los cambios acelerados, abruptos, inesperados y potencialmente irreversibles de los ecosistemas nos lleva a tener serias dudas sobre el futuro de esos ecosistemas, las consecuencias de nuestras intervenciones y sus implicancias en el bienestar humano.

Esta evidencia ha dado origen a nuevas inversiones destinadas al monitoreo y a los sistemas de alerta temprana y remarca el valor de formas alternativas de gestión. Las investigaciones mejoraron nuestra capacidad para explicar y predecir algunos de los factores y mecanismos de respuesta positiva que influyen en los cambios no lineales de los ecosistemas (Dakos y otros 2008, Scheffer y otros 2006, Lenton y otros 2008, Tallis y otros 2008).

La observación de los cambios no lineales y la expectativa de su mayor frecuencia han inspirado el concepto de ecosistemas emergentes. Estos son ensamblajes de especies dentro de un ecosistema dado que son documentadas en abundancia y en combinaciones no reconocidas anteriormente bajo nuevas condiciones ecológicas (Seastedt y otros 2008, Silva y otros 2008, Milton 2003). El concepto de ecosistemas emergentes se basa en la idea según la cual, al pasar por distintos estados de vulnerabilidad y recuperación, los ecosistemas evolucionan, adaptándose a las alteraciones en forma diferente y reestructurándose a sí mismos en

función tanto del estado del sistema como de la escala espacial en la cual ocurren las alteraciones (Sax y Gains 2008). La aceleración de los cambios inducidos por el hombre llevó a algunos ecosistemas hacia su extinción. Pero estos cambios también empujaron a otros ecosistemas más allá del índice histórico de variabilidad hasta que, a pesar de ser nuevos, alcanzaron estados relativamente estables (Sax y Gains 2008). A medida que los ecosistemas emergentes y las condiciones que los hacen posible evolucionan, los enfoques de gestión deberán poder analizar costos y beneficios. Sigue siendo esencial estudiar el estado actual del funcionamiento de los ecosistemas, pero la gestión de los sistemas dinámicos también debe concentrarse en las posibles trayectorias o predicciones de cambios futuros con el fin de anticipar oportunidades de prevención de desastres. Los nuevos ecosistemas requieren enfoques de gestión novedosos que incluyan una mayor colaboración entre científicos y gerenciadore para desarrollar métodos y medidas que permitan alcanzar objetivos a corto y largo plazo (Seastedt y otros 2008).

En el Parque Nacional de Yellowstone en los Estados Unidos de América, un mayor conocimiento de los cambios ecológicos que se producen en cascada en un parque más cálido, ha llevado a los gerenciadore y científicos a repensar las presunciones y estrategias tradicionales. Existe una especie invasiva de cardo arraigada desde hace tiempo en América del Norte, de la cual se llegó a pensar que prosperaba en el parque debido a los cambios climáticos. Los investigadores descubrieron recientemente que la existencia del cardo es parte de un gran ciclo de realimentación positiva y que la propagación simultánea de la tuza de bolsillo ha ayudado a la propagación de la planta. La tuza crea condiciones de crecimiento ideales para la fuente de nutrición del cactus cuando remueve la tierra para construir túneles. Una mayor cantidad de cactus alimenta a más tuzas, y a su vez las poblaciones de osos grizzly han podido estabilizarse gracias a la gran oferta de ambos (Robbins 2008). En consecuencia, el parque redujo considerablemente los esfuerzos que estaba haciendo para controlar la especie de cardo.

En el caso de persistir, un ecosistema podría llegar a ofrecer productos y servicios nuevos y valiosos. Será necesario realizar una investigación cuidadosa para determinar hasta dónde estos nuevos sistemas pueden contribuir en el futuro a la diversidad, renovación y capacidad de recuperación. Un objetivo clave para el futuro de la gestión de ecosistemas es maximizar los cambios beneficiosos y reducir los elementos menos ventajosos, y a la vez realizar el seguimiento de los procesos y la



Un criador de camarones en Apalachicola, Florida, Estados Unidos, describe la drástica caída de la pesca en el Golfo de México y los crecientes desafíos que enfrentan los pescadores. Fuente: Tara Thompson

permanencia de los beneficios y de los costos (Hobbs y otros 2008).

## LOS ECOSISTEMAS Y EL BIENESTAR HUMANO

Los ecosistemas saludables y los bienes y servicios que ellos proveen son los cimientos de la supervivencia de todas las sociedades. Dado los actuales niveles de consumo en el mundo industrializado y la rápida aceleración de las aspiraciones materiales en los países en desarrollo, esos cimientos se ven amenazados. Sólo los problemas asociados a la degradación ambiental y al crecimiento de la agricultura acarrearán costos importantes a las generaciones futuras en forma de amenaza tanto a la salud humana como la de los ecosistemas (Hazell y Wood 2008, Levin y otros 2008, RRI 2008). Los factores externos, como el cambio climático y la globalización económica, aceleran la llegada a los umbrales críticos de la salud de los ecosistemas, ya amenazada a escala local y mundial. Aumenta así la posibilidad de cometer errores que terminen en catástrofes.

### Perspectivas de los biocombustibles

En el año 2008 es difícil encontrar un tema ambiental que haya sido más controvertido que el de los biocombustibles. La retórica generalizada defendió, por un lado, a los biocombustibles como una solución de energía renovable baja en carbono, pero por el otro los condenó por constituir una amenaza para el bienestar humano y ambiental. Para muchos, la yuxtaposición de "alimento versus combustible" es el centro de la tensión en la industria de los biocombustibles.

Las bruscas alzas en los precios de los granos durante gran parte de 2008 pusieron en primer plano a los temas de seguridad alimentaria y vulnerabilidad. Los expertos no se ponen de acuerdo hasta qué punto la producción de biocombustibles contribuyó al alza de los

precios, siendo quizás del 75 por ciento la estimación más alta de responsabilidad atribuida a la combinación de desvío de granos para biocombustibles, productores que destinaron sus tierras exclusivamente para los cultivos energéticos y especulación financiera (Chakra-borty 2008). Otros vieron que la relación entre los biocombustibles y el precio de los alimentos no era tan clara y sostuvieron que los biocombustibles podrían realmente llegar a reducir la falta local de alimentos y a aumentar los ingresos de los más pobres del mundo, siempre que se aplicasen políticas adecuadas (Müller y otros 2008). Una perspectiva más integradora, que va más allá de una solución de compromiso entre alimentos y energía, ve a la gestión del uso de la tierra como una herramienta que sirve para evaluar las implicancias que vinculan a los biocombustibles, la biodiversidad, la integridad de los ecosistemas y los alimentos.

Los enfoques de producción minifundista para consumo local se contraponen con el modelo dominante de la producción comercial y a gran escala de los biocombustibles. De igual manera, estos enfoques representan un experimento actual muy importante dentro del esfuerzo más amplio que promueve el autoabastecimiento de energía en zonas rurales, oportunidades de sustento e integridad ambiental en el mundo en desarrollo.

Al utilizar un enfoque ecoagrícola, los minifundistas que producen biodiesel o energía vegetal para uso local pueden obtener beneficios de conservación, que incluyen la diversidad de los cultivos y la recuperación de la tierra degradada (Milder y otros 2008). Esta estrategia tiene el potencial de aumentar la seguridad de energía local, incrementar los ingresos familiares y generar nuevas oportunidades económicas que dependan del suministro reducido pero continuo de energía (Ejigu 2008). Estos proyectos de biocombustibles a pequeña escala se están llevando a cabo en varios países.

Las grandes plantaciones de monocultivos producen daños al medio ambiente por el uso intensivo de sustancias químicas, la pérdida de la biodiversidad, la degradación del suelo, el consumo del agua y el desplazamiento de la flora y fauna silvestres (**Tabla 1**). Pueden tener repercusiones sociales significativas con respecto a las formas de sustento y a los derechos humanos. En lugares donde la tenencia de la tierra es insegura o está en disputa, el aumento de la producción de biocombustibles puede hacer que los grupos más pobres pierdan el acceso a la tierra, que es crucial para ellos (Cotula y otros 2008). Aún así, muchos países en desarrollo ven una oportunidad para el desarrollo económico en el creciente comercio de los biocombustibles.

**Tabla 1: Proyecciones de biocombustibles y agua para 2030**

	Producción de biocombustibles (mil millones de litros)	Cultivo	Agua irrigada necesaria (km <sup>2</sup> ) para biocombustibles	Porcentaje de agua de irrigación usada en biocombustibles
EE.UU./Canadá	51,3	Maíz	36,8	20
Brasil	34,5	Caña de azúcar	2,5	8
UE	23,0	Colza	0,5	1
China	17,7	Maíz	35,1	7
India	9,1	Caña de azúcar	29,1	5
Sudáfrica	1,8	Caña de azúcar	5,1	30
Indonesia	0,8	Caña de azúcar	3,9	7

Fuentes: Molden 2008, Serageldin y Masood 2008

Los intentos de investigación para analizar los costos y beneficios totales de diversos procesos de producción de biocombustibles, incluso las consecuencias de los cambios del uso de la tierra a gran escala, predicen la pérdida del carbono almacenado y destacan la posibilidad de que los biocombustibles sean contribuyentes netos al cambio climático (Fargione y otros 2008). Utilizando un modelo de agricultura mundial se realizó un nuevo estudio para calcular las emisiones producidas por los cambios en el uso de la tierra, el cual reveló que el etanol a base de maíz aumentaría las emisiones de gas de efecto invernadero en alrededor del 100 por ciento durante unos 30 años y continuaría con las emisiones por 167 años (Searchinger y otros 2008). A medida que el entusiasmo inicial por los biocombustibles se va atemperando debido a la preocupación por la solución de compromiso entre lo social y lo medioambiental en aquellos lugares que se destinarían a cultivos energéticos, varios gobiernos que hicieron obligatorio el uso de la mezcla de combustibles, revieron recientemente sus objetivos o consideraron incorporar condiciones relativas a fuentes sostenibles.

El desarrollo de normas a nivel mundial que establezcan principios de sostenibilidad y criterios para la toma de decisiones, será un paso importante hacia las decisiones políticas apropiadas, cuando estas se apliquen en combinación con mejores herramientas biogenéticas de mapeo y una mayor comprensión de prerequisites y necesidades locales. Los proyectos para la producción de biocombustibles en pequeña escala, con el objetivo de promover el autoabastecimiento energético rural en el mundo en desarrollo, plantean un desafío a la creatividad frente al escenario dominante de biocombustibles destinados a cubrir las necesidades del transporte mundial. (UN- Energy 2007). Quedará pendiente, como una cuestión importante para los próximos meses y años, evaluar si estos esfuerzos se verán traducidos en una estrategia

efectiva que cubra las necesidades de energía rural y que al mismo tiempo mejore las fuentes de sustento y la integridad de los ecosistemas.

### El ciclo de la pobreza y la degradación ambiental

La degradación del medio ambiente ha creado riesgos e inseguridad en todo el planeta. Aún así el mayor peso recae en las regiones más empobrecidas y en las comunidades marginales e indígenas (Levin y otros 2008). De persistir estas tendencias, los efectos negativos del cambio climático y de los ecosistemas continuarán impidiendo el bienestar de al menos 2 mil millones de personas en el mundo y reducirán las posibilidades de un futuro mejor (Véase Cambio climático, Capítulo tres) (WRI 2008). Así y todo, los intentos por mitigar la desaceleración actual de la economía mundial han costado mucho más que el dinero destinado a la ayuda oficial para el desarrollo (Véase Gobernanza ambiental, Capítulo seis) (Ban 2008).

Entre la pobreza y el medio ambiente existen vínculos complejos. Sabemos bien que la degradación de los ecosistemas y el agotamiento de los recursos naturales se ven agravados por factores sociodemográficos, en particular cuando están combinados con la pobreza (WRI 2008, UN 2008). La coincidencia del rápido crecimiento de la población con la degradación del medio ambiente ha enfatizado la importancia de comprender los complejos vínculos entre las sociedades, los ecosistemas y la gobernanza. Mientras que los cambios generales ocasionados por los hombres a los ecosistemas produjeron beneficios importantes para el bienestar humano y el desarrollo económico, estos beneficios no han sido distribuidos equitativamente: se produjeron a costas de la seria y creciente degradación por desplazamiento, de mayores riesgos de cambios no lineales, y de la exacerbación de la pobreza entre las poblaciones más vulnerables (Holden y otros 2006, WRI 2008, Hazell y Wood 2008).

Para la mayoría de las personas en los países en desarrollo, especialmente aquellos que viven en zonas rurales, los ambientes naturales en funcionamiento son una parte esencial de sus estrategias de sustento. La relación equilibrada entre las personas y los ecosistemas en funcionamiento es crucial cuando abordamos la gestión sostenible de los ecosistemas y la reducción de la pobreza (IAASTD 2008, WWF 2008, UNEP 2007). Los ingresos obtenidos de la naturaleza corresponden a más de la mitad del ingreso total para las zonas rurales pobres del mundo (WRI 2008). Se estima que 90 por ciento de los pobres que habitan zonas rurales dependen de los bosques para obtener, como mínimo, una parte de sus

ingresos (WRI 2005). En las zonas rurales de África, la agricultura de baja escala, eje de las economías de los países en desarrollo, es la principal fuente de ingresos para más del 90 por ciento de la población (UN 2008). En función de esta dependencia crucial, las regiones empobrecidas y las comunidades rurales indígenas han sufrido la degradación y las condiciones cambiantes del clima y los ecosistemas de forma constante y desproporcionada.

La proporción de poblaciones rurales en la pobreza aumenta marcadamente en lugares marginales para la productividad agrícola, lejos de los servicios y expuestos a los desastres naturales. En estas condiciones, las personas se ven muchas veces obligadas a sobreexplotar los recursos que los rodean para poder sobrevivir (Hazell y Wood 2008). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación calcula que se pierden todos los años 7,8 millones de hectáreas de bosques por el cultivo de subsistencia en las laderas de las montañas y por los cambios en los cultivos como producto de la baja en el rendimiento de las tierras agrícolas tradicionales (FAO 2008, FAO 2008b). Las presiones impuestas por la práctica de la agricultura de baja productividad, el exceso de pastoreo, el desmonte y la quema, la explotación minera del suelo, la deforestación y expansión en zonas forestadas amenazan no sólo el equilibrio ecológico de recursos naturales cada vez más frágiles, sino también el sustento y el bienestar de las comunidades que dependen de estos ecosistemas. El resultado es un círculo vicioso, en el cual la pobreza contribuye a la degradación de los ecosistemas y la degradación de los ecosistemas contribuye a perpetuar e intensificar la pobreza (Wade y otros 2008).

### La importancia de la gestión de ecosistemas en la reducción de la pobreza

El enfoque ecosistémico para aliviar la pobreza ha recibido atención considerable en los últimos años. La integración de las cuestiones ambientales con la gestión de los ecosistemas como estrategias para disminuir la pobreza se ha tornado fundamental para los programas de desarrollo sostenible (UNDP 2007, WRI 2008, Svadlenak-Gomez y otros 2007). Dada la enorme disparidad entre los ingresos promedio y aquellos en las zonas rurales pobres, y la importante relación que estas poblaciones tienen con la tierra y con los ecosistemas naturales, las estrategias de desarrollo tienen pocas posibilidades de éxito si no se valoran las circunstancias, el conocimiento, la capacidad y las necesidades ambientales de las poblaciones rurales pobres.

Con un viraje deliberado hacia un régimen fuerte de gobernanza, la gestión de ecosistemas podría conver-

tirse en un poderoso modelo comercial basado en la naturaleza que produzca beneficios sociales y económicos para los pobres, que mejore los recursos naturales y que sostenga a los ecosistemas que proveen servicios esenciales a escala regional y global (WRI 2008). Hasta ahora, los segmentos más pobres y vulnerables de la sociedad no tienen los medios necesarios ni el empoderamiento para llevar a cabo emprendimientos basados en la naturaleza que mejoren su bienestar. Aún en aquellos lugares donde los recursos son abundantes, las elites se apropian de las ganancias y empobrecen a las comunidades rurales y a los ecosistemas locales (Gardiner 2008, FAO 2007).

El desarrollo de las comunidades rurales pobres requiere estrategias innovadoras y procesos que promuevan los intereses locales mientras se crea capacidad local. Estos eran desafíos inherentes a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, pero el impulso para alcanzarlos se está debilitando.

Es necesario actuar en forma urgente. Estamos frente a una crisis económica mundial y a una crisis de seguridad alimentaria, ambas inciertas en cuanto a la magnitud y duración. Mientras tanto, el cambio climático se ha vuelto más visible, generalmente aparece en un segundo plano, pero cada vez más lo hace como un fenómeno que no se puede ignorar. Estos hechos afectarán directamente nuestros esfuerzos por reducir la pobreza: la desaceleración económica disminuirá los ingresos de los pobres, la crisis alimentaria hará crecer el número de hambrientos en el mundo y empujará a millones a una mayor pobreza, y el cambio climático tendrá un efecto extremo en los pobres. No debemos permitir que la necesidad de hacer frente a estas cuestiones, acuciantes por cierto, nos desvíen de nuestros esfuerzos para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio a largo plazo (UNDESA 2008).



Mujeres agricultoras cosechando hojas de té en una plantación de té en Java Occidental, Indonesia  
Fuente: M. Edwards/ Still Pictures

## NUEVOS PARADIGMAS DE GESTIÓN

Las prácticas de gestión de los ecosistemas continúan evolucionando junto con el desarrollo científico, llevando a reconsiderar los principios y valores fundamentales y la naturaleza específica de las intervenciones de gestión. Finalmente, el problema subyacente es bastante simple: los enfoques de gestión que no respondan y no se adapten más rápido a los cambios de los ecosistemas, fracasarán invariablemente, como lo harán las sociedades que se conformen con dichas gestiones.

El desafío es de proporciones enormes, pero los nuevos avances ofrecen una esperanza. Cuanto más cerca estemos de disponer de un panorama preciso y holístico de la distribución de los costos y beneficios de los ecosistemas, así como de las soluciones de compromiso de nuestras acciones, en mejor posición estaremos para dar respuestas.

## Degradación, conservación y productividad

Durante las próximas cuatro décadas la cantidad de tierra de cultivo disponible caerá a menos de 0,1 hectáreas por persona debido a los límites biológicos, lo que implicaría la necesidad de una mayor productividad agrícola, inalcanzable a través de los medios convencionales (Montgomery 2008). El tema se ha vuelto urgente debido a la disminución de la calidad de la tierra en todo el mundo como resultado de los distintos sistemas de agricultura intensiva. El problema de la degradación del suelo que, a excepción de un 16 por ciento, afecta a todas las tierras de cultivo del mundo, tiene efectos graves en la productividad agrícola y en los servicios de los ecosistemas más amplios, incluso en la biodiversidad. (Hazell y Wood 2008).

Nuevas investigaciones científicas se concentran en las formas de manejo agrícola integradas espacialmente. Esto implicaría dejar de lado los modelos convencionales de la segregación en el uso de la tierra, en los cuales algunas zonas quedan completamente destinadas a la producción de alimentos, mientras que otras son preservadas o dedicadas a otros usos (Scherr y McNeely, Holden y otros 2008). Durante décadas se pensó que la conservación de la biodiversidad y la productividad agrícola eran incompatibles y que cumplían propósitos muy diferentes. Pero la práctica de la ecoagricultura desafía esos conceptos. Su propuesta es transformar las plantaciones de monocultivos, con grandes insumos y en gran escala, en sistemas más diversificados, con bajos insumos e integrados con el paisaje.

Dada la necesidad de estructuras de política, gestión y gobernanza, estos nuevos mosaicos ecoagrícolas del

uso de la tierra podrían apuntalar la biodiversidad y, al mismo tiempo, cubrir la creciente demanda de mayores servicios de los ecosistemas y alcanzar el objetivo primordial de la sostenibilidad agrícola (Scherr y McNeely 2008). Al tomar la producción de alimentos como uno más de los muchos servicios posibles de los ecosistemas, la ecoagricultura de alguna manera alienta a los detentores de la tierra a cultivar aire limpio, agua dulce, suelo rico y diversidad biológica, además de alimentos (**Recuadro 2**).

En el pasado se practicaron formas de ecoagricultura a escalas impresionantes: las tierras de Terra Preta en el Amazonas Central contienen aproximadamente tres veces más materia orgánica, nitrógeno y fósforo y 70 veces más carbón vegetal, en comparación con las tierras adyacentes. Los suelos de Terra Preta fueron generados por poblaciones nativas precolombinas al agregar gran cantidad de residuos de carbón, desechos orgánicos, excrementos y huesos. La generación y utilización a gran escala de suelos como los de Terra Preta disminuiría la presión sobre los bosques vírgenes que están siendo talados en forma extensiva para uso agrícola. Esto mantendría la biodiversidad y mitigaría tanto la degradación de la tierra como el cambio climático y, de realizarse de manera apropiada, podría aliviar problemas de desechos y sanitarios en algunas comunidades. (Glaser 2007).

## Optimizar los incentivos financieros

El Cuarto Informe de las Perspectivas del Medio Ambiente Mundial destacó el rol crucial que el medio ambiente puede jugar para hacer posible el desarrollo y el bienestar humano. También brindó argumentos convincentes en cuanto a que los ecosistemas de la Tierra, junto con los bienes y servicios que proveen, ofrecen enormes oportunidades económicas valuadas en billones de dólares (UNEP 2007). Esta conclusión refuerza el creciente movimiento a favor de incorporar los inventarios de nuestro capital natural y de nuestros activos naturales en los esfuerzos por desarrollar y ejecutar la gestión de los ecosistemas.

En los últimos años, el interés y la investigación científica respecto de la evaluación de los servicios de los ecosistemas, en especial la evaluación biofísica, crecieron considerablemente (Cowling 2008). La valuación de los servicios de los ecosistemas creó las bases para nuevas intervenciones financieras e incentivos económicos como instrumentos poderosos para ayudar a regular el uso de los servicios y bienes de los ecosistemas y a redistribuir el flujo de beneficios.

## Recuadro 2: Paisajes seminaturales y culturales: reservas de biodiversidad y servicios de ecosistemas

Muchas veces la conservación de la biodiversidad y de los paisajes se plantea como una solución de compromiso entre los humanos y la naturaleza: la naturaleza virgen, prístina, es considerada óptima, mientras que la influencia del hombre en el ecosistema se ve como una intrusión no deseada. Los programas de conservación que limitan el impacto humano en los ecosistemas naturales son importantes, pero la conservación de paisajes seminaturales es también necesaria tanto para la biodiversidad, como para los servicios del ecosistema.

Históricamente han existido muchos paisajes seminaturales desarrollados por el uso tradicional de la tierra, durante largos períodos. Estos ecosistemas seminaturales, o paisajes culturales, están relacionados con actividades de sustento tradicional. Los tipos de paisajes culturales más comunes, las praderas y los bosques, se mantienen en forma estable aunque artificial, a través de actividades como el pastoreo, la recolección de forraje, la limpieza del suelo del bosque y la recolección de recursos forestales. Estas actividades alteran características ambientales del paisaje que son importantes, incluyendo los niveles de humedad, la penetración de la luz, los regímenes de temperatura y los ciclos de nutrientes. Muchos de estos lugares tienen una gran biodiversidad y, lo que es aún



La cuenca de Coon Creek, en el sudeste de Wisconsin, fue en un tiempo una de las regiones de mayor erosión de los Estados Unidos. Los progresos en la restauración de los suelos y tierras agrícolas han revitalizado tanto la forma como la función de este impresionante paisaje. Fuente: Jim Richardson

más importante, contienen un porcentaje más alto de especies raras y en peligro que las plantaciones de monocultivos o los ecosistemas naturales en las márgenes de zonas cultivadas.

Los paisajes culturales fueron manejados tradicionalmente para proveer un servicio de ecosistema en particular. Las praderas de pastoreo en Europa, por ejemplo, se han manejado para la producción de pasturas y forrajes para el ganado doméstico. Los pueblos indígenas de América utilizaban la quema controlada de los bosques para obtener praderas boscosas para el pastoreo de los ciervos. En América del Norte se preservan parcelas boscosas para la producción del jarabe de arce. En Asia Central los bosques naturales de frutas y frutos secos fueron manejados para mejorar la producción de estos importantes alimentos.

La mayoría de los ecosistemas de Europa son manejados total o parcialmente. Sin embargo, estos ecosistemas seminaturales disminuyeron tanto en calidad como en cantidad en el último siglo. En Finlandia, por ejemplo, los bosques y las praderas manejados tradicionalmente son los hábitats más amenazados, siendo que la mayoría de estos paisajes están hoy en peligro crítico. Al mismo tiempo, alrededor de un tercio de todas las especies en peligro en Finlandia se encuentra fundamentalmente en los bosques y praderas de pastoreo amenazados y en peligro.

Al perder estos paisajes, no solo perdemos un importante hábitat para las especies, si no también paisajes que tienen un alto valor cultural. Estos paisajes tienen una estética y un valor histórico irremplazables al brindar servicios culturales. Los paisajes seminaturales y culturales han inspirado a grandes pintores, músicos y poetas, y ayudan a formar la identidad cultural de los pueblos. Resulta evidente la importancia del valor estético de los paisajes culturales para el turismo y para atraer nuevos residentes provenientes de las zonas urbanas.

¿Qué significa esto para el futuro manejo de los ecosistemas, cuando el impacto humano se siente en cada ecosistema de la Tierra? Aunque los seres humanos han sido responsables de cambios enormes en el medio ambiente y de extinciones en gran escala, nuestros valiosos paisajes culturales muestran que las personas pueden manejar los ecosistemas en forma sostenible. Aunque también necesitamos lugares naturales, quizás sea tiempo de revisar el pasado para aprender cómo manejarlos en el futuro.

Fuentes: Wittemyer y otros 2008, Lindborg y otros 2008, Furuta y otros 2008, MOE 2007, Raunio y otros 2008, Kareiva 2007, Merchant 2005, Schama 1995

Entre todas las posibilidades existentes, hay un instrumento en rápida evolución llamado “pago por servicios ambientales” (PSA) que tiene buen futuro. El objetivo del mismo es asegurar que las personas, grupos y comunidades sean compensados por sus esfuerzos en proteger las funciones más importantes de los ecosistemas. Este enfoque ofrece la plataforma institucional necesaria para que las poblaciones pobres y marginales se comprometan con el buen manejo de los ecosistemas mientras reclaman los beneficios económicos u otros beneficios que surjan (WRI 2008). Las nuevas iniciativas para optimizar los acuerdos PSA ofrecen la promesa de alcanzar el progreso ecológico y social sin renunciar al objetivo principal de equilibrar la conservación y el desarrollo (Tallis 2008, Svadlenak-Gomez 2008). Mediante el uso de rigurosos monitoreos y programas apropiados de valuación de la ecología y del bienestar humano, los programas PSA podrían brindar una solución a la tendencia de pasar la carga de los daños a los ecosistemas a las poblaciones pobres y vulnerables, y a las generaciones futuras (Schultz 2008, WRI 2008, Hazell y Wood 2008).

### Compensaciones para la reducción de la deforestación

Existe consenso entre científicos y expertos en cuanto a que la conservación de los bosques tropicales representa una de las prioridades fundamentales de manejo de los ecosistemas de nuestro tiempo. Sin embargo, la destrucción forestal continúa al increíble ritmo de 13 millones de hectáreas por año, superficie equivalente a la mitad del Reino Unido. Atribuida principalmente a la conversión de la tierra y a la expansión de la agricultura, la pérdida de los bosques tropicales produce la emisión del 17 por ciento de todos los gases de efecto invernadero, lo que a su vez constituye una de las principales causas del calentamiento global (Ceccon y Miramontes 2008, IPCC 2007). Hasta hace poco el rol fundamental de los bosques tropicales de influir y moderar potencialmente el cambio climático era solo una conjetura: ahora es una realidad observable.

El reconocimiento de esta situación dio lugar al concepto de “reducción compensada”. La reducción de las emisiones provocadas por deforestación y degradación de los bosques (REDD por sus siglas en inglés) promueve evitar la deforestación como actividad necesaria para entrar en el mercado regulado internacional de carbono.

Los pagos compensatorios por el carbono estimularían a los países en desarrollo a reducir y estabilizar la deforestación nacional por debajo de los niveles históricos determinados con anterioridad (Véase Gobernanza ambiental, Capítulo seis).

Los entusiastas defensores del sistema REDD piensan que ofrecerá un escenario decisivo para dar nuevos incentivos que reduzcan la emisión de los gases de efecto invernadero y esto, a su vez, permitiría alcanzar varios objetivos complementarios: conservación de la biodiversidad, protección de las cuencas hidrográficas, creación de capacidad en naciones con bosques tropicales y alivio de la pobreza en comunidades rurales. En principio, las compensaciones para la reducción de la deforestación deberían aumentar el bienestar de los pobres, al brindar a las comunidades rurales acuerdos estables y de largo plazo de participación en los ingresos, como así también la obtención de otros beneficios no financieros. Sin embargo, en la práctica, estos sistemas podrían presentar riesgos nuevos para estas poblaciones de por sí ya vulnerables, incluyendo el acceso restringido a la tierra, conflictos sobre los recursos, centralización del poder y efectos distorsivos en los sistemas económicos

locales (Preskett y otros 2008). Aunque las propuestas de mecanismos existentes para REDD enfatizan el otorgamiento de beneficios a favor de los pobres y de beneficios sociales complementarios, la mayoría parece dejar librado al azar el logro de estos fines.

### De la crisis alimentaria al renacimiento de la agricultura

En la primavera de 2008, los bruscos aumentos de precio de los alimentos básicos, que pusieron en riesgo la vida de decenas de millones de personas, provocaron manifestaciones y disturbios en 37 países (Gidley 2008). Estos hechos podrían señalar la llegada de una era en la cual las ya viejas desigualdades relativas han llegado a un punto de quiebre para los pobres del mundo.

Está demostrado que la gestión de los ecosistemas y la seguridad alimentaria están íntimamente ligadas. En muchas regiones ya no sobran los recursos necesarios para vivir, ni hay margen de error para la ecología. Mientras las sociedades luchan por porciones de tierra fértil e irrigable, que son cada vez menores, así como por los lugares tradicionales de pesca, las amenazas aceleradas de cambio climático, colapso de los ecosistemas y estrés de la población, han convergido de tal forma que ponen en duda la disponibilidad de alimentos en el futuro (**Recuadro 3**). Los debates son enérgicos y muy polémicos, pero el tema de la seguridad alimentaria produjo pánico político mundial en 2008 y sin dudas continuará ocupando gran parte de la agenda internacional en los próximos años.

Hay consenso creciente dentro de la comunidad internacional sobre la necesidad de reorganizar y racionalizar el actual sistema agrícola mundial; algunos reclaman una nueva revolución agrícola (Montgomery 2008, Wade y otros 2008). Mientras que las cuestiones en juego son complejas e involucran distintas circunstancias geopolíticas y agro-ecológicas, las diferencias subyacentes no son difíciles de identificar: o se intensifica la agricultura con mayor uso de productos químicos e insumos tecnológicos o se cambia hacia un enfoque de ecoagricultura integrada, a escala anidada (Hazell y Wood 2008).

No se niegan los logros obtenidos mediante la intensificación de la agricultura entre mediados y fines del siglo XX. Los avances económicos y sociales que caracterizan hoy a India, China y gran parte de América Latina se deben, en gran medida, a la intensificación de la agricultura. El problema es que mientras el sistema agrícola mundial resultante es innegablemente más productivo, en el sentido que tenía mediados del siglo XX, la práctica del mismo aceleró la erosión y salinización del suelo, la nitrificación de los cuerpos de agua y el uso excesivo de plaguicidas sintéticos, con la consecuente pérdida del control natural

### Recuadro 3: Evitar el colapso de los ecosistemas marinos mediante derechos a cuotas de pesca

Durante décadas la pesca global ha ejercido una enorme demanda de los bienes y servicios de los océanos del mundo, lo cual se está volviendo cada vez más difícil de sostener. Un estudio reciente, que sintetiza 17 conjuntos de datos mundiales de numerosos factores de cambio climático inducidos por los seres humanos, utilizó un modelo anidado en escala espacial para hacer un mapeo de la extensión de los impactos de actividades humanas sobre los ecosistemas marinos a nivel mundial. Los resultados fueron nefastos, ya que revelaron que los seres humanos influyeron negativamente en todos los ecosistemas examinados, y que el 41 por ciento de ellos fue afectado por más de un factor inducido por los seres humanos.

A medida que la pesca comercial en todo el mundo se acerca al colapso generalizado, debido a la sobreexplotación sistemática y a una mala administración durante años, se han levantado voces a favor de un enfoque ecosistémico para el manejo de las pesquerías. Hubo un progreso gradual en cuanto a la mejora de la evaluación de las reservas y de los indicadores espaciales del estado del ecosistema, lo cual permitió que algunas limitaciones a la pesca de determinadas especies resulten más creíbles desde el punto de vista científico. Sin embargo, muchos de los problemas inherentes a la sobreexplotación pesquera quedaron institucionalizados por políticas pesqueras débiles y por la ausencia sistemática de una buena administración de los recursos. Esta carencia dejó marginados a muchos pescadores artesanales, quienes se vieron forzados a realizar otras actividades relacionadas con la economía marítima.

El movimiento a favor del uso del enfoque ecosistémico ha sido análogo a los esfuerzos por estimular estrategias de manejo en base a recompensas e incentivos regulatorios que promuevan la buena administración. Un estudio reciente realizado por la Universidad de California, Santa Bárbara (UCSB) se muestra a favor de una solución innovadora y controvertida: "los derechos a cuotas de pesca". Esta propuesta ofrece incentivos que promueven el comportamiento ecológico responsable al garantizar a cada pescador una parte fija del total de la cuota de pesca permitida. Al otorgar a los pescadores una participación en los recursos naturales (y la responsabilidad sobre los mismos) es probable que los objetivos regulatorios y de manejo, incluso la sostenibilidad, estén mejor alineados con los incentivos económicos de los usuarios de los recursos. Al igual que las acciones corporativas, las cuotas de pesca se pueden comprar y vender, y están sujetas a las señales de oferta y demanda del mercado, creando así un incentivo para la buena administración. En la medida en que mejore el manejo de las pesquerías y la población de peces aumente, también aumentará el valor de las cuotas de pesca.



Pescadores artesanales en el Río Zambeze arrojan una red para la pesca del día. Fuente: David Gough/IRIN

El estudio de la UCSB, que analizó datos provenientes de 11 135 pesquerías en el mundo, halló una sorprendente relación entre las pesquerías que implementaron las cuotas de pesca y la disminución, y en algunos casos la reversión, de la tendencia hacia el colapso del ecosistema. El estudio plantea que los programas bien diseñados de cuotas de pesca, que permiten asegurar los derechos de los pescadores sobre los recursos, reducen entre un 9,0 y un 13,7 por ciento la probabilidad de un colapso. Además de abordar el problema de la pesca desmedida y el comportamiento del ecosistema, varios programas de cuota de pesca instrumentados en Nueva Zelanda, Canadá, México, Chile y EE.UU. mostraron un aumento en la capacidad de los individuos y de las comunidades pesqueras para mejorar sus ingresos.

Fuente: Costello y otros 2008, Festa y otros 2008, Halpern y otros 2008, Mutsert y otros 2008

de plagas y de otros servicios del ecosistema que afectan la sostenibilidad de la agricultura. También, los defectos de distribución de los sistemas agrícolas han dejado a poblaciones enteras en situación vulnerable ante cimbronazos por el suministro de alimentos, como los que vimos en 2008 (Surowiecki 2008). A pesar de los altos rendimientos de las cosechas en muchos países, todavía enfrentamos vastas brechas persistentes y cada vez mayores, en cuanto a la capacidad de las sociedades de alimentarse a sí mismas, y peor aun, cuando se trata de proteger los recursos y servicios de los ecosistemas para el futuro (Hazell y Wood 2008). Para la mayoría de los países en desarrollo la pobreza arraigada, y cada vez más profunda, se debe al hecho de que millones de agricultores de pequeña escala, muchos de los cuales son mujeres, simplemente no pueden producir suficiente alimento para mantener a sus familias, comunidades o países (AGRA 2008, Ngongi

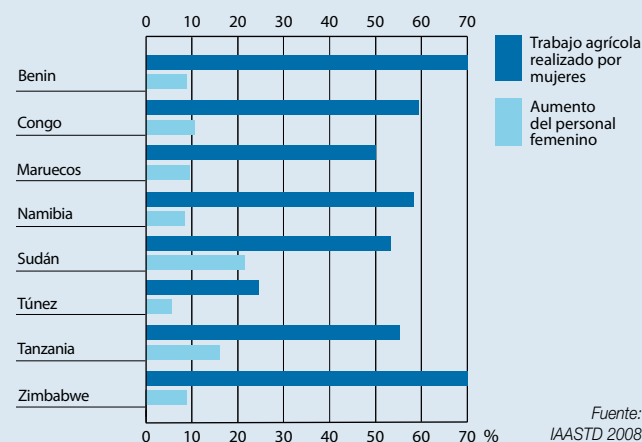
2008) (**Recuadro 4**). El rendimiento que se obtiene en la economía de escala en los sistemas de agricultura intensiva no es aplicable para estas familias y comunidades (Dossani 2008).

Mientras la población humana sigue creciendo y la tierra disponible para la producción agrícola disminuye, los costos y los esfuerzos que se requieren para evitar una crisis alimentaria mundial aun más aguda, serán inevitablemente mayores para los países en desarrollo. Es posible que en África se esté dando una nueva apropiación de tierras, con gobiernos ricos y corporaciones disputándose alguna de las últimas tierras baratas que quedan en el mundo, con la esperanza de asegurar su propia provisión de alimentos o biocombustibles en el largo plazo. En 2008, varios países entre los que se incluyen Sudán, Etiopía y Madagascar se vieron envueltos en transacciones de grandes extensiones de tierra,

#### Recuadro 4: El rol de la mujer en la agricultura en los países en desarrollo

Una mujer que carga a su hijo se prepara para plantar en el grupo Mshikamano de mujeres agricultoras en Bagamoyo, Tanzania, donde aproximadamente 30 mujeres comparten un pequeño terreno para la producción de frutas y verduras. Las relaciones de género construidas socialmente en la agricultura conforman dinámicas importantes para la existencia de sistemas agrícolas globales y son un desafío formidable para la actual reestructuración de la agricultura. En la mayoría de los países en desarrollo el porcentaje de mujeres dedicadas a la producción agrícola y a las actividades posteriores a la cosecha es muchísimo más alto que el de los hombres, mientras que sucede lo opuesto en cuanto a los servicios de manejo agrícola. Con la proliferación de la agricultura irrigada orientada a la exportación y mal paga, es cada vez mayor la demanda de trabajo femenino. Estos cambios trajeron algunos beneficios, pero es necesario mejorar la situación de las mujeres rurales en todo el mundo. Si no pueden acceder a actividades agrícolas mejor pagas, seguirán enfrentando el deterioro de su salud, de las condiciones laborales, del acceso a la educación, y de sus derechos a la tierra y a los recursos naturales.

Fuente: Tara Thompson



cuyos detalles han permanecido bien ocultos, haciendo que muchos dudaran de la existencia de salvaguardas para las poblaciones locales en dichas operaciones (Borger 2008). Una nueva tendencia es la producción industrial de alimentos en un país, cultivados por otro. Sudán exporta trigo a Arabia Saudita, sorgo para camellos a los Emiratos Árabes Unidos, y trigo, frijoles, papas, cebollas, tomates, naranjas y bananas a Jordania. Sudán provee la tierra mientras que sus vecinos proveen dinero, gestión, ciencia y equipamiento (Gettleman 2008).

Varias instituciones y organismos de investigación están ejerciendo presión para que se revea el rol de la agricultura en el logro de un desarrollo equitativo y sostenible. Cada vez más abogan a favor de enfoques agrícolas que reconozcan la importancia de los múltiples servicios de los ecosistemas. Una extensiva evaluación intergubernamental del conocimiento sobre agricultura, ciencia y tecnología, publicada en el 2008, defiende dejar de lado en forma definitiva las mejoras a la producción en base al uso de la tecnología para centrar la atención en las necesidades de los pequeños productores en ecosistemas diversos, en particular en las zonas que son altamente vulnerables al cambio de los ecosistemas. Mientras que reconoce que los pobres son los que menos se beneficiaron con el aumento de la productividad, el estudio sostiene la necesidad de mejorar los medios de vida en las zonas rurales, fortalecer a las partes marginadas, mejorar los servicios de los ecosistemas, integrar los distintos conocimientos y ofrecer a los pobres un acceso más equitativo al mercado (IAASTD 2008).

En noviembre de 2008, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

llamó a realizar un plan de acción inmediato para un nuevo "Orden Agrícola Mundial", a fin de asegurar que la producción cubra la creciente demanda frente al cambio climático, y que al mismo tiempo salvaguarde los objetivos hacia el manejo sostenible de los ecosistemas (FAO 2008). La FAO propuso un nuevo sistema de gobernanza para la seguridad alimentaria mundial y para el comercio agrícola, que ofrezca la posibilidad de ganarse la vida dignamente a los agricultores de los países desarrollados y en desarrollo (Diouf 2008).

En este Nuevo Orden Agrícola, ¿podremos aprender de las experiencias de la agricultura de grandes insumos y alta productividad para definir un sistema ecoagrícola racional? Mientras que por un lado es posible que los insumos tecnológicos y químicos mantengan la producción agrícola funcionando a corto plazo, por otra parte resulta cada vez más difícil de sostenerlos (Véase Sustancias nocivas y desechos peligrosos, Capítulo dos) (Montgomery 2008, Pretty 2008). Tarde o temprano, la realidad existente obligará a los responsables del nuevo paradigma agrícola a lograr el equilibrio entre la producción y la integridad del ecosistema. Si logramos alcanzar el equilibrio prontamente, evitaremos las situaciones de cimbronazos y pánico que resultan de las prácticas comerciales habituales (Montgomery 2008).

#### CONCLUSIÓN

Al acercarnos al final de la primera década del siglo XXI, vemos que casi todos los ecosistemas del planeta han sufrido modificaciones importantes tanto en su estructura como en su función (Seastedt y otros 2008). En mayor o menor escala todos han sido afectados negativamente

por la actividad humana. Los impactos producidos por los seres humanos de mayor alcance incluyen deforestación extensiva, conversión y fragmentación de la tierra, desertificación, alteración de los sistemas de agua dulce, contaminación y sobreexplotación de los sistemas marinos, carga excesiva de nutrientes, cambios serios en la distribución de especies y pérdida de la biodiversidad. Dada la influencia de la humanidad acumulada en los sistemas ecológicos de la Tierra, con la consecuente alteración de procesos vitales (en especial los ciclos de carbono, agua, nitrógeno y fósforo), describir como precarias e inciertas las perspectivas futuras de los ecosistemas del planeta sería demasiado optimista.

En lugar de continuar con las prácticas comerciales habituales que permiten que se produzcan daños ambientales y sociales en cascada como resultado de la mala administración de los ecosistemas, deberíamos diseñar sistemas de gestión de ecosistemas que minimicen el desperdicio de los recursos, maximicen la capacidad de las comunidades de autoabastecerse y optimicen el acceso de las poblaciones más vulnerables a nuevas oportunidades para que creen capacidad de recuperación. El enfoque de gestión de los ecosistemas desde una perspectiva industrial aumentó la productividad, pero a un alto costo en cuanto a la calidad del suelo, del agua, de la atmósfera y de la salud ecológica. En base a estudios revelados en 2005 por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, los nuevos enfoques que están siendo considerados sugieren que se puede desacoplar la productividad de la degradación ambiental. El alcance inminente de los umbrales críticos requiere que este desacople se realice de inmediato.

## REFERENCIAS

AGRA (2008). Revitalising Small-Scale Farming Across Africa. Alliance for a Green Revolution in Africa, 2008. <http://www.agra-alliance.org/> [Accessed 20 November 2008]

Ban, K.M. (2008). A difficult time for world economy, global solidarity more important than ever. Secretary-General Press Release for European Development Day in Strasbourg, November 15, 2008 [http://www.unrussells.org/SS\\_SM\\_11929.pdf](http://www.unrussells.org/SS_SM_11929.pdf) [Accessed 24 November 2008]

Beerling, D.J. and Osborne, C.P. (2006). The origin of the savanna biome. *Global Change Biology* 12, 2023-2031

Borger, J. (2008). Rich countries launch great land grab to safeguard food supply. *The Guardian* 22 November 2008

Ceccon, E. and Miramontes, O. (2008) Reversing deforestation? Bioenergy and society in two Brazilian models. *Ecological Economics* 67, 311-317

Chakraborty, A. (2008). Secret report: biofuel caused food crisis: Internal World Bank study delivers blow to plant energy drive. *The Guardian*, July 4, 2008 <http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jul/03/biofuels.renewableenergy> [Accessed 24 November 2008]

Costello, C. Gaines, S.D. and Lynham, J. (2008). Can Catch Shares Prevent Fisheries Collapse? *Science* 321, 1678-1681

Cotula, L., Dyer, N. and Vermeulen, S. (2008). Fuelling exclusion? The biofuels boom and poor people's access to land. IED, London

Cowling, M.R., Ego, B., Knight, T.A., O'Farrell, J.P., Reyers, B., Rouget, M., Roux, J.D., Welz, A. and Wilhelm-Rechman, A. (2008). An operational model for mainstreaming ecosystem services for implementation. *Proc. Natl. Acad. Sci. PNAS* 105(28), 9483-9488

Dakos, V., Scheffer, M., Van Nes, E.H., Brovkin, V., Petoukhov, V. and Held, H. (2008). Slowing down as an early warning signal for abrupt climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. PNAS* 105(38), 14308-14312

Devi, N., Hagedorn, F., Moiseev, P., Bugman, H., Shiyatov, S., Mazepa, V. and Rigling, A. (2008). Expanding forests and changing growth forms of Siberian larch at the Polar Urals treeline during the 20th century. *Global Change Biology* 14(1): 1581-1591

Dietz, T. and Henry, A.D. (2008). Context and the commons. *Proc. Natl. Acad. Sci., PNAS* 105(36), 13189-13190

Diouf, J. (2008). FAO Reform: Director-General Diouf Calls for New World Agricultural Order. Food and Agricultural Organization of the United Nations Press Release, November 19, 2008 <http://www.climate-l.org/2008/11/fao-reform-dire.html> [Accessed 21 November 2008]

Dossani, S. (2008). Human Need and Corporate Greed, Understanding the Call for a New Green Revolution in Africa. Africa Action Special Guest Paper Series, Africa Action, August 2008

Ejigu, M. (2008). Toward energy and livelihoods security in Africa: Smallholder production and processing of bioenergy as a strategy. *Natural Resources Forum* (32), 152-162

FAO (2007). The State of Food and Agriculture: Paying Farmers for Environmental Services. Food and Agricultural Organization of the United Nations.

FAO (2008). Soaring Food Prices: Facts, Perspectives, Impacts and Actions Required. Report of High-level Conference on World Food Security: The Challenges of Climate Change and Bioenergy 3-5 June, Rome, Italy. Food and Agricultural Organization of the United Nations.

FAO (2008b). Global Forests Resources Assessment. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy

Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S. and Hawthorne, P. (2008). Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. *Science* (319), 1235-1238

Festa, D., Regas, D. and Boomhooer, J. (2008). Sharing the Catch, Conserving the Fish. *Issues in Science and Technology*, Winter 2006, 75-84

Furley, P.A. (1992). Edaphic changes at the forest-savanna boundary with particular reference to the neotropics. In: *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries* (ed. Furley, P.A.), 91-117. Chapman & Hall, London

Furuta, N., Iwatsuki, K., Nishida, H. and Kawamichi, M. (eds) (2008). Conserving Nature: A Japanese Perspective. Biodiversity Network Japan. 79p. <http://www.cbd.int/doc/external/cop-09/bnj-nature-en.pdf> [Accessed 10 November 2008]

Gardiner, B. (2008). Paying For Forests. GLOBE Forestry Dialogue, September 2008

Garnett, T.S., Sayer, J. and Du Toit, J. (2007). Improving the Effectiveness of Interventions to Balance Conservation and Development: A Conceptual Framework. *Ecology and Society* 12(1): 2

Gettleman, J. (2008). Darfur Withers as Sudan Sells Food. *New York Times* August 10, 2008

Gidley, R. (2008). Where's the global food crisis taking us? Reuters <http://www.enn.com/agriculture/article/37559/print> [Accessed 21 October 2008]

Glaser, B. (2007). Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. *Phil. Trans. R. Soc. B* 362, 187-196 doi:10.1098/rstb.2006.1978

Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R. and Watson, R. (2008). A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science* 319, 948-952

Hazell, P. and Wood, S. (2008). Drivers of change in global agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363, 495-515

Hobbs, P., Sayre, K. and Gupta, R. (2008). The Role of Conservation Agriculture in Sustainable Agriculture. *Royal Society Philosophical Transactions* 363(1491), 543-555

Holden, S., Otsuka, K. and Place, F. (2008). Emerging Land Markets in Africa - Implications for Poverty, Equity and Efficiency. Resources for the Future Press, Washington, D.C.

Holden, S., Barrett, T. and Hagos, F. (2006). Food-for-Work for Poverty Reduction and Promotion of Sustainable Land Use: Can it Work? *Environment and Development Economics* 11, 15-38

Homer-Dixon, T. (2007). *The Upside of Down: Catastrophe, Creativity, and the Renewal of Civilization*. Alfred A. Knopf and Random House, Canada

IAASTD (2008). Executive Summary of the Synthesis Report. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development

IPOC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK

IUCN (2008). Triggering Behavioral Changes - Bringing Values and Principles of Sustainability into Education. International Union for Conservation of Nature - World Conservation Congress Proceedings, Barcelona 2008

IUCN (2008b). Red List Reveals World's Mammals in Crisis [http://www.vector1media.com/index2.php?option=com\\_content&task=view&id=4725&pop=1&page=0&Itemid=133](http://www.vector1media.com/index2.php?option=com_content&task=view&id=4725&pop=1&page=0&Itemid=133) [Accessed 24 November 2008]

Kareiva, P., Watts, S., McDonald, R. and Bouche, T. (2007). Domesticated Nature: Shaping landscapes and ecosystems for human welfare. *Science* 316(5833): 1866-1869

Lenton, T.M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W., Rahmstorf, S. and Schellnhuber, H.J. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proc. Natl. Acad. Sci., PNAS* 105(6), 1786-1793

Levin, K., McDermott, C. and Cashore, B. (2008). The climate regime as global forest governance: can reduced emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD) initiatives pass a 'dual effectiveness' test? *International Forestry Review* 10(3), 538-49

Lindborg, R., Bengtsson, J. and Berg, A. (2008). A landscape perspective on conservation of semi-natural grasslands. *Agriculture Ecosystems and Environment* 125(1-4) 213-222

MA (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. Millennium Ecosystem Assessment.

Merchant, C. (2005). *Reinventing Eden: The Fate of Nature in Western Culture*. Routledge, New York

Milder, J.C., McNeely, J.A., Shames, S.A. and Scherr, S.J. (2008). Biofuels and Ecoagriculture: Can bioenergy production enhance landscape-scale ecosystem conservation and rural livelihoods? *International Journal of Agricultural Sustainability* 6(2), 105-121

Miller, R.M., Rodriguez, J.P., Aniskowicz-Fowler, T., Bambaradeniya, C., Boles, R., Eaton, M.A., Gärdenfors, U., Keller, V., Molur, S., Walker, S. and Pollock, C. (2006). Extinction Risk and Conservation Priorities. *Science* 313, 441

Milton, S.J. (2003). Emerging Ecosystems - A Washing-Stone for Ecologists, Economists and Sociologists? *South African Journal of Science* 99: 404-406

MOE (Government of Japan) (2007). Cabinet Decision November 27, 2008. Outline of the Third Biodiversity Strategy for Japan. Ministry of the Environment, Government of Japan. <http://www.env.go.jp/efocus/attach/071210-e.pdf> [Accessed 1 December 2008]

Molden, D. (2008). Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Earthscan/International Water Management Institute

Montgomery, R.D. (2008). *Why we need Another Agricultural Revolution. Dirt: The Erosion of Civilizations*. In Print. University of California Press

Müller, A., Schmidhuber, J., Hoogeveen, J. and Steduto, P. (2008). Some insights in the effect of growing bio-energy demand on global food security and natural resources. *Water Policy* 10 Supplement 1: 83-94

Mutsert, de K, Cowan, J.H., Essington, T.E. and Hilborn, R. (2008). Reanalyses of Gulf of Mexico fisheries data: Landings can be misleading in assessments of fisheries and fisheries ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci. PNAS* 105(7), 2740-2744

Ngongi, N. (2008). Policy Implications of High Food Prices for Africa. Alliance for a Green Revolution in Africa. <http://www.ifpri.org/pubs/books/ar2007/ar07essay03.pdf> [Accessed 10 December 2008]

Post, E., Pedersen, C., Wilmers, C. and Forchhammer, M.C. (2008). Warming, plant phenology and the spatial dimension of trophic mismatch for large herbivores. *Proc. R. Soc. B* 275, 2005-2013

Preskett, L., Huberman, D., Bowen-Jones, E., Edwards, G. and Brown, J. (2008). Making REDD Work for the Poor. Draft final report prepared for the Poverty Environment Partnership

Pretty, J. (2008). Agricultural Sustainability: Concepts, Principles and Evidence. *Royal Society Philosophical Transactions* 363(1491), 447-465

Raunio, A., Schulman, A. and Kontula, T. (eds). (2008). Assessment of Threatened Habitats in Finland: Parts I & II. The Finnish Environment 8/2008. Vammala Kirjapaino OY, Vammala. 264 pp. (part I), 572 pp. (part II)

Robbins, J. (2008). In a Warmer Yellowstone Park, a Shifting Environmental Balance. *The New York Times*, March 18, 2008

RRI (2008). Seeing People through the Trees: Scaling Up Efforts to Advance Rights and Address Poverty, Conflict and Climate Change. Rights and Resources Initiative, Washington DC

Sax, D.F. and S.D. Gains. (2008). Species invasions and extinctions: The future of native biodiversity on islands. *Proc. Natl. Acad. Sci., PNAS* 105: 11490-11487

Schama, S. (1995). *Landscape and Memory*. Knopf, New York

Scheffer, M., Brovkin, V. and Cox, P.M. (2006). Positive feedback between global warming and atmospheric CO2 concentration inferred from past climate change. *Geophys. Res. Lett.* 33: L10702.

Scherr, S.J. and McNeely, J.A. (eds.) (2008). Biodiversity Conservation and Agricultural Sustainability: Towards a New Paradigm of 'Ecoagriculture' Landscapes. *Royal Society Philosophical Transactions* 363(1491), 477-494

Schipper, et al. (2008). The Status of the World's Land and Marine Mammals: Diversity, Threat, and Knowledge. *Science* 322, 225-230

Schultz, L., Folke, C. and Olsson, P. (2008). Enhancing ecosystem management through social-ecological inventories: lessons from Kristianstads Vattenrike, Sweden. *Environmental Conservation* 34(2), 140-152

Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D. and Yu, T. (2008). Land-Use Change Greenhouse Gases Through Emissions from Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases. *Science* (319), 1238

Seastedt, T.R., Hobbs, R.J. and Suding, K.N. (2008). Management of Novel Ecosystems: Are Novel Approaches Required? *Frontiers in Ecology and the Environment* 6(10), 547-553

Serageldin, E. and Masood, I. (2008). Water for a growing planet. Draft report - Bibliotheca Alexandrina, Alexandria, Egypt

Shiva, V. (2008). *Soil not Oil*. South End Press, Cambridge, MA

Silva, L.C.R., Stenberg, L., Haridasan, M., Hoffmann, W.A., Miralles-Wilhelm, F. and Franco, A.C. (2008). Expansion of Gallery Forests into Brazilian Savannas. *Global Change Biology* 14, 2108-2118

Steiner, A. (2008). Nature-Based Enterprises Can Help Rural Poor Adapt to Environmental Threats. UNEP Executive-Director Press Release for IUCN World Conservation Congress, Barcelona, Spain October 8, 2008

Strum, M., Schimel, J., Michaelson, G., Welker, J.M., Oberbauer, S.F., Liston, G.E., Fahnestock, J. and Romanovsky, V.E. (2005). Winter Biological Processes Could Help Convert Arctic Tundra to Shrubland. *BioScience* 55(1), 17-18

Surowiecki, J. (2008). The Perils of Efficiency. *The New Yorker*, 46

Svadenak-Gomez, K., Clements, T., Foley, C., Kazakov, N., Miquelle, D. and Stenhouse, R. (2007). Paying for Results: The WCS Experience with Direct Incentives for Conservation. In Redford K.H. and Fearn E. (eds.)

Tape, K., Sturm, M. and C. Racine. (2006). The evidence for shrub expansion in Northern Alaska and the Pan-Arctic. *Global Change Biology* 12, 686-702. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01128.x

Tallis, H., Kareiva, P., Manier, M. and Chang, A. (2008) An ecosystem services framework to support both practical conservation and economic development. *Proc Natl Acad Sci PNAS* 105(28), 9457-9464

Turner, W.R., Brandon, K., Brooks, T.M., Costanza, R., Da Fonseca, G.A.B. and Portela, R. (2007). Global Conservation of Biodiversity and Ecosystem Services. *BioScience* 57(10), 868-873

UN (2008). Sustainable Development Report on Africa: Five-Year Review of the Implementation of the World Summit on Sustainable Development Outcomes in Africa. United Nations Economic Commission for Africa, Addis Ababa, Ethiopia, April 2008.

UNDESA (2008). The Millennium Development Goals Report 2008. <http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/The%20Millennium%20Development%20Goals%20Report%202008.pdf> [Accessed 2 December 2008]

UNDP (2007). Human Development Report 2007/2008, Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World. United Nations Development Programme, New York

UNEP (2007). Global Environmental Outlook 4: Environment for Development. United Nations Environment Programme, Nairobi

Wade, R.W., Gurr, G.M. and Wratten, S.W. (2008). Ecological Restoration of Farmland: Progress and Prospects. *Royal Society Philosophical Transactions* 363(1492), 831-847

Willis, K.J., Arau, M.B., Bennett, K.D., Figueroa-Rangel, B., Froyd, C.A., and Myers, N. (2007). How can a knowledge of the past help to conserve the future? Biodiversity conservation and the relevance of long-term ecological studies. *Phil. Trans. R. Soc. B* 362, 175-186 doi:10.1098/rstb.2006.1977

Wittemyer, G., Elsen, P., Bean, W.T., Burton, A.C.O. and Brashares, J.S. (2008). Accelerated Human Population Growth at Protected Area Edges. *Science* 321, 123-126

World Bank and FAO (2008). The Sunken Billions: The Economic Justification for Fisheries Reform. Agriculture and Rural Development Department. The World Bank, Washington DC.

WRI (2008). World Resources 2008: Roots of Resilience—Growing the Wealth of the Poor. World Resources Institute in collaboration with United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme and World Bank, Washington, DC

WRI (2005). The Wealth of the Poor. Managing Ecosystems to Fight Poverty. World Resources Institute in collaboration with United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme and World Bank, Washington, DC

WWF (2008). Living Planet Report 2008. World Wildlife Foundation, Geneva

Yadvinder, M., Roberts, J.T., Betts, R.A., Killen, T.J., Li, W. and Nobre, C.A. (2008). Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. *Science* 11, 319(5860), 169-172



# Sustancias nocivas y desechos peligrosos

Los químicos que utilizamos para producir energía, controlar plagas, aumentar la productividad, catalizar los procesos industriales y cubrir las necesidades de salud de los seres humanos, como así también los químicos que simplemente desechamos, continúan debilitando los ecosistemas y poniendo en peligro la salud humana.



Desechos de la extracción de níquel en Subury, Ontario, Canadá.

Fuente: Edward Burtynsky

## INTRODUCCIÓN

En tan sólo un siglo hemos envenenado gran parte de nuestro medio ambiente. Cien años atrás, Fritz Haber lograba sintetizar el amoníaco del hidrógeno y del nitrógeno atmosférico. Al ser utilizado en armas, el amoníaco permitió la proliferación de municiones y explosivos en el siglo XX, utilizado en fertilizantes químicos, contribuyó a que la población humana se multiplicara de 1,9 mil millones en 1900 a cerca de 6,87 mil millones en 2008 (Smil 2001).

Resulta aun más significativo que el proceso logrado por Haber haya acelerado la era del uso de la química industrial a gran escala. Los seres humanos han utilizado la química básica durante miles de años, pero tanto la revolución industrial como la química, que se intensificaron durante el último siglo, introdujeron en nuestro medio ambiente un gran número de productos químicos

nuevos, e intensificaron la concentración de otros, en niveles nunca vistos con anterioridad. La concentración de productos químicos y la complejidad de sus compuestos han tenido repercusiones ambientales en cascada (Erisman y otros 2008).

Cincuenta años después del descubrimiento de Haber, Rachel Carson comenzó una investigación acerca de los efectos ambientales de los compuestos químicos complejos utilizados como plaguicidas. La científica colaboró a la fundación de la ciencia moderna del medio ambiente y del movimiento ambientalista a través de su influyente libro, Primavera Silenciosa, publicado en 1962. Las ideas y los términos que entonces resultaban exóticos, como por ejemplo: biomagnificación, bioacumulación, contaminantes orgánicos persistentes, carcinógenos, envenenamiento por metales pesados, se han vuelto, desafortunadamente, muy corrientes.

Hemos recorrido un largo camino para comprobar la repercusión que estos efectos secundarios, producto del progreso industrial y económico, tuvieron en la salud humana y ambiental. Pero aún quedan muchas dudas importantes. En las últimas décadas, algunos de los problemas de las sustancias nocivas y los desechos peligrosos fueron encarados mediante acuerdos internacionales, legislación nacional y mejoras industriales.

Sin embargo, la actividad humana produce sustancias tóxicas y peligrosas a un ritmo creciente, siendo que muchos de estos compuestos peligrosos llegan a la atmósfera, a los cuerpos de agua y a los suelos que sostienen la vida, con un impacto devastador y en aceleración potencial. Los ecosistemas de la Tierra sufren las consecuencias, así como las poblaciones mundiales más vulnerables: los niños, los pobres y los marginados, quienes son, habitualmente, los receptores finales de la contaminación química.

## Recuadro 1: ¿Qué hay detrás de un juguete?

Los fabricantes agregan ftalatos a los productos plásticos para hacerlos suaves y flexibles. Hasta 1998 los ftalatos se usaban generalmente para hacer juguetes de baño, anillos de dentición y otros juguetes para niños pequeños.

Un estudio realizado en 1998 por el Instituto Nacional de Investigación Medioambiental de Dinamarca demostró que el ftalato utilizado en la fabricación de estos juguetes solía desprenderse del material. El Comité Científico de Toxicidad, Ecotoxicidad y Medio Ambiente de la Comisión Europea publicó una declaración sobre el desprendimiento de este material donde afirmaba que las pruebas hechas en animales demostraban que los ftalatos podían tener efectos negativos para la salud. Mediante el cultivo celular y pruebas en animales se pudo determinar que los ftalatos en distintas concentraciones pueden producir toxicidad testicular y ovárica, toxicidad del desarrollo y daño hepático, incluido el desarrollo de tumores.

Basado en pruebas en animales, los ftalatos son considerados alteradores endocrinos, es decir, sustancias químicas que pueden interferir en la producción, liberación, transporte, metabolismo, unión, acción o eliminación de hormonas naturales que son responsables del metabolismo y que son esenciales para el crecimiento y desarrollo normales.

El retiro de juguetes en 2007 en distintos países, cuando se encontró plomo en la pintura de juguetes fabricados en China, llevó a la aplicación de nuevas reglamentaciones de toxicidad, para una amplia gama de productos para niños. En 2008, se aprobó en Estados Unidos de América la ley de Mejoramiento de la Seguridad de los Productos de Consumo que limita el uso excesivo de ciertas sustancias en productos para niños, incluyendo a potenciales alteradores endocrinos como los ftalatos. Al mismo tiempo, el Grupo de Trabajo para la Evaluación y Prueba de los Alteradores Endocrinos de la OCDE, creado en 1996 para desarrollar métodos que identifiquen alteradores endocrinos, perfeccionó el enfoque analítico para determinar los efectos tóxicos de los compuestos. También el VI Programa Marco de Investigación de la UE 2002-2006 trató el tema de los alteradores endocrinos, que se volverá a tratar en el VII Programa Marco de la Comunidad Europea para Acciones de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Demostración 2007 - 2013.

Fuentes: ICIS 2008, WHO/DEPA 2004, Schettler 2005, Canadian Cancer Society 2008, Wolff 2006, EC 2008



Hasta 1998 muchos juguetes para niños pequeños contenían ftalatos para hacerlos más blandos al morder. Fuente: Viktoryia Bankova

## SUSTANCIAS NOCIVAS EN ALIMENTOS Y BEBIDAS

La globalización del comercio de alimentos ha sido posible gracias a los desarrollos tecnológicos en la producción, procesamiento, manipulación y distribución de alimentos. La globalización de la provisión mundial de alimentos, a su vez, aumentó la posibilidad de contaminación y alteración en la cadena de suministro. La provisión en múltiples etapas, unida a la poca trazabilidad y transparencia, es particularmente vulnerable. La amenaza de que la provisión de alimentos se contamine con sustancias nocivas no es nueva, pero en 2008 varios escándalos colocaron a la seguridad y la calidad alimentarias como prioridad de la agenda mundial (**Recuadro 1**).

### Compuestos peligrosos encontrados en alimentos

En marzo de 2008, se encontraron niveles peligrosos de dioxina en quesos mozzarella provenientes de la región de Calabria en Italia, incluyendo las comunas de Caserta, Nápoles y Avelino. La Unión Europea (UE) pidió entonces a Italia el retiro del mercado de los quesos contaminados y la suspensión de la exportación de los mismos (Reuters 2008, Willey 2008). De los 130 establecimientos productores de mozzarella controlados por los funcionarios italianos, 25 presentaron niveles de dioxina superiores a los límites establecidos por la UE (BBC 2008b). La dioxina es un derivado de varios procesos de fabricación que incluyen el proceso de fundición, el blanqueo con cloro de la pasta de papel, y la fabricación de algunos herbicidas y plaguicidas (WHO 2007). En el caso de Calabria, sin embargo, las autoridades sospechan que los campos de pastura fueron contaminados con desechos industriales tóxicos arrojados en forma ilegal por el crimen organizado que maneja la industria de los desechos en Italia (Saviano 2007, Willey 2008).

En nuestro medio ambiente, en condiciones normales, es común la exposición a bajos niveles de dioxina. Todos los días se consumen pequeñas cantidades de dioxina a través de alimentos contaminados y de la exposición ambiental (Sato y otros 2008). Mientras que aún no se conocen bien los efectos de la exposición prolongada a niveles bajos, se sabe que la exposición a niveles de concentración altos puede tener consecuencias serias. La exposición de corto plazo a altos niveles de dioxina puede provocar lesiones en la piel y alterar la función hepática, mientras que la exposición prolongada puede dañar el sistema inmunológico, el desarrollo del sistema nervioso, el sistema endocrino y las funciones de reproducción. La exposición crónica de animales a dioxinas ha producido distintos tipos de cáncer (WHO 2007). En Italia, en distintas zonas de la Región de Campania, donde los desechos tóxicos han sido un problema especial, la

mortalidad por cáncer y las malformaciones congénitas tienen índices mucho más altos que en el resto del país (Comba y otros 2006).

En septiembre de 2008, los ciudadanos chinos se enteraron de que en pruebas llevadas a cabo por el gobierno se encontró melamina, una sustancia química tóxica que puede aumentar artificialmente, en pruebas estándar, la lectura del contenido de proteínas en la leche líquida utilizada para fabricar distintos productos lácteos. La leche contaminada en China enfermó a alrededor de 53 000 niños pequeños: 47 000 fueron hospitalizados, se documentaron 6240 casos de cálculos renales y al menos cuatro bebés murieron por la adulteración de la fórmula de la leche para niños (WHO 2008). Los estudios realizados por la agencia nacional de inspección de China demostraron que al menos 22 productores de lácteos de todo el país registraban melamina en algunos de sus productos, incluida la fórmula infantil, con niveles que iban desde 0,09 miligramos por kilogramo (mg/kg) hasta la cifra increíble de 6191,0 mg/kg. A finales del año, la Organización Mundial de la Salud (OMS) anunció que la ingesta diaria tolerable de melamina es de 0,2 mg/kg de peso corporal (WHO 2008).

Al menos dos compañías exportaron sus productos a Bangladesh, Burundi, Myanmar, Gabón y Yemen. En África, desde Côte d'Ivoire en el oeste hasta Tanzania en el este, los gobiernos nacionales adhirieron a la lista de países que bloquearon la entrada de productos lácteos provenientes de China para evitar el riesgo de envenenamiento por melamina. Aunque la OMS sólo documentó casos en China continental, Hong Kong, Macau y Taiwán, advirtió a otros países para que fueran precavidos (Magnowski 2008).

Un mes después, en octubre de 2008, se produjeron dos escándalos independientes entre sí que golpearon a Japón. Primero, dos importantes compañías productoras de alimentos retiraron del mercado alrededor de 0,5 millones de paquetes de fideos instantáneos cuando se descubrió que estaban contaminados con insecticida (Demetriou 2008). Dos días después, el procesador de carne más grande de Japón retiró voluntariamente 13 productos luego de descubrir que el agua subterránea utilizada en su planta de Tokio contenía altos niveles de compuestos de cianuro (Demetriou 2008). Se retiraron aproximadamente 2,7 millones de paquetes de embutidos y pizza vendidos en Japón. Las pruebas demostraron que la fuente de agua utilizada habitualmente en sus productos contenía tres veces más que el límite de cianuro permitido por el gobierno (Daily Express 2008).

## Recuadro 2: Desechos electrónicos, la pesadilla del ciberespacio

Los desechos electrónicos son considerados hoy el segmento de producción de desechos municipales de crecimiento más rápido en Estados Unidos de América. En 2004 el Consejo Nacional de Seguridad calculó que para el año 2009 habrán quedado obsoletas unos 250 millones de computadoras. Según la Coalición de Tóxicos de Silicon Valley y la Red de Acción de Basilea, hasta el 80 por ciento del material desechado por los estadounidenses en las instalaciones de reciclaje de sus comunidades terminan siendo embalados para su exportación.

Lo que ocurre luego de la exportación puede variar: en Nigeria, por ejemplo, hay un mercado legal muy sólido para la reparación y recuperación de equipos electrónicos como computadoras, monitores, televisores y teléfonos celulares. Sin embargo, los importadores de computadoras en Lagos se quejan de que hasta el 75 por ciento de las 400 000 unidades que les envían las agencias de reciclaje por mes no son aptas económicamente para ser reparadas o colocadas en el mercado. Por lo tanto, los desechos electrónicos considerados tóxicos por ley terminan generalmente descartados y quemados sin que se respeten las normas de seguridad que los regulan.

La situación es aún peor en Guiyu, China, una ciudad industrial con muchísimas empresas de reciclaje que recibe alrededor del 80 por ciento de los desechos electrónicos reciclados provenientes de EE.UU. La industria de reciclaje de Guiyu utiliza trabajadores para recuperar cobre, oro y otros materiales valiosos de los aparatos electrónicos, muchas veces sin los equipos de protección adecuados. En la mayoría de los casos, la única medida de precaución que toman los trabajadores para disminuir la exposición a los gases tóxicos es el uso de ventiladores portátiles de uso doméstico.



En Guiyu, Guangdong, China, un niño espera pacientemente en medio de desechos de componentes electrónicos.

Fuente: Greenpeace/ Natalie Behring

Como consecuencia de esta actividad los suelos de Guiyu registran una de las concentraciones más altas de dioxinas y metales pesados del mundo, lo que afecta seriamente la salud de sus habitantes. El medio ambiente local está arruinado: las fuentes de agua están contaminadas y el agua potable debe ser transportada en camiones a la ciudad. Los habitantes no pueden cultivar sus propios alimentos porque los suelos están totalmente contaminados. Para sobrevivir deben trabajar en la industria del reciclado, perjudicando aún más su salud y el medio ambiente que los rodea, volviéndolos más vulnerables y más dependientes de las actividades de reciclaje.

El reciclaje de las placas de circuitos impresos es una de las mayores fuentes de liberación de metales pesados en la superficie del medio ambiente. En el año 2008, los análisis realizados demostraron la existencia de altas concentraciones de plomo, cobre, zinc y níquel en el polvo de los talleres de reciclaje y en los caminos adyacentes. En los talleres de reciclaje la concentración de plomo excedía entre 269 y 2426 veces el nivel de concentración permitido en Europa. Las concentraciones de cobre lo excedían entre 31 y 994 veces y las de zinc, entre 7 y 73 veces. El plomo y el cobre hallados en el polvo de los caminos cercanos a los talleres de reciclaje resultaron 371 y 155 veces más altos respectivamente que el polvo de otros lugares de la región no relacionados con los desechos electrónicos. El mismo estudio identificó que los mercados de alimentos y los lugares públicos también estaban contaminados con altas concentraciones de metales pesados.

El reciclaje informal de los desechos electrónicos plantea un serio riesgo para la salud de los habitantes de la ciudad, especialmente los niños y los trabajadores. En comparación con los adultos, el riesgo potencial para la salud de los niños fue ocho veces mayor debido a que éstos tienen un nivel de ingesta más alto y un cuerpo de menor tamaño. Los efectos en la salud de los habitantes incluyen malformaciones congénitas, daños al sistema nervioso central y periférico, composición sanguínea alterada, daño en los pulmones, hígado y riñones, y muerte.

Fuentes: Royte 2006, Huo y otros 2007, Bi y otros 2007, HRA 2008, Leung y otros 2008.

El 6 de diciembre, la Autoridad Irlandesa de Seguridad Alimentaria retiró del mercado todos los productos porcinos comprados desde el 1 de septiembre de 2008. Pruebas de rutina habían detectado niveles inaceptables de dioxina en la carne. Los investigadores determinaron que el compuesto había llegado a través de alimento para animales contaminado utilizado en 10 granjas que, en conjunto, producen el 10 por ciento de la provisión porcina de Irlanda (FSAI 2008). Ese tipo de compuestos tóxicos y metales pesados peligrosos pueden entrar en los ecosistemas y en los cuerpos de agua a través de numerosos emprendimientos humanos, como las actividades de reciclado (**Recuadro 2**).

### Compuestos en el agua

Los compuestos del cianuro pueden llegar a los acuíferos subterráneos y ecosistemas acuáticos a través de una gran cantidad de procesos industriales, como la galvanización y la cementación en caja de metales, la extracción en yacimientos de oro y plata, la combustión y gasificación del carbón, la fumigación de barcos, contenedores, vagones de trenes, edificios y de otras estructuras (WHO 2007b). Entre los años 1975 y 2000, se dieron a conocer más de 30 casos de grandes derrames accidentales de cianuro en sistemas de agua debido a accidentes de transporte y fallas en tuberías (Mudder y Botz 2000). Los síntomas de exposición aguda al cianuro por agua potable contaminada incluyen alteraciones cardiovasculares, respiratorias y neurológicas (WHO 2007b). El cerebro parece ser el órgano más sensible a la toxicidad del cianuro.

A diferencia del cianuro, los efectos causados en los seres humanos por el agua potable contaminada con arsénico están bien documentados, debido a que a nivel mundial se han observado los efectos severos en la salud en poblaciones que han tomado agua potable rica en arsénico por períodos prolongados. Mientras que la mayoría del agua en el mundo tiene concentraciones naturales bajas de arsénico, se han observado concentraciones naturales excesivas en algunas zonas como la Cuenca de Bengala (WHO 2001a). El arsénico se acumula en los tejidos grasos más rápido de lo que puede procesar el aparato digestivo y los sistemas de eliminación (Indu y otros 2007). Como resultado de este proceso de bioacumulación, el beber entre 5 y 20 años agua potable rica en arsénico lleva al envenenamiento por arsénico. Dicho envenenamiento puede producir cáncer de piel, vesícula, riñones y pulmones, así como enfermedades que afectan los vasos sanguíneos en piernas y pies. El envenenamiento por arsénico también puede producir diabetes, presión alta y trastornos reproductivos (WHO 2001b).

Durante las dos últimas décadas se descubrió la contaminación de la capa freática con arsénico en algunos países de Asia del Sur (Van Geen 2008). La contaminación natural con arsénico en esta región depende de su geología natural corriente arriba, pero puede exacerbarse por las prácticas en el uso de la tierra en las zonas de captación de los ríos principales, que arrastran y distribuyen sedimentos y desechos antropógenos (Khalequzzaman y otros 2008). A lo largo de las praderas aluviales en Bangladesh y Bengala Occidental, India, el agua subterránea se extrae de millones de pozos privados que se han cavado en respuesta a la extensa contaminación con patógenos microbianos del agua superficial (Miachael y Voss 2008). Alrededor del 30 por ciento de los pozos privados en Bangladesh muestran niveles altos de arsénico, de más de 0,05 miligramos por litro, siendo que más de la mitad de las regiones administrativas del país están afectadas por contaminación del agua potable (Khalequzzaman y otros 2008). Muchos otros países encontraron altos niveles de concentración de arsénico en el agua potable, entre ellos, Argentina, Chile, China, Estados Unidos de América, Hungría, Japón, México, Mongolia, Polonia y Taiwán.

Dado los niveles naturales de arsénico, plomo, mercurio y otros compuestos, el agregado de los mismos por procesos industriales resulta muy negativo. Además, los casos de contaminación provocados por accidentes industriales pueden ser catastróficos para las comunidades vecinas. **(Recuadro 3).**

## HISTORIA DE LA CONTAMINACIÓN CON MERCURIO

Como el arsénico, el mercurio, material pesado y tóxico, es bioacumulativo. La exposición crónica al consumo de agua rica en mercurio resulta a la larga en envenenamiento con mercurio. El mercurio también se da naturalmente en algunos ecosistemas, aunque usualmente se encuentra en concentraciones muy bajas. Varias prácticas industriales y de extracción utilizadas en minería y en el procesamiento de la madera liberan concentraciones tóxicas de mercurio (**Figura 2**). Esto constituye una amenaza para las personas y para el medio ambiente, en especial para las poblaciones vulnerables de zonas remotas que están directamente expuestas a la sobreexplotación de recursos naturales y al vertido de desechos industriales.

El mercurio metálico y otros compuestos inorgánicos de mercurio pueden producir serios problemas en la salud, pero la forma más peligrosa es el metilmercurio orgánico. Este tipo de mercurio puede ser producido biológicamente en medio ambientes acuáticos, incluidas las represas hidroeléctricas. El mercurio metálico se acumula en el fondo de las represas, desprovisto de oxígeno, donde las bacterias lo transforman en metilmercurio bio-disponible, que pasa a través de la cadena de alimentación, bioacumulándose finalmente en los peces (Boudou y otros 2005, Pinheiro y otros 2007).

El mercurio es una sustancia profundamente tóxica (Marques y otros 2007). La exposición al mercurio es

especialmente peligrosa para los niños en crecimiento y fetos en desarrollo (ATSDR 1999). Aun un bajo nivel de exposición al mercurio por parte de mujeres embarazadas por consumo de metilmercurio en fuentes dietarias puede causar daño cerebral permanente y alteraciones en el desarrollo neurológico de los niños. Se han observado alteraciones en la memoria, atención, lenguaje y en otras habilidades en niños expuestos a niveles moderados de metilmercurio en útero (Heartspring 2008).

## Registro de envenenamiento por mercurio

El caso de Minamata, un modesto pueblo pesquero del Japón, revela el poder de diseminación del envenenamiento por mercurio. A partir de 1932 los fabricantes de plástico comenzaron a verter mercurio en la Bahía de Minamata. A comienzos de los años 50, la producción de plástico prosperó, al igual que los síntomas de envenenamiento por mercurio, primero en los peces, luego en los gatos y finalmente en los seres humanos. Al finalizar 1956, los investigadores médicos y epidemiológicos identificaron la enfermedad, caracterizada por problemas al caminar, dificultades en el habla y convulsiones, producto del envenenamiento por metales pesados al ingerir pescados y mariscos contaminados (Allchin 1999). Una generación después, en los años 70, aún persistían los daños de la “enfermedad de Minamata”, ya que las madres contaminadas en su juventud daban a luz niños con graves afecciones, como miembros nudosos, retraso mental, sordera y ceguera (Kugles 2004).

La contaminación por mercurio también ha amenazado a pueblos indígenas de Canadá durante muchas décadas. A finales de los años 60 se notaron por primera vez casos de exposición y alto riesgo para la salud por envenenamiento con mercurio en dos comunidades de Ojibwa, Grassy Narrows y Whitedog, en el noroeste de Ontario, en el sistema de los ríos Inglés-Wabigoon (Kinghorn y otros 2007, INAC 2008). El sistema fluvial se contaminó por el vertido de mercurio de una planta química proveedora de una fábrica de pasta y de papel río arriba, en la pequeña ciudad de Dryden. El mercurio desechado se transformó en metilmercurio en el ecosistema acuático y luego se bioacumuló en niveles importantes en los peces que luego eran consumidos por las poblaciones río abajo (Wheatley y Paradis 2005). En 1975 las concentraciones de mercurio en los peces oscilaban entre 0,47 y 5,98 partes por millón, mientras que el Ministerio de Salud de Canadá establece concentraciones máximas de mercurio entre 0,5 y 1,0 partes por millón para varias especies de peces de consumo humano (Health Canada 2007).

### Recuadro 3: Derrame de cenizas de carbón en Tennessee

Las cenizas de carbón son partículas de hollín que se producen por la combustión de carbón en plantas carboeléctricas y fábricas. En muchas regiones, las industrias que utilizan carbón como fuente de energía tienen la obligación de retirar las cenizas del humo, pues contienen carcinógenos, arsénico, plomo, selenio y otros compuestos, antes de que sean ventilados por las chimeneas. Este “barrido de cenizas” ha evitado que toneladas de partículas tóxicas ingresen a la atmósfera desde que se comenzó a usar este sistema en los años 70. Sin embargo, durante años, la ceniza se ha ido acumulando y su depósito se ha convertido en un problema.

En medio de la noche del 22 de diciembre, la pared de contención de un estanque contenedor de cenizas de carbón se derrumbó en el estado de Tennessee, Estados Unidos de América. Cerca de 4 mil millones de litros de ceniza de carbón se derramaron en una red de ríos y en un valle cercano para terminar en la llanura aluvial que rodea la Planta de Fósiles Kingston, con una capa de fango de más de un metro de profundidad.

La Planta de Fósiles de Kingston presentó el inventario de 2007 ante la Agencia de Protección Ambiental (EPA según sus siglas en inglés) donde declaró la existencia en el depósito del estanque de 20 000 kilogramos de arsénico, 22 000 de plomo, 630 000 de bario, 41 000 de cromo y 63 000 de manganeso. El estanque ha estado acumulando esos desechos durante décadas.

La Autoridad del Valle del Tennessee (TVA), organismo estatal que administra el lugar, emitió un comunicado conjunto con la EPA recomendando evitar el contacto directo con las cenizas y mantener a niños y mascotas fuera de las zonas afectadas. Los habitantes del lugar temen daños a su salud una vez que el barro se seque y el viento lo levante, o en el caso de que se filtre en los pozos y otras fuentes de agua. La TVA, la EPA y otros organismos gubernamentales y grupos ambientalistas comenzaron a analizar muestras de agua tomadas de distintos sitios río abajo.

El incidente subraya los peligros potenciales del almacenamiento prolongado de materiales tóxicos en general, y de las cenizas de carbón en particular. A medida que se implementan normas de calidad del aire en las miles de plantas carboeléctricas en el mundo, el depósito seguro y las opciones de reutilización de las cenizas de carbón se están tornando cada vez más prioritarios. (Véase Eficiencia de recursos, Capítulo cinco).

Fuentes: Dewan 2008, EPA 2007, EPA 2008, NRC 2006, Sturgis 2008, TVA 2008

Hasta hoy en día, Canadá tiene docenas de instalaciones industriales que utilizan y liberan mercurio cerca de las comunidades indígenas. En su Inventario Nacional de Emisión de Contaminantes de 2006, el inventario disponible más reciente, Canadá da cuenta de la existencia de 172 instalaciones en todo el país, ubicadas a no más de 50 kilómetros de distancia de 135 comunidades (NPRI 2006, Schertow 2008). Un análisis preliminar de detección de metilmercurio realizado entre 1970 y 1992 entre poblaciones indígenas pertenecientes a 514 comunidades en todo Canadá indicó que el 23 por ciento de las personas tenía más de 20 microgramos por litro en su sangre y el 1,6 por ciento tenía niveles mayores a 100 microgramos por litro (Wheatley y Paradis 2005). Las muestras de sangre obtenidas de 2405 cordones umbilicales mostraron que alrededor del 22 por ciento tenía niveles superiores a 20 microgramos por litro, el máximo aceptable para adultos según las recomendaciones canadienses y más del doble de los 9 microgramos por litro

de sangre aceptables para las mujeres embarazadas. El nivel materno más alto observado fue de 86 microgramos por litro (Wheatley y Paradis 2005).

### Liberación de mercurio en la Amazonía

En 1975 comenzó la fiebre del oro en la región amazónica y a principios de los años 80 se produjo un importante aumento de la actividad minera como consecuencia de la suba del precio del oro en todo el mundo (Sing y otros 2003). A escala de industria artesanal, la forma más común de extraer oro del mineral es a través del método de amalgamación por mercurio. Este método utiliza el mercurio metálico, que se adhiere al oro en los sedimentos y separa el oro de otros compuestos, los cuales son desechados. Para separar el oro de la amalgama, se calienta el metal para que se evapore el mercurio (Da Costa y otros 2008). Las actividades de extracción de oro a baja escala que utilizan este método en la cuenca del Amazonas liberan importantes cantidades de mercurio

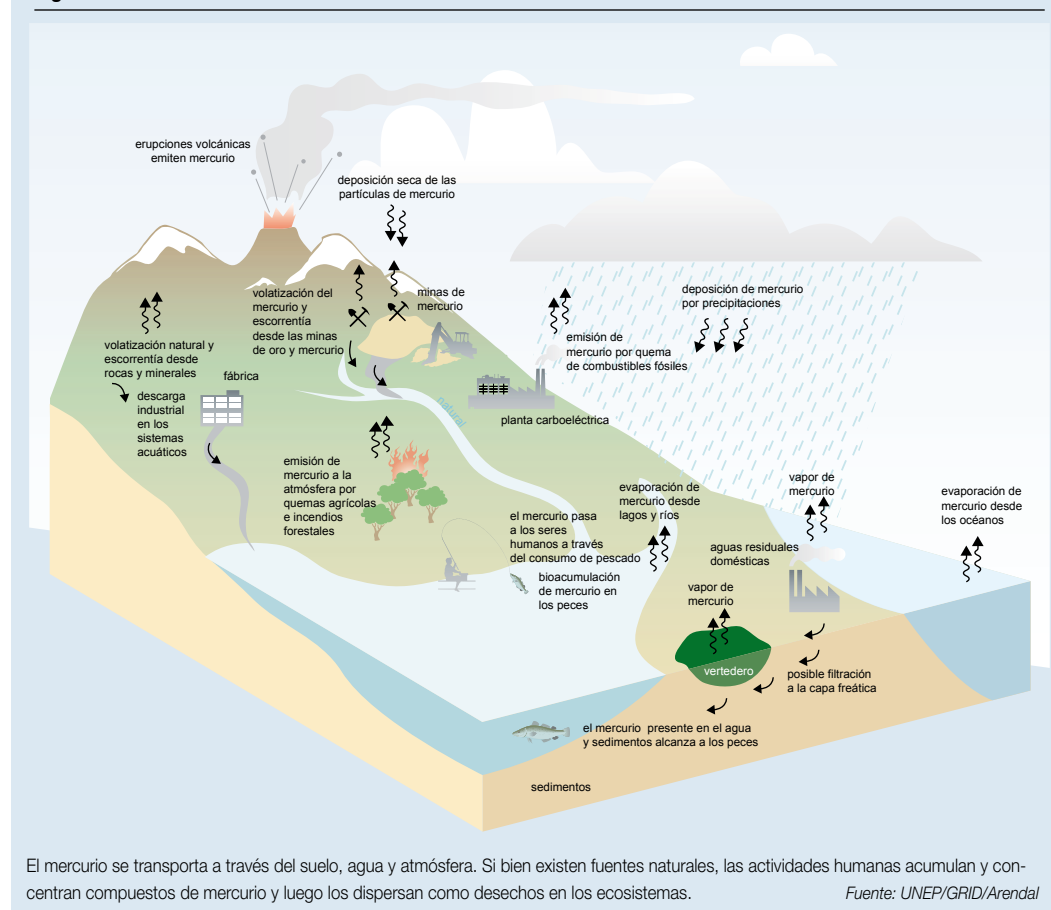
en el medio ambiente: entre 5 y 30 por ciento del mismo es liberado en las aguas y aproximadamente el 55 por ciento se evapora en la atmósfera (Sing y otros 2003). Las compañías mineras que extraen oro a gran escala ya no utilizan este método por los daños que ocasiona a la salud y al medio ambiente debido al procesamiento con mercurio (Da Costa y otros 2008).

Sólo se puede tener una estimación de la cantidad total de mercurio liberado en los ecosistemas vecinos, ya que el uso de mercurio en las actividades mineras en la cuenca del Amazonas no está controlado ni regulado. Estudios realizados en 1988 estimaron que se emite 1,32 kilogramos de mercurio en la atmósfera por cada kilogramo de oro producido en la región amazónica (Pfeiffer y Lacerda 1988). Otros estudios estiman que las actividades mineras artesanales utilizan tres kilogramos de mercurio por cada kilogramo de oro, pero que luego se recupera el 60 por ciento, siendo la emisión total de 1,2 kilogramos de mercurio por cada kilogramo de oro (Lacerda 2003). Entre 1975 y 2002, la explotación de oro en la Amazonía brasileña produjo alrededor de 2000 toneladas de oro, lo cual dejó alrededor de 3000 toneladas de mercurio en el medio ambiente de la región (Lacerda 2003). La mayor parte del mercurio evaporado se condensa y cae con la lluvia hasta a 40 kilómetros de su fuente de origen (Bastos y otros 2006).

Al mismo tiempo, en muchos suelos amazónicos las concentraciones de mercurio son altas por naturaleza (Bastos y otros 2006, Kehrig y otros 2008). En los suelos forestales, las concentraciones de mercurio son de 1,5 a 3,0 veces más altas que en los suelos de pastura. Esto es atribuido a las prácticas agrícolas en tierras deforestadas que movilizan el mercurio de los suelos y biomasa de los bosques a través de la erosión, liberándolo en la atmósfera y en los cuerpos de agua (Lacerda y otros 2004, Almeida y otros 2005, Marques y otros 2007, Kehrig y otros 2008). Los índices de deforestación en la región amazónica casi se duplicaron entre 2000 y 2005 debido a la apertura de la vía navegable del Río Madeira, la planificación de represas hidroeléctricas en la región amazónica brasileña y boliviana, y la carrera por la soja, que ya ha producido deforestación a gran escala en los estados de Rondonia y Amazonas (Bastos 2006).

La extracción de oro, el cambio en el uso de la tierra y los proyectos de represas hidroeléctricas en el Amazonas contribuyen conjuntamente a la contaminación con mercurio en los sistemas acuáticos, en las poblaciones de peces y en las comunidades humanas que dependen de esos peces (Kehrig y otros 2008, Marques y otros 2007). Las elevadas concentraciones de mercurio en los peces del Amazonas son una amenaza conocida a la

Figura 2: Ciclo de vida del mercurio



vida silvestre y a la salud humana desde hace 15 años (Kehrig y otros 2008). Teniendo en cuenta que el consumo promedio de peces en el Amazonas puede llegar a un cuarto kilo por día, aún una baja concentración de mercurio en los peces puede resultar en una alta exposición y bioacumulación en la población humana (Boischio y Henshel 2000, Bastos y otros 2006).

La falta de sistemas de reglamentación y control de la extracción minera de oro en la región amazónica presenta una seria amenaza para sus habitantes y para los ecosistemas. La contaminación por mercurio de suelos, sedimentos y recursos biológicos acuáticos requiere una mejor evaluación y reglamentación, lo cual debería considerar un enfoque amplio y sistemático que contemple todos los factores que influyen en la dinámica del mercurio en el medio ambiente amazónico (Bastos y otros 2006, Barbieri y Gardon 2007, Kehrig y otros 2008). Es necesario modificar las prácticas locales para que sean más sostenibles y para reducir el agotamiento prolongado de los nutrientes del suelo, disminuir el ritmo de deforestación y, en última instancia, movilizar menor cantidad de mercurio natural que contamina suelos y cuerpos de agua (Farella y otros 2007). La actividad de minería aurífera en Bolivia y Perú, con su consecuente conversión de tierras, se está extendiendo actualmente a zonas protegidas y territorios indígenas que salvaguardan lugares candentes por la riqueza de su biodiversidad y por los importantes recursos culturales (**Recuadro 4**) (Earthworks 2006, Conservation International 2002).



Fuente: Jose Luis Conceicao

Actividad de minería aurífera artesanal en el Río Juma, municipio de Novo Aripuana, Amazonas, Brasil.

#### Recuadro 4: Explotación minera en un corredor de conservación



Los 30 millones de hectáreas del Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboro se extienden en territorio boliviano y peruano. En 2002, una evaluación integral de las concesiones mineras ubicadas dentro del área protegida demostró una serie de repercusiones de consideración en todo el corredor, que incluyen contaminación de las aguas de los ríos; emisión de gases, materia particulada y ruidos; pérdida de la biodiversidad debido a la fragmentación del hábitat, y degradación del suelo.

En Bolivia, las concesiones mineras tienen permiso para operar en zonas protegidas si se demuestra, mediante una evaluación de impacto ambiental, que sus operaciones no interferirán con los objetivos de protección de la zona. A pesar de esta legislación, el análisis de evaluación integral reveló que el 76 por ciento de las operaciones mineras carecía de licencia medioambiental, mientras que el 24 por ciento tenía licencia o la estaba tramitando. Sin embargo, con licencia o sin ella, la mayoría de las operaciones mineras no aplicaba ninguna medida preventiva o de mitigación que minimizara los impactos en el medio ambiente (Conservation International 2002).

#### LA CARA DE LA NANOTECNOLOGÍA

La nanotecnología se refiere al mundo de lo extremadamente pequeño. Entre sus definiciones usualmente se incluye la manipulación o explotación de material que, por lo menos en una de sus dimensiones, mide menos de 100 nanómetros. Un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro. Para ilustrar este concepto, digamos que una coma abarca alrededor de medio millón de nanómetros, mientras que un cabello humano mide alrededor de 80 000 nanómetros de ancho (Hester y Harrison 2007) (**Figura 3**). Conceptualmente la nanotecnología ha estado entre nosotros durante al menos los últimos veinte años, pero sus amplias aplicaciones están surgiendo recién ahora. Hoy, las nanopartículas se encuentran en cosméticos, pantallas solares y coberturas de envases que detectan bacterias y moho. Posibilitan, además, la fabricación de pelotas de tenis con más rebote y pinturas resistentes a los rayones (Jones 2008). En 2006, había en el mercado mundial más de 600 productos fabricados con uso de nanotecnología, por un valor de 50 mil millones de dólares estadounidenses. Entre esos productos, el 20 por ciento eran alimentos o envases para alimentos (Bergeson 2008 Osborn 2008). Los analistas de mercado prevén un mercado mundial para las nanotecnologías por un valor entre 1050 millones y 2,8 billones de dólares estadounidenses, y estiman que antes de 2014 se crearán 10 millones de empleos

relacionados con la nanotecnología (Bergeson 2008, Friends of the Earth 2008).

#### De cara a los riesgos

Los potenciales beneficios de la nanotecnología son inmensos, como también lo son sus peligros. Los nanomateriales se desarrollan por sus propiedades radicalmente nuevas que conllevan resultados completamente novedosos y algunas veces impensados. Mientras existe amplio consenso de que la nanotecnología alberga una gran promesa en cuanto a su aplicación en materiales, medicina y energía, también hay grandes dudas sobre las implicancias biológicas, medioambientales y de seguridad (Bergeson 2008, Heller y Peterson 2008).

Hasta ahora no se ha identificado toxicidad específica o distintiva en los nanomateriales, sólo se dispone de datos toxicológicos limitados (Stern y McNeil 2008).

Los distintos comportamientos y propiedades de las nanopartículas han hecho difícil la evaluación genérica de sus potenciales efectos en la salud y el medio ambiente (Maynard 2006). Sin embargo, las mismas propiedades que hacen a las nanopartículas tan prometedoras en lo comercial, como su pequeño tamaño, elevada relación entre el área de la superficie y la masa, y gran reactividad química, podrían causar mayor toxicidad que el material parental (Oberdörster y otros 2005). Los nanomateriales también pueden resultar más biodisponibles que las partículas más grandes, con mayor absorción en células,

tejidos y órganos. Las posibles vías de exposición a las nanopartículas incluyen la inhalación, la vía oral y la absorción a través de la piel (Stern y McNeil 2008). Los estudios realizados en laboratorios con tejido humano y cultivo de células han mostrado algunos resultados preocupantes: formación de agregados de proteínas dentro de los núcleos que pueden inhibir la replicación y la transcripción de células; toxicidad en los fibroblastos que permiten la curación de las heridas, y daño del ADN (Chen y von Mikecz 2005, Dechsakulthorn y otros 2007, Karlsson y otros 2008). Los experimentos realizados en animales han demostrado la absorción gastrointestinal de nanopartículas, dando lugar a efectos tóxicos en riñones, hígado y bazo (Chen y otros 2006, Wang otros 2007).

Un área que preocupa especialmente a los científicos es el cerebro, ya que las nanopartículas son lo suficientemente pequeñas como para traspasar la barrera sangre-cerebro, que en principio actúa como un filtro que impide el paso de las toxinas, y acumularse en el cerebro (Jones 2008). La escasa comprensión del comportamiento

biológico de los nanomateriales dificulta la predicción de los riesgos de toxicidad asociados, por lo que algunos recomiendan que cada nanomaterial nuevo se someta a evaluaciones especiales de salubridad y seguridad antes de ser usado comercialmente (Friends of the Earth 2008).

Los riesgos ecológicos asociados con los nanomateriales siguen siendo tan poco conocidos como la toxicidad que puede causar en los humanos. El dióxido de titanio, que se utiliza en nanoforma para cobertura de superficies, pantallas solares y cosméticos, ha causado en las truchas arco iris patologías en sus órganos e insuficiencia respiratoria (Federici y otros 2007). Mientras que los estudios indican que la absorción celular del dióxido de titanio a través de piel sana es muy limitada, los estudios de laboratorio han demostrado que cuando las partículas se liberan en medio ambientes acuáticos pueden dañar a las especies indicadoras, como algas y pulgas de agua (Schulz y otros 2002, Hund-Rinke y Simon 2006). Otro estudio preliminar descubrió que el zinc en nanoescala es más tóxico para las algas verdes y pulgas de agua que las partículas naturales, y que los efectos negativos pueden aumentar con el tiempo (Luo 2007).



La madera tratada con una capa de nanopartículas en su superficie se torna totalmente repelente al agua o "superhidrofóbica". Las superficies tratadas de esta manera son autolimpiantes y requieren poco mantenimiento.

Fuente: BASF Aktiengesellschaft

### Recuadro 5: Nanoalimentos y nanoenvases

Es probable que la nanotecnología tenga consecuencias importantes en la industria alimentaria, desde cómo se cultivan, producen y procesan los alimentos, hasta cómo se envasan, transportan y consumen. Ya hoy se agregan nanopartículas a los alimentos para mejorar las propiedades de fluidez, color y estabilidad durante su procesamiento o para aumentar su vida útil. Las nanopartículas actúan como agentes antiaglomerantes en alimentos procesados en gránulos o en polvo, y como blanqueador y abrillantador en azúcar de repostería, quesos y salsas. Sin embargo, la falta de normas para el etiquetado identificatorio de la existencia de nanomateriales en los alimentos hace que resulte imposible saber si un determinado producto contiene nanoingredientes.

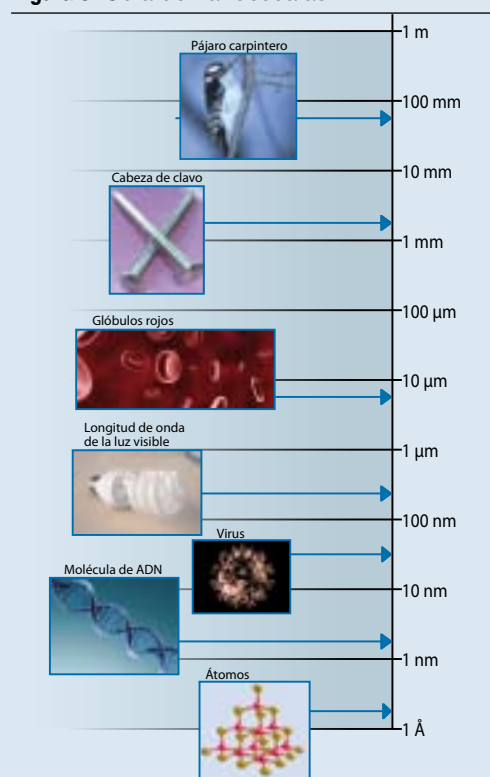
El Comité Científico de los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados de la Unión Europea reconoció en su informe de 2005 las distintas fallas sistémicas del marco regulatorio existente para manejar los riesgos asociados con la nanotoxicidad. No obstante, recientes revisiones de las medidas regulatorias efectuadas en el Reino Unido, Estados Unidos de América, Australia y Japón demostraron que ninguno de estos países requería a los fabricantes realizar evaluaciones de seguridad relativas a los nanoalimentos y nanoenvases antes de que los productos llegaran al mercado.

Fuentes: Friends of the Earth 2008a, SCENIHR 2005, Bowman y Hodge 2007

### DESAFÍOS AL RESURGIMIENTO DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Desde mediados de los años 70, Francia ha desarrollado una fuerte política de uso de energía nuclear. Para el año 2004 ya había alcanzado el segundo lugar en capacidad

Figura 3: Guía de nanoescalas



Las nanoescalas se encuentran por debajo de las ondas de luz visibles y de los virus más grandes. Fuente: UNEP/ Márton Bálint

### El manejo de la nanotecnología

Mientras que la nanotecnología se desarrolla rápidamente y crece su uso en la vida y en los productos cotidianos, las evaluaciones de medio ambiente, salud y seguridad (MSS) no se desarrollan a igual paso. (Recuadro 5). Son muchas las dificultades para desarrollar un modelo de riesgo para un solo tipo de nanopartícula en diferentes escenarios, más aún para el conjunto de esta nueva clase de materiales. Para estudiar las implicancias de MSS de los nanomateriales se necesitarán cuantiosos fondos, necesidad que aún no ha sido cubierta. Un análisis de 2006 indicaba que la Iniciativa Nacional sobre Nanotecnología de los Estados Unidos de América asignó alrededor de 13 millones de dólares estadounidenses para una investigación de MSS de gran importancia, lo que representa sólo el 1,0 por ciento del total de la inversión federal estadounidense para la investigación y desarrollo de la nanotecnología (Rejeski 2008). Sobre la base de las experiencias del pasado con sustancias como el DDT y la pintura de plomo, de hacerse una mayor inversión hoy en estudios de riesgo de MSS, se podrían prevenir costos de responsabilidad civil y limpieza ambiental en el futuro. Y lo que es más importante aún, la investigación sobre los efectos de MSS permitiría desarrollar políticas nanotecnológicas proactivas para manejar los beneficios y prevenir los daños (Heller y Peterson 2008).

de generación de energía nuclear detrás de los Estados Unidos de América (WEC 2004). Alrededor del 75 por ciento de la electricidad francesa proviene de sus 59 plantas nucleares (WNA 2008). El desarrollo de energía nuclear en Francia es frecuentemente citado como prueba de la posibilidad de su utilización con seguridad y eficiencia. Sin embargo, algunos problemas recientes de la industria han cuestionado la conveniencia del resurgimiento de la energía nuclear en el mundo.

### Preocupación por la seguridad en momentos críticos

La serie más reciente de hechos preocupantes comenzó el 7 de julio de 2008, con la fuga de uranio en una planta de tratamiento de desechos cercana a la ciudad de Tricastin, en el sudeste de Francia, a unos 40 kilómetros al norte de Aviñón. Según las estimaciones de los informes iniciales de Socrati, filial de la compañía nuclear Areva, de control estatal, se habían derramado 30 mil litros de una solución que contenía 12 gramos por litro de uranio no enriquecido al rebalsarse un tanque de almacenamiento (BBC 2008).

Posteriormente, Socrati indicó que habían sido solo seis mil litros, pero aun así la fuga excedía 100 veces la cantidad anual permitida de efluentes radioactivos en el sitio (Kay 2008). El líquido permeó el suelo y luego pasó a dos ríos cercanos, el Gaffière y el Lauzon, afluentes del Ródano (Ward 2008). Aunque la Autoridad de Seguridad Nuclear estimó que las concentraciones de uranio en uno de los ríos contaminados superaban en alrededor de mil veces las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, los expertos declararon que el riesgo para el público era bajo (Ward 2008, Kay 2008). De todas maneras, las autoridades locales pusieron en práctica un plan de emergencia en tres ciudades de los alrededores de la planta. Se prohibió beber agua de pozos privados, nadar en los ríos y regar los campos. También se prohibió la ingestión de pescado proveniente de los ríos contaminados.

El 18 de julio siguiente, Areva detectó una fuga de uranio enriquecido en el sitio de procesamiento de combustible nuclear de Romans-sur-Isère, a unos 100 kilómetros al norte de Tricastin (Mabe 2008). La fuga se produjo en un conducto subterráneo de transporte de uranio líquido

desde las instalaciones de fabricación de combustible nuclear hasta la unidad de tratamiento. Aunque fue descubierta durante una operación de mantenimiento, la pérdida podría haber existido durante años.

También el 18 de julio, la compañía de servicios públicos Electricité de France (EDF) informó que 15 empleados habían estado expuestos a bajos niveles de radiación en la planta nuclear del Valle del Ródano al sur de Lyon (Mabe 2008). Dos semanas después, 100 empleados de la planta de EDF en Tricastin también estuvieron expuestos a bajos niveles de radiación. Los sensores de exposición detectaron un aumento en el nivel de radiación mientras se realizaban trabajos de mantenimiento en un reactor que había sido forzado a cerrar transitoriamente por una fuga ocurrida solo unos días antes (BBC 2008). El incidente fue calificado como de nivel cero en la escala de siete puntos utilizada para medir la gravedad de los accidentes nucleares. EDF alegó que ninguno de sus empleados corría riesgos importantes para su salud (Mabe 2008).

Ésta no es la primera vez que las fugas radioactivas ponen en riesgo a la población de Francia. En mayo de 2006 se produjeron fugas en el vertedero de desechos denominado Centre Stockage l'Aube, situado al este de Francia, los cuales produjeron bajos niveles de contaminación radioactiva en la capa freática, a menos de 10 kilómetros de los famosos viñedos de Champagne. Ese vertedero, que contiene desechos provenientes en su mayoría de EDF y Areva, tenía fisuras en las celdas de almacenamiento. El mismo mes de 2006, otro vertedero en Normandía, manejado por el Organismo de Gestión de Desechos Radioactivos de Francia, también tuvo problemas de fugas. Se calculó que los niveles de radioactividad en las aguas subterráneas utilizadas por los productores rurales sobrepasaron en hasta noventa veces los límites de seguridad europeos (Greenpeace 2006).

### Lejos de ser un tema cerrado

La energía nuclear ha sido recientemente promocionada como la potencial ganadora en la pelea contra el cambio climático, mientras que se planifican nuevos emprendimientos nucleares en todo el mundo. Pero los temas de seguridad asociados a la producción nuclear y el manejo de los desechos radioactivos, como así también al terrorismo y los accidentes, son aspectos negativos muy importantes. El riesgo está muy relacionado con cuestiones que hacen a la confianza, la capacidad y la responsabilidad (Bickerstaff y otros 2008).

Lejos de demostrar que, gracias a la experiencia ganada y al tiempo transcurrido, las cuestiones de seguridad ya no presentan un problema para la industria nuclear, los



Complejo nuclear de Tricastin en el sudeste de Francia

Fuente: Stefan Küh



## Recuadro 6: Productos agroquímicos

Los fertilizantes sintéticos son relativamente económicos, simples de usar y de fácil absorción para las plantas, y han contribuido al impresionante crecimiento en el rendimiento de las cosechas durante la segunda mitad del siglo pasado. De manera similar, los plaguicidas sintéticos son relativamente económicos y, al menos en principio, medios efectivos para acabar con insectos, malezas y enfermedades de las plantas. Obviamente, los plaguicidas funcionan porque son venenosos, por lo que no debe sorprender que su fabricación y uso, especialmente cuando éste es excesivo y combinado con fertilizantes, puedan dañar la salud humana y la de los ecosistemas. Sin embargo, las consecuencias de su uso en los humanos y en los ecosistemas son frecuentemente ignoradas porque el usuario final no las siente en forma directa o inmediata.

La llegada masiva de nitrógeno a muchos sistemas acuáticos, causada en gran medida por el uso intensivo de fertilizantes sintéticos y su ulterior eliminación durante las últimas décadas, presenta un desafío cada vez más reconocido para productores agrícolas, científicos, gobiernos e inversores. Si bien se observa un mayor rendimiento de las cosechas en el corto plazo gracias al uso de productos químicos pesados, aún no hemos logrado dar cuenta del daño a largo plazo que se produce en las tierras agrícolas, los cuerpos de agua, los ecosistemas mundiales y la salud humana. Tampoco tenemos en cuenta el consumo masivo de energía y las huellas de carbono que ocasionan los agroquímicos.

En la actualidad el uso de fertilizantes sintéticos alcanza aproximadamente a 210 millones de toneladas por año, provocando así serias distorsiones en el ciclo natural del nitrógeno en la Tierra. En cuanto a la superficie terrestre, la sobresaturación de nitrógeno altera la composición química de los suelos y causa el agotamiento de otros nutrientes fundamentales como el calcio, el magnesio y el potasio. Irónicamente, el agregado de un nutriente en forma desbalanceada respecto de otros puede resultar en la disminución de la fertilidad del suelo, con la consecuente reducción de la productividad de las tierras tanto cultivadas como naturales.

En cuanto a los sistemas acuáticos, la sobrecarga de nitrógeno estimula el crecimiento excesivo de algas. Cuando estas plantas mueren consumen el oxígeno disuelto disponible en el agua, por lo que se sofocan otros organismos y se crean grandes zonas caracterizadas por la baja concentración de oxígeno y una carencia casi total de vida marina. De las 150 principales zonas muertas identificadas en los océanos del mundo, la mayor es la del Mar Báltico, seguida por la sección norte del Golfo de México frente al delta del río Misisipi. Los efectos de mayores proporciones de CO<sub>2</sub> en los océanos, al absorber concentraciones excesivas desde la atmósfera, pueden agravar la creciente amenaza de las zonas muertas en los océanos.

Muchos países siguen aumentando los subsidios a la industria de fertilizantes sintéticos en base a nitrógeno, a pesar de que no existe justificación fundada. En la India, economía de mayor crecimiento en el mundo después de China, los subsidios estatales a la industria de los fertilizantes alcanzaron los 23 mil millones de dólares estadounidenses en 2008, lo que representa más del tres por ciento del PBI del país. Mientras que el consumo de fertilizantes en base a nitrógeno crece a ritmo exponencial, también lo hace la dependencia de la India de la importación de combustibles fósiles, componentes clave en la producción de fertilizantes sintéticos. Por lo tanto, los derivados del petróleo y la energía necesarios en la India se han convertido en otra industria subsidiada en exceso.

Los derivados del petróleo constituyen la materia prima para muchos plaguicidas sintéticos y son, al mismo tiempo, el combustible usado para su fabricación. Durante los últimos cincuenta años, el uso "preventivo" de los plaguicidas produjo la resistencia de las especies atacadas y su uso excesivo aceleró la contaminación de fuentes no localizadas. Alrededor de 3 millones de personas en el mundo sufren envenenamiento grave por plaguicidas, lo que puede provocar cáncer, defectos congénitos y daño al sistema nervioso. La exposición a estos contaminantes se atribuye directamente a que los plaguicidas llegan a las fuentes de agua potable mediante la escorrentía, así como a la acumulación de residuos químicos en los alimentos.

Modificar la adicción del mundo al uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos será un desafío formidable en distintos frentes. Desde la perspectiva ecológica, las opciones de gestión deben considerar la transición a un enfoque ecoagrícola y a protocolos más estrictos para el uso eficiente de los productos agroquímicos (Véase Gestión de los ecosistemas, Capítulo uno). Estos desafíos resultan aún más complicados por las fallas institucionales y de gobernanza que ocultan el alto costo que tienen los agroquímicos para la salud humana y de los ecosistemas. Las soluciones eficaces demandarán normativas estrictas y prudentes respecto de las inversiones contraproducentes, además del cambio de medidas para desmantelar las políticas de subsidios perversos, especialmente en el contexto de elevados crecimientos económicos en países en desarrollo.

Fuentes: Astill 2008, Kapoora y otros 2008, Lie 2007, Science News 2008, WHO 2007, Wu y otros 1999, WWI 2008



Fuente: Associated Press/ Rajesh Nirgude

escapes ocurridos recientemente en Francia han socavado la confianza del público en este tipo de industria energética. Por ejemplo, el Alto Comité para la transparencia y la información sobre la seguridad nuclear concluyó que el manejo de los incidentes en Tricastin revelaron "... una cadena de fallas y negligencia humana..." por parte de Socatri (Laurent 2008). Estos incidentes insinúan, además, la necesidad de un examen de las condiciones de trabajo de las plantas nucleares en materia de seguridad y responsabilidad. La confianza pública se ve también socavada por revelaciones sobre fallas en el proceso de construcción de nuevas instalaciones. En marzo de 2008, la autoridad de seguridad nuclear de Francia detectó defectos durante la inspección al nuevo Reactor Europeo Presurizado de Tercera Generación que se está construyendo en Flamanville, departamento de la Mancha. La autoridad reveló numerosas fallas crónicas en la construcción y ordenó

la paralización de los trabajos (AFP 2008). El futuro de la industria nuclear parece ahora depender del equilibrio entre el temor de la gente a la contaminación nuclear y la creciente necesidad de energía neutra en carbono. No se conoce aún en qué punto se establecerá ese equilibrio.

### CONCLUSIÓN

El rápido crecimiento de la industrialización, la extendida globalización de las cadenas de provisión de alimentos y los procesos extractivos dominantes se combinan para introducir muchas y variadas sustancias nocivas en el medio ambiente (**Recuadro 6**). Los episodios agudos, tales como derrames de petróleo y productos químicos, casos de contaminación de alimentos y el retiro del mercado de juguetes tóxicos, son los que reciben mayor atención del público. Pero los efectos acumulativos de la contaminación generalizada de bajo nivel, y la lenta acu-

mulación de muchos venenos y compuestos biológicos activos, a la larga podrían tener efectos negativos aun más profundos para la salud humana y de los ecosistemas, especialmente en cuanto a su capacidad de recuperación frente a nuevas amenazas. Ciertamente es importante controlar y responder a los episodios agudos de contaminación. Pero también resulta crucial anticipar, regular y controlar el envenenamiento lento pero constante. Tanto el envenenamiento lento como los episodios más agudos se pueden prevenir mediante acciones racionales, como minimizar la producción de sustancias nocivas, controlar su distribución y eliminación final, y sustituirlas por sustancias y prácticas más benignas (véase Eficiencia de recursos, Capítulo cinco).

## REFERENCIAS

- AFP (2008). *Are'as Flamanville nuclear reactor supply chain needs oversight*. Agence France-Presse. <http://www.climatestoptics.org/country/france/flamanville/arevas-flamanville-nuclear-reactor-supply-chain-needs-oversight#more-1714> [Accessed October 2008]
- Allchin, D. (1999). *The poisoning of Minamata*. <http://www1.umn.edu/ships/ethics/minamata.html> [Accessed November 2008]
- Astill, J. (2008). Storm-clouds gathering: What the world recession will do to India's economy. *The Economist*, December 11, 2008
- ATSDR (2008). *ToxFQs for Mercury*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2999 <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts46.htm> [Accessed November 2008]
- Bastos, W., Gomes, J.P., Oliveira, R., Almeida, R., Nascimento, E.L., Bernardi, J.V., De Lacerda, L. Da Silveira, E.G. and Pfeiffer, W.C. (2006). Mercury in the environment and river-side population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Science of the Total Environment*, (368), 344-351
- BBC (2008). *Warning over French Uranium Leak*. BBC News. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/europe/7496998.stm> [Accessed 12 October 2008]
- BBC (2008b). *Concern over French Nuclear Leaks*. BBC News. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/europe/7522712.stm> [Accessed 12 October 2008]
- Bergeson, L. (2008). Nanotechnology, Boom or Bust. *Pollution Engineering*, 39(2007), 14
- Bi, X.H., Thomas, G.O., Jones, K.C., Qu, W.Y., Sheng, G.Y., Martin, F.L. and Fu, J.M. (2007). Exposure of electronics dismantling workers to polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated biphenyls, and organochlorine pesticides in South China. *Environmental Science Technology*, (41), 5647-5653
- Bickerstaff, K., Lorenzoni, I., Pidgeon, N.F., Poortinga, W. and Simmons, P. (2008). Reframings nuclear power in the UK energy debate: nuclear power, climate change mitigation and radioactive waste. *Public Understanding of Science*, (17), 145-169
- Bowman, D. and Hodge, G. (2007). A Small Matter of Regulation: An International Review of Nanotechnology Regulation. *Columbia Science Technology Law Rev.* (8), 1-32
- Canadian Cancer Society (2008). Phthalates. [http://www.cancer.ca/Canada-wide/Prevention/Specific%20environmental%20contaminants/Phthalates.aspx?sc\\_lang=en](http://www.cancer.ca/Canada-wide/Prevention/Specific%20environmental%20contaminants/Phthalates.aspx?sc_lang=en)
- Chen, M. and von Mikecz, A. (2005). Xenobiotic-induced recruitment of autoantigens to nuclear proteasomes suggests a role for altered antigen processing in scleroderma. *Annals of New York Academy of Science*, 1051 (1), 382-389
- Conservation International (2002). *Minería en el Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró (CIVA)* [Mining in the Conservation Corridor Vilcabamba-Amboró]. Conservation International. La Paz
- Comba, P., Bianchi, F., Fazzo, L., Martina, L., Menegozzo, M., Minichilli, F., Mitis, F., Musmeci, L., Pizzuti, R., Santoro, M., Tricca, S., and Martuzzi, M. (2006). "Health Impact of Waste Management Campania" Working Group 2006 Cancer Mortality in an Area of Campania (Italy) Characterized by Multiple Toxic Dumping Sites" *Annals of the New York Academy of Sciences*, (1076), 449-461
- Da Costa, G.M., Dos Anjos, L.M., Souza, G.S., Gomes, B.D., Saito, C.A., Pinheiro, M.N., Ventura, D.F., Da Silva, M. and Silveira, L.C. (2008). Mercury toxicity in Amazon gold miners: Visual dysfunction assessed by retinal and cortical electrophysiology. *Environmental Research*, (107), 98-107
- Daily Express (2008). Sausage recall after cyanide scare <http://www.express.co.uk/posts/view/68017/Sausage-recall-after-cyanide-scare> [Accessed November 2008]
- Demetriou, D. (2008). Japanese ham, sausages and other meats follow noodles off the shelves in contamination scare. *The Telegraph* <http://www.telegraph.co.uk/news/>
- Dewan, S. (2008). At plant in coal ash spill, toxic deposits by the ton. *New York Times*, 29 December 2008 [http://www.nytimes.com/2008/12/30/us/30sludge.html?\\_r=1&ref=us](http://www.nytimes.com/2008/12/30/us/30sludge.html?_r=1&ref=us)
- Earthworks (2006). *Yanacocha Gold Mine in Cajamarca, Peru* <http://www.earthworksaction.org/cajamarca.cfm> [Accessed October 2008]
- EC (2008). *Community Strategy for Endocrine Disruptors*. European Commission [http://ec.europa.eu/environment/endocrine/documents/sec\\_2007\\_1635\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/endocrine/documents/sec_2007_1635_en.htm)
- EPA (2007). Notice of data availability on the disposal of coal combustion wastes in landfills and surface impoundments. US Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-WASTE/2007/August/Day-29/f17138.htm>
- EPA (2008). EPA's response to the TVA Kingston Fossil Plant fly ash release. US Environmental Protection Agency, 28 Dec 2008 <http://www.epa.gov/region4/kingston/index.html> [Accessed 29 Dec 2008]
- Erismán, J.W., Sutton, M.A., Galloway, J., Klimont, Z. and Winarwar, W. (2008). How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature GeoScience* (1) 636-639
- Farella, N., Davidson, R., Lucotte, M. and Daigle, S. (2007). Nutrient and Mercury Variations in Soils from Family Farms of the Tapajós Region (Brazilian Amazon): Recommendations for Better Farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (120), 449-462
- Federici, G., Shaw, B. and Handy, R. (2007). Toxicity of titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Gill injury, oxidative stress, and other physiological effects. *Aquatic Toxicology*, 84(4), 415-430
- Friends of the Earth (2008). *Out of the Laboratory and onto our Plates. Nanotechnology in Food and Agriculture*. Revised version. FoE Australia, FoE Europe, and FoE United States
- Greenpeace (2006). *French Nuclear Flagship Holed Below the Water Line*. <http://www.greenpeace.org/international/news/french-nuclear-flagship270508>
- Health Canada (2007). *Canadian standards for various chemical contaminants in food*. <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/standards/chem-chim/contaminants-guidelines-directives-eng.php>
- Hester, R.E. and Harrison, R.M. (2007). *Nanotechnology: Consequences for human health and the environment*. Issues in Environmental Science and Technology Royal Society of Chemistry. Cambridge, UK. (24)
- Hund-Rinke, K. and Simon, M. (2006). Ecotoxic effect of photocatalytic active nanoparticles (TiO2) on algae and daphnids. *Environ Science and Pollution Research*, 13(4), 225-232
- Huo, X., Peng, L., Xu, X.J., Zheng, L.K., Qiu, B., Qi, Z.L., Zhang, B., Han, D. and Piao, Z.X. (2007). Elevated blood lead levels of children in Guiyu, an electronic waste recycling town in China. *Environ. Health Perspectives*, (15), 1113-1117
- ICIS (2008). ICIS Chemical Business. *US phthalates ban in children's toys looms* <http://www.icis.com/Articles/2008/10/06/9160591/us-phthalates-ban-in-childrens-toys-looms.html> [Accessed November 2008]
- INAC (2008). *English-Wabigoo River Mercury Compensation*. India and Northern Canada Affairs. [http://www.aicn-inac.gc.ca/on/ewr\\_e.html](http://www.aicn-inac.gc.ca/on/ewr_e.html) [Accessed 12 November 2008]
- Jones, M. (2008). Tiny Particles, Major Concerns: Lloyd's Examines Nanotech. *Best's Review*, 108(2008), 9
- Kapoor, V., Singhb, U., Patila, S.K., Magrea, H., Shrivastava, L.K., Mishra, V.N., Dasa, R.O., Samadhiyaa, V.K., Sanabrab, J. and Diamond, R. (2008). Rice Growth, Grain Yield, and Floodwater Nutrient Dynamics as Affected by Nutrient Placement Method and Rate. *Agronomy Journal* 100: 526-536
- Karlsson, H., Cronholm, P., Gustafsson, J. and Moeller, L. (2008). Copper Oxide nanoparticles are Highly Toxic: A Comparison Between Metal Oxide Nanoparticles and Carbon Nanotubes. *Chemistry Res. Toxicology*, 21(9), 1726-1732
- Kay, M. (2008). *Contamination fears after leak from French nuclear waste plant*. The Independent. <http://www.independent.co.uk/> [Accessed October 2008]
- Kehrig, H. do A., Howard, B.M. and Malm, O. (2008). Methylmercury in a Predatory Fish (Cichla spp.) Inhabiting the Brazilian Amazon. *Environmental Pollution*, 154(2008), 68-76
- Khalequzzaman, M., Faruque, F.S. and Mitra, A.K. (2005). Assessment of Arsenic Contamination of Groundwater and Health Problems in Bangladesh. *International Journal for Environmental Research and Public Health*, 2(2), 204-213
- Kinghorn, A., Solomon, P. and Chan, H.M. (2007). Temporal and spatial trends of mercury in fish collected in the English-Wabigoo river system in Ontario, Canada. *Science of the Total Environment*, 372(2-3): 615-623
- Lacerda, L.D. (2003). Updating global mercury emissions from small-scale gold mining and assessing its environmental impacts. *Environment Geology*, 43(2003), 308-314
- Laurent, O. (2008). *French nuclear industry has repeated accidents*. <http://www.wsws.org/articles/2008/aug2008/nuc-a01.shtml> [Accessed October 2008]
- Leung, A.O.W., Duzgoren-Aydin, N.S., Cheung, K.C. and Wong, M.H. (2008). Heavy Metals Concentrations of Surface Dust from e-Waste Recycling and its Human Health Implications in Southeast China. *Environmental Science and Technology*, (42), 2674-2680
- Lie, E. (2007). Market Power and Market Failure: The Decline of the European Fertilizer Industry and the Expansion of Norsk Hydro. *Enterprise and Society* 9(1): 70-95 doi:10.1093/es/khm084
- Luo, J. (2007). Toxicity and bioaccumulation of nanomaterial in aquatic species. *Journal of the U.S. SJWP*, 1-16
- Mabe, M. (2008). *Will French Leaks Harm Nuclear's Revival?* Businessweek [http://www.businessweek.com/globalbiz/content/jul2008/gb20080728\\_585698.htm?chan=globalbiz\\_europe+index+page\\_top+stories](http://www.businessweek.com/globalbiz/content/jul2008/gb20080728_585698.htm?chan=globalbiz_europe+index+page_top+stories) [Accessed 12 October 2008]
- Magnowski, D. (2008). *African states ban Chinese milk in health alert* <http://www.reuters.com/> [Accessed November 2008]
- Marques, R. C., Garrofe, J., Rodrigues, W., De Freitas Rebelo, M., De Freitas Fonseca, M. and Marshall, E. (2005). Nuclear Power: Is the Friendly Atom Poised for a Comeback? *Science* (309), 1168-9
- Maynard, A. (2006). Nanotechnology: Assessing the risks. *Nanotoday*, 1(2), 22-33
- Mudder, T.I. and Botz, M. (2000). *A global perspective of cyanide*. A background paper of the UNEP/ICME
- NPRI (2006). National Pollution Release Inventory. *Environment Canada*. [http://www.ec.gc.ca/pdb/npri/2006Summary/p3\\_2\\_e.cfm](http://www.ec.gc.ca/pdb/npri/2006Summary/p3_2_e.cfm)
- NRC (2006). Managing Coal Combustion Residues in Mines. US National Research Council, Washington, DC, 2006
- Oberdörster, G., Maynard, A., Donaldson, K., Castranova, V., Fitzpatrick, J., Ausman, K., Carter, J., Karn, B., Kreyling, W., Lai, D., Olin, S., Monteiro-Riviere, N., Warheit, D. and Yang, H. (2005). Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. *Particle Fibre Toxicology*, (2), 8 Osborn, K. (2008). Professor spreads facts about nanotechnology. The Brown and White. <http://www.thebrownandwhite.com>
- Pfeiffer, W.C. and Lacerda, L.D. (1988). Mercury inputs into the Amazon Region, Brazil. *Environmental Technology*, (9), 325-330
- Pinheiro, M.C.N. Crespo-Lopez, M.E., Vieira, J.L.F., Okawa, T., Guimaraes, G.A., Araujo, C.C., Amoras, W.W., Ribeiro, D.R., Herculano, A.M., Do Nascimento, J.L.M. and Silveira, L.C.L. (2007). Mercury Pollution and Childhood in Amazon Riverside Villages. *Environment International*, (33), 56-61
- Rejeski, D. (2008). *Gearing Up for the Reauthorization of the Nanotechnology R&D Act, Nanotechnology Now*. Project on Emerging nanotechnologies. <http://www.nanotech-now.com/columns/?article=195> [Accessed 13 October 2008]
- Reuters (2008). *Italy must do more to stop dioxin in mozzarella-EU*. <http://uk.reuters.com/> [Accessed November 2008]
- Royle, E. (2006). E-Waste at Large. *The New York Times*, January 27, 2006
- Sato, S., Shirakawa, H., Tomita, S., Ohsaki, Y., Haketa, K., Tobi, O., Santo, N., Tohkin, M., Furukawa, Y., Gonzalez, F. and Komai, M. (2008). Low-dose dioxins alter gene expression related to cholesterol biosynthesis, lipogenesis, and glucose metabolism through the aryl hydrocarbon receptor-mediated pathway in mouse liver. *Toxicology and Applied Pharmacology*, (229), 10-19
- Schertow, J. (2008). *Mad as a hatter. Canada's mercury pollution on indigenous land*. The Dominion. <http://www.dominionpaper.ca/articles/1981> [Accessed November 2008]
- Schettler, T. (2005). *Phthalate Esters and Endocrine Disruption* [http://www.sehn.org/Endocrine\\_Disruption.html](http://www.sehn.org/Endocrine_Disruption.html) [Accessed November 2008]
- Science News (2008). Keeping yields, profits and water quality high. <http://esciencenews.com/articles/2008/05/08/keeping.yields.profits.and.water.quality.high>
- SCENIHR (2005). *Opinion on the appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies*. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Directorate General for Health and Consumer Affairs, European Commission. Brussels
- Sing, K.A., Hryhorczuk, D., Saffirio, G., Sinks, T. Paschal, D.C., Sorensen, J. and Chen, E.H. (2003). Organic Mercury Levels Among the Yanomama of the Brazilian Amazon Basin. *Ambio*, (32), 434-439
- Smil, V. (2001) *Enriching the earth: Fritz Haber, Carl Bosch and the Transformation of World Food Production*. MIT Press, Cambridge Massachusetts
- Stern, S.T. and McNeil, S.E. (2008). Nanotechnology Safety Concerns Revisited. *Toxicological Sciences*, (101), 4-21
- Sturgis, S. (2008). Empty promise: The broken federal commitment behind the Tennessee coal ash disaster. Facing South. Institute for Southern Studies. <http://www.southernstudies.org/2008/12/empty-promise-the-broken-federal-commitment-behind-tenne.html>
- TVA 2008. Kingston update page. Tennessee Valley Authority [http://www.tva.gov/emergency/ashslide\\_kingston.htm](http://www.tva.gov/emergency/ashslide_kingston.htm) [Accessed 29 December 2008]
- Van Geen, A. (2008). Arsenic meets dense populations. *Nature Geoscience*, (1), 494-496 [Accessed October 2008]
- Wang, J., Zhou, G., Chen, C., Yu, H., Wang, T., Ma, Y., Jia, G., Gai, Y., Li, B., Sun, J., Li, Y., Jiao, F., Zhao, Y. and Chai, Z. (2007). Acute toxicity and biodistribution of different sized titanium dioxide particles in mice after oral administration. *Toxicol Letter*, 168(2), 176-185
- Ward, J. (2008). *Critics Worry as Authorities Ban Water Use*. <http://www.spiegel.de/international/europe/0,1518,564826,00.html>
- Wheatley, B. and Paradis, S. (2005). Exposure of Canadian aboriginal peoples to methylmercury. *Water, Air and Soil Pollution*, (80), 3-11
- Willey, D. (2008). *Toxin scare hits mozzarella sales*. BBC News <http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/europe/7308162.stm> [Accessed November 2008]
- WHO/DEPA (2004). *Phthalates in Toys and Child-care articles*. Danish Environmental Protection Agency (DEPA). World Health Organization, Denmark
- WHO (2001a). *Arsenic in drinking water*. World Health Organization <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs210/en/index.html>
- WHO (2001b). *Arsenicosis*. World Health Organization [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/arsenicosis/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/arsenicosis/en/)
- WHO (2007a). *Dioxins and their effects on human health*. World Health Organization <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/print.html>
- WHO (2007b). *Cyanide in Drinking-water*. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-Water Quality. World Health Organization. Geneva
- WHO (2008). *Melamine-contamination event, China, September-October 2008*. World Health Organization [http://www.who.int/foodsafety/fs\\_management/infosan\\_events/en/index.html](http://www.who.int/foodsafety/fs_management/infosan_events/en/index.html)
- WHO (2008a). *Questions and Answers on Melamine*. World Health Organization. <http://www.who.int/csr/media/faq/Amelamine/en/print.html>
- Wolff, M.S. (2006). Endocrine Disruptors: Challenges for Environmental Research in the 21st Century. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1076, 228-238,
- WNA (2008). *Nuclear Power in France*. Country Briefings. World Nuclear Association <http://world-nuclear.org/info/inf40.html> [Accessed 1 October 2008]
- Wu, C., Maurer, C., Wang, Y., Xue, S. and Davis, D.L. (1999). Water Pollution and Human Health in China. *Environmental Health Perspectives*, 107(4): 251-256
- WWI (2008). *Vital Signs 2007-2008*. Worldwatch Institute, 176p Washington, DC <http://www.worldwatch.org/vs2007> [Accessed 15 December 2008]

# Cambio climático

El cambio climático está empujando a muchos sistemas de la Tierra hacia umbrales críticos que alterarán el equilibrio ambiental a nivel regional y mundial, y amenazarán la estabilidad a diferentes escalas. Es alarmante, pero puede ser que ya hayamos cruzado puntos de inflexión irreversibles dentro del período de existencia de nuestra actual civilización.



Frente de tormenta sobre la Isla de Bribie, Queensland, Australia.

Fuente: Barbara Burkhardt

## INTRODUCCIÓN

Hace tiempo que el cambio climático ha dejado de ser una curiosidad científica, y ya no se trata sólo de una de las tantas preocupaciones ambientales o regulatorias. Es el problema ambiental principal y más preponderante de nuestros tiempos, y constituye el mayor desafío que enfrentan los encargados de la toma de decisiones a diferentes niveles (Ban 2008). Se trata de una creciente crisis de amplias dimensiones que abarcan a la economía, la salud y la sanidad, la producción de alimentos y la seguridad. El cambio de patrones climáticos amenazan la producción alimentaria mediante un incremento en la inestabilidad de las precipitaciones, la elevación del nivel del mar contamina las reservas costeras de agua dulce y aumenta el riesgo de inundaciones catastróficas, y un calentamiento de la atmósfera ayuda a extender hacia los polos plagas y enfermedades que estaban limitadas a los trópicos.

Las noticias que tenemos hoy son malas y empeoran. La pérdida de hielo de los glaciares y mantos de hielo continúa, llegando al segundo año consecutivo con un pasaje sin hielo entre las islas árticas de Canadá y a niveles acelerados de pérdida de hielo en los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida. Junto con la dilatación térmica (el agua cálida ocupa mayor volumen que la fría), el derretimiento de glaciares y mantos de hielo desde el ecuador hacia los polos contribuye al aumento del ritmo y eventual ascenso del nivel del mar, que podría sobrepasar ampliamente los niveles anticipados en la más reciente evaluación científica mundial (IPCC 2007).

Existen evidencias alarmantes que demuestran que ya se han alcanzado o sobrepasado importantes puntos de inflexión, lo cual trae aparejado cambios irreversibles en los principales sistemas y ecosistemas de la Tierra. Ecosistemas tan diversos como el del bosque pluvial

amazónico y la tundra ártica pueden estar llegando a umbrales de cambio dramático a través del calentamiento y la sequía. Los glaciares de montaña están retrocediendo a niveles alarmantes y los efectos aguas abajo de un menor suministro de agua durante los meses más áridos tendrá consecuencias que perdurarán por generaciones. Los sistemas de retroalimentación climática y los efectos ambientales acumulativos se producen a través de todos los sistemas de la Tierra, con comportamientos que no podemos anticipar.

La posibilidad de un calentamiento descontrolado debido al efecto invernadero es real y nunca se había mostrado tan claramente. Los cambios climáticos más peligrosos todavía pueden evitarse si transformamos nuestros sistemas energéticos basados en hidrocarburos en sistemas de energía renovable y si iniciamos programas de adaptación racionales y con el adecuado financiamiento, con el objeto

de prevenir desastres y migraciones a escalas sin precedentes. Las herramientas están disponibles, pero deben aplicarse de manera inmediata y decidida.

## DETECCIÓN, OBSERVACIÓN, ATRIBUCIÓN

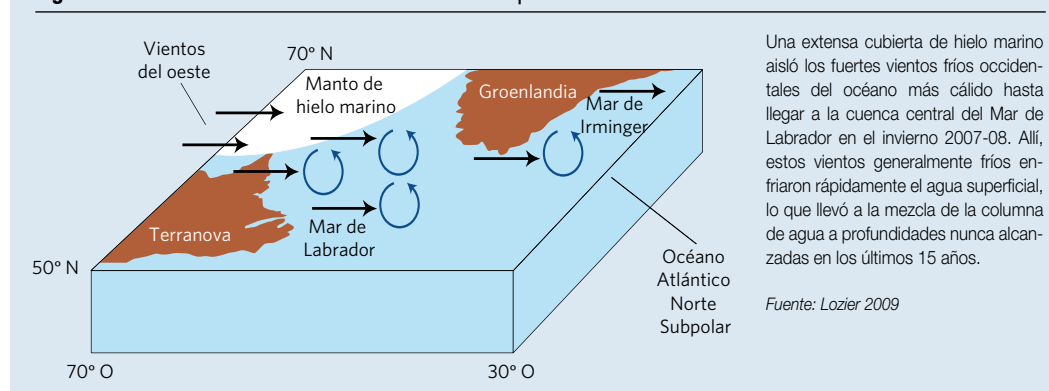
El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático publica un exhaustivo informe de evaluación científica sobre el cambio climático cada cinco o seis años (IPCC 2007). Sin embargo, no pasa más de una semana sin que aparezcan investigaciones en publicaciones científicas y noticias, que se van sumando al relato. Por ejemplo, el IPCC no había podido atribuir de manera formal los cambios observados en las regiones polares a la influencia de las actividades humanas, debido a la variabilidad natural de la región y a la cobertura insuficiente. En 2008, los científicos descubrieron, mediante el uso de conjuntos de datos reticulados relacionados con un lugar específico y simulaciones de cuatro modelos climáticos diferentes, que los cambios en las temperaturas árticas y antárticas no concuerdan con la variabilidad natural, y son directamente atribuibles a la influencia humana (Gillett y otros 2008). Concluyeron que la actividad humana ya ha causado un calentamiento significativo en ambas regiones polares, con posibles consecuencias sobre las comunidades indígenas, los sistemas biológicos, el equilibrio de la masa del manto de hielo y el nivel del mar en todo el mundo.

## Pérdida de hielo ártico

En 2008 se han recabado más evidencias sobre la disminución más acelerada de la esperada de la extensión superficial del hielo marino ártico debido a una mayor temperatura del aire y del océano. El National Snow and Ice Data Center (Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielo) de los Estados Unidos de América informó que la menor cubierta de hielo marino del año se produjo el 12 de septiembre, cuando su extensión sólo cubrió poco más de 4,52 millones de km<sup>2</sup> del Océano Ártico (NSIDC 2008). Esta es la segunda cifra más baja para la superficie de hielo que sobrevive el deshielo estival, desde que comenzó su monitoreo satelital en 1979. A pesar de que en 2008 hubo un 10 por ciento más de cubierta glaciar que en 2007, año del registro más bajo de la historia, la cifra todavía se encuentra más de un 30 por ciento por debajo del promedio registrado en las últimas tres décadas. En conjunto, ambos veranos no tienen parangón.

Por segundo año consecutivo, hubo un canal sin hielo en el Paso del Noroeste a través de las islas del norte de Canadá. Este año también fue testigo de la apertura de la Ruta del Mar del Norte a lo largo de la costa ártica siberiana. Los dos pasajes no habían estado abiertos de manera simultánea probablemente desde antes de la

**Figura 1: Profunda convección en el océano subpolar**



última era glaciar, cerca de 100 000 años atrás (NERSC 2008). En teoría, la capa de hielo ártica podría haber sido circunnavegada en 2008.

Una posible consecuencia inesperada de la pérdida de hielo marino en el Ártico es el aparente retorno de una fuerte convección oceánica en giros del Atlántico Norte subpolar, en donde el agua superficial se hunde en las profundidades como una masa de agua definida, impulsando patrones de circulación en el Océano Atlántico (Figura 1). La fuerte mezcla documentada en el Mar de Irminger al este del extremo sur de Groenlandia y en el Mar de Labrador al sudoeste se atribuye al aire frío que llega de Canadá y que inició una transferencia de calor del océano al aire, con la consecuencia de una masa de agua fría que se hunde. En los inviernos más recientes, el aire frío del occidente se ha templado debido a las más altas temperaturas del agua que fluye al sur a través del estrecho de Davis. Sin embargo, en el invierno 2007-2008, el agua superficial que fluye al sur fue agua de deshielo, más fría y fresca que lo habitual, de manera que se congeló rápidamente llegado el invierno sobre el estrecho de Davis. El aire frío del occidente se mantuvo fresco hasta llegar al agua relativamente cálida frente a Groenlandia, en donde el intercambio de energía consiguiente desencadenó la renovación de giros (Vage y otros 2008).

La tendencia general a la baja del hielo marino en el Ártico ya lleva por lo menos tres décadas. La pérdida es mayor durante el verano, aunque también es evidente en los bancos de hielo invernales, en cuanto al espesor del hielo. Al haber menor cantidad de hielo que sobrevive la temporada estival, el espesor del hielo generado a lo largo de los años también disminuye. Esto hace que todo el sistema de hielo marino se torne más vulnerable ante un calentamiento futuro y acerca la posibilidad de un Ártico libre de hielo (Kay y otros 2008; NSIDC 2008).

En el Ártico, la atmósfera se está recalentando al doble de la velocidad verificada en la mayoría de las regiones del mundo. En el extremo norte, el calentamiento se ve intensificado por una disminución de la reflectividad de la superficie terrestre al derretirse el hielo y la nieve. El hielo y la nieve reflejan la energía solar al espacio, mientras que las superficies más oscuras como la tundra expuesta y el océano abierto absorben más energía solar y luego la irradian para calentar el aire que se encuentra por encima. De manera que a medida que desaparecen las superficies reflectantes, las superficies más oscuras emiten calor al entorno inmediato, lo cual trae aparejado un mayor derretimiento.

No obstante, puede haber otros factores que contribuyan al acelerado calentamiento en el Océano Ártico. En 2007, se dio una particularmente amplia pérdida de hielo en el Mar de Beaufort, al norte de Canadá y Alaska. Ello se debió a la incursión de agua cálida del sur que derritió el hielo que se encontraba por debajo (Perovich y otros 2008). Las condiciones atmosféricas locales también intensificaron la pérdida de hielo. Los cielos claros y soleados de 2007 incrementaron el derretimiento bajo el sol de 24 horas, mientras que fuertes vientos durante la primera parte del verano llevaron al hielo a formar bancos estacionales, creando amplias superficies de océano abierto (Kay y otros 2008). En 2008, los vientos dispersaron los hielos, dando como resultado una mayor aunque más delgada superficie de hielo (NSIDC 2008).

Durante 2008 también aumentaron las evidencias acerca del papel de una variabilidad natural más sistemática en el Ártico. Nuevas investigaciones han demostrado que la variabilidad normal de la región, dominada por la Oscilación Ártica y la Oscilación del Atlántico Norte, presentan fases cálidas y frías que se alternan, con una duración de varios años cada una

(Keenlyside y otros 2008; Semenov, 2008). Las fases son desencadenadas por patrones de corrientes oceánicas que cambian y que permiten el ingreso de mayor o menor cantidad de agua cálida al Ártico, alterando los movimientos del aire (Graversen y otros 2008). En los últimos años, la región ha permanecido en una fase cálida, acentuando los efectos del calentamiento global. Mientras que los cambios de fases en la Oscilación Ártica y la Oscilación del Atlántico Norte podrían ocultar tendencias de cambio climático mayores, algunos científicos se preguntan cómo afecta el cambio climático a estas y otras oscilaciones, como El Niño/Oscilación Austral (Goodkin y otros 2008, Goelzer y otros 2008).

### **Pérdida del manto de hielo de Groenlandia y la Antártida**

La masa de hielo más extensa en el Ártico cubre la isla de Groenlandia. En algunos lugares, el manto de hielo tiene tres kilómetros de espesor. Si éste se derrite, se estima que elevará seis metros el nivel del mar. Hasta no hace mucho tiempo, los glaciólogos suponían que el hielo se derretiría lentamente durante el curso de milenios, a medida que el calentamiento de la superficie del manto de hielo permea hacia abajo y va derritiendo gradualmente el hielo. Esta línea de pensamiento se ve reflejada en el cuarto informe de evaluación del IPCC (IPCC, 2007).

Sin embargo, el manto de hielo actualmente está perdiendo masa a una mayor velocidad que la esperada si fuera solo por el derretimiento. Las pérdidas actuales suman más de 100 km<sup>3</sup> por año. Nuevos descubrimientos realizados en 2008 revelaron que el flujo hacia el océano del glaciar Jakobshavn Isbrae en Groenlandia occidental, una de las vías más importantes de pérdida de hielo, se ha duplicado desde 1997 (Holland y otros 2008).

Aparentemente, existen procesos físicos que están destruyendo la integridad de partes del manto de hielo de Groenlandia. Todavía no se ha establecido el mecanismo preciso, pero hay dos posibilidades en discusión. Una establece que las aguas oceánicas cálidas desestabilizan las bocas de los glaciares mayores como el de Jakobshavn Isbrae, acelerando su flujo. La segunda surge del descubrimiento de que el agua de deshielo que se forma en la superficie del manto se drena a través de las grietas y molinos hacia el fondo del manto de hielo. Esta agua de deshielo lubrica el contacto que se encontraba anteriormente congelado entre el hielo y el lecho de roca subyacente, acelerando nuevamente el flujo glaciar. En 2008, se presentaron investigaciones acerca de uno de los miles de lagos de agua de deshielo que se forman actualmente en Groenlandia cada verano (Joughin y otros 2008, Das y otros 2008). La extensión de agua de cuatro



Científicos caminando a lo largo del borde de un gran cañón cavado por los flujos de agua de deshielo durante más de una década en la superficie del manto de hielo de Groenlandia.

*Fuente: Sarah Das/ Woods Hole Oceanographic Institution*

kilómetros de ancho que se formó en 2006 se drenó por completo a las profundidades heladas en 90 minutos, con un caudal superior al de las Cataratas del Niágara.

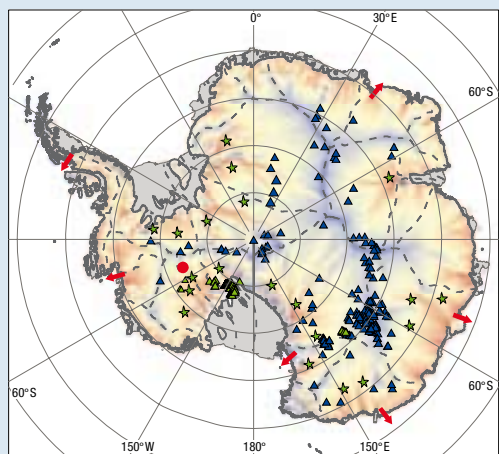
Sin embargo, la importancia que tiene este proceso sobre la pérdida de hielo no está clara. Ha habido un gran debate sobre la extensión y los efectos del drenaje de agua subglaciar y de cómo estas influencias varían de acuerdo con el tamaño y la temperatura de la masa de hielo (Bell 2008, O'Cofaigh y Stokes 2008). Algunos investigadores han afirmado que los ríos subglaciares formados como resultado de drenaje de molino son efímeros, que el agua se dispersa rápidamente y el hielo que circula se mueve al chocar contra el lecho de roca. De acuerdo a este argumento, dichos eventos sólo serían responsables del 15 por ciento de la formación anual de témpanos en Groenlandia (van der Waal y otros 2008). Pero las evidencias se basan solamente en un puñado de sitios. Además, si se probara que el agua subglaciar de Groenlandia es menos importante de lo que se cree, aún queda sin responderse por qué el gran manto de hielo está perdiendo masa a semejante velocidad.

Independientemente de los procesos en cuestión, está claro que Groenlandia puede perder hielo a un ritmo mucho más rápido de lo que anteriormente se suponía,

y que con frecuencia lo ha hecho en el pasado. Un nuevo análisis de datos históricos sobre la extensión del manto de hielo de Groenlandia muestra que es posible el derretimiento total como resultado del calentamiento a la escala que se está pronosticando para las próximas décadas (Charbit y otros 2008).

La Antártida también está perdiendo hielo, especialmente del manto de hielo de la Antártida Occidental. Este manto contiene suficiente hielo como para aumentar aproximadamente cinco metros el nivel del mar y se encuentra emplazado como un barco que hubiera naufragado, soldado a las montañas sumergidas. Este manto siempre se ha considerado potencialmente inestable, en especial debido a que aguas oceánicas más cálidas podrían derretir la unión congelada entre el hielo y la roca. Investigadores estimaron en 2008 que la pérdida de hielo del manto de la Antártida Occidental aumentó un 60 por ciento en el decenio 1997-2006 (Rignot y otros 2008). La pérdida de hielo de la Península Antártica, que se extiende desde la Antártida Occidental hacia América del Sur, aumentó un 140 por ciento. Los procesos que afectan a la península incluyen la aceleración de las corrientes glaciares causada tanto por aire más cálido como por mayores temperaturas del océano (Rignot y otros 2008) (**Recuadro 1**).

### Recuadro 1: Drenaje subglaciar en la Antártida



- ▲ Lago subglaciar
- ▲ Lago subglaciar activo
- ★ Captación con lago activo
- ↑ Episodios de inundaciones
- Actividad volcánica

El Año Polar Internacional, que comenzó en marzo de 2007 y llegará a su fin en marzo de 2009, es un programa científico que se concentra en los cambios en las condiciones árticas y antárticas. Algunos de los trabajos más interesantes estudian la dinámica del drenaje del agua del manto de hielo. Nuevos datos que demuestran la existencia de sistemas de drenaje de agua a gran escala debajo de los mantos de hielo polar han renovado las preocupaciones con respecto a la estabilidad de dicho manto.

Por debajo de los mantos de hielo antárticos, se desarrollan más de 150 lagos subglaciares, entre los que se incluye el lago Vostok, una cuenca del tamaño del lago Ontario. Imágenes de alta resolución de la superficie del manto de hielo han permitido a los científicos supervisar el movimiento del agua a través de sistemas hidrológicos interconectados que no habían sido reconocidos con anterioridad y que incluyen grandes lagos y ríos. A pesar de que no se conoce la extensión y grado de interconexión, el potencial sistema de drenaje de la Antártida es mayor que el de la cuenca del río Misisipi.

En las próximas décadas, importantes cambios en las regiones polares incrementarán la contribución de los mantos de hielo al aumento del nivel del mar. Por debajo de las corrientes de hielo y los glaciares exutorios que arrojan hielo a los océanos, agua y sedimentos húmedos deformables lubrican la base, facilitando un rápido flujo de hielo. En la Antártida, los lagos subglaciares tienen la capacidad de modificar la velocidad en corrientes de hielo y glaciares exutorios, así como de brindar fuente de lubricación para nuevos afluentes de corrientes de hielo.

Los sistemas fluviales subglaciares de Groenlandia y la Antártida ofrecen un valioso análogo moderno de la dinámica anterior del manto de hielo. Los desbordamientos de lagos glaciares prehistóricos esculpieron la topografía de vastas regiones de América del Norte, Europa, y Asia. Estas inundaciones también trajeron enormes cantidades de sedimentos y agua dulce a los deltas y océanos, contribuyendo posiblemente a alteraciones temporales en la circulación oceánica termohalina.

Fuentes: Allison y otros 2007, Bell 2008, Shaw 2002, Toggweiler y Russell 2008.

Un factor adicional en la Antártica que podría socavar la integridad de los grandes mantos de hielo es la reciente desaparición de una cantidad de mesetas de hielo. Estas mesetas flotan en el océano pero se encuentran adheridas indirectamente a los mantos de hielo. Las mesetas de hielo por lo general actúan como los corchos de una botella, manteniendo a los glaciares en tierra e impidiendo que con su pérdida aumente el nivel del mar.

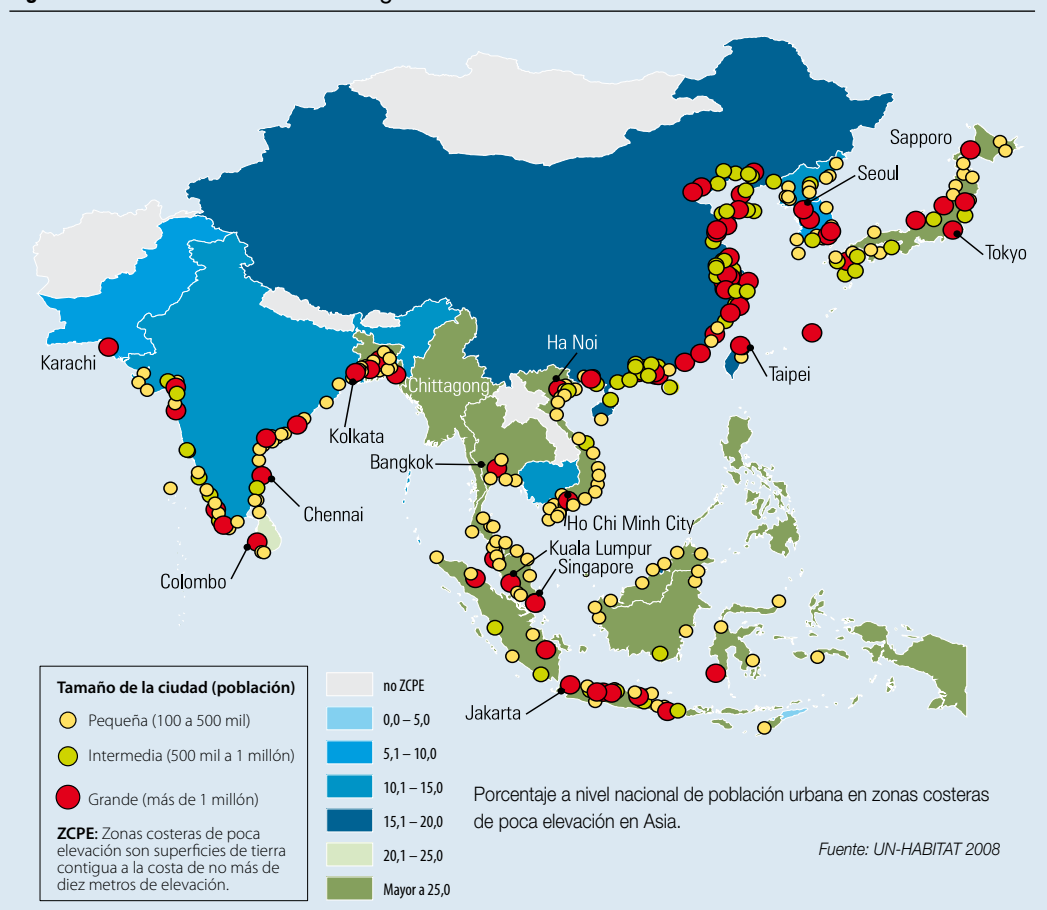
Una gran parte de la Meseta de Hielo Wilkins colapsó en febrero de 2008 (Braun y otros 2008). En ese momento la British Antarctic Survey (Investigación Antártica Británica) afirmó que la meseta se encontraba en peligro inminente de colapsar (BAS 2008). A partir de diciembre de 2008 imágenes de radar satelital mostraron más fisuras en la Meseta de Hielo Wilkins, en especial en la cabeza del puente de hielo que estabiliza el borde de la meseta. El puente en sí ha disminuido su espesor de 6,0 km a 2,7 km desde el colapso de febrero (ESA 2008).

### Aumento del nivel del mar

La última evaluación del IPCC pronostica que el nivel del mar en todo el mundo crecería entre 18 y 59 centímetros en el próximo siglo, sólo como resultado de la dilatación térmica de los océanos más cálidos y la pérdida de hielo por el derretimiento de glaciares de montaña (IPCC 2007). Sin embargo, desde la finalización del informe, muchos investigadores involucrados en esa evaluación predijeron que un incremento mucho mayor es posible, y ciertamente probable. La nueva predicción surge en parte de la reevaluación del potencial de fractura física de los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida.

Por ejemplo, un estudio que se presentó en una conferencia de la Unión Europea de Geociencias en Viena en abril sugirió que era muy probable un aumento de entre 0,8 y 1,5 metros (Schiermeier 2008). Otro estudio sobre la dinámica de la pérdida de manto de hielo sostuvo que el nivel del mar podría aumentar hasta dos metros

Figura 2: Ciudades asiáticas en riesgo debido al aumento del nivel del mar



en el próximo siglo como resultado de flujos de hielo de Groenlandia solamente (Pfeffer y otros 2008).

Tal aumento estaría por encima de todo lo experimentado en los últimos tiempos. El nivel del mar aumentó 2,0 cm en el siglo XVIII, 6,0 cm en el siglo XIX, 19,0 cm en el siglo XX, y lo que se proyecta será el equivalente a 30,0 cm para el siglo XXI según el ritmo observado durante los primeros años (Jevrejeva y otros 2008). Estas predicciones tienen precedentes: la escala del aumento del nivel del mar que se pronostica actualmente coincidiría con lo que ocurrió al final del último período glaciario. Luego, a medida que los mantos de hielo se desintegraron, los niveles del mar aumentaron entre 70.0 y 130 centímetros por siglo (Carlson y otros 2008).

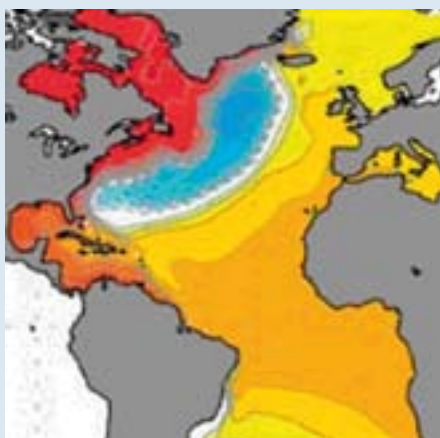
Un aumento de un metro del nivel del mar en todo el mundo traería aparejado el desplazamiento de 100 millones de personas en Asia, en su mayoría de China oriental, Bangladesh y Vietnam, 14 millones en Europa, y 8 millones en África y América del Sur (Figura 2). No obstante, un nuevo estudio sobre cómo una repentina expulsión de agua de deshielo, o su equivalente en hielo, de los mantos de hielo a los océanos afectaría el nivel del mar demuestra que, en los primeros años, las aguas ascendentes no des-

bordarían a la misma velocidad en todas partes. Llevaría varias décadas para que un lento impulso de mareas en ascenso se extienda por todo el mundo.

En un principio, la mayor parte del agua derretida a partir del manto de hielo de Groenlandia permanecería en el Atlántico (Figura 3). Cincuenta años luego de su desprendimiento, el aumento del nivel del mar sería treinta veces mayor en algunos sitios del Atlántico Norte, como el Golfo de México, que en el Pacífico. De igual manera, el estudio descubrió que el agua proveniente del colapso de un manto de hielo de la Antártida transformaría en pantanos las costas del hemisferio sur, mientras que sería apenas perceptible en el hemisferio norte durante por lo menos 50 años (Stammer 2008).

Sin embargo, independientemente de lo que pueda revelar el modelo detallado, las investigaciones realizadas en 2008 indican que el aumento del nivel del mar (debido a la dilatación térmica, el retroceso de los glaciares de montaña y el derretimiento del manto de hielo) será probablemente mayor y llegará mucho más rápido de lo que se creía incluso dos años atrás. El nivel del mar aumentará independientemente de la velocidad con la que se mitigue el cambio climático; por ello, los esfuerzos para planificar la adaptación a mayores niveles de los mares son más urgentes que nunca.

**Figura 3:** Respuesta oceánica mundial al derretimiento del manto de hielo de Groenlandia



El mapa muestra la respuesta del océano durante un período de diez años al forzamiento del agua dulce localizada asociada a la pérdida de manto de hielo de Groenlandia con una variación medida en milímetros. La expansión y redistribución del agua dulce en el océano comienza con una ola inicial de transición con alturas negativas de agua superficial asociadas que se muestran en tonos de azul y alturas positivas de agua superficial en tonos de rojo y naranja, con un movimiento hacia el sur desde el Mar de Labrador hacia el ecuador. Continúa cruzando el Atlántico hacia el oriente y más hacia el polo.

Fuente: Stammer (2008)

### SUMIDEROS, FUENTES Y RETROALIMENTACIÓN

El cambio climático futuro dependerá principalmente de la rapidez con que los gases de efecto invernadero se acumulen en la atmósfera. Esto, a su vez, dependerá de la cantidad que emitamos a la atmósfera y además, de la cantidad que pueda absorber la naturaleza.

Desde el año 2000, las emisiones antropógenas de dióxido de carbono han aumentado cuatro veces más rápido que en la última década. La mayor parte de las emisiones provinieron de la quema de combustibles fósiles y la fabricación de cemento (Véase Eficiencia de recursos, Capítulo cinco). Estas emisiones se encuentran actualmente 38 por ciento por encima de las registradas en 1992, año en que los gobiernos participantes de la Cumbre para la Tierra se comprometieron a prevenir cambios climáticos peligrosos (Global Carbon Project 2008).

Al mismo tiempo, los sumideros naturales de carbono que absorben parte de nuestras emisiones no pueden desarrollar esta función con la misma eficiencia con la que lo hacían en el pasado. Los sumideros de carbono más importantes son los océanos, las zonas congeladas del Ártico y los ecosistemas forestales, pero todos ellos están perdiendo su capacidad de absorción. El análisis de diferentes estudios sugiere que la absorción de carbono que realizan los océanos ha disminuido en 10 millo-

nes de toneladas en 2007. Todavía no está claro si esto es parte de una tendencia a largo plazo (CDIAC 2008).

### Carbono en el Ártico

El Ártico se está calentando más rápidamente que cualquier otra región del planeta. Esta región también contiene amplias reservas de carbono en forma de metano que pueden liberarse a medida que el planeta se calienta. Esas liberaciones de metano a gran escala ofrecerían una retroalimentación altamente positiva al calentamiento global y podría transformar ecosistemas naturales de sumideros de carbono en fuentes de carbono, desencadenando un calentamiento global incontrolable.

El carbono está contenido en los suelos, incluido el permafrost congelado, y debajo del lecho del Océano Ártico. Dos estudios realizados en 2008 revisaron de manera ascendente la cantidad de carbono de suelo que se cree contenido en el permafrost. Un estudio de América del Norte concluyó que había 60 por ciento más de lo que se suponía previamente (Ping y otros 2008). Un segundo estudio a nivel internacional duplicó las estimaciones previas del inventario de carbono de todo el permafrost Ártico (Schoor y otros 2008). Estos descubrimientos sugieren que actualmente existe en el permafrost del norte el doble del carbono presente en la atmósfera.

Las investigaciones sobre la manera en que la pérdida de hielo del Ártico afecta las temperaturas en tierra permiten pronosticar que el calentamiento futuro en el Ártico occidental podría ser 3,5 veces mayor que el promedio mundial. Este calentamiento acelerado sería más pronunciado en la temporada de otoño, lo que generaría una degradación del permafrost aún más veloz en las turberas nórdicas (Lawrence y otros 2008).

La región Ártica almacena grandes cantidades de metano en forma de hidratos atrapados en retículas de hielo en el permafrost o debajo del lecho del Océano Ártico. Durante 2008 ha habido un creciente interés en el aprovechamiento como fuente de energía del metano en los hidratos costa afuera. Sin embargo, climatólogos se muestran preocupados por la posibilidad del escape de hidratos de metano a la atmósfera a medida que el permafrost se derrita o que aguas más cálidas desestabilicen los depósitos congelados en el mar (Bohannon 2008).

En 2008, investigadores marinos descubrieron más de 250 columnas de metano que borboteaban a lo largo del borde de la plataforma continental al noroeste de Svalbard (Connor 2008). El Estudio Internacional de la Plataforma siberiana reportó elevadas concentraciones de metano mar adentro frente al delta del río Lena (Semiletov 2008). Mientras tanto, investigadores han demostrado que, una vez en proceso, el derretimiento del permafrost

siberiano, que según se estima contiene 500 mil millones de toneladas de carbono, sería irreversible: se podrían liberar 250 mil millones de toneladas de carbono en el lapso de un siglo (Khorostyanov y otros 2008).

Los suelos de turbera nórdicos que no se encuentran congelados también contienen altas cantidades de carbono y son vulnerables al calentamiento. La capacidad de la turbera de almacenar carbono depende en gran medida de su contenido de humedad. El calentamiento secaría la turbera, reduciendo el nivel freático. Un nuevo estudio de modelo demostró que esto traería aparejado una masiva pérdida de carbono orgánico en el suelo. En el norte de Manitoba, Canadá, un calentamiento de 4° C liberaría 86 por ciento del carbono presente en las profundidades de la turbera (Ise y otros 2008).

En 2007 y 2008, las concentraciones de metano en la atmósfera comenzaron a mostrar una tendencia alcista luego de casi una década de estabilidad. En un principio, los investigadores supusieron que las mayores concentraciones se limitaban al hemisferio norte y podrían atribuirse a la desgasificación de la turbera. Sin embargo, se detectaron descubrimientos similares en el hemisferio sur que revelaron un incremento a nivel mundial (Rigby y otros 2008). Los científicos están a la espera de más datos antes de poder determinar si la medición es una señal, un pico o el comienzo de una nueva tendencia preocupante (Goodall 2008).

### Captación forestal

Una de las razones de las preocupaciones sobre la capacidad de los bosques de absorber el dióxido de carbono es que la cubierta forestal misma está disminuyendo y contribuyendo al aumento de las emisiones: 1500 millones de toneladas de carbono ingresan anualmente en la atmósfera debido a los cambios en el uso de la tierra, casi en su totalidad por causa de la deforestación de las regiones tropicales (Global Carbon Project 2008, Canadell y Raupach 2008). Otra razón es que incluso los bosques que permanecen intactos pueden estar en problemas: la capacidad de los bosques de almacenar carbono puede haber alcanzado su nivel más alto y las crecientes temperaturas pueden ya estar disminuyendo la absorción de carbono de la vegetación en el hemisferio norte. Las temperaturas más elevadas provocan gran tensión a árboles durante la temporada estival, por lo que la fotosíntesis se detiene más rápidamente. Una vez que se detiene el proceso de fotosíntesis, ya no se produce la captura de carbono. Y los bosques bajo tensión son vulnerables al daño provocado por la contaminación, las plagas y las enfermedades, que a su vez podrían transformarlos en fuentes de carbono (Piao y otros 2008) (Véase Gestión de los ecosistemas, Capítulo uno).

### La Amazonía al límite

El bosque pluvial amazónico, que cubre 5 millones de km<sup>2</sup> y contiene un cuarto de las especies mundiales, podría encontrarse en un límite climático. En 2008, uno de los modelos climáticos líderes en el mundo, dirigido por el Centro Hadley de la Oficina Meteorológica de Gran Bretaña, predijo que la Amazonía estaría cercana a un punto de inflexión crucial. Más allá de ese punto, las casi diarias precipitaciones que sostienen la selva se tornarían menos fiables, los suelos se secarían y la mayor parte del bosque moriría (Harris y otros 2008) (**Recuadro 2**).

Una de las razones de la vulnerabilidad del bosque pluvial del Amazonas es que sus precipitaciones dependen en gran medida de un patrón de temperaturas oceánicas tropicales amenazado por el cambio climático.

#### Recuadro 2: El río que la atraviesa

El papel principal de la región amazónica en el clima mundial se vio resaltado en un estudio acerca del impacto que tiene la descarga del río Amazonas en el Atlántico sobre el ciclo de carbono del océano. El Amazonas, el río más grande del mundo, transporta cerca de una quinta parte del agua fluvial de todo el mundo. Envía una corriente de agua dulce turbia a miles de kilómetros en el Atlántico, llevando consigo nutrientes del bosque pluvial como el nitrógeno. Los microbios presentes en la corriente se alimentan de los nutrientes y fertilizan el océano, por lo que aumenta el crecimiento de plancton que, a su vez, hace que el océano absorba el dióxido de carbono de la atmósfera.

Los descubrimientos ofrecen una nueva perspectiva sobre la capacidad del sistema oceánico global de absorber las emisiones producidas por el ser humano. Sin embargo, también resalta la forma en que el sumidero de carbono del océano podría verse afectado por cambios en tierra, como la deforestación y la sequía. La sequía en el Amazonas dañaría el bosque pluvial y reduciría el caudal del río, acotando el flujo de nutrientes y reduciendo la capacidad del océano de captar dióxido de carbono del aire.

Fuente: Subramaniam y otros 2008



El río Amazonas descarga una columna de sedimentos al Océano Atlántico. Fuente: NASA

Cuando se altera ese patrón por un Océano Pacífico oriental más cálido y un océano Atlántico tropical que se calienta más rápidamente en el norte que en el sur, se producen nuevas condiciones reconocidas como causantes de una mayor sequía en Brasil. Por ejemplo, una gran sequía en la Amazonía en 2005 se diagnosticó en 2008 como el resultado de temperaturas inusualmente cálidas en el Atlántico Norte (Harris y otros 2008). La duplicación de los niveles actuales de dióxido de carbono en la atmósfera podrían calentar los océanos lo suficiente como para reducir en un 40 por ciento las precipitaciones en la cuenca del Amazonas. Dicha reducción de precipitaciones disminuiría el ritmo de crecimiento de la vegetación del bosque pluvial en un 30 por ciento, lo que se sumaría a una caída del crecimiento calculada en un 23 por ciento atribuida directamente a las temperaturas más altas del aire (Harris y otros 2008).

Según este escenario, la combinación de calor y sequía en la cuenca del Amazonas produciría una pérdida incontrolada de bosque. La pérdida de bosque aumentaría las temperaturas, con lo que se duplicaría el nivel del calentamiento local anticipado para este siglo, pasando de 3,3° C a 8° C. Incluso si las temperaturas bajaran a niveles anteriores, las lluvias no volverían ya que no habría bosque para procesarlas mediante la evaporación. Por último, los suelos se secarían al encontrarse expuestos a la luz del sol y se tornarían más susceptibles a la erosión, acentuando las condiciones de sequía (Betts y otros 2008, Malhi y otros 2008).

### Carbono negro y retroalimentación

Existen otras influencias antropógenas sobre el clima además de los gases de efecto invernadero. Hay cada vez más evidencias acerca de las consecuencias sobre la variabilidad del clima provocadas por el hollín, compuesto de aerosoles de carbono negro provenientes de incendios terrestres. Las emisiones de carbono negro están creciendo rápidamente y es probable que las emisiones de China se hayan duplicado desde el año 2000. El efecto de recalentamiento del carbono negro podría ser tres veces mayor al que le atribuye el último informe del IPCC, transformándolo en el segundo agente climático más importante luego del dióxido de carbono (Ramanathan y Carmichael 2008).

Estos descubrimientos siguen generando controversias, y no es para menos, ya que el hollín negro puede tanto enfriar como calentar. Sin embargo, cuando cae al hielo oscurece la superficie, haciendo que se absorba más energía solar, lo cual provoca calentamiento y derretimiento locales. El hollín podría contribuir a la desaparición de los glaciares en algunas partes del mundo y hasta



podría explicar las aceleradas tasas de derretimiento en el Himalaya/Hindu Kush (Ramanathan y Carmichael 2008) **(Recuadro 3)**. Pero el hollín derivado del mayor número de incendios silvestres en América del Norte y Siberia también impide que el Ártico reciba luz solar directa, provocando enfriamiento (Stone y otros 2008).

En 2008 se volvió a evaluar otro contaminante atmosférico con conocidas propiedades de enfriamiento. Los sulfatos en aerosol, generalmente el principal componente de la lluvia ácida, enfrían la atmósfera al esparcir la luz solar nuevamente hacia el espacio. Estudios recientes sugieren que los esfuerzos para reducir la lluvia ácida mediante la disminución de las emisiones de sulfato, en especial desde 1980, han contribuido considerablemente al acelerado calentamiento de Europa y el Atlántico Norte desde 1980 (Ruckstuhl y otros 2008; Van Oldenborgh y otros 2008).

En otro hallazgo inesperado, se ha descubierto que el aumento de precipitación de sulfatos ácidos en China ha estado limitando la producción natural de metano a partir de las bacterias de los campos de arroz, por lo que ha reducido levemente el calentamiento global (Gauci y otros 2008). Estas reacciones de retroalimentación, de ninguna manera debilitan el argumento de que la contaminación provocada por el ser humano esté calentando el planeta, pero causan gran incertidumbre. Lo que es

más importante, demuestran las complejidades inherentes a los sistemas de la Tierra, así como el intrincado equilibrio de los efectos acumulativos ante circunstancias diferentes y a escalas múltiples.

### IMPACTOS Y VULNERABILIDADES

Nuevas investigaciones han demostrado que los vientos en los ciclones más violentos se han intensificado en todos los océanos (Elsner y otros 2008). Este incremento se ha dado con mayor intensidad en cuencas oceánicas relativamente frías que han experimentado los mayores aumentos en la temperatura marina, especialmente en el Atlántico Norte, pero también el Pacífico Norte oriental y el Océano Índico meridional.

Los ciclones tropicales sólo se forman cuando las temperaturas oceánicas superan los 26° C. Por lógica, los océanos más cálidos generarían mayor cantidad de ciclones tropicales. Sin embargo, las cosas pueden no resultar tan simples. La mayoría de las tormentas potenciales nunca devienen en ciclones tropicales, aun por encima de dicha temperatura, debido a la influencia considerable de otras condiciones atmosféricas.

Un importante estudio reciente de modelo pronostica que un mayor calentamiento del Atlántico Norte podría desalentar la formación de huracanes, nombre dado en la

región a los ciclones tropicales. Según el estudio, habrá un 18 por ciento menos de huracanes por año al final de este siglo, lo que llamó la atención debido a que este mismo equipo había producido previamente un “retroanálisis” extremadamente preciso de la cantidad de huracanes durante los últimos 30 años (Knutson y otros 2008).

Según el estudio, junto con la temperatura oceánica misma, lo más importante en la formación de huracanes es la diferencia de temperatura entre la superficie del océano y la parte superior de la troposfera, zona donde los huracanes alcanzan su mayor altura. De acuerdo a los autores, el reciente incremento en la cantidad de huracanes en el Atlántico Norte surgió a causa de un calentamiento inusual en el Atlántico Norte tropical con temperaturas normales en la troposfera, probablemente debido a fluctuaciones naturales de corto plazo. Si esta combinación resulta ser atípica, entonces la reciente tendencia de aumento de fuertes huracanes puede llegar a detenerse.

No obstante, el estudio generó controversias. Algunas revisiones dan cuenta que el modelo no podía reproducir los huracanes más fuertes, que son los que más preocupan a la población, y se han vuelto más frecuentes, mientras que según otras opiniones, los descubrimientos se limitaban al Atlántico Norte. Aparentemente, se aplicarían diferentes reglas en el Pacífico y otras cuencas,

### Recuadro 3: Derretimiento en las montañas



Una de las señales más explícitas del calentamiento de la Tierra es el retroceso y la reducción del espesor de casi todos los glaciares de montaña en zonas templadas y tropicales, así como en latitudes polares. El Servicio Mundial de Vigilancia de Glaciares de la Universidad de Zurich subrayó el alcance de este fenómeno aportando nuevos datos, tras haber realizado un seguimiento de 30 glaciares de referencia en nueve cadenas montañosas. Los glaciares de referencia se encontraban en equilibrio a principios de la década de los 80, pues acumulaban la misma cantidad de precipitaciones por año que la que perdían durante la temporada de derretimiento. Sin embargo, han estado perdiendo hielo rápidamente en las últimas dos décadas.

Esta pérdida se está acelerando. De 2005 a 2006, los datos más recientes que se han recabado mostraron una reducción del espesor promedio de 1,4 m, cerca de cinco veces la pérdida anual registrada en la década de los años ochenta y noventa. Entre los glaciares que se vieron más afectados, el glaciar noruego de Breidalblikkrae redujo su espesor más de 3 m durante el año; el glaciar francés Ossoue, cerca de 3 m, y el glaciar español Maladeta, cerca de 2 m. De los 30 glaciares de referencia, sólo uno, el chileno Echaurren Norte, aumentó su espesor.

El informe concluye que hasta 750 millones de personas podrían verse seriamente afectadas si desaparecen los glaciares del Himalaya y si los ríos que estos alimentan, en especial en el norte de India, se tornan estacionales.

Debido al derretimiento de los glaciares, se están devolviendo al medio ambiente sustancias peligrosas (que habían sido transportadas por la atmósfera, condensadas con moléculas de agua, depositadas en la superficie del hielo y atrapadas en los glaciares). A pesar de su uso restrictivo en la actualidad, el DDT está aumentando en cantidades imprevistas en las poblaciones de pingüinos de Adelle, que ocupan partes de la costa antártica. Se ha documentado muy bien a los contaminantes orgánicos, como los insecticidas, a medida que se derriten los glaciares en las Montañas Rocalosas, y que se encuentran bifenilos policlorados (BPC) aguas abajo de los glaciares europeos. A medida que los glaciares de montaña de zonas templadas desaparezcán, liberarán químicos no deseados en ecosistemas y comunidades que deberán sobrellevar inundaciones ya anunciadas y, finalmente, sequías (Véase Sustancias nocivas y desechos peligrosos, Capítulo dos).

Solo en Asia Meridional, cerca de mil millones de personas dependen del agua de deshielo de glaciar proveniente del sistema montañoso del Himalaya/Hindu Kush.

Fuentes: WGMS 2008a, WGMS 2008b, Geisz y otros 2008, Blais y otros 2001, Schindler y Parker 2002, Branan 2008

donde se espera que el calentamiento global produzca ciclones en mayor cantidad y virulencia.

El 2008 fue testigo de otras predicciones significativas sobre futuros fenómenos climáticos extremos a través de los intentos de los investigadores para ofrecer un análisis relevante a escala regional y subregional. Según uno de estos estudios, las altas temperaturas extremas diarias aumentarán al doble de la velocidad con que suben las temperaturas promedio (Brown y otros 2008). Otro estudio sugiere que probablemente haya más episodios de precipitaciones extremadamente intensas en una Europa más cálida (Lenderin y van Meijgaard 2008).

La creciente preocupación sobre la falta de agua a nivel mundial pone énfasis en nuevos descubrimientos sobre los posibles impactos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico, como las precipitaciones, la evaporación del suelo y la pérdida de flujo de agua proveniente de deshielo glaciar en los ríos. Nuevos descubrimientos pronostican embalses vacíos en el Mediterráneo y el centro-oeste de los Estados Unidos, ríos secos en China y Medio Oriente, y caudales de río menos predecibles caracterizados por inundaciones súbitas en una Asia Meridional sin glaciares (Barnett y Pierce 2008).

Varios investigadores han advertido durante este año acerca de los peligros de divulgar lo que podrían parecer datos demasiado precisos sobre el cambio climático local, en especial sobre las precipitaciones y los caudales de los ríos. Un nivel de incertidumbre acerca de algunos aspectos del cambio climático debe ser aceptado. Sin embargo, la imprevisibilidad no es razón para demorar las acciones en materia de cambio climático. Lejos de ello, es justamente la imprevisibilidad lo que en parte vuelve tan peligroso al cambio climático (Smith 2008).

## PUNTOS DE INFLEXIÓN

Con la posibilidad del colapso de los mantos de hielo, burbujas de metano emergiendo del permafrost, ecosistemas de bosque pluvial secos y patrones oceánicos de circulación esporádicos, hay cada vez mayor preocupación sobre la posibilidad de que los sistemas de mantenimiento de las funciones vitales de la Tierra estén llegando a umbrales con puntos de inflexión. Estos temores se ven reforzados por la clara evidencia que demuestra que esto ya ha ocurrido previamente. Hay cambios climáticos pasados, como el fin del período glaciar, que ocurrieron de forma abrupta. El estudio de estos cambios ya ocurridos podría ayudar a predecir si el cambio climático antropógeno está a punto de precipitar cambios irreversibles.

A comienzos de 2008, un equipo de científicos publicó la primera investigación detallada sobre sistemas

vulnerables de la Tierra que podrían contener puntos de inflexión. El equipo introdujo el término “elementos de inflexión” para designar a estos sistemas vulnerables y aceptó la definición de punto de inflexión como “...un umbral crítico en el cual una mínima perturbación puede alterar cualitativamente el estado o desarrollo de un sistema...” (Lenton y otros 2008).

El equipo examinó nueve de estos elementos y les asignó tiempos de transición para enfatizar su importancia para las políticas. También se sugirió el incremento promedio de la temperatura mundial que lleve a aproximarse a valores críticos en cada uno de los elementos de inflexión.

Los elementos que consideraron que tenían importancia para las políticas incluyen el monzón asiático, el monzón del África Occidental, el hielo marino ártico, la extinción paulatina de la selva amazónica, la pérdida del bosque boreal, la circulación termohalina, El Niño/Oscilación Austral, el colapso del manto de hielo de Groenlandia y la pérdida del manto de hielo de la Antártida Occidental (**Recuadro 4**) (Véase Gobernanza ambiental, Capítulo seis). El estudio advirtió sobre un falso sentido de seguridad que brindan las proyecciones de suaves transiciones de cambio climático. Por el contrario, en este siglo se podrían cruzar demasiados umbrales críti-



El huracán que azotó Cuba en 2008.

Fuente: Associated Press/ Eduardo Verdugo

cos debido al cambio climático. Los científicos esperan poder establecer sistemas de alerta temprana para detectar cuándo estos elementos de inflexión sugeridos se tornan inestables (Lenton y otros 2008).

El objetivo de la alerta temprana puede verse complicado debido a los efectos acumulativos que los diferentes sistemas de la Tierra tienen entre sí, dadas las complejidades a múltiples escalas y bajo diferentes circunstancias. En 2008, estas complejidades se vieron demostradas cuando los esfuerzos de alerta temprana dieron como resultado la observación de un aumento

## Recuadro 4: ¿Hay un punto de inflexión en África?

Continúa el debate sobre si el Sahel, una de las regiones del mundo más vulnerables a la variabilidad climática, podría estar por cruzar un punto de inflexión. Algunos estudios sugieren que la región del Sahel de África Occidental podría experimentar un resurgimiento de las precipitaciones si el calentamiento global y los cambios de temperatura oceánica en el Atlántico Norte se combinan para desencadenar un fortalecimiento del monzón africano occidental. Este punto de inflexión ya se ha cruzado en el pasado: entre el año 7000 y 3000 antes de la era común, extensas áreas del Sahel eran verdes luego de un período excepcionalmente seco cerca del año 8500. Según publicaciones de 2008, incluso si el resurgimiento mencionado tuviera lugar, éste podría no ser tan abrupto como algunos piensan. Un estudio sobre polen y sedimentos lacustres en el Sahara investigó la manera en que el Sahel pasó de condiciones húmedas a secas durante un período de 1000 años, que comenzó cerca de seis mil años atrás. Otros estudios sugieren que este cambio ocurrió en un período de algunas décadas. La búsqueda de medios confiables para predecir futuros patrones de precipitaciones en la región africana del Sahel continúa: un estudio sugiere que su relación con las temperaturas de la superficie marina durante el siglo XX podría no ser aplicable en el siglo XXI. Sin embargo, incluso en el caso de que el Sahel se convirtiera en un paisaje exuberante, sólo una buena gobernanza podría asegurar que no se transforme en una fuente de conflicto y mala administración (Véase Gestión de los ecosistemas, Capítulo uno; véase Desastres y conflictos, Capítulo cuatro).

Fuente: IPCC 2007, Kropelin y otros 2008, Brovkin y Claussen 2008, Cook 2008



Fuente: Mike Hettwer

Molde de sitio arqueológico de Gobero, Nigeria, en la orilla del Megalago Chad, a cientos de kilómetros de la orilla actual del lago. Estos restos de una madre y dos niños datan de aproximadamente 3300 años antes de la era común.

inesperado de la circulación termohalina en el Mar de Labrador y el Mar de Irminger (Vage y otros 2008). Otro nuevo estudio descubrió vínculos entre El Niño, el monzón asiático y la temperatura superficial del agua del Atlántico al sur del ecuador. La detección de estas teleconexiones ofrece la posibilidad de pronósticos estacionales más precisos del monzón asiático, incluso de su posible falla (Kucharski y otros 2008).

## CONCLUSIÓN

Todavía prevalecen incertidumbres en algunas áreas de las ciencias del cambio climático, en especial en cuanto al funcionamiento e interacción de los sistemas

de la Tierra durante diversos períodos y a la reacción de retroalimentación de los subsistemas. Particularmente, se requiere más esfuerzo para entender la naturaleza de posibles puntos de inflexión en sistemas que operan a diferentes escalas. Por ahora, las evidencias existentes sugieren que el mundo podría estar a sólo unos años de cruzar esos puntos de inflexión, con la posibilidad de que se vean alterados los patrones climáticos estacionales sobre los que se apoyan las actividades agrícolas de la mitad de la población humana, de que se reduzcan los sumideros de carbono en los océanos y en tierra, y de que se desestabilicen los principales mantos de hielo, pudiendo generarse un aumento inesperado del nivel del

mar en el siglo XXI (Lenton y otros 2008, Schellnhuber 2008).

Los componentes científicos básicos detrás de los pronósticos de un cambio climático generalizado y perjudicial son irrefutables (IPCC 2007). A menos que se haga algo rápidamente para estabilizar y luego reducir las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, estos cambios causarán un daño generalizado a los ecosistemas, los recursos naturales, la población humana y sus frágiles actividades económicas. Dichos daños podrían acabar con la prosperidad en los países desarrollados y amenazar el sustento básico de los seres humanos en los países en desarrollo (**Recuadro 5**).

### Recuadro 5: La gestión de lo inevitable

Hasta hace muy poco, la transferencia de tecnología para abordar el cambio climático se centraba en temas de mitigación. Dado que la abrumadora mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial provienen del sector energético, el tema de las energías alternativas pasó a ser el dominante en materia de transferencia de tecnología. Desde que las tecnologías energéticas se promocionan como centralizadas y dependientes de la infraestructura, se ha vuelto una prioridad para los encargados de la toma de decisiones en los países en desarrollo emular los modelos de los países desarrollados mediante el fomento del desarrollo de la infraestructura, la modernización del suministro de energía y el estímulo a la inversión del sector privado en instalaciones de gran escala. De tal manera, la transferencia de tecnología en el contexto climático se ha concentrado directamente en flujos de información basada en la experiencia, know-how y acuerdos de instalación de equipamiento entre países, en especial desde países desarrollados a países en desarrollo y menos en el despliegue y diseminación dentro de los países (Véase Eficiencia de recursos, Capítulo cinco).

Ahora que el tema de la tecnología para la adaptación ha tomado un rol protagónico, algunas de las ideas sobre transferencia tecnológica para la mitigación se han trasladado al dominio de la adaptación. No obstante, este enfoque probablemente no funcione.

En primer lugar, la adaptación no es una novedad en el sentido en que sí lo son las infraestructuras modernas de energía. En segundo lugar, los sectores que requieren tecnología para la adaptación están diseminados, en lugar de concentrarse en un solo sector como el energético. En tercer lugar, ya se encuentran disponibles en países en desarrollo muchas tecnologías para la adaptación, así como técnicas para la adaptación que promueven cambios de comportamiento y enfoque. Por último, en cuarto lugar, las tecnologías y técnicas más necesarias para la adaptación probablemente no tengan un alto coeficiente de capital como aquellas para la mitigación, lo que significa que los intereses corporativos no lograrán abultadas ganancias en el corto plazo.

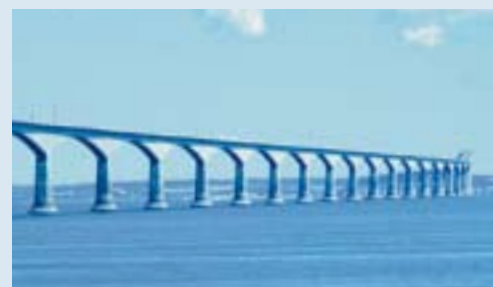
La selección de tecnologías para la adaptación puede ser un tema delicado: debe haber precaución en la introducción de algunas tecnologías para evitar posibles efectos secundarios no deseados. El desarrollo y la aplicación de criterios adecuados, motivados por la inmediatez del desafío que conlleva la adaptación, ayudarán a evitar algunos de estos problemas.

Existen tres criterios esenciales: eficiencia, equidad, y efectividad. En primer lugar, cualquier tecnología seleccionada deberá verse sujeta a algún criterio de eficiencia. Antes de adoptar cualquier medida o conjunto de medidas de adaptación específicas, es importante concluir que los beneficios excedan los costos, en especial a nivel local. En segundo lugar, es importante que la elección de tecnología para la adaptación sea equitativa en su distribución. Al seleccionar entre diferentes alternativas, los responsables de la toma de decisiones pueden optar por considerar qué segmentos de la población se verán particularmente beneficiados, y dónde y en quiénes incurrirá la totalidad de los costos. En tercer lugar, aunque puedan ser eficientes y equitativas, algunas opciones de adaptación pueden no ser política, social o legalmente aceptables, y provocar efectos negativos. Quizás, un simple cambio de una regulación existente puede ser suficiente para facilitar los efectos deseados. Muy a menudo, se ven involucrados cambios en los valores y actitudes culturales, lo cual puede llegar a ser mucho más difícil de lograr. Pero si se los aborda con respeto y racionalidad, los obstáculos sociales y culturales pueden negociarse, especialmente cuando se puede convencer a los líderes de la comunidad sobre las ventajas derivadas de técnicas y tecnologías de adaptación efectivas.

Cinco sectores requieren un énfasis particular en el planeamiento de la adaptación. Presentan desafíos, pero también ofrecen algunas enseñanzas que se pueden considerar: en muchas zonas costeras la tecnología ha sido instrumental en la reducción de la vulnerabilidad de la sociedad ante peligros constantes relacionados con el clima. También serán importantes como tecnologías para la adaptación al cambio climático las tecnologías tradicionales y aquellas desarrolladas recientemente y que han probado ser efectivas en la reducción de la vulnerabilidad ante peligros relacionados con el clima.

Para los recursos hídricos, la variabilidad inducida por el cambio climático en el ciclo hidrológico impone desafíos adicionales para el planeamiento y la gestión. El desarrollo de estrategias de adaptación apropiadas para enfrentar esta incertidumbre agregada requiere un enfoque amplio e integrador, dadas las funciones multidimensionales que cumple el agua en la preservación de la vida humana, la sociedad y los ecosistemas de los que ellas dependen.

En el caso de la agricultura, es importante considerar una diversa gama de herramientas para la adaptación, dada la cantidad de dudas con respecto al alcance de los impactos vinculados a la variabilidad del clima y al cambio climático. Esto es impres-



Fuente: Strait Crossing Bridge Ltd.

El Puente de la Confederación une las provincias canadienses de Nueva Brunswick e Isla del Príncipe Eduardo. A lo largo de 13 kilómetros de distancia los pilares y la superficie del camino se construyeron un metro por encima de lo requerido para adaptarse al aumento esperado del nivel del mar y a las variables condiciones del hielo asociadas durante sus cien años de vida.

cindible para mantener la flexibilidad para transferir y adaptar técnicas y tecnologías adecuadas para cada sitio específico.

Hay una larga historia relacionada con la manera de abordar los impactos de la variabilidad climática en el sector de salud pública. Es importante que se considere dónde, cuándo, y en qué medida el cambio climático puede afectar las futuras cargas de enfermedades, con el fin de aumentar la capacidad de recuperación. Al enfrentar los temas de salud relacionados con el cambio climático, es de particular importancia que las intervenciones cuenten con la colaboración de profesionales especializados para el espectro total de los desafíos que presenta la salud pública.

Por último, es primordial una estructura de gobernanza integrada y exhaustiva para el éxito de las adaptaciones, en especial en proyectos de infraestructura y en zonas urbanas. Cuanto mayor es el alcance de la intervención para la adaptación, mayor es la necesidad de una buena gobernanza, de manera de asegurar eficiencia, equidad y efectividad. Resulta esencial la concientización y participación de grupos de la comunidad, así como que se involucren honestamente los intereses de los sectores público y privado, en la transferencia exitosa de tecnologías para la adaptación de sistemas de infraestructura al cambio climático.

Fuente: Klein y otros 2006

## REFERENCIAS

- AGU (2008). Proceeding of the American Geophysical Union Fall Meeting 2008 December. American Geophysical Union. <http://www.agu.org/meetings/fm08.cld/index.php/Program/Session/Search/?show=detail&sessid=381> [Accessed 14 December 2008]
- Allison, I., Béland, M., Alverson, K., Bell, R., Carlson, D., Danell, K., Ellis-Evans, C., Fahrback, E., Fanta, E., Fujii, Y., Glaser, G., Goldfarb, L., Hovelsrud, G., Huber, J., Kotlyakov, V., Krupnik, I., Lopez-Martinez, J., Mohr, T., Qin, D., Rachold, V., Rapley, C., Rogne, O., Sarukhanian, E., Summerhayes, C. and Xiao, C. (2007). The scope of science for the International Polar Year 2007–08. Produced by the ICSU/ World Meteorological Organization, Geneva
- Ban, K.M. (2008). Statement by United Nations Secretary-General Ban-Ki moon at the opening of the High-Level Segment of COP 14 in Poznań, December 11, 2008 <http://unfccc.int/2860.php>
- Barnett, T.P. and Pierce, D.W. (2008). When will Lake Mead go dry? *Water Resources Research*, 44, W03201, doi:10.1029/2007WR006704
- BAS (2008). *Antarctic ice shelf 'hangs by a thread'*. British Antarctic Survey [http://www.antarctica.ac.uk/press/press\\_releases/press\\_release.php?id=376](http://www.antarctica.ac.uk/press/press_releases/press_release.php?id=376)
- Bell, R.E. (2008). The role of subglacial water in ice-sheet mass balance. *Nature Geoscience* 1(5), 297–304
- Betts, R., Sanderson, M. and Woodward, S. (2008). Effects of large-scale Amazon forest degradation on climate and air quality through fluxes of carbon dioxide, water, energy, mineral dust and isoprene. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363(1498), 1873–1880
- Blais, J.M., Schindler, D.W., Muir, D.C.G., Sharp, M., Donald, D., Lafrenière, M., Braekvelt, E. and Strachan W.M.J. (2001). *Melting Glaciers: A Major Source of Persistent Organochlorines to Subalpine Bow Lake in Banff National Park, Canada*. [http://ambio.allenpress.com/permissions/request=get-document&doi=10.1639%2F0044-7447\(2001\)030\[0410%3AMGAMSO\]2.0.CO%3B2&ct=1](http://ambio.allenpress.com/permissions/request=get-document&doi=10.1639%2F0044-7447(2001)030[0410%3AMGAMSO]2.0.CO%3B2&ct=1)
- Bhannon, J. (2008). Weighing the climate risks of an untapped fossil fuel. *Science*, 319(5871), 1753
- Branan, N. (2008). *Chemicals melt out of glaciers*. [http://www.geotimes.org/aug08/article.html?id=nn\\_glaciers.html](http://www.geotimes.org/aug08/article.html?id=nn_glaciers.html) [Accessed 21 November 2008]
- Braun, M., Humbert, A. and Moll, A. (2008). Changes of Wilkins ice shelf over the past 15 years and inferences on its stability. *The Cryosphere Discussions* 2(3), 341–382
- Brovkin, V. and Claussen, M. (2008). Climate-Driven Ecosystem Succession in the Sahara: The Past 6000 Years. *Science*, 322: 1326 DOI: 10.1126/science.1163381 [Accessed 28 November 2008]
- Brown, S.J., Caesar, J. and Ferro, C.A.T. (2008). Global changes in extreme daily temperature since 1950. *Journal of Geophysical Research*, 113, D05115, doi:10.1029/2006JD008091
- Canadell, J.G. and Raupach, M.R. (2008). Managing forest for climate change mitigation. *Science*, 320(5882), 1456–1457
- Carlson, A.E., LeGrande, A.N., Oppo, D.W., Came, R.E., Schmidt, G.A., Anslow, F.S., Liciardi, J.M. and Obbink, E.A. (2008). Rapid early Holocene deglaciation of the Laurentide ice sheet. *Nature Geoscience*, 1(9), 620–624
- CDIAC (2008). Carbon Dioxide Information Analysis Center. <http://cdiac.ornl.gov>
- Charbit, S., Paillard, D. and Ramstein, G. (2008). Amount of CO<sub>2</sub> emissions irreversibly leading to the total melting of Greenland. *Geophysical Research Letter*, 35, L12503, doi:10.1029/2008GL033472
- Connor, S. (2008). Hundreds of methane 'plumes' discovered. *The Independent*, 25 September 2008.
- Cook, K.H. (2008). The mysteries of Sahel droughts. *Nature Geoscience*, 1(10), 647–648
- Cox, P.M., Harris, P.P., Huntingford, C., Betts, R.A., Collins, M., Jones, C.D., Jupp, T.E., Marengo, J.A. and Nobre, C.A. (2008). Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. *Nature*, 453(7192), 212–215
- Das, S.B., Joughin, I., Behn, M.D., Howat, I.M., King, M.A., Kizalalde, D. and Bhatia, M.P. (2008). Fracture propagation to the base of the Greenland ice sheet during supraglacial lake drainage. *Science*, 320(5877), 778–781
- Elsner, J.B., Kossin, J.P. and Jagger, T.H. (2008). The increasing intensity of the strongest tropical cyclones. *Nature*, 455(7209), 92–94
- ESA (2008). Wilkins Ice Shelf under threat. European Space Agency. [http://www.esa.int/esaCP/SEMXX5AWWYF\\_index\\_1.html](http://www.esa.int/esaCP/SEMXX5AWWYF_index_1.html) [Accessed 10 November 2008]
- Gauci, V., Dise, N.B., Howell, G. and Jenkins, M.E. (2008). Suppression of rice methane emission by sulfate deposition in simulated acid rain. *Journal of Geophysical Research*, 113, G00A07, doi:10.1029/2007JG000501
- Geisz, H.N., Dickhut, R.M., Cochran, M.A., Fraser, W.R. and Ducklow, H.W. (2008). Melting glaciers: a probable source of DDT to the Antarctic marine ecosystem. *Environmental Science and Technology*, 42(11), 3958–3962
- Gillett, N.P., Stone, D.A., Stott, P., Nozawa, T., Karpechko, A.Y., Hegerl, G.C., Wehner, M.F., and Jones, P.D. (2008). Attribution of polar warming to human influence. *Nature Geoscience*, 1, 750–754.
- Global Carbon Project (2008). *An annual update of the global carbon budget and trends. Carbon Budget 2007*. [http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index\\_new.htm](http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index_new.htm)
- Goelzer, H., Levermann, A., Rahmstorf, S. (2008). Long-term transient response of ENSO to climate change in a coupled model of intermediate complexity. *Geophysical Research Abstracts*, 10, 1607–7962
- Goodkin, N.F., Hughen, K.A., Doney, S.C. and Curry, W.B. (2008). Increased multidecadal variability of the North Atlantic Oscillation since 1781. *Nature Geoscience*, 1, 844–848 doi: 10.1038/ngeo352
- Graversen, R.G., Mauritsen, T., Tjernstrom, M., Kallen, E. and Svensson, G. (2008). Vertical structure of recent Arctic warming. *Nature*, 451(7174), 53–56
- Harris, P.P., Huntingford, C. and Cox, P.M. (2008). Amazon Basin climate under global warming: the role of sea surface temperature. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363(1498), 1753–1759
- Holland, D.M., Thomas, R.H., de Young, B., Ribergaard, M.H. and Lyberth, B. (2008). Acceleration of Jakobshavn Isbræ triggered by warm subsurface ocean waters. *Nature Geoscience*, 1(10), 659–664
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The physical science basis: contribution of working group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, New York
- Ise, T., Dunn, A.L., Wofsy, S.C. and Moorcroft, P.R. (2008). High sensitivity of peat decomposition to climate change through water-table feedback. *Nature Geoscience*, doi: 10.1038/ngeo331
- Jevrejeva, S., Moore, J.C., Grinsted, A. and Woodworth, P.L. (2008). Recent global sea level acceleration started over 200 years ago? *Geophysical Research Letter*, 35, L08715, doi:10.1029/2008GL033611
- Joughin, I., Das, S.B., King, M.A., Smith, B.E., Howat, I.M. and Moon, T. (2008). Seasonal Speedup Along the Western Flank of the Greenland Ice Sheet. *Science*, 320(5877), 781–783
- Kay, J., l'Ecuyer, T., Gettelman, A., Stephens, G. and O'Dell, C. (2008). The contribution of cloud and radiation anomalies to the 2007 Arctic sea ice extent minimum. *Geophysical Research Letter*, 35, L08503, doi:10.1029/2008GL033451
- Keenlyside, N.S., Latif, M., Jungclauss, J., Kornblueh, L. and Roedcker, E. (2008). Advancing decadal-scale climate prediction in the North Atlantic sector. *Nature*, 453(7191), 84–87
- Khvorostyanov, D.V., Ciais, P., Krinner, G. and Zimov, S.A. (2008). Vulnerability of east Siberia's frozen carbon stores to future warming. *Geophysical Research Letter*, 35, L10703, doi:10.1029/2008GL033639
- Klein, R.J.T., Alam, M., Burton, I., Dougherty, W.W., Ebi, K.L., Fernandes, M., Huber-Lee, A., Rahman, A.A. and Swartz, C. (2008). Application of Environmentally Sound Technologies for Adaptation to Climate Change. Technical Paper FCCC/TP/2006/2, United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat, Bonn, Germany, 107 pp
- Knutson, T.R., Sirutis, J.J., Garner, S.T., Vecchi, G.A. and Held, I.M. (2008). Simulated reduction in Atlantic hurricane frequency under twenty-first century warming conditions. *Nature Geoscience*, 1(6), 359–364
- Kropelin, S., Verschuren, D., Lezine, A.-M., Eggemont, H., Cocquyt, C., Francus, P., Cazet, J.-P., Fagot, M., Rumes, B., Russel, J.M., Darius, F., Conley, D.J., Schuster, M., von Suchodoletz, H., and Engstrom, D.R. (2008). Climate-driven ecosystem succession in the Sahara: the past 6000 years. *Science*, 320(5877), 765–768
- Kucharski, F., Yoo, J.H., Bracco, A. and Molteni, F. (2008). Atlantic forced component of the Indian monsoon inter-annual variability. *Geophysical Research Letter*, 35, L04706, doi:10.1029/2007GL033037
- Lawrence, D.M., Slater, A.G., Tomas, R.A., Holland, M.M. and Deser, C. (2008). Accelerated Arctic land warming and permafrost degradation during rapid sea ice loss. *Geophysical Research Letter*, 35, L11506, doi:10.1029/2008GL033985
- Lenderin, G. and van Meijgaard, E. (2008). Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes. *Nature Geoscience*, 1(8), 511–514
- Lenton, T.M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W., Rahmstorf, S. and Schellnhuber, H.J. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 105(6), 1786–1793
- Lozier, S. (2009). Overturning assumptions. *Nature Geoscience* 2, 12–14 [www.nature.com/naturegeoscience](http://www.nature.com/naturegeoscience) [Accessed 20 December 2008]
- Maihi, Y., Roberts, J.T., Betts, R.A., Killeen, T.J., Li, W. and Nobre, C.A. (2008). Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. *Science*, 319(5860): 169–172 DOI:10.1126/science.1146961
- NESRC (2008). *No new ice minimum in the Arctic in 2008*. Nansen Environmental and Remote Sensing Center. [http://www.nersc.no/main/index2.php?display=moreinfo&news\\_id=237&displayNews=1](http://www.nersc.no/main/index2.php?display=moreinfo&news_id=237&displayNews=1)
- NSIDC (2008). *Arctic sea ice news and analysis*. National Snow and Ice Data Center. <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>
- O'Cofiga, C.O. and Stokes, C.R. (2008). Reconstructing ice-sheet dynamics from subglacial sediments and landforms: introduction and overview. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33(4), 495–502
- Perovich, D.K., Richter-Menge, J.A., Jones, K.F. and Light, B. (2008). Sunlight, water and ice: extreme Arctic sea ice melt during the summer of 2007. *Geophysical Research Letter*, 35, L11501, doi:10.1029/2008GL034007
- Pfeffer, W.T., Harper, J.T. and O'Neil, S. (2008). Kinematic constraints on glacier contributions to 21st century sea-level rise. *Science*, 321(5894), 1340–1343
- Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Peylin, P., Reichstein, M., Luysaert, S., Margolis, H., Hanf, J., Barr, A., Chen, A., Grelle, A., Hollinger, D.Y., Laurila, T., Lindroth, A., Richardson, A.D. and Vesala, T. (2008). Net carbon dioxide losses of northern ecosystems in response to autumn warming. *Nature*, 451(7174), 49–53
- Ping, C.L., Michaelson, G.J., Jorgenson, M.T., Kimble, J.M., Epstein, H., Romanovsky, V.E. and Walker, D.A. (2008). High stocks of soil organic carbon in the North American Arctic region. *Nature Geoscience*, 1(9), 615–619
- Ramanathan, V. and Carmichael, G. (2008). Global and regional climate changes due to black carbon. *Nature Geoscience*, 1(4), 221–226
- Rigby, M., Prinn, R.G., Fraser, P.J., Simmonds, P.G., Langerfelds, R.L., Huang, J., Cunnold, D.M., Steele, L.P., Krummel, P.B., Weiss, R.F., O'Doherty, S., Salameh, P.K., Wang, H.J., Harth, C.M., Mühle, J. and Porter, L.W. (2008). Renewed growth of atmospheric methane. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L22805, doi:10.1029/2008GL036037.
- Rignot, E., Bamber, J.L., van den Broek, M.R., Davis, C., Li, Y., van de Berg, W.J. and van Meijgaard, E. (2008). Recent Antarctic ice mass loss from radar interferometry and regional climate modelling. *Nature Geoscience*, 1(2), 106–110
- Ruckstuhl, C., Philipona, R., Behrens, K., Coen, M.C., Durr, B., Heimo, A., Matzler, C., Nyeki, S., Ohmura, A., Vuilleumier, L., Weller, M., Wehrli, C. and Zelenka, A. (2008). Aerosol and cloud effects on solar brightening and the recent rapid warming. *Geophysical Research Letter*, 35, L12708, doi:10.1029/2008GL034228
- Schellnhuber, H.J. (2008). Global warming: stop worrying, start panicking? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(38), 14239–14240
- Schiemeier, Q. (2008). *Sea level rise: Linear or not?* Nature Online. [http://blogs.nature.com/news/blog/2008/04/sea\\_level\\_rise\\_linear\\_or\\_not.html](http://blogs.nature.com/news/blog/2008/04/sea_level_rise_linear_or_not.html)
- Schindler, D.W. and Parker, B.R. (2002). *Water Air Soil Pollution. Focus*, 2(3)79–397
- Schuur, E.A.G., Bockheim, J., Canadell, J.G., Euskirchen, E., Field, C.B., Goryachkin, S.V., Hagemann, S., Kuhry, P., Lafeur, P.M., Lee, H., Mazhitova, G., Nelson, F.E., Rinke, A., Romanovsky, V.E., Shiklomanov, N., Tarnoval, C., Venevsky, S., Voheli, J.G. and Zimov, S.A. (2008). Vulnerability of permafrost carbon to climate change: implications for the global carbon cycle. *Bioscience*, 58(8), 701–714
- Semenov, V.A. (2008). Influence of the oceanic inflow to the Barents Sea on Arctic climate variability. *Doklady Earth Sciences*, 418(1), 91–94
- Semiletov, I. (2008). *International Siberian Shelf Study 2008*. International Arctic Research Center, ISS08-Update, 15 September 2008. <http://www.iarc.uaf.edu/expeditions/?cat=8>
- Shaw, J. (2002). The meltwater hypothesis for subglacial bedforms. *Quaternary International* 90 (2002) 5–22
- Smith, L.A. (2008). *Climate modelling is still an abstraction of reality*. The uncertainty in climate modelling: In Roundtable discussion. Bulletin of Atomic Sciences. <http://www.thebulletin.org/web-edition/roundtables/the-uncertainty-climate-modeling>
- Sobel, A.H., Maloney, E.D., Bellon, G. and Frierson, D.M. (2008). The role of surface heat fluxes in tropical intraseasonal oscillations. *Nature Geoscience*, 1(10), 653–656
- Stammer, D. (2008). Response of the global ocean to Greenland and Antarctic ice melting. *Journal of Geophysical Research*, 113, C06022, doi:10.1029/2006JC004079
- Stone, R.S., Anderson, G.P., Shettle, E.P., Andrews, E., Loukachine, K., Dutton, E.G., Schaaf, C. and Roman III, M.O. (2008). Radiative impact of boreal smoke in the Arctic: Observed and modelled. *Journal of Geophysical Research*, 113, D14S16, doi:10.1029/2007JD009657
- Subramanian, A., Yager, P.L., Carpenter, E.J., Mahaffey, C., Bjorn, K., Cooley, S., Kustka, A.B., Montoya, J.P., Sanudo-Wilhelmy, S.A., Shipe, R. and Capone, D.G. (2008). Amazon River enhances diazotrophy and carbon sequestration in the tropical North Atlantic Ocean. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 105(30), 10460–10465
- Thompson, A. (2007). Carbon Consumers: Bacteria cause net CO<sub>2</sub> uptake in the Amazon River plume. *Nature Geoscience*, 5, 86–87
- Toggweiler, J.R. and Russell, J. (2008). Ocean circulation in a warming world. *Nature*, 451, 286–288 doi:10.1038/nature06590
- UN-HABITAT (2008). *State of the World's Cities 2008/9: Harmonious Cities*. London, Earthscan
- Våge, K., Pickart, R.S., Thiery, V., Reverdin, G., Lee, C.M., Petrie, B., Agnew, T.A., Wong, A. and Ribergaard, M.H. (2008). Radiative return of deep convection to the subpolar North Atlantic Ocean in winter 2007–08. *Nature Geoscience*, 2, 67–72 doi:10.1038/NGeo0382
- Van de Wal, R.S.W., Boot, W., van den Broeke, M.R., Smeets, C.J.P.P., Fleijmer, C.H., Donker, J.J.A. and Oerlemans, J. (2008). Large and rapid melt-induced velocity changes in the ablation zone of the Greenland ice sheet. *Science*, 321(5885), 1111–1113
- Van Oldenborgh, G.J., Drijfhout, S., van Ulden, A., Haarsma, R., Steri, A., Severijns, C., Hazeleger, W. and Dijkstra, H. (2008). Western Europe is warming much faster than expected. *Climate of the Past Discussions*, 4(4), 897–928
- WGMS (2008a). *Global glacier changes: facts and figures*. UNEP/World Glacier Monitoring Service, Zurich
- WGMS (2008b). *Glacier mass balance data 2005–2006*. UNEP/World Glacier Monitoring Service, Zurich. <http://www.geo.unizh.ch/wgms/mb/mb9/sun06.html>

# Desastres y conflictos

En las últimas décadas, la creciente amenaza del cambio climático se ha visto demostrada por un incremento considerable en la cantidad y gravedad de tormentas, inundaciones y sequías, mientras que el número promedio de desastres sísmicos, con sus devastadores efectos, permaneció estable. Nuevos conflictos y aquellos en curso pueden ser tanto el resultado como la causa de la degradación ambiental.



Dos niños juntos tras una intensa lluvia en un refugio temporal en Eldoret, Kenia, para aproximadamente 19 000 personas desplazadas durante la escalada de violencia luego de las elecciones.

*Fuente: Reuters/Georgina Cranston*

## INTRODUCCIÓN

El año 2008 estuvo signado por imágenes de violencia y destrucción, desde disputas electorales y disturbios por alimentos a guerras permanentes y contiendas internas, pasando por violentas tormentas, despiadadas inundaciones, sequías implacables y salvajes terremotos. Con el aumento de la población y recursos cada vez más escasos, con el ampliado espectro de un cambio climático considerable y una crisis financiera a nivel mundial, y con una inestabilidad política persistente en muchas regiones, un importante número de personas

es cada vez más vulnerable a impactos físicos, crisis políticas y económicas, y conflictos armados.

Los desastres naturales como los terremotos, los ciclones tropicales y las sequías pueden ser devastadores tanto para los seres humanos como para la infraestructura clave. Pero la naturaleza misma puede ser otra víctima en un desastre natural: la devastación ambiental es una consecuencia directa del daño provocado a los sistemas naturales e indirecta del daño causado por accidentes, derrames de petróleo, desbordos de aguas residuales y otras fallas de infraestructura. Luego, los daños consiguientes pueden

incluir el incremento de la explotación de recursos por parte de poblaciones desplazadas o afectadas de otra manera, y la reasignación del apoyo quitándosela a la protección ambiental, en nombre de una emergencia (WRI 2003).

Hay esperanza, sin embargo, por la mayor evidencia acerca de la eficacia de los programas de prevención y preparación ante desastres. Una sólida gestión y una difusión pública concertada, junto con esfuerzos de preparación, pueden evitar la devastadora destrucción que caracterizaron a los desastres naturales durante el siglo XX. Dichas prácticas de gestión incluyen códigos ade-

### Recuadro 1: La inseguridad y sus consecuencias para el medio ambiente

Las especies en peligro de gorila oriental de planicie (*Gorilla beringei graueri*) y gorila de montaña (*Gorilla beringei beringei*) se han visto bajo mayor presión en las provincias orientales de la República Democrática del Congo (RDC). La región ha estado sometida a "guerras por los recursos" durante décadas. En esta región, los recursos en disputa van desde el carbón para abastecer la continua demanda de sus vecinos en Rwanda, donde la producción de carbón está prohibida por razones medioambientales, hasta la explotación minera de colombantantalita o coltan, un mineral poco común esencial para la fabricación de los productos electrónicos más modernos.

El Parque Nacional Virunga es el parque más antiguo de África y se encuentra en la región que alberga la mayor diversidad de especies vertebradas del continente. En septiembre de 2007, rebeldes armados ocuparon el sector específicamente asignado a los gorilas en el parque, forzando a los guardabosques a abandonar sus actividades de conservación en ese sector. Luego, en septiembre de 2008, fueron obligados a abandonar el resto del parque cuando las oficinas centrales del parque en la ciudad de Rumangabo, de donde se dirigían las operaciones de conservación, fueron destruidas por el avance de las fuerzas rebeldes. Finalmente, a fines de noviembre, se permitió el retorno de los guardabosques al parque y también al sector de gorilas.

El sector de gorilas de Virunga se expande a través de las colinas boscosas en la frontera de la RDC con Uganda y Rwanda y alberga cerca de 200 de los últimos 700 gorilas de montaña del mundo. La primera tarea de los guardabosques a su retorno fue comenzar un censo de un mes de los gorilas de montaña, a fin de actualizar la última información recabada en agosto de 2007. Los primeros informes indicaron la existencia de cinco gorilas hembras amamantando a sus crías, ciertamente una pequeña señal de esperanza para un esfuerzo de conservación a veces penoso y generalmente desalentador.

Más de 150 guardabosques han sido asesinados en la RDC en una década de conflicto que se ha llevado más de 5 millones de vidas (más que cualquier otro conflicto desde la II Guerra Mundial) mediante violencia, hambre y enfermedades.

Fuente: Maguwu 2008, Holland 2008, Mongabay 2008

cuados de emplazamiento y seguridad para proyectos de desarrollo, así como la restauración de ecosistemas protectores, tales como manglares costeros, capaces de combatir la fuerza de las tormentas, y plantas en las laderas para controlar la erosión. También se puso en evidencia que la mala prevención, preparación y respuesta ante desastres puede intensificar la devastación de fondo y los desplazamientos de largo plazo, así como la marginación de las poblaciones afectadas, incluso en los países más desarrollados.

Los conflictos armados presentan un desafío aun mayor para la prevención, en este caso también existen cada vez más evidencias de que medidas relativamente simples pueden hacer que eventos devastadores sean bastante menos probables o menos graves. Cada desastre y cada

conflicto brindan enseñanzas para aquellos que buscan salvar vidas, paisajes y asentamientos en el futuro. Algunas de ellas, ya sea tomadas como inspiración o como relatos didácticos, serán ampliamente apreciadas sólo luego de muchos años. No obstante, muchas enseñanzas pueden ser aplicadas y valoradas hoy mismo.

### DESASTRES, CONFLICTOS Y MEDIO AMBIENTE EN 2008

El año comenzó con una controvertida elección en Kenya, tras la cual se desataron violentos disturbios. El país que alberga la sede del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente se vio inmerso en un caos total con matanzas entre grupos étnicos, ataques sexuales y mutilaciones. Según estimaciones, la cantidad de muertos ascendió a 1200, mientras que 300 000 víctimas, en su mayoría mujeres, niños y ancianos, buscaron refugio en campos temporales cuando sus hogares, tanto en asentamientos rurales como en barrios de tugurios urbanos, fueron destruidos y corrían peligro de vida (IRIN 2008a).

Una serie de iniciativas de conservación local se vieron perjudicadas o destruidas, como sucede por lo general cuando se quiebra el orden social. Los bosques de Nandi Norte y Sur y partes del ecosistema de Cherengany son las áreas en donde el daño fue mayor. Algunas planta-

ciones de reforestación resultaron quemadas, y también hubo casos en los que se quemaron estaciones forestales, con el consecuente desplazamiento de su personal. Como parte de un proyecto financiado por el gobierno de Finlandia, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Kenya Forests Working Group (Grupo de trabajo por los bosques de Kenya), Nature Kenya, UICN, Forest Action Network (Red de acción por los bosques) y Kenyan Forest Service (Servicio Forestal de Kenya) iniciaron un amplio inventario del daño, que luego continuará con componentes de consolidación de la paz y de rehabilitación.

El continuo deterioro de la sociedad civil en Zimbabwe trajo aparejado un incremento de la caza furtiva de fauna silvestre y la tala de áreas forestadas para la obtención de combustible. Las consecuencias del malestar político sobre el medio ambiente mantuvieron su perfil crónico durante todo el año, en especial en la región oriental de la República Democrática del Congo (FEWS 2008, Bird y Prowse 2008) (**Recuadro 1**).

### Año nuevo chino

A fines de enero y principios de febrero de 2008, una serie de violentas nevadas, precipitaciones de agua nieve y tormentas de hielo azotaron una amplia franja de China, desde regiones al oeste de Sichuan, pasando por la provincia centro-oriental de Anhui hasta la provincia de Guangdong en el sur (Stone 2008d) (**Figura 1**).

Figura 1: La tormenta del Año Nuevo Chino afecta una vasta zona



Durante enero y febrero de 2008 al menos 19 provincias de China se vieron afectadas por un frío inusual, fuertes nevadas, caída de agua nieve y hielo, en lo que se transformó en una de las peores tormentas invernales que hayan azotado las provincias centrales, orientales y meridionales de China.

Fuente: Márton Bálint y Jason Jabbour/ UNEP; adaptado de IFRC 2008

Las regiones afectadas incluyen gran parte de lo que queda de los bosques naturales de China: reservas muy importantes como las 58 000 hectáreas de la Reserva Natural Nacional de Nanling en Guangdong se vieron altamente afectadas por las "Tormentas del Año Nuevo Chino". De esta manera, 20,86 millones de hectáreas de bosque se vieron devastadas por las tormentas, según la Administración Forestal Estatal de China. Las áreas afectadas representan una décima parte de los bosques y plantaciones forestales del país.

El costo económico de las tormentas se estima en más de 21 mil millones de dólares estadounidenses. Ciento veintinueve personas murieron durante las tormentas y 1,7 millones de personas más fueron desplazadas, mientras que otros 8,6 millones se vieron varadas debido a fallas parciales en el sistema de transporte.

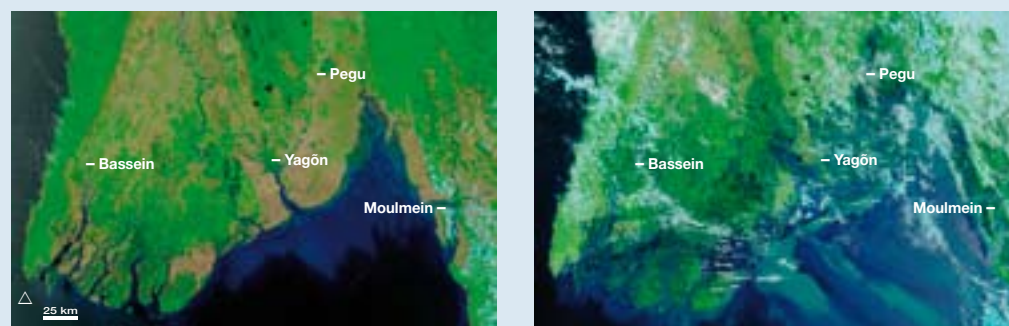
Muchos millones más sufrieron por la falta de combustible y los cortes de electricidad durante semanas luego de que cesaran las tormentas. El daño al medio ambiente es más difícil de juzgar, aunque debe notarse que la superficie afectada es aproximadamente equivalente a la superficie plantada dentro del programa de reforestación nacional entre 2003 y 2006. Según evaluaciones preliminares, las especies foráneas, como el pino elliotis del sur de los Estados Unidos y el eucalipto australiano, se vieron mucho más afectados que los árboles nativos, aunque el daño sufrido por las especies nativas de China fue también importante. Las devastadoras tormentas ocurrieron justo cuando China está intentando controlar la tala ilegal e implementar planes de vigilancia y conservación a gran escala (Stone 2008a).

### Temporada de ciclones

El 2 de mayo, el ciclón Nargis golpeó la costa de Myanmar con su más alta intensidad y vientos de 215 kilómetros por hora. Con un saldo de más de 140 000 personas desaparecidas o muertas durante la tormenta y por lo menos 2,4 millones de personas sin hogar o gravemente afectadas, muchos organismos de asistencia tuvieron dificultades en lograr llegar a las víctimas durante varias semanas luego de ocurrido el desastre (Stover y Vinck 2008). Se cree que la mayor parte de las miles de víctimas mortales del ciclón Nargis, se ahogaron por la marea de tormenta de 3,4 metros que barrió cerca de 40 kilómetros tierra adentro (OCHA 2008a) (**Figure 2**).

Las poblaciones costeras en Myanmar han crecido considerablemente en las últimas décadas debido a la búsqueda de tierra fértil por parte de los agricultores y de espacios para estanques de piscicultura. Como ha sido la costumbre en las zonas tropicales, los desarrollos costeros han estimulado la tala a gran escala de los bosques

**Figura 2: El delta del río Irrawaddy desaparece**



Las imágenes satelitales de la costa de Myanmar tomadas el 15 de abril de 2008 (izquierda) previas al Ciclón Nargis y el 5 de mayo de 2008 (derecha) luego de que el Nargis azotara la región muestran la devastación provocada por la inundación de la llanura costera.

Fuente: NASA/ MODIS Rapid Response Team

de manglares. De manera similar a lo que ocurrió con el tsunami de 2004, la pérdida de la franja protectora de árboles hizo aumentar considerablemente el daño causado por el ciclón Nargis (FAO 2008).

A principios del siglo XX, se estimaba que los bosques de manglares cubrían más de 242 811 hectáreas del delta del río Irrawaddy. Para fines de siglo, sólo 48 562 hectáreas permanecían en pie. Gran parte de esta pérdida se debió al auge de la industria del carbón vegetal en la década de los setenta, cuando la demanda urbana de combustible provocó una rápida degradación de los bosques del país. En la década de los noventa, la invasión agrícola y la introducción de cultivos de camarones redujeron todavía más los bosques de manglares (IRIN 2008a). De acuerdo a un informe de evaluación de desastre, se destruyeron 16 800 hectáreas de manglares nativos y se dañaron cerca de 21 000 hectáreas de plantaciones forestales (PONJA 2008).

Esta mayor pérdida de manglares y sus ecosistemas asociados tendrá un impacto significativo sobre los segmentos de población rural que dependen de la silvicultura para su sustento. Una gran cantidad de artesanos, pescadores, agricultores marginales y pobres sin tierra dependen de los bosques circundantes como fuente de ingreso directo e indirecto (IRIN 2008b). Además, el delta sostiene a muchas microempresas, que por lo general representan ingresos básicos y actividades de subsistencia de hogares pobres, como los que están a cargo de mujeres (PONJA 2008).

La industria de producción de sal a pequeña escala que ocupa la zona más baja del delta también se vio devastada por la tormenta y su poderosa marea. Según estimaciones, 35 000 granjas, en su mayoría privadas, se vieron afectadas, lo que trajo aparejado la pérdida de medios de vida para miles de personas. Más de 9712

hectáreas, equivalente al 80 por ciento de todos los campos de sal del delta, se vieron dañadas. Además, la tormenta destruyó depósitos que almacenaban 24 000 toneladas de sal recién cosechada (IRIN 2008c).

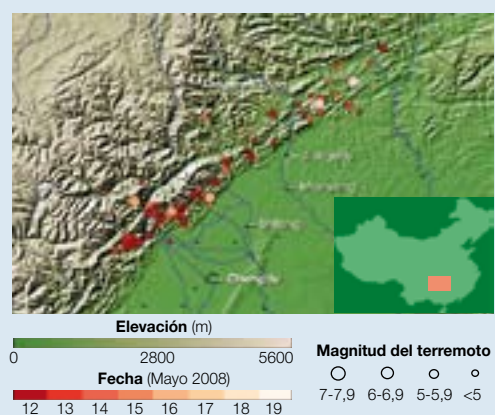
Se estima que 20 000 agricultores dedicados a la producción de sal vivían junto a sus familias en el delta en el momento del desastre. Según algunos cálculos, aproximadamente 8 de cada 10 trabajadores de la industria de la sal murieron en la tormenta, dejando a las familias que tenían a su cargo en búsqueda de medios de vida alternativos (IRIN 2008d, PONJA 2008).

### Desgarro en la tierra

El 12 de mayo de 2008, se desgarró violentamente por la mitad una grieta de 300 kilómetros de largo en el lecho rocoso de la provincia de Sichuan en China. A las 14:28 hora local, la energía sísmica contenida fue liberada desde una falla situada entre la meseta Qinghai-Tibet y la cuenca de Sichuan (USGS 2008). La ruptura en sí sólo duró 120 segundos, pero las consecuencias del terremoto resultante de magnitud 8,0 persistirán durante años o décadas.

Con un saldo de más de 87 500 personas desaparecidas o muertas en el desastre, más de 350 000 personas resultaron heridas, 5 millones quedaron sin hogar y 15 millones fueron evacuadas de la región. Los costos directos se estimaron en por lo menos 73 mil millones de dólares estadounidenses (Xinhua 2008a). Más de cinco millones de edificios colapsaron, 7 000 de los cuales eran escuelas, y otros 21 millones de edificios sufrieron daños de consideración, no sólo en la provincia de Sichuan sino también en las de Chongqing, Gansu, Hubei, Shaanxi y Yunnan. Varios pueblos y ciudades se vieron destruidos casi por completo, tales como Beichuan, Dujiangyan, Wuolong, y Yingxiu. El epicentro del terremoto

**Figura 3: El terremoto y sus réplicas**



Indicadores de magnitud sísmica superpuestos en el mapa. El tamaño del círculo indica la potencia. El epicentro del terremoto se localizó a aproximadamente 90 kilómetros al oeste-noroeste de la ciudad de Chengdu, indicado por el círculo mayor en el mapa. Eventos de menor magnitud ocurrieron al noreste del epicentro, y por lo general siguieron el borde de la cadena montañosa de Longmen Shan. Todavía el 9 de diciembre se seguían sintiendo réplicas en la región.

Fuente: NASA, GLCF, Jesse Allen

fue en el área de Wenchuan, pero fue lo suficientemente poderoso como para sentirse en casi toda China, así como en partes de Bangladesh, Tailandia, y Vietnam (USGS 2008).

El terremoto de Wenchuan golpeó en una de las regiones con mayor actividad sísmica de Asia. Se trató de una ruptura profunda, cerca de 19 kilómetros por debajo de la superficie y centrada 90 kilómetros al oeste-noroeste de Chengdu, la capital de la provincia de Sichuan e importante centro de transporte y comunicaciones (Burghiel y otros 2008, USGS 2008).

Chengdu en sí se salvó de sufrir los peores daños, pero muchas ciudades pequeñas y zonas rurales no corrieron la misma suerte. Una serie de violentas y destructivas réplicas siguieron de inmediato al terremoto, complicando los esfuerzos de asistencia y aumentando las presiones y preocupaciones de la población local. El 27 de mayo dos fuertes réplicas destruyeron 420 000 hogares más en el condado de Qingchuan en Sichuan. Las réplicas continuas, las rocas sueltas y un terreno extremadamente empinado se combinaron para crear peligros adicionales, tanto para los rescatistas como para los habitantes del lugar (MCEER 2008) (Figura 3).

Más allá de la magnitud del daño directo que causaron los temblores y la caída de rocas y escombros, los deslizamientos de tierra bloquearon las autopistas, dificultan-

do los esfuerzos de asistencia, y taponaron ríos y arroyos en toda la región. Esto trajo como resultado una serie de "lagos sísmicos", embalses que rápidamente se llenaron a lo largo de los principales cursos de agua, como los ríos Qing y Jiang (Stone 2008b, NASA 2008a).

Se formaron más de 30 lagos temporales detrás de estas represas de tierra inestables, inundando áreas río arriba y amenazando regiones río abajo con inundaciones repentinas en caso de que los diques temporales cedieran. El embalse más grande en Jiang, llamado lago Tangjiashan, amenazó a 1,3 millones de personas aguas abajo, desde la ciudad de Beichuan, situada inmediatamente abajo, hasta la ciudad de Mianyang, a 100 kilómetros (NASA 2008a). A comienzos de junio, los soldados lograron excavar una vía de drenaje a través de la parte superior de la obstrucción y el 9 de junio agrandaron el canal con el uso de explosivos, permitiendo que el agua del lago comenzara a drenar (Xinhua 2008b) (Recuadro 2).

En el oeste de la provincia de Sichuan, las 70 millones de hectáreas de la región montañosa de Hengduan se vieron perjudicadas tanto por las tormentas de primavera como por el sismo de Wenchuan (Morell 2008). Se están realizando esfuerzos tendientes a controlar el pastoreo excesivo de pastizales, y a la protección, forestación y recuperación de bosques en amplias zonas de China occidental, por lo menos para controlar en parte la erosión y los tipos de deslizamientos de tierra que resultaron tan letales luego del terremoto de Wenchuan (Xin 2008). El área también se ha visto afectada en años anteriores por una grave inundación del río Chang Jiang, o Yangtze, atribuida a la deforestación de la cuenca hidrográfica circundante. El gobierno de Sichuan prohibió la tala en los bosques nativos luego de las inundaciones del río Yangtze de 1998 en un esfuerzo por prevenir futuros desastres, mientras que el gobierno de China implementó esfuerzos de prevención forestal y de reforestación a nivel nacional inmediatamente después. Así, el gobierno chino elaboró un plan a nivel nacional para la plantación de 2 500 millones de árboles en 2008 (Morell 2008).

### Ola de huracanes

Durante un período de cuatro semanas, entre mediados de agosto y mediados de septiembre, la región oriental del Caribe se vio golpeada por la tormenta tropical Fay y luego por tres huracanes (Gustav, Hannah e Ike) con efectos devastadores en toda la región. Sin embargo, Haití fue el más afectado. Este país es considerado el menos desarrollado del continente americano. Años de pobreza, inestabilidad social y períodos cercanos al caos han llevado a una deforestación masiva. En este año, la

**Recuadro 2: Drenaje de un lago sísmico**



Fuente: Inger Marie Gaup Eira/www.ealat.org

Arriba: Vista de la ciudad de Beichuan golpeada por el terremoto el 12 de mayo. Abajo: Vista del 10 de junio, luego de que una operación de drenaje controlada inundara partes de la ciudad afectada.

deforestación estuvo combinada con el constante uso excesivo de laderas empinadas, lo que produce grave inestabilidad de las pendientes y deslizamientos de tierra catastróficos durante fuertes lluvias. Durante esta temporada particularmente azotada por huracanes, la ciudad de Gonaïves fue golpeada con especial dureza, mientras que los esfuerzos de asistencia se vieron demorados debido a la continua secuencia de tormentas y puentes derribados (OCHA 2008b).

Los huracanes Gustav e Ike también azotaron al país vecino Cuba con especial dureza. Gustav tuvo vientos sostenidos de categoría 4 de casi 240 kilómetros por hora, cuando penetró la costa suroccidental de Cuba a finales de agosto, mientras que los vientos de Ike alcanzaron 193 kilómetros por hora al golpear la provincia de Holguín en la región oriental de Cuba, tan sólo una semana más tarde. En conjunto, las tormentas dañaron más de 100 000 edificios y dejaron a más de 200 000 personas sin hogar, mientras que un cuarto de millón fueron evacuadas de las regiones más amenazadas (NASA 2008b). La Habana, su capital, e importantes industrias, como las de los centros turísticos, instalaciones petrolíferas, y de minería de níquel no fueron en general afectadas; no obstante, los daños a las viviendas, la





Vista aérea de viviendas en Gonaïves, devastadas por inundaciones provocadas por el huracán Hanna el 3 de septiembre de 2008.

Fuente: Marco Dormino/ UN Photo

agricultura y la red eléctrica se estiman en 5 mil millones de dólares estadounidenses (OCHA 2008b).

La temporada de huracanes de 2008 puso a prueba la preparación para casos de desastre en todo el Caribe. Durante esas cuatro semanas, se perdieron cerca de 800 vidas, por lo menos 2,8 millones de personas se vieron afectadas y más de 600 000 viviendas fueron dañadas o destruidas (OCHA 2008b).

La capacidad de recuperación en sistemas tanto naturales como socioeconómicos es esencial para la mitigación y recuperación en casos de desastre. Irónicamente, la tormenta que provocó la mayor cantidad de muertes fue Hanna, uno de los sistemas más débiles, que azotó a Haití luego de que los efectos acumulativos de Fay y Gustav habían dejado al país en un estado de extrema vulnerabilidad (OCHA 2008b). Las primeras evidencias muestran que los ecosistemas intactos y el gobierno funcional en Cuba han ayudado al país a evitar las pérdidas extenuantes y el caos sufridos por Haití.

### FALLAS HUMANAS Y PREVENCIÓN DE DESASTRES

Si la fuerza destructiva de los huracanes que golpearon a Haití se vio exacerbada por la pobreza, la degradación ambiental y la falta de infraestructura, los impactos generados por el ciclón Nargis se vieron empeorados por la falta de advertencia y de respuesta apropiada. En parte debido a que el gobierno le restó importancia a la amenaza y a la demora en permitir el ingreso de organismos de asistencia internacional tras la tormenta, Nargis fue el desastre natural más destructivo de 2008 (Stover y Vinck 2008, OCHA 2008a, Webster 2008). El efecto sobre la cosecha invernal de arroz, pilar de la alimentación y la economía del país, fue devastador. Myanmar es por lo general exportador neto de arroz y la pérdida de la cosecha sucedió en un año dominado por una escasez

de arroz y otros alimentos básicos a nivel mundial. Mientras que la mayor parte de la tierra inundada recuperará su fertilidad, ayudada por las subsiguientes inundaciones de agua dulce, cerca de 200 000 hectáreas quedaron no aptas para la siembra durante la temporada de monzones de 2008 (IRIN 2008b).

Los programas efectivos de planificación, respuesta y desarrollo de capacidad de resistencia se basan en predicciones y pronósticos efectivos de hechos adversos, como los ciclones tropicales, tormentas invernales y prolongados períodos de sequía o inundaciones. Se han dado importantes pasos en la predicción y seguimiento de tormentas tropicales y ciclones, ya que todas las regiones más importantes generadoras de ciclones están cubiertas por servicios de pronósticos organizados por la Organización Meteorológica Mundial. No obstante, como lo ha demostrado la devastación provocada por el ciclón Nargis y los huracanes y tormentas en el Caribe, existe una necesidad esencial de mitigación de desastres en tierra, que tenga lugar inmediatamente después del pronóstico inicial. De acuerdo a analistas de desastres provocados por tormentas, se necesitan tres mejoras esenciales para que la predicción y la alerta de tormentas tropicales sea más efectiva en las regiones en desarrollo: pronósticos extendidos para ofrecer mayor tiempo de respuesta, inclusión de pronóstico de marea de tormenta junto con los pronósticos de tormenta, y desarrollo de planes sólidos e integrales para casos de desastre a nivel nacional (Webster 2008).

Las poblaciones más vulnerables en la región norte del Océano Índico viven sobre los deltas de ríos y otras zonas costeras bajas con poco acceso a redes de comunicación y transporte (O'Hare 2008) (**Recuadro 3**). El horizonte temporal estándar de tres días para el rastreo y pronóstico de intensidad de un ciclón puede ser

### Recuadro 3: La población más vulnerable

Las personas más afectadas por los ciclones forman parte generalmente de la población más pobre y vulnerable de la zona. Un estudio realizado en 2008 acerca de los efectos de los desastres naturales sobre poblaciones vulnerables, llevado a cabo luego de la tormenta tropical Noel, que azotó a la República Dominicana en 2007, descubrió que el nivel de pobreza del hogar afecta su capacidad de prepararse y responder ante un desastre natural. Esta relación se mantiene incluso en los países desarrollados. Más de mil personas, en su mayoría pobres, murieron cuando el huracán Katrina golpeó Nueva Orleans y la costa del Golfo de los Estados Unidos en 2005, a pesar de que una alerta con varios días de anticipación indicaba que la ruta del huracán penetraría cerca de la ciudad.

La población vulnerable abarca a los pobres, los niños, las mujeres, los ancianos, las personas con discapacidad y personas con VIH/SIDA. Otros factores que contribuyen a la alta vulnerabilidad incluyen bajos niveles de tecnología, falta de información o habilidades necesarias, acceso limitado o nulo a infraestructura de servicios de transporte, comunicación y salud, e instituciones políticas inestables o débiles. En términos generales, la falta de recursos y apoyo externo no permite que estas poblaciones vulnerables puedan anticipar, prepararse o protegerse completamente ante un desastre.

Las personas desplazadas, tanto por inundaciones como por conflictos, deben enfrentar la separación familiar y la muerte de miembros de la familia, la pérdida de sus hogares y posesiones, y sufrir ataques, lesiones físicas, traumas emocionales y depresión. De cara a un desastre, son los débiles de la población los que más sufren. Por ejemplo, a nivel mundial, por cada adulto hombre que muere ahogado en una inundación, mueren de tres a cuatro mujeres en las mismas circunstancias.

Fuentes: Ferris 2008, Huq 2008, O'Hare 2008, UN-INSTRAW 2008



En respuesta a la aproximación del ciclón Sidr, miles de habitantes de Bangladesh fueron evacuados y muchos buscaron protección en refugios de emergencia como éste, cerca del puerto de Mongla, a aproximadamente 320 kilómetros al sur de Dhaka.

Fuente: Farjana Khan Godhul/ AFP

suficiente para dar respuestas complejas a gran escala en regiones desarrolladas, como se vio en la evacuación de zonas costeras en Cuba. No obstante, zonas rurales en desarrollo, en donde las telecomunicaciones se ven limitadas y las poblaciones se trasladan principalmente a pie transportando su ganado, alimentos y pertenencias, una advertencia de tres días puede no ser suficiente (Webster 2008).

## Hacer las cosas bien y en el momento oportuno

Varios estudios realizados en los últimos años han indicado que los ciclones tropicales se pueden estar intensificando debido al cambio climático (Emanuel 2005, Webster y otros 2005, Elsner y otros, 2008) (Véase Cambio climático, Capítulo tres). Aunque esto sigue siendo cuestionado, las condiciones en el Océano Índico norte ya son apropiadas como para generar ciclones poderosos y destructivos. Esto se da especialmente durante los períodos inmediatamente previos y posteriores al monzón sudasiático, usualmente entre abril y mayo, y octubre y noviembre, cuando las temperaturas cálidas del agua superficial se combinan con las bajas condiciones de la cortante vertical del viento.

Desde mucho tiempo atrás, estos importantes ciclones tropicales casi no penetraban en tierra en los países costeros del Océano Índico norte. Pero los últimos años han sido la excepción. Ha habido cuatro importantes ciclones tropicales en la cuenca desde 2006, comparado con sólo ocho tormentas similares durante el cuarto de siglo anterior. No hay datos suficientes como para determinar si esto representa una tendencia permanente o una anomalía aguda (Webster y otros 2005, Webster 2008). Pero como sucede en otras cuencas generadoras de ciclones, esto ya no interesa, pues la vulnerabilidad a los efectos dañinos de las tormentas se incrementaría incluso si no aumentaran la frecuencia o la intensidad de las mismas, debido al incremento de la densidad demográfica y otros cambios en áreas costeras vulnerables (O'Hare 2008).

Bangladesh es considerado uno de los países más vulnerables de la región en cuanto a los posibles efectos del cambio climático, tales como el aumento del nivel del mar, crecientes inundaciones y tormentas más fuertes. En septiembre, el país anunció un plan de acción integral para abordar los impactos del cambio climático en la próxima década (Antony 2008). Bangladesh, país que posee tres mega-deltas con alta densidad poblacional en la Bahía de Bengal, ya se ha vuelto un líder en esfuerzos de recuperación en caso de ciclones. Cerca de 300 000 personas murieron a causa del ciclón Bholá en 1970, y por lo menos 138 000 perdieron la vida durante un ciclón en 1991, cerca del 80 por ciento de las cuales eran mujeres y niñas (Ikeda 1995). Cuando el ciclón tropical Sidr golpeó en noviembre de 2007, con características de tormenta y penetración muy similares al de 1970, sólo se perdieron 3 500 vidas (AlertNet 2007).

Dentro de un plan nacional en caso de desastre, se estableció una red de emergencia nacional, que incluyó una serie de refugios de tormenta, diques costeros, un sistema de alerta radial y de telefonía móvil, así como la acción de voluntarios en bicicleta que comunican la



A medida que el ciclón Sidr se dirigía al norte de la Bahía de Bengala, cerca de 40 000 voluntarios de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja corrieron la voz de la necesidad de evacuación.

Fuente: International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies

alerta por megáfonos. De manera conjunta, las redes de pronósticos extendidos de ciclones y de mareas de tormenta producidos por la Universidad del Estado de Louisiana en los EE.UU., y de pronósticos de seguimiento e intensidad de tormenta del Departamento de Meteorología de la India, permitieron a las autoridades de Bangladesh supervisar la exitosa evacuación de más de 2 millones de personas en ocasión del ciclón Sidr (AlertNet 2007, Webster 2008).

## Preparación contra terremotos

Los terremotos tienden a golpear siempre en las mismas regiones. Sin embargo, aunque la posible ubicación de temblores destructivos puede localizarse con una considerable precisión en la red de fallas sísmicas de la Tierra, el momento preciso de dichos eventos continúa siendo difícil de anticipar. Las mejoras en el pronóstico del tiempo y la predicción de ciclones han contribuido de manera considerable para mitigar desastres en las últimas décadas. ¿Hay esperanza de que avances similares puedan algún día ayudar también a reducir el daño físico y la pérdida de vidas como consecuencia de terremotos?

La respuesta es "quizás", y depende en gran medida de la escala temporal que se considere. No se espera en el corto plazo la predicción de terremotos en horas, mucho menos en días. Sin embargo, dichos tiempos de alerta prolongados podrían no ser necesarios para que las advertencias logren un impacto beneficioso importante, y luego de décadas de esfuerzo, se están comenzando a ver signos prometedores. Los terremotos han sido probablemente los desastres más letales en el siglo pasado: ganar aunque sea segundos de aviso previo podría ayudar a reducir el número de muertes en el futuro (Malone 2008). En Japón se ha puesto en marcha un sistema de alerta temprana de terremotos en 2007,

con el uso de señales electrónicas inmediatas que viajan más rápidamente que el terremoto mismo. Estas señales son generadas por una red de sismógrafos con el fin de reducir la velocidad de trenes, detener elevadores, y advertir a los ciudadanos sobre la inminente llegada de un temblor (JMA 2008).

Aunque en los últimos 15 años han aumentado los esfuerzos de investigación que tienen por objeto la predicción de terremotos, el objetivo de lograr alertas tempranas continúa siendo difícil de alcanzar (Pannakat y Adeli 2008). Basadas en análisis de terremotos pasados, avances recientes están ayudando a deducir cambios en el riesgo futuro de terremotos. Varios grupos ya han realizado dichos análisis para el área de la cuenca de Sichuan y zonas más amplias.

Mediante el trabajo con modelos informáticos de la tensión presente en las fallas de las zonas circundantes a la ruptura de Wenchuan, un equipo internacional de colaboradores calculó incrementos importantes de tensión a lo largo de tres sistemas de fallas cercanas. Habiendo constatado que partes de las fallas circundantes no se habían fracturado en más de un siglo, los autores llegaron a la conclusión de que existe entre un 57 y un 71 por ciento de posibilidad de otro terremoto de magnitud 6 o superior en la zona en un período de 10 años, y entre un 8 y un 12 por ciento de posibilidad de un sismo de magnitud 7 o mayor durante el mismo período. Estas probabilidades casi duplican las existentes para la década antes del terremoto de Wenchuan (Toda y otros, 2008).

Mediante un modelo informático de las diferentes fallas activas en la cuenca de Sichuan y las zonas circundantes, otro equipo calculó los cambios en la tensión sísmica a lo largo dichas fallas y trazaron un mapa de cambios de tensión ubicando secciones de fallas con relativamente altas posibilidades de producir importantes réplicas (Parsons y otros 2008). Este "análisis de transferencia de tensión" ha sido utilizado con éxito anteriormente, en particular en el caso del terremoto de Sumatra del 26 de diciembre de 2004 que causó el devastador tsunami. Cuando una réplica de magnitud 8,7 golpeó tres meses más tarde, se dio en una región en donde se había calculado con éxito que estaba bajo una mayor tensión como resultado del evento del 26 de diciembre (McCloskey y otros 2005). Las réplicas pueden continuar durante años, pero los cálculos del incremento de tensión se pueden completar en pocos días. Los mapas producidos por estos modelos pueden identificar potenciales zonas de rupturas futuras y facilitan la concentración de los esfuerzos de mitigación (Parsons y otros 2008).

Independientemente de su importancia, la predicción de terremotos no puede reemplazar una cuidadosa planifi-



En el municipio de Ying Xiu, China, varios niños quedaron atrapados al derrumbarse esta escuela de enseñanza media durante el terremoto de Wenchuan del 12 de mayo. Según estimaciones, cuatro mil de los diez mil residentes del municipio murieron allí, en el epicentro del terremoto.

Fuente: UN Photo/Evan Schneider

cación y concientización pública en caso de desastre, ni tampoco códigos de construcción rigurosos y de estricto cumplimiento. La mala construcción de muchos edificios, en especial de escuelas, fue la culpable de una gran cantidad de muertes durante el terremoto de Wenchuan, lo cual confirma el dicho de sismólogos, que sostiene que no son los terremotos sino los edificios los que matan a las personas (Stone 2008e). Aunque los análisis en curso sobre la compleja geofísica del caso de Wenchuan, sin duda ayudarán a perfeccionar la evaluación de riesgo y los mapas de peligro para la región y otras áreas, ya se puede aplicar una lección básica de manera inmediata. A pesar de todo lo que han aprendido geólogos y sismólogos sobre la corteza del planeta en movimiento, todavía queda mucho por descubrir. Como resultado, nunca puede asumirse ni garantizarse la seguridad en una zona sísmica. Los planificadores, los organismos y en especial los habitantes del lugar olvidan esa lección por cuenta y riesgo propios.

### Desastres de evolución lenta

Las tormentas y los terremotos, e incluso las inundaciones, ocurren en una escala de tiempo corta, mientras que las sequías y las hambrunas se conocen como desastres de evolución lenta. Hay cada vez más evidencias de que las inundaciones y las sequías son dos extremos de un patrón oscilante, con hambrunas como consecuencia (Eltahir y otros 2004). Sin embargo, a medida que el cambio climático mundial se intensifica, la alteración tanto de los patrones climáticos como de la dinámica general del ciclo hidrológico jugará proba-

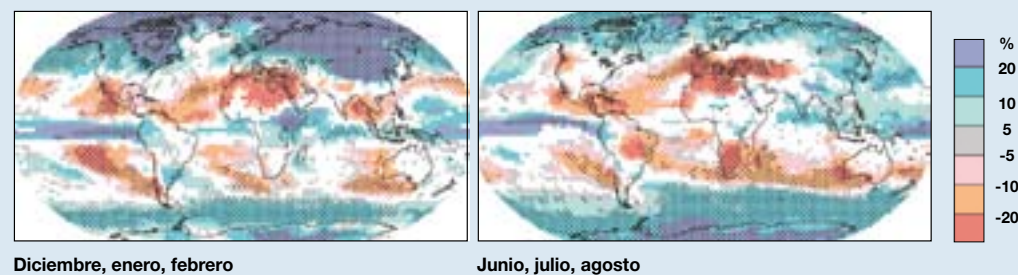
blemente papeles cada vez más importantes en las sequías e inundaciones desastrosas. Dada la distribución mundial de los recursos de agua dulce, los patrones de crecimiento demográfico y las alteraciones anticipadas en el suministro de agua (sumados a las divisiones geopolíticas artificiales y los conflictos existentes), la falta de estabilidad hidrológica continuará iniciando o exacerbando tensiones políticas y conflictos armados.

Los cambios esperados en los regímenes de precipitaciones y en la disponibilidad de agua resultante del cambio climático son complejos y han sido documentados por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (Bates y otros 2008). En muchas regiones del mundo, el agua ya es un recurso escaso y probablemente lo sea todavía más a medida que avanza el cambio climático mundial (IWMI 2007, IPCC

2007) (Figura 4). Las regiones que se estima se verán afectadas por persistentes sequías y escasez de agua en los años venideros incluyen las franjas meridional y septentrional de África, gran parte de Medio Oriente, una amplia porción de Asia Central y el subcontinente Indio, Australia meridional y oriental, el norte de México y la región sudoccidental de los Estados Unidos de América (IPCC 2007). Este contexto de cambio hace que la planificación de la utilización futura de los recursos hídricos y la mitigación de desastres se tornen particularmente desafiantes: el cambio climático que experimentamos en la actualidad desafía los supuestos arraigados sobre capacidad y suministro que se han adoptado como planes de gestión de recursos hídricos en muchas sociedades a falta de otras alternativas (Milly y otros 2008).

En particular, Afganistán y sus zonas aledañas han estado sufriendo una grave sequía por lo menos desde el cambio de siglo (ICRC 2008). Se ha escrito mucho sobre el papel particular que tiene la escasez de agua en el estímulo de conflictos armados y hostilidades en regiones áridas alrededor del mundo, y cada vez es más inquietante la posibilidad de que Afganistán sea otro ejemplo más (IRIN 2005, Gall 2008a). En septiembre, organismos de asistencia informaron sobre una creciente amenaza de hambruna generalizada en la región central y septentrional de Afganistán. La culpa recayó en las pobres cosechas durante las duras condiciones invernales de principios de 2008, seguidas por una grave sequía durante la temporada estival de crecimiento de los cultivos, poniendo a cinco millones de afganos en riesgo de grave escasez alimentaria (Oxfam, 2008). El continuo conflicto en Afganistán no sólo dificulta los esfuerzos realizados para proporcionar asistencia y apoyo al desarrollo en regiones azotadas por la sequía, sino que la creciente presión de la sequía podría estar socavando la situación de seguridad en general (Banzet y otros 2007, Gall 2008b).

Figura 4: Patrones proyectados de cambios en las precipitaciones



Cambios relativos en las precipitaciones proyectadas para el período que va de 2090 a 2099 comparados con el período entre 1980 y 1999, de acuerdo a análisis de múltiples modelos. Las áreas blancas indican que menos de dos tercios de los modelos concuerdan con alguna de las tendencias, mientras que las áreas punteadas indican que más de nueve de diez modelos concuerdan con la tendencia. Fuente: IPCC 2007



Debido a las persistentes condiciones de sequía, el río central de Kabul, que en el pasado fuera fuente de irrigación para miles de hectáreas de tierra y de alimentación de varias centrales eléctricas, se ha convertido en una zanja predominantemente seca.

Fuente: Catherine McMullen/ UNEP

## Recursos y seguridad

La interacción entre desastres, desafíos ambientales y conflictos es compleja. Como en Haití, los impactos de un desastre natural pueden verse exacerbados por una ya existente degradación medioambiental, con la posibilidad de que agrave tensiones sociales y conflictos civiles. En Afganistán y otras regiones que sufren sequías persistentes, los desafíos impuestos por la supervivencia pueden acelerar el daño al medio ambiente, pero también pueden producir una legión de potenciales guerreros insatisfechos y embravecidos con pocas opciones, lo que resulta una receta peligrosa en regiones en donde los conflictos ya son endémicos (Kaplan 1994, Henriksen y Vinci 2008).

Existen altas posibilidades de que los desastres y la escasez de recursos exacerben conflictos existentes, si es que no son causa directa de ellos. Una gran cantidad de evidencias demuestran vínculos sólidos entre la escasez de recursos y la posibilidad de conflictos (Smith y Vivekananda 2007). El crecimiento rápido de la población y la falta de recursos contribuyen en gran medida a la posibilidad de irrupción de violencia y conflicto en cualquier situación, como las hostilidades permanentes en Sudán y en otras regiones (UNEP 2008). La persistente sequía y la falta de tierra fértil han demostrado contribuir al conflicto en curso en Darfur, en donde los recursos hídricos han sido siempre limitados, pero en donde 16 de los 20 años más secos registrados hasta ahora han ocurrido desde 1972 (UNEP 2007).

Se ha debatido un efecto opuesto, a veces llamado "la maldición de los recursos" (Ross 2008). La escasez de recursos esenciales siempre conlleva tensión social y quizás conflictos. Pero la abundancia de recursos de alto valor e interés comercial también se reconoce como una causa de tensión o un factor que exagera conflictos armados, como por lo menos 18 guerras civiles en las últimas dos

décadas, que fueron alimentadas por recursos naturales (UNEP 2008). Existen diversos tipos de maldición de recursos, como por ejemplo el uso de ganancias obtenidas de materias primas de alto valor, como las piedras semipreciosas, la madera o las drogas, para el apoyo de insurgencias y conflictos que surgen de lo que se percibe como una distribución desequilibrada de las ganancias obtenidas de los recursos naturales. La maldición de los recursos puede actuar como chispa que inicia las hostilidades, como fuente de financiamiento para sostener conflictos en curso, o como para desalentar la resolución de conflictos al no solucionarse temas pendientes sobre la propiedad de los recursos (Le Billon 2007).

Mientras que este patrón continúa surgiendo en algunos casos, análisis más recientes han llegado a la conclusión de que la maldición de los recursos no es una situación predestinada. Por el contrario, el uso ordenado de los recursos naturales debería ser un valioso componente de la estrategia de desarrollo sostenible de una nación (Brunnschweiler y Bulte 2008) (Véase Gobernanza ambiental, Capítulo seis).

## GRANDES ESPERANZAS

Claramente, la incidencia y gravedad de los desastres naturales puede cambiar a lo largo del tiempo y a escala local o mundial. Las evidencias sugieren que la incidencia de desastres ha estado aumentando durante más de medio siglo y que probablemente continuará haciéndolo. Más específicamente, mientras que los desastres geológicos, como los terremotos y las erupciones de volcanes se han mantenido relativamente constantes durante el último siglo, los desastres hidrometeorológicos como tormentas, inundaciones y sequías se han incrementado drásticamente desde 1950 (Eshghi y Larson, 2008). La frecuencia de estos eventos ha aumentado a una tasa promedio del 8,4 por ciento entre 2000 y 2007, provo-

cando un costo promedio anual de por lo menos 80 000 dólares estadounidenses (CRED 2008). Según otro análisis, la cantidad total de desastres ha aumentado de 100 casos por década en el período que va de 1900 a 1940 a casi 3000 por década en los años noventa (O'Brien y otros 2008). Una tercera opinión establece una cantidad total de 4 850 desastres entre 2000 y 2005, y atribuye el escalofriante aumento a desastres "tecnológicos", como descarrilamientos de trenes y fallas de construcción, además de desastres climáticos (Eshghi y Larson, 2008).

Diferentes estudios sobre diversos desastres y opciones de prevención demuestran el papel de los ecosistemas intactos en la capacidad de resistencia ante desastres, la importancia crucial que tienen edificios e infraestructuras adecuadamente diseñados, y las contribuciones potenciales de los sistemas de pronóstico y alerta temprana. Sin embargo, como demuestran los casos de Haití y Myanmar, existen factores que van más allá de las realidades físicas y logísticas, de la magnitud del terremoto o de la velocidad de evacuación de una población y que contribuyen a la escala del desastre. Los investigadores que estudian la vulnerabilidad y la capacidad de resistencia ante peligros y desastres naturales utilizan el término "vulnerabilidad social" para describir esta constelación de factores que afectan la vulnerabilidad del ser humano al cambio ambiental (Cutter y Finch 2008). En una población dada, estos factores pueden incluir la clase socioeconómica, género, edad, origen racial o étnico, condición migratoria y tenencia de vivienda (si el individuo afectado es inquilino o propietario de la misma).

La vulnerabilidad humana a los cambios ambientales puede aumentar o disminuir con el tiempo, en sintonía con el cambio de factores demográficos o socioeconómicos. La vulnerabilidad general de una nación puede aumentar o disminuir de acuerdo a patrones de desarrollo y migratorios a gran escala. A nivel mundial, se ha dado una cada



Fuente: Tim McKulka/ UN Photo

Luego de huir de fuertes luchas en Sudán, personas desplazadas internamente reciben raciones de asistencia alimentaria de emergencia del Programa Mundial de Alimentos.

vez mayor concentración de densidad demográfica en zonas costeras, con el consecuente incremento de la susceptibilidad y las pérdidas asociadas a inundaciones costeras y tormentas tropicales (Webster y otros 2005). Una evaluación cuantitativa de los cambios en la vulnerabilidad a los desastres en los Estados Unidos de América durante los últimos cincuenta años revela efectos más sutiles de los movimientos en la población (Cutter y Finch 2008). Durante este período de drásticos cambios demográficos y socioeconómicos, los autores descubrieron un descenso generalizado a nivel nacional de la vulnerabilidad a los desastres naturales, pero con variaciones regionales cada vez mayores. Los factores que más sistemáticamente contribuyeron al incremento de la vulnerabilidad fueron la densidad poblacional en zonas urbanas, la raza/etnia y la condición socioeconómica. Curiosamente, la edad también fue un factor importante en muchos lugares, como los estados septentrionales de Dakota del Norte, Dakota del Sur y Montana. Muchas regiones de estos y otros estados cuentan con poblaciones de edad avanzada debido a la emigración de gente joven en búsqueda de empleo y oportunidades en otros lugares, dejando solos a los ancianos más vulnerables.

Estos detallados estudios se han realizado en otras pocas regiones, como el Valle del Yaqui en México y partes de la India, pero hacen falta estudios profundos para la mayor parte del mundo sobre los cambios en la vulnerabilidad humana a las modificaciones ambientales (Luers y otros 2003, O'Brien y otros 2004). En lo que se ha denominado la mayor migración masiva de la historia humana, cerca de 200 millones de personas han dejado

las áreas rurales para volcarse a asentamientos urbanos en China en las últimas décadas (MN 2004). Gran parte de este movimiento se ha dado desde el interior del país a ciudades costeras cada vez más densamente pobladas, en donde se ha reconocido un aumento de la vulnerabilidad a tifones, inundaciones, sismos y otros factores. Al extrapolar la experiencia en los estados septentrionales de los Estados Unidos o el Valle del Yaqui de México, un drástico aumento de la emigración de jóvenes traerá aparejado un incremento de la vulnerabilidad en las regiones fuente de la migración masiva en China. En el caso específico de los esfuerzos de mitigación de desastres causados por inundaciones, los investigadores llegaron a la conclusión de que el énfasis en los enfoques estructurales y regulatorios para mitigar las inundaciones, sumado a la omisión de los factores de vulnerabilidad humana, pueden incrementar el riesgo a largo plazo de inundaciones, mediante un proceso de transferencia de riesgo (Wilhelmi y Kelman 2008).

Al anticipar la vulnerabilidad actual y futura a desastres naturales, los responsables de la planificación y la gestión deben prestar mucha atención a los correlatos físicos que tienen los desastres, como las zonas sísmicas y el cambio en el patrón de precipitaciones y tormentas. No obstante, las evidencias que resultan de la investigación y la lógica indican que los cambios sociales, geográficos y demográficos también deben tomarse en cuenta (Wisner 2003).

## CONCLUSIÓN

La asistencia internacional ha sido un elemento fundamental para la respuesta ante desastres y los esfuerzos de recuperación en muchas situaciones, en especial para los países en desarrollo. De la cantidad estimada de 62 millones de muertos como resultado de desastres naturales durante el siglo XX, más del 85 por ciento ocurrió antes de 1950 (CRED 2008). Científicos sociales atribuyen una parte importante de esta increíble disminución de la tasa de mortalidad a los esfuerzos de la comunidad humanitaria mundial, pero también se preguntan si la respuesta internacional ante los desastres tiene consecuencias no buscadas sobre las prioridades de preparación en caso de desastre a nivel nacional. Se concentran especialmente en la comparación entre el gasto nacional en prevención de desastres versus los gastos en asistencia y recuperación luego de producido el hecho. Mediante el uso de un nuevo modelo cuantitativo de los incentivos y resultados que surgen de la ayuda internacional en caso de desastre, sugieren que la expectativa de ayuda internacional luego de un desastre natural puede causar un efecto de "rescate", en donde gobiernos pobres, corruptos o indiferentes no cumplan con la inversión en prevención de desastres a la espera de una llegada

rápida de asistencia extranjera gratuita luego de cualquier desastre natural (Werker y Cohen 2008).

Esta inquietante conclusión teórica, por la que la presencia o expectativa de ayuda extranjera puede de hecho aumentar la gravedad del desastre inicial, no debe tomarse como un argumento en contra de la asistencia internacional en caso de desastre. Por el contrario, las políticas de socorro humanitario deben tomar en cuenta la posibilidad de que exista un efecto de rescate. Esto implica descentralizar la entrega de asistencia, alentar el desarrollo político local y recompensar la prevención de desastres, todos ellos componentes que contribuyen a la preparación ante desastres y su prevención de parte de los gobiernos locales. Mientras que el socorro humanitario en caso de desastre es una de las transferencias más básicas e importantes de riqueza entre países desarrollados y en desarrollo, como toda transferencia puede distorsionar incentivos o verse manipulada por líderes que actúan por interés propio: las políticas internas y la acción de ayuda internacional deben diseñarse para mitigar, en vez de exacerbar la ira de la naturaleza (Werker y Cohen 2008).

Los investigadores que se dedican al estudio de desastres establecen una diferencia entre el episodio inicial, el 'impacto' que puede ser un terremoto, una tormenta, un incendio, una sequía o una guerra, y el desastre resultante, que serían las vidas perdidas y los daños causados (Werker y Cohen 2008). Existen mayores evidencias que establecen que la frecuencia y gravedad de algunos impactos están en aumento, especialmente aquellos que se ven influenciados por el sistema climático mundial. Indudablemente, no hay razón para pensar que la carga mundial de los impactos esté disminuyendo. También se reconoce con mayor frecuencia que los desastres naturales, la tensión ambiental y el acceso a recursos pueden generar o exacerbar conflictos civiles y militares (UNEP 2008). Además de actuar para mitigar el cambio climático, no hay mucho que puedan hacer los planificadores, administradores y la población local acerca de la incidencia de los impactos naturales. Sin embargo, el trayecto entre el impacto inicial y el verdadero desastre o conflicto hace su camino a través de los espacios sociales, políticos y físicos que podemos ocupar con un buen planeamiento y una toma de decisiones responsable. El trayecto se encuentra determinado por miles de informes oficiales, planes de gestión y decisiones individuales. La ciencia y la experiencia pueden brindar información para estos planes y decisiones, mientras que una buena gobernanza los puede determinar, si estamos dispuestos a minimizar los daños provocados por desastres y evitar conflictos violentos inútiles.

# Acontecimientos climáticos significativos en 2008



Fuente: Véase [http://www.unep.org/geo/yearbook/yb2009/significant\\_map](http://www.unep.org/geo/yearbook/yb2009/significant_map)



A comienzos del año 2008, investigadores descubrieron más de 250 columnas de metano que borboteaban a lo largo del borde de la plataforma continental al noroeste de Svalbard.

En septiembre el hielo del mar Ártico se redujo a su segunda menor extensión desde que comenzaron las mediciones satelitales en 1979.

El Estudio Internacional de la Plataforma Siberiana denunció elevadas concentraciones de metano en altamar a la altura del delta del río Lena.

En julio una gran cantidad de intensas tormentas eléctricas con fuertes precipitaciones, tornados y granizo azotaron Alemania, cobrándose algunas víctimas y provocando importantes daños.

Durante el conflicto armado en Georgia en agosto de 2008, se informó sobre daños ambientales al hábitat y la infraestructura, así como sobre contaminación localizada en puertos y tierra por hidrocarburos y sustancias químicas.

Crudas tormentas invernales afectaron a más de 78 millones de personas en el sur y centro de China en enero/ febrero de 2008.

Más de 54 000 bebés y niños pequeños solicitaron tratamiento médico a causa de productos lácteos contaminados con melamina en China.

A partir de marzo se detectaron 4 496 casos de fiebre aftosa (con 22 muertes) en bebés y niños pequeños en la ciudad de Fuyang, provincia de Anhui, China.

A principios de año Asia Central sufrió las temperaturas más bajas en décadas.

En mayo el terremoto de magnitud 8 que azotó Chengdu, provincia de Sichuan, China, se cobró la vida de 69 000 personas. Fue el décimo noveno terremoto más mortal de la historia.

A mediados de junio precipitaciones torrenciales azotaron el sur de China ocasionando crecidas repentinas y deslizamientos que dejaron un saldo de 57 muertes y pérdidas económicas de alrededor de 4 mil millones de USD.

El 11 de enero nevó en Bagdad por primera vez en un siglo, lo que provocó la muerte de 50 personas y 15 000 animales.

En enero intensas nevadas y temperaturas bajo cero causaron la muerte de más de 300 personas en todo Afganistán.

En la actualidad el norte de Nigeria se ve afectado por un nuevo brote de poliovirus salvaje de tipo 1 que ya ha comenzado a diseminarse internacionalmente.

En enero los disturbios que tuvieron lugar en Kenia luego de las elecciones provocaron una crisis humanitaria con 250 000 ciudadanos desplazados y daños a la infraestructura y los planes de conservación.

En mayo el ciclón tropical Nargis arrasó en el delta del Irawady y la principal ciudad de Myanmar, Yangon, provocando intensas precipitaciones, vientos fuertes y una marea de tormenta. Fue el peor desastre mundial del año 2008. Dejó más de 140 000 muertos o desaparecidos y afectó la vida de millones de personas.

En junio, el tifón Fengshen hizo estragos en Filipinas. Entre otras tragedias, hizo volcar a un transbordador con 800 personas a bordo.

En septiembre, en el Parque Nacional de Virunga de la República Democrática del Congo, se publicaron raras imágenes del Okapi, un tímido animal emparentado con la jirafa y con rayas de cebra en la parte trasera. Es tan escurridizo que en un momento se lo creyó un mito.

En 2008 aumentó en forma alarmante la caza furtiva de rinocerontes en Zimbawe. Sus cuernos tienen un alto precio por considerarse afrodisíacos.

Se redescubrió el muntiac de Sumatra, una especie perdida de ciervos, en las remotas montañas de Sumatra occidental, Indonesia, alrededor de ochenta años después de haber sido visto por última vez.

Condiciones de clima seco en Australia sudoriental reafirmaron una sequía de larga data en gran parte de la región. Victoria sufrió el noveno año más seco que se haya registrado.

## REFERENCIAS

- AlertNet 2007. Cyclone Sidr would have killed 100,000 not long ago. *Reuters AlertNet*. <http://www.alertnet.org/db/blogs/19216/2007/10/16-165438-1.htm>
- Antony, A. (2008). Bangladesh steps up to tackle climate problems. *SciDev.Net*, 11 September. <http://www.scidev.net/en/climate-change-and-energy/climate-change-impacts/news/bangladesh-steps-up-to-tackle-climate-change.html> [Accessed 7 October 2008]
- Banzet, A., Bousquet, C., Boyer, B., de Geoffroy, A., Grünwald, F., Kauffmann, D., Pascal, P. and Rivière, N. (2007). Linking Relief, Rehabilitation and Development in Afghanistan to Improve Aid Effectiveness: Main Successes and Challenges Ahead. *Urgence Rehabilitation Développement (URD)* 2007. [www.reliefweb.int/rw/RWFiles2007.nsf/FilesByRWDocUnidFilename/SODA-7BM8VG-full\\_report.pdf/\\$File/full\\_report.pdf](http://www.reliefweb.int/rw/RWFiles2007.nsf/FilesByRWDocUnidFilename/SODA-7BM8VG-full_report.pdf/$File/full_report.pdf) [Accessed 21 November 2008]
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. and Palutikof, J.P., Eds., (2008). *Climate Change and Water*. Technical paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, Geneva
- Bird, K. and Prose, M. (2008). Vulnerability, Poverty and Coping in Zimbabwe. Research Paper No. 2008/41: *United Nations University and World Institute for Development Economics Research*, April 2008
- Brunnshweiler, C.N. and Bulte, E.H. (2008). Linking Natural Resources to Slow Growth and More Conflict. *Science*, 320: 616-617
- Burchfiel, B.C., Royden, L.H., van der Hilst, R.D., Hager, B.H., Chen, Z., King, R.W., Li, C., Lü, J., Yao, H. and Kirby, E. (2008). A geological and geophysical context for the Wenchuan earthquake of 12 May 2008, Sichuan, People's Republic of China. *GSA Today*, 18(7), 4-11
- CREED (2008). *Annual disaster statistical review: The numbers and trends 2007*. Center for Research on the Epidemiology of Disasters, Brussels
- Cutter, S.L., Boruff, B.J. and Shirley, W. L. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly* 84(2): 242-261 <http://webra.cas.sc.edu/nwri/products/sovi.aspx> [Accessed 10 December 2008]
- Elsner, J., Kossin, J. P. and Jagger, T. H. (2008). The increasing intensity of the strongest tropical cyclones. *Nature*, 445, 92-95
- Eltahir, E.A.B., Loux, B., Yamana, T.K. and Bombles, A. (2004). A See-Saw Oscillation Between the Amazon and Congo Basins. *Geophysical Research Letters*, 31, L23201, doi:10.1029/2004GL021160.
- Emanuel, K. (2005). Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436, 686-688
- Eshghi, K., and Larson, R. C. (2008). Disasters: lessons from the past 105 years. *Disaster Prevention and Management*, 17(1), 62-82
- FAO (2008). Intact mangroves could have reduced Nargis damage. *FAO Newsroom*, 15 May. <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2008/1000839/index.html> [Accessed 26 September 2008]
- Ferris, E. (2008). Natural Disaster and Conflict-Induced Displacement: Similarities, Difference and Inter-Connections. *Brookings Institute*. [http://www.brookings.edu/speeches/2008/0327\\_displacement\\_ferris.aspx?p=1](http://www.brookings.edu/speeches/2008/0327_displacement_ferris.aspx?p=1) [Accessed 16 December 2008]
- FEWS (2008). Zimbabwe Livelihood Profiles. *Famine Early Warning System Network – USAID* <http://www.fews.net/livelihood/zw/Profiling.pdf> [Accessed 29 November 2008]
- Gall, C. (2008a). War and drought threaten Afghan food supply. *New York Times*, September 19
- Gall, C. (2008b). Hunger and Food Prices Push Afghanistan to Brink. *New York Times*, <http://www.nytimes.com/2008/05/16/world/asia/16kandahar.html?hp> [Accessed 1 December 2008]
- Henriksen, R and Vinci, A. (2008). Combat Motivation in Non-State Armed Groups. *Terrorism and Political Violence* 20, 1: 87 – 109
- Holland, H. (2008). Rangers return to Congo gorilla park. *Reuters* [www.reuters.com/article/environmentNews/idUJSTRE4AK61620081121](http://www.reuters.com/article/environmentNews/idUJSTRE4AK61620081121) [Accessed 15 December 2008]
- Huq, S. (2008). Countries must prepare for and adapt to cyclone impact. *SciDevNet* <http://www.scidev.net/en/agriculture-and-environment/tropical-cyclones-1/opinions/countries-must-prepare-for-and-adapt-to-cyclone-im.html> [Accessed 16 December 2008]
- ICRC (2008). Latest report on ICRC activities in the field (January – August 2008). *International Committee of the Red Cross* <http://www.reliefweb.int/rw/rwb.nsf/db900SID/EDIS-7JKRC?OpenDocument> [Accessed 7 October 2008]
- IFRA (2008). China: Snow disaster Information Bulletin No. 1 *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies* [www.reliefweb.int/rw/rwb.nsf/db900SID/CMAS-7BHQZV?OpenDocument](http://www.reliefweb.int/rw/rwb.nsf/db900SID/CMAS-7BHQZV?OpenDocument) [Accessed 15 December 2008]
- Ikeda, K. (1995). Gender Differences in Human Loss and Vulnerability in Natural Disasters: A Case Study from Bangladesh. *Indian Journal of Gender Studies*, 2(2): 171-193, DOI: 10.1177/097152159500200202
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva
- IRIN (2008a). Myanmar: Shortage of seedlings holds back mangrove recovery. *International Regional Information Networks, UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs*. <http://www.irinnews.org/report.aspx?ReportId=81449> [Accessed 30 November 2008]
- IRIN (2008b). Myanmar: Cyclone survivors face water shortages. *International Regional Information Networks, UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs*. <http://www.irinnews.org/Report.aspx?ReportId=82129> [Accessed 30 December 2008]
- IRIN (2008c). Myanmar: Salt farmers battling to rebuild livelihoods. *International Regional Information Networks, UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs*. <http://www.irinnews.org/Report.aspx?ReportId=81689> [Accessed 30 November 2008]
- IRIN (2008d). Myanmar: food assistance "likely" for up to a year. *International Regional Information Networks, UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs*. <http://www.irinnews.org/report.aspx?ReportId=78631> [Accessed 23 October 2008]
- IRIN (2005). Afghanistan: Water a serious problem nationwide. *International Regional Information Networks, UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs*. <http://www.irinnews.org/report.aspx?ReportId=20150> [Accessed 30 October 2008]
- IWMI (2007). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute
- JMA (2008). What is the earthquake early warning? Japan Meteorological Agency. <http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/eev1.html> [Accessed 13 October 2008]
- Kaplan, R.D. (1994). The Coming Anarchy: How scarcity, crime, overpopulation, tribalism, and disease are rapidly destroying the social fabric of our planet. *The Atlantic*, February 1994 <http://www.theatlantic.com/doc/199402/anarchy> [Accessed 12 October 2008]
- Le Billon, P. (2007). Natural Resources and Armed Conflict. The Canadian Consortium on Human Security. *Human Security Bulletin*, 5(2): 1-26 <http://www.humansecurityinfo.org/vol52lebillon/4527474069> [Accessed 9 November 2008]
- Luers A.L., Lobell D.B., Sklar L.S., Addams C.L. and Matson P.A. (2003). A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environ. Change*, 13, 255-267
- Maguwu, F. (2008). Land Reform, Famine and Environmental Degradation in Zimbabwe *Journal of Human Security*, 3(2): 32-46
- Malone, S. (2008). A warning about early warning. *Seismological Research Letters*, 79(5), 603-604
- McCloskey, J., Nalbant, S. S. and Steacy, S. (2005). Indonesian earthquake: Earthquake risk from co-seismic stress. *Nature* 434, 291
- MCEER (2008). China earthquake, Sichuan Province news & statistics. *Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research*. <http://mceer.buffalo.edu/info/service/disasters/china-earthquake-sichuan.asp> [Accessed 8 October 2008]
- Milly, P.C.D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R.M., Kundzewicz, Z.W., Lettenmaier, D.P. and Stouffer, R.J., (2008). *Science*, 319, 573-574
- MN (2008). China: Migrants, Taiwan. *Migration News*, 14, 2 [http://migration.ucdavis.edu/mn/more.php?id=3353\\_0\\_3\\_0](http://migration.ucdavis.edu/mn/more.php?id=3353_0_3_0)
- Mongabay (2008). Rangers return to Virunga and begin gorilla census. [http://news.mongabay.com/2008/1201-hance\\_congo\\_gorillas.html](http://news.mongabay.com/2008/1201-hance_congo_gorillas.html) [Accessed 10 December 2008]
- Morell, V. (2008). Letting 1000 forests bloom. *Science*, 321, 1442-1443
- NASA (2008a). Earthquake near Chengdu, China. *NASA Earth Observatory*, USA. [http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/natural\\_hazards\\_v2.php3?img\\_id=14882](http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/natural_hazards_v2.php3?img_id=14882) [Accessed 6 October 2008]
- NASA (2008b). Storm-churned waters off Cuba. *NASA Earth Observatory*, USA. [http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/natural\\_hazards\\_v2.php3?img\\_id=15041](http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/natural_hazards_v2.php3?img_id=15041) [Accessed 6 October 2008]
- Panakkat, A., and Adeli, H. (2008). Recent efforts in earthquake prediction (1990-2007). *Natural Hazards Rev.* 9(2), 70-80
- Parsons, T., Ji, C. and Kirby, E. (2008). Stress changes from the 2008 Wenchuan earthquake and increased hazard in the Sichuan basin. *Nature*, 454, 509-510
- PONJA (2008). *Post-Nargis Joint Assessment*. <http://www.asean.org/21765.pdf> [Accessed 4 October 2008]
- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venemad, H., Aandahl, G., Tompkins, H., Javed, A., Bhadwal, S., Barg, S., Nygaard J. and West, J. (2004). Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environ. Change* 14, 303-313
- O'Brien, K., Sygna, L., Leichenko, R., Adger, W. N., Barnett, J., Mitchell, T., Schipper, L., Tanner, T., (2003). OFDA/CRED. EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. Center for Research on the Epidemiology of Disasters. Brussels: Université Catholique de Louvain
- OCHA (2008a). Myanmar: Cyclone Nargis, Situation Report No. 3, United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. <http://www.reliefweb.int/rw/rwb.nsf/db900SID/MUMA7EE2E7?OpenDocument&query=Nargis> [Accessed 12 December 2008]
- OCHA (2008b). Situation Report 15 – Caribbean Hurricane Season. [http://www.reliefweb.int/rw/RWFiles2008.nsf/FilesByRWDocUnidFilename/FBUO-7JJCTL-full\\_report.pdf/\\$File/full\\_report.pdf](http://www.reliefweb.int/rw/RWFiles2008.nsf/FilesByRWDocUnidFilename/FBUO-7JJCTL-full_report.pdf/$File/full_report.pdf) [Accessed 12 December 2008]
- O'Hare, G. (2008). Cyclones in the Indian Ocean: facts and figures. *SciDev.Net* <http://www.scidev.net/en/agriculture-and-environment/tropical-cyclones-1/features/cyclones-in-the-indian-ocean-facts-and-figures.html#> [Accessed 16 December 2008]
- Oxfam (2008). Afghanistan: Time running out to avert winter of hunger warns Oxfam. <http://www.oxfam.org.uk/applications/blogs/pressoffice/?p=1468> [Accessed 24 September 2008]
- Ross, M. (2008). The Natural resource curse: How wealth can make you poor. In *Natural Resources and Violent Conflict – Options and Actions* (eds. I. Bannon and P. Collier). World Bank, Washington, D.C.
- Smith, D. and Vivekananda, J. (2007). *A Climate of Conflict: The links between climate change, peace and war*. International Alert, London
- Stone, R. (2008a). An unpredictably violent fault. *Science*, 320, 1578-1580
- Stone, R. (2008b). Landslides, flooding pose threats as experts survey quake's impact. *Science*, 320, 996-997
- Stone, R. (2008c). Lessons of disasters past could guide Sichuan's revival. *Science*, 321, 476
- Stover, E., and Vinck, P. (2008). Cyclone Nargis and the politics of relief and reconstruction aid in Burma (Myanmar). *Journal of the American Medical Association* 300(6), 729-731
- Toda, S., Lin, J., Meghraoui, M., and Stein, R. (2008). 12 May 2008 M-7.9 Wenchuan, China, earthquake calculated to increase failure stress and seismicity rate on three major fault systems. *Geophys. Res. Lett.* 35, L17305, doi:10.1029/2008GL034903, 2008.
- UN-INSTRAW (2008). UN study: Vulnerable populations and natural disasters. Press Release <http://www.reliefweb.int/rw/rwb.nsf/db900SID/FBUO-7KADEV?OpenDocument> [Accessed 16 December 2008]
- USGS (2008). Magnitude 7.9 – Eastern Sichuan, China. U.S. Geological Survey. <http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/recenteqswm/Quakes/us2008ryan.php> [Accessed 12 October 2008]
- UNEP (2008). From conflict to peacebuilding: The role of natural resources and the environment. UNEP Expert Advisory Group on Environment, Conflict and Peacebuilding
- UNEP (2007). *Sudan Post-Conflict Environmental Assessment*. United Nations Environment Programme, Geneva. <http://www.unep.org/sudan/> [Accessed 02 October]
- Webster, P.J. (2008). Myanmar's deadly daifooli. *Nature Geoscience*, doi: 10.1038/ngeo257
- Webster, P. J., Holland, G. J., Curry, J. A., and Chang, H.-R. (2005). Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment *Science* 309(5742), 1844-1846
- Werker, E.D. and Cohen, C. (2008). The political economy of "natural" disasters. *Journal of Conflict Resolution*, 52(6):795-819 DOI: 10.1177/002202708322157
- Wilhelmi, O. and Kelman, I. (2008). Elements of a flood disaster: The role of vulnerability in disaster risk reduction. In: *Third Symposium on Policy and Socio-Economic Research at the 88th American Meteorological Society Annual Meeting*, 20-24 January 2008, New Orleans, Louisiana
- Wisner, B. (2003). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters* Routledge, New York, USA
- WRI (2003). *A Guide to World Resources 2002-2004 - Decisions for the Earth: Balance, Voice and Power*. World Resources Institute, Washington D.C.
- Xin, H. (2008). A green fervor sweeps the Qinghai-Tibetan Plateau. *Science*, 321, 633-635
- Xinhua (2008a). Quake costs China 73 bln USD: says official think tank. *Xinhua News Agency*. [http://news.xinhuanet.com/english/2008-06/18/content\\_8394282.htm](http://news.xinhuanet.com/english/2008-06/18/content_8394282.htm)
- Xinhua (2008b). Drainage of China's main quake lake goes smoothly, high alert remains. *Xinhua News Agency*. [http://news.xinhuanet.com/english/2008-06/08/content\\_8326965.htm](http://news.xinhuanet.com/english/2008-06/08/content_8326965.htm)



# Eficiencia de recursos

La mala administración industrial y ambiental no es un componente necesario del desarrollo. Existen herramientas disponibles para minimizar la sobreexplotación y la contaminación. La aplicación de principios de ecología industrial, como el análisis del ciclo de vida y la simbiosis industrial, puede servir al bien público y a un desarrollo sano de la comunidad.



Vapor conducido por tuberías desde una central eléctrica e instalación de transformación de etanol para su reutilización en el polo de simbiosis industrial de Kalundborg en Dinamarca.

Fuente: Ove Andersen

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, consumimos más de lo que la naturaleza puede regenerar y producimos desechos más rápido de lo que los sistemas de la Tierra pueden procesar. Estudios publicados en 2008 refuerzan el mensaje de manera clara: el consumo humano de los recursos de la Tierra sobrepasa en aproximadamente un 30 por ciento la capacidad del planeta de regenerarlos (WWF 2008). Como resultado del continuo crecimiento demográfico y de las cada vez mayores demandas materiales en muchas partes del mundo, este déficit ecológico se amplía cada año.

El problema fundamental surge de la mala administración de nuestro sistema de producción y consumo, lo que trae como resultado el agotamiento de los recursos naturales, desechos materiales, contaminación y cambio climático. Será necesaria una importante transformación en los patrones de producción y consumo, como por ejemplo la aplicación de tecnologías innovadoras y una drástica mejora en el uso eficiente de recursos, si queremos evitar que el déficit de recursos se acerque aún más al punto de inflexión de colapso del ecosistema a nivel regional y mundial (IEA 2008a).

Una mejor eficiencia de recursos también es esencial para lograr el desarrollo sostenible y el bienestar económico exigidos en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). En el ODM 7, por ejemplo, se definen las cuatro metas necesarias para asegurar la sostenibilidad ambiental: invertir la pérdida de recursos ambientales, reducir la pérdida de biodiversidad, incrementar el acceso al agua potable y sanidad básica, y mejorar la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de tugurios. Cada una de estas metas requerirá eficiencia de recursos para lograr su cometido. La mejora de la

## Recuadro 1: Un vocabulario rico para componentes

Existen varias definiciones para los diferentes enfoques y aspectos de la eficiencia de recursos. Aquí presentamos algunas que se desarrollarán en este capítulo:

La ecología industrial implica el cambio de procesos industriales que utilizan sistemas de circuito abierto en donde los recursos y el capital salen del sistema para convertirse en desechos, a otros de sistema de circuito cerrado en donde los desechos se convierten en insumos para nuevos procesos.

La simbiosis industrial es el flujo de recursos de subproductos entre uno o más actores de la industria con el fin de preservar recursos. Se trata de un subconjunto de la ecología industrial, especialmente concentrado en el intercambio de materiales y energía.

La biomimética es la ciencia que estudia los modelos, sistemas, procesos y elementos de la naturaleza y los imita o se inspira creativamente en ellos para resolver los problemas que presentan las prácticas no sostenibles.

La evaluación del ciclo de vida comprende la elaboración de un inventario de los intercambios e impactos ambientales durante toda la vida de un producto con el objetivo de minimizarlos.

La desmaterialización es la reducción absoluta o relativa de la cantidad de materiales necesarios para las funciones económicas de la sociedad.

Fuente: UNEP 2008, SCORE 2008, Ausubel y Waggoner 2008

eficiencia de recursos requiere no sólo tecnología mejorada, sino también nuevos marcos y comportamientos de parte de los gobiernos, las empresas, y la sociedad civil. Esto significa algo más que el recorte de emisiones en sectores simples o el rediseño de procesos claramente ineficientes cual cosecha de frutas al alcance de la mano. Afortunadamente, existen oportunidades para adoptar prácticas sostenibles de consumo y producción, que permiten el logro simultáneo de los objetivos de desarrollo, incremento del bienestar económico y mejora de la estabilidad ambiental. Esto requerirá una importante supervisión, así como esfuerzos conscientes y coordinados, pero los beneficios potenciales de la acción sobrepasan ampliamente los riesgos que implica continuar con una actitud complaciente (**Recuadro 1**) (**Figura 1**).

### HACER MÁS, DESPERDICIAJ MENOS

Dependiendo del nivel de desarrollo económico, las estructuras comerciales e industriales, las tasas de crecimiento y la intensidad de extracción varían entre tres grupos de países: los miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), los países recientemente industrializados como Brasil, Rusia, India, Indonesia, China y Sudáfrica, y el resto de los países en

desarrollo. Se calcula un mayor crecimiento e intensidad de extracción en los países recientemente industrializados, y una disminución de la participación de los países de la OCDE en la extracción total de recursos a nivel mundial. Este repentino aumento de la intensidad en el uso de recursos se fundamenta en las cada vez mayores expectativas de una creciente población, a medida que las economías emergentes incrementan su participación en los mercados mundiales (OECD 2008, IEA 2008b). Estas expectativas desafían las necesidades de eficiencia de recursos en la construcción y uso de edificios, transporte, producción de alimentos y uso del agua.

El año pasado se desecharon más de 2 mil millones de toneladas de residuos en todo el mundo. Los países ricos son los que más residuos producen: cada persona desecha 1,4 kilogramos de residuos sólidos por día; sin embargo, esto se ha equilibrado en los últimos años, ya que los habitantes de dichos países intentan desechos menos y reciclar más. Se calcula que las naciones pobres producirán más desechos a medida que se desa-

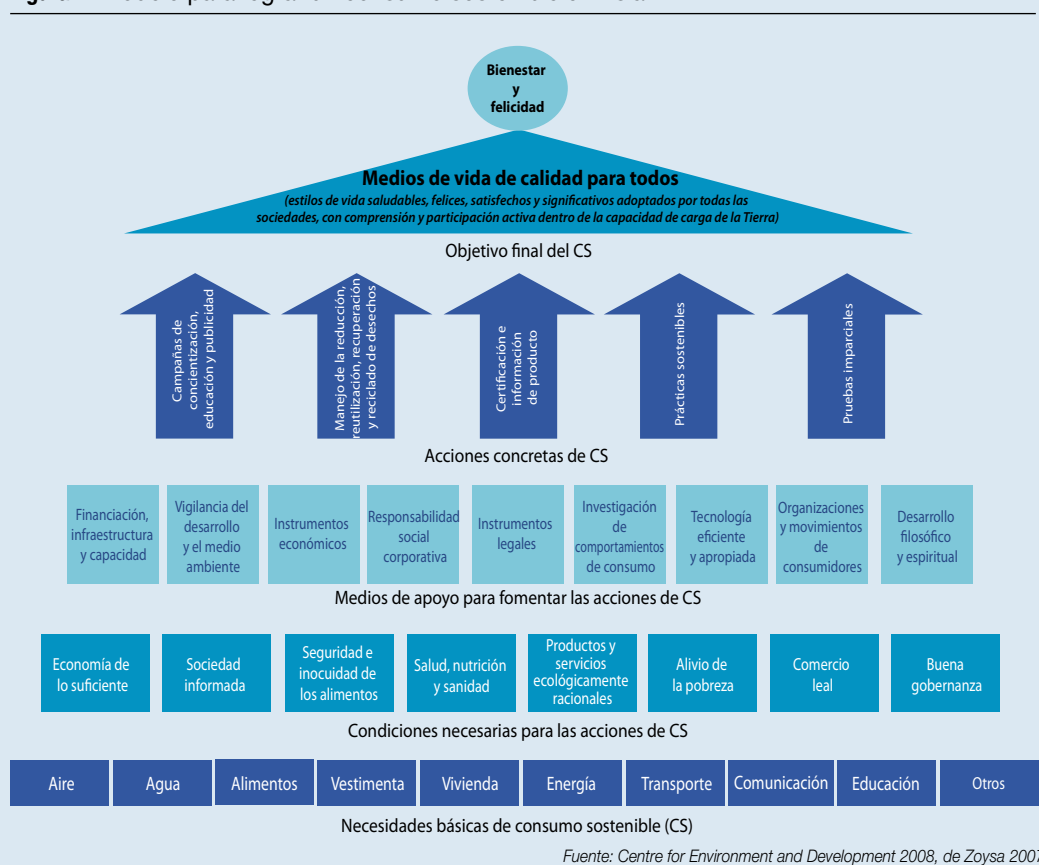
rollen. En 2004 China sobrepasó a los Estados Unidos como el país de mayor producción de residuos: para el año 2030, llegará a cerca de 500 millones de toneladas anuales (Medina 2007) (**Figura 2**).

### Zonas edificadas

Las zonas edificadas, que abarcan edificios, caminos y otro tipo de estructuras, así como la energía y los materiales utilizados para producirlas y hacerlas funcionar, son responsables de una gran proporción del uso primario de material y, además, del 30 a 40 por ciento del uso total de energía en las economías desarrolladas (WBCSD 2007). Los esfuerzos para mejorar la eficiencia de recursos en el sector de la construcción deben tener en cuenta los materiales y métodos de construcción, instalaciones de consumo de energía como luces, ventiladores y bombas, y productos que tengan influencia sobre el uso de la energía, como ventanas y aislamientos.

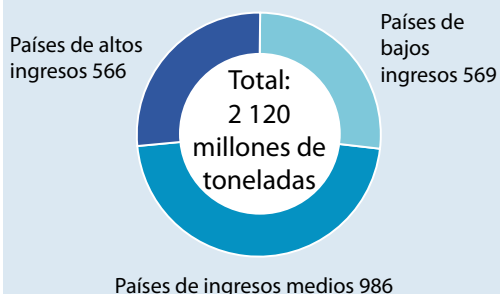
Los principios biomiméticos fueron magníficamente aplicados a las zonas edificadas en 1996 por arquitectos y

Figura 1: Modelo para lograr un consumo sostenible en Asia

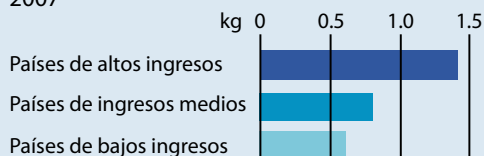


**Figura 2: Qué desperdicio**

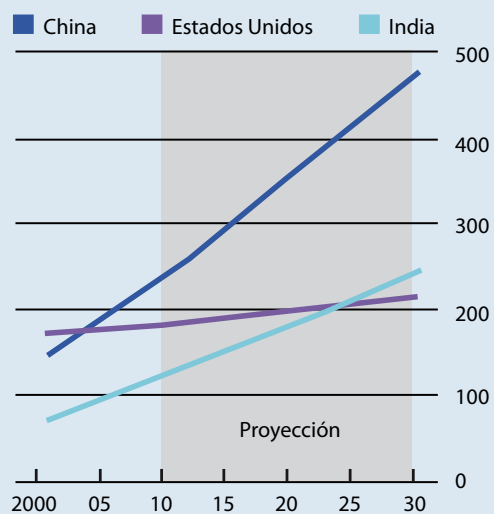
Total mundial de desechos generados en 2007



Desechos generados por persona por día en 2007



Millones de toneladas



Fuente: Medina 2007

constructores que diseñaron el edificio Eastgate en Harare, Zimbabwe, basado en los sistemas de ventilación de los montículos de las termitas. El diseño se inspiró en la observación de las torres en forma de cuña construidas por las termitas brújula que siempre apuntan al norte. Esto permite que las secciones más amplias capten el calor temprano por la mañana y al final del día, mientras que la punta de la cuña expone sólo una pequeña superficie al sol del medio día. Todas las superficies contienen orificios de ventilación. A medida que el aire interior se calienta, asciende y sale a través de los orificios superiores, creando una succión automática de aire más fresco a través de los orificios inferiores. El edificio Eastgate utiliza un sistema de ventilación pasivo que funciona en base a los mismos principios y se encuentra complementado por otras características como amplios aleros para ventanas (Webb 1994). Desde su inauguración, el centro comercial de 5 600 m<sup>2</sup> de tiendas, 26 000 m<sup>2</sup> de oficinas y estacionamiento para 450 automóviles ha utilizado un promedio de 90 por ciento menos de energía que otros edificios de tamaño similar, lo cual resulta en un ahorro de más de USD 3,5 millones sólo en costos de acondicionamiento de aire (Biomimicry Guild 2008).

La aplicación de la eficiencia de recursos en la construcción se ha transformado en un fenómeno mundial. En una encuesta mundial, un promedio del 32 por ciento de los profesionales de la industria de la construcción en todas las regiones estimó que más del 10 por ciento de la construcción ya está empezando a adoptar la eficiencia de recursos. Un 53 por ciento más de encuestados afirmó que esperaban aplicar estos principios en más del 60 por ciento de sus proyectos en los próximos cinco años. (McGraw-Hill Construction Analytics 2008). Varios países, entre los que se encuentran Canadá, Francia y el Reino Unido, han iniciado programas para que la energía de las zonas edificadas sea neutra: los edificios deben generar la misma cantidad de energía que consumen cuando están ocupados (WBCSD 2007).

Los desechos producidos por la construcción también representan un desafío para la mejora de la eficiencia de recursos. Sólo en el Reino Unido, la industria de la construcción consume más de 400 millones de toneladas de material por año y es responsable de cerca de 120 millones de toneladas de desechos como resultado de demoliciones, excavaciones y construcciones, lo que representa cerca de un tercio de la producción total de desechos en el Reino Unido (WRAP 2008). Se estima que 25 millones de toneladas de desechos de construcción, con un valor potencial de cerca de USD 2 mil millones, terminan en los vertederos sin forma alguna de recuperación o reutilización. En octubre de 2008, el Programa de Acción para Desechos y Recursos del Reino

Unido lanzó un acuerdo voluntario para la industria con el propósito de reducir los desechos de la construcción en un 50 por ciento para el año 2012 (WRAP 2008).

Muchos edificios perduran por lo menos una generación, de manera que es importante mejorar la eficiencia de las normas de construcción en las zonas edificadas antes de que las prácticas habituales produzcan una nueva generación de edificios que desperdicien recursos. La rápida expansión del sector de la construcción en los países en desarrollo, la cual, según las proyecciones, duplicará la superficie cubierta actual hacia el año 2030, hace que la adopción de productos, sistemas y materiales sostenibles sea de fundamental importancia (**Recuadro 2**) (IEA 2008b). Los gobiernos pueden establecer códigos de construcción que requieran un giro a gran escala hacia prácticas de construcción sostenibles, energía solar para calefacción e iluminación fluorescente compacta, así como electrodomésticos y equipamiento de oficina con óptimo rendimiento energético (IEA 2008b).

### Transporte más inteligente y racional

Por una cuestión de practicidad y de tradición de diseño, el sector del transporte depende únicamente de com-



El edificio Eastgate está diseñado para optimizar el confort de la climatización a través del uso de métodos basados en modelos de la naturaleza.

Fuente: Mick Pearce

## Recuadro 2: Avances en los materiales para zonas edificadas

El hormigón es el material más comúnmente utilizado en la construcción en todo el mundo: su producción mundial alcanza a cerca de 2 350 millones de toneladas por año, lo que representa 1 metro cúbico sólido por cada persona en el planeta. El hormigón es simplemente una mezcla de agua y cemento a base de calcio junto con grava o balasto. Pero la producción de hormigón requiere un proceso de calentamiento a alta temperatura, generalmente a base de carbón. El proceso implica calentar carbonato de calcio, o piedra caliza, en un horno hasta que llega a una temperatura aproximada de 1000° C, por lo que libera grandes cantidades de dióxido de carbono tanto en el proceso de calentamiento como en la separación de compuestos de óxido de calcio. De esta manera, la producción de cemento a nivel mundial contribuye aproximadamente con el cinco por ciento de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del planeta (Véase Cambio climático, Capítulo tres).

Al ser un material sólido, de larga duración, moldeable y relativamente barato, el hormigón producido a partir del cemento es un material de construcción ideal, salvo por el CO<sub>2</sub>. Dado su uso generalizado y su considerable contribución a las emisiones, la producción de cemento es uno de los objetivos principales a los que apuntan los esfuerzos de mitigación, que abarcan iniciativas de eficiencia de recursos, modificación de protocolos de producción y sustitución de materiales. Si las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el cemento pudieran reducirse apenas en un 10 por ciento, se lograría una quinta parte del objetivo del Protocolo de Kyoto sobre la reducción del 5,2 por ciento de las emisiones totales.

La solidez y durabilidad del cemento se deben a la tendencia que poseen sus partículas centrales de hidrato de silicato de calcio a organizarse naturalmente en una estructura lo más densamente compacta posible para objetos esféricos. Como un ejemplo de sustitución de material, investigadores del Instituto de Tecnología de Massachusetts en los Estados Unidos de América están actualmente intentando diseñar un mineral alternativo con la misma densidad de compactación y que no requiera una combustión de alta temperatura. Están particularmente interesados en el uso de compuestos de magnesio, un material de desecho proveniente de muchos otros procesos industriales.

Otro reemplazo en la receta básica del cemento tiene el potencial de mitigar otro problema ambiental persistente: el desecho de ceniza de carbón (Véase Sustancias nocivas y desechos peligrosos, Capítulo dos). El hormigón que incorpora ceniza de carbón, como las partículas inorgánicas capturadas de las chimeneas de plantas de energía a carbón, tiene un doble beneficio al utilizar lo que de otra forma sería un desecho, sin la necesidad de un proceso de quemado adicional. Los sustitutos más recientes de hormigón con geopolímeros, a partir de sílica y aluminio provenientes de ceniza de carbón y escoria de hierro, podrían reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en la producción de cemento hasta en un 20 por ciento de su valor actual, utilizando un desecho industrial y brindando un producto menos propenso a la erosión química.

Fuentes: Worrell y otros 2001, Constantinides y Ulm 2007, IPCC 2007, CSI 2008, Climate Change Corp 2008, Geopolymer Institute 2008.



Los calentadores de agua solares se han vuelto cada vez más populares en la ciudad de Ho Chi Minh, Vietnam. El gobierno vietnamita estableció un programa en 2008 que subsidia parte de los costos de instalación de calentadores de agua solares, dando apoyo a los fabricantes locales, al tiempo que ahorra 57 millones de kWh o el equivalente a 4 900 toneladas de petróleo por año.

Fuente: Dong Ngo/ CNET.com

bustibles de hidrocarburos líquidos (IEA 2006). En 2006, el transporte contabilizó el 23 por ciento de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> asociadas a la energía (IEA 2008b).

El crecimiento previsto del transporte y la contaminación vinculada al mismo se origina en dos factores, el mayor uso de vehículos motorizados privados en los países en desarrollo y el crecimiento en el transporte internacional tanto de pasajeros como de carga. Según un sondeo de estudios recientes, los automóviles y otro tipo de vehículos motorizados privados son responsables por el 80 por ciento de la degradación ambiental asociada al transporte, a pesar de las grandes mejoras de los últimos años con respecto al comportamiento ambiental (Tukker y otros 2006). Además de los reconocidos costos directos que trae aparejado el mayor uso de vehículos motorizados, como problemas respiratorios, accidentes de tráfico, ruido y emisiones, los costos indirectos del volumen y la congestión de tráfico incluyen la pérdida de productividad (WBSCD 2001). Según estimaciones, en 2005 había 650 millones de vehículos en las rutas, cifra que se predice será más del doble para el año 2030 (IEA 2008b).

En 2005, la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles predijo que la infraestructura de transporte sería uno de los grandes desafíos del siglo XXI y que los enfoques de solución única (nuevas tecnologías, nuevos combustibles, nuevos mecanismos de establecimiento de precios o nuevas políticas) no resolverían los problemas de transporte urbano (ASCE 2005). La complejidad del problema sugiere que el sector de transporte requiere enfoques de resolu-

ción de problemas sofisticados, así como nuevos modelos de negocios. Si se pudieran transportar más personas y productos de manera más eficiente al destino deseado con uso de menor material y combustible per cápita, y que a la vez se produzca menos contaminación, entonces se lograría la eficiencia de recursos (Recuadro 3).

Una aplicación interesante es la iniciativa de investigación y transformación para la movilidad y accesibilidad sostenibles (*Sustainable Mobility and Accessibility Research and Transformation initiative - SMART*) de la Universidad de Michigan en los Estados Unidos de América. Esta iniciativa se ha asociado con diferentes partes interesadas para mejorar las infraestructuras urbanas de Bangalore y Chennai en India, nueve ciudades en Sudáfrica y varias ciudades de los EE.UU. Su estrategia es promover el transporte público mediante la creación de centros de coordinación que faciliten el flujo de los individuos a través de los más eficientes y ecológicamente racionales medios posibles (Zielinski 2008).

La primera etapa del proyecto Chennai se concentra en reducir la congestión y contaminación del tráfico apuntando a los individuos con mayor probabilidad de poseer vehículos particulares y de ser adeptos a la tecnología, los miles de trabajadores de la industria informática y del software que hacen el mismo viaje todos los días a sus trabajos. Los sistemas de ferrocarriles y autobuses estarán equipados con tecnologías inalámbricas para que los empleados pue-

## Recuadro 3: Alquilando el medio de transporte

Los pasajeros que viajan a sus puestos de trabajo en París, Francia, han adoptado con entusiasmo el esquema de arrendamiento de bicicletas Vélib. Desde el comienzo del programa en julio de 2007, la cantidad de bicicletas se duplicó a 20 000, disponibles en 1 400 sitios. Dicho éxito ha inspirado un nuevo programa que ofrece un equivalente de automóvil. En junio de 2008 el alcalde de la ciudad anunció que la ciudad ofrecería 4 000 automóviles eléctricos pequeños en 700 paradas de Autolib en París y los suburbios a partir de 2010. La compañía francesa de ferrocarriles SNCF espera poder operar las paradas Autolib en las salidas de sus estaciones de tren.

Algunos críticos, sin embargo, perciben el plan como un paso atrás que simplemente incrementará la congestión que el esquema Vélib supuestamente debía reducir. Otros afirman que terminará siendo simplemente un servicio de taxi sin chofer.

De acuerdo a sus defensores, la informatización garantizará que los usuarios sean guiados al lugar donde deban dejar los automóviles, asegurando que siempre haya un espacio disponible, eliminando así problemas de estacionamiento. También hay planes para integrar el pago para los esquemas de alquiler de bicicletas y automóviles con los sistemas de emisión de boletos utilizados en los modelos de transporte público tradicional.

Fuente: Fairley 2008, Appleton 2008

dan trabajar en el camino, mejorar la productividad y reducir su jornada laboral. En la parada más cercana a sus lugares de trabajo, los trabajadores podrán optar por autobuses o taxis de enlace privados de baja contaminación, bicicletas de alquiler, o sendas peatonales. El proyecto prevé utilizar los teléfonos celulares de los trabajadores para recabar los datos de movimiento de pasajeros, que a su vez sirvan de base para el pronóstico de las condiciones y necesidades del transporte y del tráfico. Eventualmente, los trabajadores podrán utilizar sus teléfonos celulares para verificar las condiciones al momento de cualquier aspecto del sistema y elegir en consecuencia el medio y la ruta más eficientes de transporte (Cherubal 2008).

El proyecto SMART en Sudáfrica representa, en parte, un esfuerzo por abordar los desafíos de transporte que se anticipan para la Copa Mundial de la FIFA 2010. No obstante, también tiene por objeto convertirse en un legado para mejorar las condiciones laborales y de vida de los ciudadanos sudafricanos en el futuro. El proyecto SMART espera contribuir a la reducción de la pobreza y el desempleo brindando transporte público asequible y accesible (South African Department of Transport 2008).

La eficiencia en la aviación es un caso especial dentro del sector de transporte. Más de 30 millones de aviones levantan vuelo al año (WTO 2006). La aviación fue responsable del 11 por ciento de las emisiones realizadas por el sector de transporte a nivel mundial en 2006 y contribuyó con algo menos del dos por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero (IEA 2008b, IPCC 1999). Actualmente, las emisiones realizadas por el transporte aéreo representan una relativamente pequeña contribución al calentamiento mundial, pero su impacto es mucho mayor dado que las emisiones nocivas que desprenden penetran directamente las capas superiores de la atmósfera (Kimber 2007).

El reciente aumento del interés público, la naturaleza principalmente discrecional de la aeronavegación y las fluctuaciones en los precios del combustible se han combinado para ubicar a la eficiencia de recursos primera en el orden del día en la industria de la aviación. Los fabricantes de aviones están probando biocombustibles derivados de algas, mientras que las aerolíneas se encuentran optimizando planes de altitud y vuelo para reducir el consumo de combustible. La retirada temprana de servicio de los aviones de baja eficiencia también desempeñará un papel importante, sobre todo porque las nuevas aeronaves deberían ser 50 por ciento más eficientes por pasajero por kilómetro. Se trata de iniciativas positivas, aunque la mayoría sólo supondrá una diferencia en el mediano o largo plazo, y la escala total de probables mejoras seguirá siendo discutible (IEA 2008b).

Algunas partes interesadas en la industria de la aviación sostienen que se podrían obtener resultados más rápidos

permitiendo que los consumidores conozcan mejor sus opciones al momento de comprar un pasaje. En los primeros años de este siglo, el promedio de los aviones volaba con el 20 por ciento de capacidad ociosa y el uso específico de aviones de cada compañía traía como resultado que diferentes aviones volaran rutas similares, en especial en Europa. Además, los vuelos indirectos emiten cerca de un 30 por ciento más de CO<sub>2</sub> que las rutas directas debido a los diversos procedimientos de despegue y aterrizaje. Se llega a producir hasta un 9 por ciento del total de las emisiones por viaje durante el desplazamiento hacia y desde la pista, mientras que se podría lograr un ahorro similar de combustible y emisiones mediante el uso de vehículos de remolque. Los viajeros no conocen, en su mayoría, este tipo de ineficiencias. El ecoetiquetado en la eficiencia de las aerolíneas permitiría que los pasajeros pudieran tener opciones de vuelo, lo que, eventualmente, conduciría al mercado hacia prácticas más eficientes (Kimber 2007).

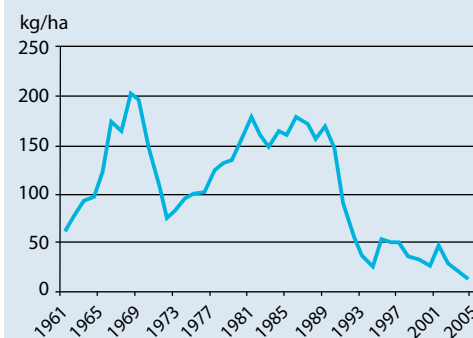
En realidad, hasta estas medidas podrían tener un impacto limitado. Se espera que la cantidad de aviones comerciales aumente de 18 000 en 2006 a 44 000 para el año 2030. El incremento en el volumen del tráfico podría compensar cualquier ganancia en eficiencia (IEA 2008).

### Alimentos: un mundo de diferencias a lo largo de la cadena de suministro de alimentos

Los sistemas agrícolas modernos utilizan más energía para producir alimentos que el valor energético de los alimentos producidos (Stout y Best 2001, FAO 2003). La carne y sus productos derivados producen el mayor impacto en el medio ambiente: se estima que la contribución de los productos cárnicos al calentamiento mundial se ubica entre el 4 y 12 por ciento del total generado por la industria alimentaria (Tukker y otros 2006). La sociedad civil, las empresas y los gobiernos en todo el mundo ya están dando pasos para mejorar la eficiencia de recursos en la cadena de suministro alimentaria (Véase Gestión de los ecosistemas, Capítulo uno).

Mientras que el mundo se replantea un nuevo modelo más sostenible tendiente a la seguridad agrícola y alimentaria, se pueden aprovechar importantes enseñanzas del pasado reciente en Cuba. Tras la disolución de la Unión Soviética en 1991, Cuba se ha distanciado radicalmente de los sistemas de monocultivo convencionales a gran escala para acercarse a la desindustrialización generalizada de los sistemas alimentario y agrícola. Anteriormente, la producción agrícola del país dependía en su mayoría de insumos importados altamente subsidiados, como fertilizantes petroquímicos, plaguicidas, combustible y maquinaria moderna (Raffensperger 2008, FAO 2003). En el año previo a la disolución final de la Unión Soviética, Cuba sufrió una

**Figura 3: Uso de fertilizante sintético en Cuba**



Cuba se vio forzada a abandonar el uso de fertilizantes artificiales luego de la disolución de la Unión Soviética.

Fuente: Earth Trends 2008, FAOSTAT 2008

pérdida del 80 por ciento de su comercio y la repentina desaparición de casi 1,3 millones de toneladas de fertilizantes, lo que hizo que la producción agrícola se redujera a la mitad (Ewing 2008). El colapso catalizó un importante alejamiento del paradigma de sistemas de producción agrícola altamente subsidiados llevándolo hacia sistemas agrícolas de gestión integrada de lucha contra las plagas, orgánicos, de bajo capital y de pequeña escala (Figura 3) (Véase Sustancias nocivas y desechos peligrosos, Capítulo dos).

Un estudio reciente confirma que Cuba, a pesar de los pronósticos, logró evitar su propia crisis alimentaria lanzando una revolución agrícola urbana semi-orgánica. Los resultados del estudio, la primera investigación sistemática y empírica sobre la radical transformación agrícola de Cuba, ofrecieron importantes revelaciones sobre las estructuras institucionales y el cambio generalizado en la dinámica de gestión tal como se requería (Wright 2008). Hoy, Cuba disfruta de un sistema floreciente y virtualmente autosuficiente de producción agrícola. Como beneficio secundario, los cubanos también se han vuelto líderes en preservación de suelos, métodos agrícolas orgánicos, plaguicidas biológicos y producción de fertilizante orgánico de gusanos (Wright 2008). Al desafiar las estrategias de seguridad alimentaria convencionales globalizadas y privatizadas, aunque haya sido por una necesidad circunstancial más que por opción, Cuba ha roto de hecho las barreras políticas que aparentemente inhiben la adopción e integración de un sistema ecoagrícola sostenible.

### DE LA CUNA A LA TUMBA

La evaluación del ciclo de vida, que consta de la elaboración de un inventario de los intercambios e impactos ambientales durante toda la vida de un producto, constituye

una herramienta esencial dentro de la ecología industrial. El análisis tradicional del ciclo de vida considera tres etapas en el procesamiento denominado “de la cuna a la tumba” o “de punta a punta”: la primera etapa, que va de la cuna a la puerta de ingreso, es la extracción y refinamiento de la materia prima; la segunda, de la puerta de ingreso a la puerta de salida, es la fabricación del producto, y la tercera, de la puerta de salida a la tumba, es la utilización del producto y su eliminación (USEPA 2003). Un ecologista industrial se encarga de examinar cada una de las etapas de procesamiento y de considerar cómo introducir mejoras en la eficiencia.

Hasta hace no mucho tiempo, tanto la ecología industrial como la evaluación del ciclo de vida se aplicaban principalmente a procesos industriales. Hoy en día, se reconoce cada vez más que se pueden aplicar a toda la cadena de suministro de bienes materiales: la extracción y el refinamiento de recursos minerales consumen gran cantidad de energía y son proclives a la liberación de subproductos en estado gaseoso, líquido o sólido que pueden tanto contaminar como servir de materia prima para otros procesos. La aplicación de la ecología industrial y la evaluación del ciclo de vida a la extracción minera y al procesamiento de minerales sería un paso lógico a tomar (Pearce 2007).

De todos los materiales actualmente utilizados por la sociedad, los metales tienen el mayor potencial de reciclado ilimitado. La durabilidad y reciclabilidad de los metales reduce el impacto total de su ciclo de vida, en ocasiones a menos del detentado por los materiales no-metálicos. En teoría, los metales tienen una vida útil ilimitada, pero no son renovables ni su suministro es ilimitado. Según varios análisis, estaríamos llegando al punto en el que la detección del metal desechado sobre la superficie terrestre para su reciclado podría llegar a ser económicamente tan competitiva como la extracción primaria (Gerst y Graedel 2008).

Un reciente análisis de ciclo de vida “de cuna a puerta de salida” de seis metales ampliamente utilizados, como el cobre, níquel, plomo, aluminio, titanio y acero/acero inoxidable, revela tendencias que merecen una cuidadosa consideración en relación con las estrategias de eficiencia de recursos. Los metales livianos, tales como el titanio y el aluminio, presentaron los mayores impactos ambientales “de cuna a puerta de salida” en cuanto a necesidad de energía bruta, potencial de calentamiento mundial y potencial de acidificación, mientras que el acero y el hierro presentaron los menores impactos del mismo tipo. El níquel y el cobre acusaron los mayores impactos relativos a la carga de desechos sólidos, que incluyen desechos de minería, escoria y ceniza producida por la central ener-

gética (Norgate y otros 2007) (Véase Sustancias nocivas y desechos peligrosos, Capítulo dos).

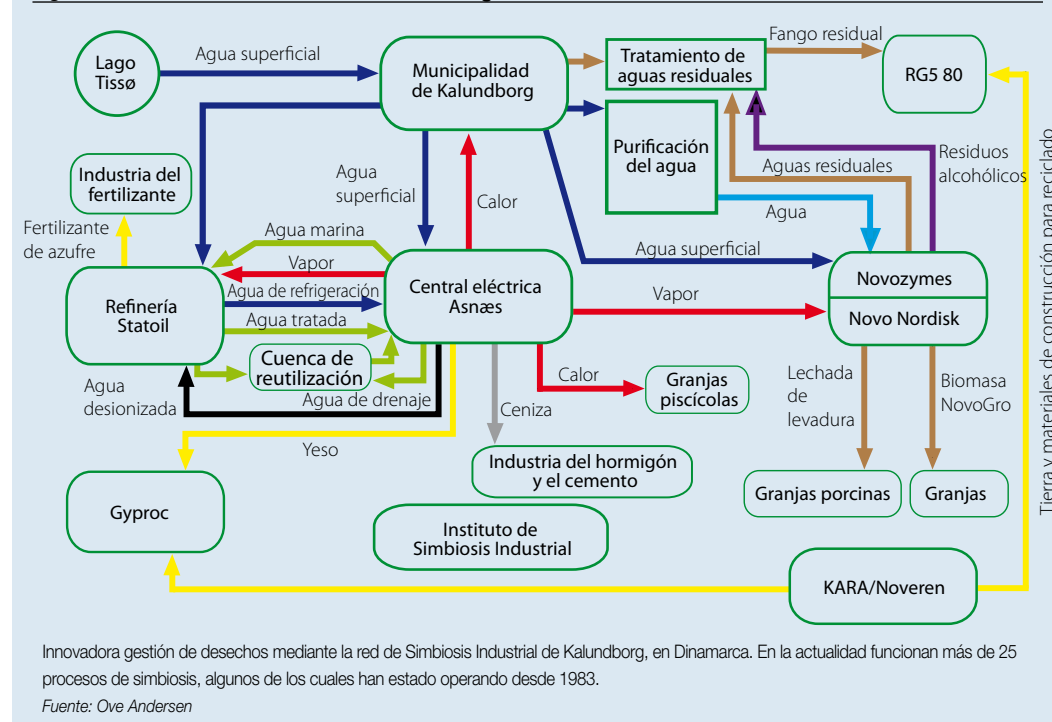
Los expertos anticipan que a medida que aumente la demanda de materia prima, se agotarán los minerales de alto grado y aumentarán los impactos ambientales asociados con la extracción y procesamiento de minerales de menor grado. Por lo tanto, podría resultar necesario reevaluar los actuales análisis “de la cuna a la tumba”. En el futuro, podría ser más eficiente en cuanto al uso de recursos reemplazar los metales ligeros de alto impacto por metales más pesados de menor impacto en algunos productos, en especial aquellos no vinculados a medios de transporte (Norgate y otros 2007).

### Desmaterialización

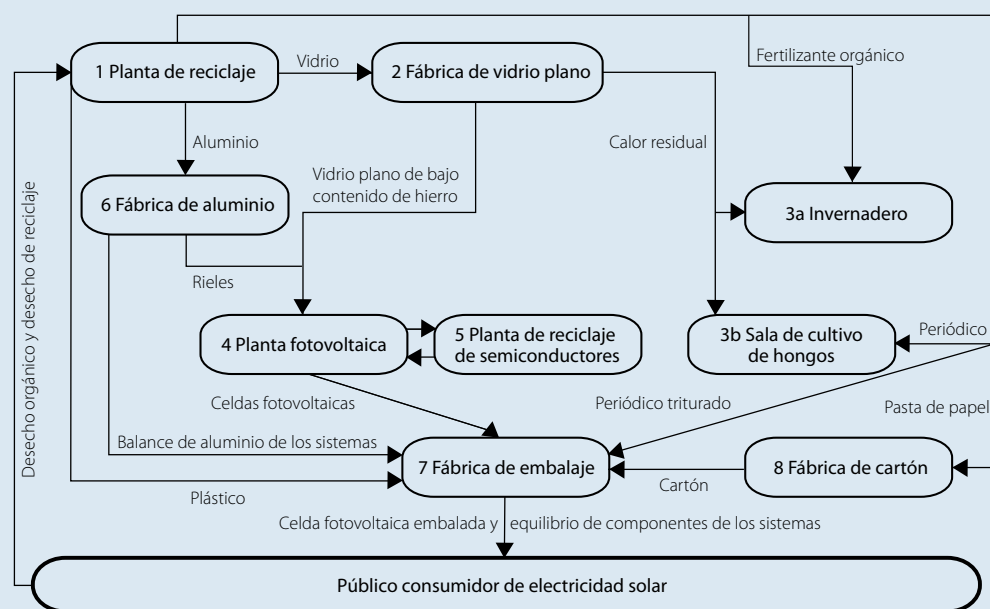
Algunas de las eficiencias que un ecologista industrial podría buscar al examinar las etapas del procesamiento involucran la desmaterialización: ¿Qué es innecesario y qué puede omitirse? No obstante, la desmaterialización ocurre fuera de la evaluación formal del ciclo de vida al reconocer ineficiencias inesperadas en condiciones cambiantes o al reconsiderar un proceso cuando un recurso se torna costoso. La desmaterialización también sucede cuando compradores informados ejercen la opción de solicitar un producto o servicio que consume menos material. El rechazo de la opción de envoltorio al comprar comunica menosprecio por el consumo innecesario de material. La desmaterialización también puede ser el resultado de decisiones por parte de productores que abastecen la demanda de menor consumo. Un fabricante de algodón crudo utiliza menos recursos y tiene la posibilidad de cobrar un precio más alto. El objetivo es obtener más por menos, y algunos investigadores proponen que la desmaterialización podría ser la clave para desacoplar el desarrollo de la degradación ambiental y para lograr una economía ecológicamente racional (Ausubel y Waggoner 2008).

En la evaluación del ciclo de vida, un ecologista industrial también podría buscar las oportunidades existentes para la simbiosis de subproductos, es decir la utilización de desechos industriales de un proceso para abastecer de materia prima a otro proceso. Esta simbiosis industrial apunta a cerrar los ciclos dentro de una compañía o entre varias compañías (Figura 4). En el Reino Unido, el Programa Nacional de Simbiosis Industrial incluye la participación de más de 8 000 empresas y ha desviado más de 4,1 millones de toneladas de desechos comerciales desde los vertederos. El programa eliminó del medio ambiente 351 000 toneladas de desechos nocivos, ahorró 9,3 millones de toneladas de agua, y evitó el uso de 6,34 millones de toneladas de material virgen (Véase Sustancias nocivas y desechos peligrosos, Capítulo dos).

**Figura 4: Simbiosis industrial en Kalundborg, Dinamarca**



**Figura 5: Simbiosis industrial para la producción ecológicamente racional de celdas fotovoltaicas**



El diseño de ciclos de fabricación según los principios de simbiosis industrial podría hacer que las nuevas tecnologías fueran más ecológicamente racionales. Un sistema que integre los procesos en ocho fábricas podría ser una inversión estatal a mediano plazo económicamente viable para promover una más amplia implementación de instrumentos fotovoltaicos como fuentes de energía. Fuente: Pearce 2008

También logró reducir las emisiones de carbono en 4,6 millones de toneladas, generando USD 208 millones en ventas nuevas para los participantes y haciéndoles ahorrar cerca de USD 170 millones (NISP 2008). Muchas ciudades, como Chicago y Shanghai, han adoptado recientemente proyectos similares de simbiosis industrial, que por lo general incluyen participantes de los sectores público y privado (Figura 5) (Managan y Olivetti 2008).

### AGUA: NECESIDAD URGENTE DE MEJORES SISTEMAS

Por primera vez en 2008, el Informe Planeta Vivo incluye nuevas mediciones de huellas hídricas a nivel mundial, nacional e individual (WWF 2008). El informe establece que, en promedio, cada persona en el mundo consume 1,24 millones de litros de agua por año. No obstante, las desigualdades son enormes: el consumo por persona en los Estados Unidos, de 2,48 millones de litros al año, duplica el promedio mundial, mientras que el consumo individual en Yemen, de 619 000 litros al año, representa aproximadamente la mitad. Según el informe de 2008 de la OCDE sobre las perspectivas del medio ambiente para 2030, 3 900 millones de personas vivirán bajo condiciones de estrés hídrico grave, en su mayoría en regiones del sur de Asia y China (OECD 2008). Se trata de mil

millones más de personas de las que hoy en día viven en esas mismas condiciones. En la mayoría de los países en desarrollo, en particular en las zonas rurales de África y Asia, la demanda de agua simplemente sobrepasa la cantidad disponible.

Un importante informe publicado en 2008 confirma la posibilidad de una crisis hídrica inminente, de continuar la producción alimentaria y las tendencias ambientales actuales (Véase Gestión de los ecosistemas, Capítulo uno; Cambio climático, Capítulo tres, y Desastres y conflictos, Capítulo cuatro). Para muchos, el desastre ya se ha producido. En la actualidad, 879 millones de personas, en su mayoría de áreas rurales, no disponen de acceso adecuado a agua limpia y 2 500 millones de personas carecen de saneamiento mejorado en sus hogares (Serageldin y Masood 2008). De continuar las actuales tendencias, cualquier esperanza de evitar una crisis hídrica a gran escala demandará estrategias urgentes para reformar las políticas hídricas, particularmente en lo relativo a la agricultura, que es responsable del 70 por ciento de la extracción de agua en el mundo. La necesidad más acuciante es la de mejorar la producción alimentaria en las zonas en donde haya precipitaciones y, así, mejorar la productividad del recurso hídrico (Serageldin y Masood 2008).

Las propuestas actuales de política hídrica se concentran en la asignación de extracciones y la gestión de la escorrentía flujos de agua, considerada como el flujo superficial de ríos, lagos, humedales, acuíferos, aguas subterráneas e instalaciones de depósito artificiales (Röckstrom y Barron 2007). En realidad, las precipitaciones que se filtran y permanecen en el suelo sostienen el 80 por ciento de las tierras agrícolas mundiales y generan entre el 60 y el 70 por ciento de los alimentos en el mundo (Serageldin y Masood 2008). En ausencia de cualquier forma de gestión de aguas pluviales, una gran cantidad de pequeños agricultores trabaja en una actividad de alto riesgo y dependiente del clima. En África subsahariana, más del 95 por ciento de la agricultura depende del agua de lluvia, mientras que en India, la cifra alcanza a aproximadamente el 60 por ciento de la agricultura, a pesar del reciente desarrollo en materia de riego (Röckstrom y Barron 2007). En muchas de estas regiones, la falta de agua en momentos críticos de la temporada de crecimiento de cultivos crea brechas crónicas en el rendimiento de los mismos: el rendimiento promedio de granos de la sabana llega sólo al 25 por ciento de su potencial estimado. Los bajos rendimientos y las frecuentes malas cosechas llevan a los agricultores a concentrarse en minimizar el riesgo en vez de maximizar el rendimiento. También desalientan la inversión en técnicas o tecnologías más efectivas. De acuerdo con una evaluación realizada en 2008 por el Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI, por sus siglas en inglés), ante la ausencia de un aumento drástico de la productividad hídrica, en especial con respecto a las cosechas agrícolas alimentadas por lluvias, el mundo requerirá aproximadamente el doble del suministro actual de agua para el año 2050 (Molden 2008).



Mujeres en Masai Mara, Kenia, junto a su tanque de agua de lluvia. El aprovechamiento del agua de lluvia es una técnica simple y de bajo costo que ha sido practicada durante cientos de años. África tiene una muy baja tasa anual de almacenamiento de agua por persona, lo cual resulta inadecuado para sostener medios de vida que dependen principalmente de la agricultura. Fuente: Elizabeth Khaka/UNEP

La modelos matemáticos y estudios realizados en establecimientos agrícolas demuestran que los enfoques integrados aplicados a la agricultura, asociados a la captación de agua de lluvia para riego adicional, pueden incrementar de manera significativa la disponibilidad de agua para cultivos y la capacidad de absorción hídrica de los mismos (Röckstrom y Barron 2007). En las regiones semiáridas del sur de la India, 50 milímetros más de riego adicional para mitigar períodos secos trajo como resultado un incremento del rendimiento de la cosecha de entre 70 y 120 por ciento (Sivannapan 1992). En Mwala, Kenya, un aumento en la retención de agua en los sistemas de maíz alimentados por agua de lluvia produjo un incremento en el rendimiento del 40 por ciento, y el riego adicional combinado con otras prácticas trajo aparejado un aumento del 50 por ciento del rendimiento en un período de cinco años comparado con las prácticas actuales (Röckstrom y Barron 2007).

Se necesitan realizar más investigaciones para comprender mejor las relaciones del cultivo, el suelo, el agua y la atmósfera con los sistemas alimentados por agua de lluvia, aunque los primeros trabajos indican que se pueden lograr mayores ganancias en productividad en los rangos más bajos de rendimiento (Serageldin y Masood 2008, Röckstrom y Barron 2007). Por lo tanto, políticas hídricas que mejoren el acceso al agua de lluvia durante la estación de crecimiento de los cultivos, quizás mediante la inversión en contenedores de almacenamiento de agua, podrían eventualmente mejorar tanto el rendimiento como los medios de vida de una manera sostenible.

Otra área que requiere más investigación específica es el uso y tratamiento de aguas residuales tóxicas (**Recuadro 4**). En los países en desarrollo, las aguas residuales de zonas urbanas constituyen una importante fuente para riego, y con el tratamiento adecuado, pueden tener un impacto significativo en la reducción de los costos de los fertilizantes (Serageldin y Masood 2008). Sin embargo, si no se tratan, las aguas residuales de zonas urbanas que contienen metales pesados pueden llegar a la cadena alimentaria y traer aparejado graves problemas de salud, tales como trastornos en la piel e infecciones diarreicas (Véase Sustancias nocivas y desechos peligrosos, Capítulo dos). Un estudio reciente acerca de las aguas residuales en 53 ciudades de África, Asia, América Latina y Medio Oriente reveló que la población del 80 por ciento de las ciudades estudiadas consume alimentos cultivados con aguas residuales contaminadas (Raschid-Sally y Jayakody 2008). Los encargados de desarrollar políticas en los países en desarrollo hacen muy poco a pesar de que son conscientes de esta realidad (Serageldin y Masood 2008).

## PROGRESO CONSTRUCTIVO

En su *Plan de Acción para el Consumo y la Producción Sostenible*, la red de Intercambio en Investigación sobre Consumo Sostenible (*Sustainable Consumption Research Exchange - SCORE*) propone una serie de preguntas que hubieran sido consideradas controvertidas previo a la actual crisis económica y la concientización moderna sobre el medio ambiente (SCORE 2008):

### Recuadro 4: Mejora de la gestión hídrica en el sector industrial

Mientras que el uso industrial del agua es mucho menor que el del sector agrícola, este aumenta junto con el ingreso del país, en un rango que va del 10 por ciento del consumo nacional en países de ingresos bajos y medios al 59 por ciento en países de altos ingresos. Varios países de la OCDE han podido desacoplar el uso del agua del crecimiento económico, principalmente a través de mejores tecnologías y concientización general sobre la necesidad de conservar el agua. A mediano plazo, la promoción de procesos industriales con un uso más eficiente del agua representa la mejor oportunidad para el ahorro de este recurso. Por lo tanto, los gobiernos deben dar pasos para mejorar la eficiencia, alentar la reutilización de aguas residuales, así como la recolección y uso de agua de lluvia.

Estudios de casos publicados por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible demuestran que diferentes industrias pueden lograr un ahorro significativo de agua en sus procesos de producción. Una moderna papeleira en Finlandia cambió de pasta de papel química a termomecánica e instaló una planta de tratamiento biológico de aguas residuales. Estas iniciativas han ayudado a la compañía a reducir el consumo de agua en más del 90 por ciento en los últimos 20 años. Una fábrica textil en India comenzó a utilizar zinc en lugar de aluminio en telas sintéticas, reduciendo en un 80 por ciento el consumo de agua, y brindando a la vez aguas residuales más limpias para su reutilización por parte de los agricultores. Una planta productora de caña de azúcar de México mejoró el mantenimiento y separó el agua de procesamiento de las aguas residuales, logrando un ahorro del 90 por ciento en el consumo de agua.

Cuando la empresa española Obrascón Huarte Lain S.A. (OHL) obtuvo la franquicia para administrar 300 km de autopistas en el estado de São Paulo, Brasil, dispuso hacerlo de manera que se mitigara el impacto de los caminos sobre el acuífero más importante del mundo. El acuífero Guaraní, que se estima contiene más de 40 000 km<sup>3</sup> de agua, se extiende sobre más de 1,2 millones de km<sup>2</sup> a través de las fronteras de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. OHL diseñó el trazo de las autopistas de manera de dirigir el agua hacia 520 represas de contención a lo largo de la red vial, con una capacidad de almacenamiento total de 2 millones de m<sup>3</sup>. Este sistema disminuye la velocidad del agua de escorrentía, permitiendo que se filtre lentamente en el suelo y reabastezca el acuífero. OHL no obtiene ningún beneficio económico de las represas, pero logra un ahorro importante en gastos de mantenimiento vial al evitar grandes tramos inundados.

Fuente: Molden 2008, WBCSD 2008

- ¿El sistema de mercado se encuentra básicamente viciado?
- ¿Deberíamos estar luchando por una reducción del crecimiento?
- ¿Cómo pueden contribuir los mercados al logro de la justicia y la equidad?
- ¿Deberíamos aceptar la soberanía del consumo si esta daña al medio ambiente o a la sociedad entera?
- ¿Cómo podemos lograr las aspiraciones de desarrollo de forma desmaterializada?
- ¿Cómo podemos mantener un equilibrio justo entre los negocios, los consumidores y el gobierno?

Un enfoque conocido como la estrategia de lo suficiente o la “economía de lo suficiente” se concentra en la reducción drástica del consumo general convenciendo a los productores y consumidores para que actúen movidos por la necesidad en lugar del deseo. Como es poco probable que este nivel de altruismo crezca de manera espontánea entre los consumidores, sus defensores sostienen que los gobiernos deben tomar medidas radicales para influenciar el comportamiento de productores y consumidores (Alcott 2008).

## China redobla el desafío

En 2008, el Congreso Nacional Popular chino adoptó la Ley de Economía Circular de la República Popular de China, con entrada en vigencia prevista a partir del 1 de enero de 2009. Una economía circular (EC) promueve la simbiosis industrial y el intercambio de material en contraposición con el consumo liso y llano (Pintér 2006).

Este nuevo paradigma define las responsabilidades de varios niveles administrativos con respecto a la promoción de la EC, así como su poder para abordar el incumplimiento de la misma. Urge a todas las partes a trabajar en actividades que promuevan la EC, transformando de manera efectiva a todos en participantes y supervisores (Squires y otros 2008).

Para complementar estos esfuerzos, China se encuentra desarrollando un sistema para indicar el nivel de consumo de recursos de los productos y publicará un catálogo que asigna técnicas, equipos, materiales y productos a una de las tres categorías siguientes: fomentado, restringido o eliminado.

Cuando se utilizan los elementos presentes en la lista de eliminados, el gobierno puede confiscar equipamiento o material, imponer multas de hasta 30 000 dólares estadounidenses o clausurar la empresa. En caso de importar artículos de la lista de eliminados, estos deberán ser devueltos y se les podrá imponer una multa de hasta 150 000 dólares estadounidenses. Si el importador no se encuentra identificado, podrá hacerse responsable al



transportista de la devolución de los artículos o del pago de los costos de eliminación correspondientes. Ninguna institución financiera podrá otorgar crédito alguno para el apoyo de empresas que produzcan, importen, distribuyan o utilicen elementos de la lista de eliminados.

Analistas legales internacionales reconocen la relevancia de esta ley en pos de un desarrollo sostenible por parte de China. Sin embargo, si se tratara sólo de una declaración política, tendría muy poco efecto real. Los desafíos más importantes incluyen la falta de un período específico para la implementación de medidas de EC. Además, por lo general se asume que los gobiernos provinciales y locales continuarán favoreciendo el desarrollo por sobre el medio ambiente, sofocando cualquier esfuerzo incipiente que desafíe su autoridad (McElwee 2008).

Si China logra implementar el concepto de EC, podría establecer nuevos estándares de productividad y competitividad a nivel mundial (Pintér 2006). Para poder evaluar si China está logrando sus objetivos de EC, la Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma de China se encuentra trabajando con varios organismos a fin de desarrollar una adecuada serie de indicadores para medir los flujos de energía y materiales. Estos indicadores mejorarán la comprensión de dos aspectos del sistema de EC: el impacto ambiental agregado de la producción y el consumo de materiales, y la eficiencia física con la que la economía transforma la materia prima en productos útiles con una mínima producción de desechos (Pintér 2006).

El modelo de EC ve a la economía como un factor inmerso en los sistemas biofísico y geofísico de la Tierra y reconoce que la economía depende de manera absoluta de ambos. En primer lugar, para asegurar la materia prima necesaria para la producción y, en segundo lugar, para absorber o procesar los desechos resultantes de la producción y el consumo (McElwee 2008, Ayers y Simmons 1994, Robert y Eriksson 1991).

## CONCLUSIÓN

Una vida sostenible requiere una gestión de los recursos en los términos y en la escala que dicta la naturaleza (WWF 2008). Esto implica que las decisiones de cada sector deben tomarse teniendo en cuenta consecuencias ecológicas más amplias y que los seres humanos deben encontrar maneras para manejar los recursos a través de las fronteras por ellos mismos establecidas (a través de los límites de la propiedad y las fronteras políticas) para cultivar la salud del ecosistema entero.

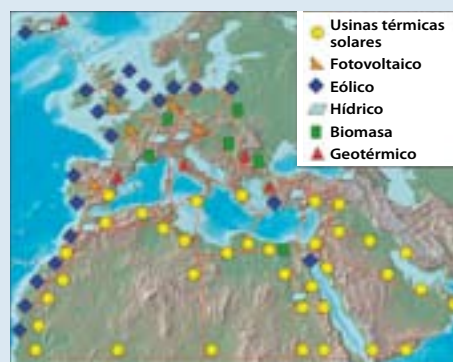
Los seres, las sociedades y la economía humanos están totalmente integrados a la economía de los sistemas de la Tierra —la geosfera, la biosfera, la atmósfera y los ecosistemas que todo lo entrelazan. Si podemos aprender cómo funcionan los sistemas de la Tierra para producir recursos y reciclar los subproductos resultantes, podremos aprender a vivir con la naturaleza en lugar de luchar contra ella (**Recuadro 5**).



El sistema de dique y estanque chino ha evolucionado durante los últimos dos mil años, perfeccionado por generaciones de agricultores para lograr una economía circular de agricultura intensiva e integrada con el cultivo de carpas y otros peces de agua dulce. Este sistema depende de la maximización de insumos internos entre la tierra y el agua, optimizando la eficiencia en el uso de los recursos y minimizando los desechos.

Fuente: M. Harvey/ Still Pictures

## Recuadro 5: Sistemas energéticos de la Tierra



Red eléctrica multifuente integrada prevista para África Septentrional, Medio Oriente y Europa.

Fuente: TREC

En el año 2000, el potencial mundial de energía eólica era de aproximadamente 72 000 gigavatios, casi cinco veces la cantidad total de demanda energética del mundo y siete veces su demanda de electricidad. En una hora, cae suficiente radiación solar sobre la Tierra como para abastecer el consumo de un año de la especie humana. Al observar el panorama general, nuestras preocupaciones parecen quizás triviales, el desafío es aprovechar esa energía.

Las energías eólica y solar son atractivas ya que representan fuentes de energía renovables. No están sujetas a escasez o a intrigas de oligopolios: una vez instaladas las turbinas, espejos o paneles, el único combustible que consumen proviene directamente de la naturaleza. Las únicas fuentes de contaminación, ya sea emisiones de gases de efecto invernadero o producción de sustancias nocivas, se originan en su fabricación. El presente capítulo sobre Eficiencia de recursos ha demostrado cómo los principios de ecología industrial como la biomimética, la simbiosis y la desmaterialización (como lo demuestra el sistema de ventilación del Edificio Eastgate, la producción ecológicamente racional de paneles solares y el uso del calor excedente para mantener granjas piscícolas en Dinamarca) pueden facilitar la eficiencia energética. Pero también pueden servir a la producción de energía.

El desierto del Sahara podría transformarse en una fuente confiable de energía para Europa. En noviembre de 2007, el Parlamento Europeo consideró por primera vez una propuesta presentada por la Corporación Transmediterránea de Energías Renovables (Trans-Mediterranean Renewable Energy Corporation) para establecer una red de fuentes de generación de energía renovable. Durante treinta años, se destinarían 400 mil millones de dólares estadounidenses para construir usinas en el desierto y abastecer dos tercios de las necesidades energéticas de África Septentrional, Medio Oriente y también gran parte de la demanda energética de Europa, para el año 2050. Además de brindar energía a naciones socias y reducir las emisiones de carbono, uno de los beneficios adicionales es el calor excedente para la desalinización. Cada planta de las unidades de generación de energía solar debe enfriarse, y el agua salada empleada para el enfriamiento podría desalinizarse si se cuenta con el diseño apropiado, utilizando los principios de la eficiencia de recursos.

El esquema va más allá de la energía solar pues también incorpora capacidades de generación de energía eólica, hídrica y de biomasa. Una serie de condiciones en evolución acercan estas visiones a la realidad, siendo el cambio climático una de las más motivadoras en ese sentido.

Fuentes: Archer y Jacobson 2004, Gramling 2008, Economist 2008, TREC 2008.

## REFERENCIAS

- Alcott, B. (2008). The sufficiency strategy: Would rich-world frugality lower environmental impact? *Ecological Economics* 64 (4): 770-786
- Appleton, M. (2008). Move over Velib, Autolib is on its way. *Bikeradar.com* <http://www.bikeradar.com/commuting/news/article/move-over-velib-autolib-is-on-its-way-17274> [Accessed 20 November 2008]
- Archer, C. L., and M. Z. Jacobson (2005). Evaluation of global wind power, *J. Geophys. Res.* 110, D12110, doi:10.1029/2004JD005462.
- ASCE (2005). *Report Card 2005*, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia
- Ausubel, J. H. and Waggoner, P. E. (2008). Dematerialization: Variety, caution, and persistence. *PNAS*. 105(35), 12774-12779. <http://phe.rockefeller.edu/docs/PNAS-2008-Ausubel-0806099105.pdf>
- Ayers, R.U. and Simonis, U.E., eds. (1994). *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*, United Nations University Press, Tokyo
- Biomimicry Guild (2008). *Case Studies in Biomimicry*, Biomimicry Guild. <http://www.biomimicryinstitute.org/case-studies/case-studies/> [Accessed 8 October 2008]
- Cherubal, R. (2008). *New Mobility Hubs in Chennai*. Sustainable Mobility and Accessibility Research and Transformation. [http://um-smart.org/project\\_research/New\\_Mobility\\_Hubs\\_Chennai.pdf](http://um-smart.org/project_research/New_Mobility_Hubs_Chennai.pdf) [Accessed December 2008]
- Constantinides, G., and Ullm, F.-J., (2007). The nanogranular nature of C-S-H, *J. Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 55(1), 64-90, Elsevier Science, Amsterdam
- CSI 2008. Cement Sustainability Initiative. The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) Cement Home. <http://www.wbcscement.org/> [accessed 30 Dec 2008]
- Earth Trends (2008). Earth Trend Environmental Information: Agriculture and Food Searchable Database. [http://earthtrends.wri.org/searchable\\_db/index.php?theme=8](http://earthtrends.wri.org/searchable_db/index.php?theme=8) [Accessed 3 December 2008]
- Economist (2008). Wind of Change. *The Economist*, December 4, [http://www.economist.com/science/tq/displaystory.cfm?story\\_id=12673331](http://www.economist.com/science/tq/displaystory.cfm?story_id=12673331) [Accessed 10 December]
- Ewing, E. (2008). Cuba's organic revolution. *Guardian News*, Friday 4 April 2008 <http://www.guardian.co.uk/environment/2008/apr/04/organics.food?gusrc=rss&feed=networkfront> [Accessed 10 November 2008]
- Fairley, P. (2008). Paris Pursues Electric Car Sharing: Remember MIT's stackable City Cars? Paris is writing the business plan. *Technology Review*, Published by MIT Massachusetts Institute of Technology, Monday, December 15, 2008 <http://www.technologyreview.com/blog/editors/22462/> [Accessed 20 December 2008]
- FAO (2003). Fertilizer use by crop in Cuba. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Land and Plant Nutrition Management service, Rome
- FAOSTAT (2008). FertiStat - Fertilizer Use Statistics. FAO Plant Production and Protection Division. Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome <http://faostat.fao.org/site/575/default.aspx#ancor> [Accessed 1 December 2008]
- Geopolymer Institute (2008). The Geopolymer Institute Online Library. <http://www.geopolymer.org/category/library> [Accessed 12 December 2008]
- Gerst, M.D. and Graedel, T.E. (2008). In-Use Stocks of Metals: Status and Implications. *Environmental Science and Technology*, 42(19): 7038-7045 DOI:10.1021/es800420p
- Gramling, C. (2008). Desert Power: A Solar Renaissance, *Geotimes*, April 2008 [http://www.geotimes.org/apr08/article.html?id=feature\\_solar.html](http://www.geotimes.org/apr08/article.html?id=feature_solar.html) [Accessed 10 May 2008]
- IEA (2006). *World Energy Outlook 2006*, OECD/International Energy Agency, Paris <http://www.worldenergyoutlook.org/2006.asp> [Accessed 21 November 2008]
- IEA (2008a). *World Energy Outlook 2008*, OECD/International Energy Agency, Paris <http://www.worldenergyoutlook.org/2007.asp> [Accessed 21 November 2008]
- IEA (2008b). *Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050*, OECD/International Energy Agency, Paris
- IPCC (1999). *Special Report: Aviation and the Atmosphere*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva
- IPCC (2007). *Climate Change 2007. Mitigation*. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, US
- ISI (2008). Industrial Symbiosis in Kalundborg Denmark. <http://www.symbiosis.dk/industrial-symbiosis.aspx> Industrial Symbiosis Institute. [Accessed 10 December 2008]
- Kimber, H. (2007). *Flight Plan: Taking Responsibility for Aviation Emissions*, The Carbon Consultancy, commissioned by the International Institute for Environment and Development (IIED). <http://www.iied.org/pubs/pdfs/17019IIED.pdf> [Accessed 19 October 2008]
- Managan, A., and Olivetti, E (2008). *By-product Synergy Networks: Driving Innovation through Waste Reduction and Carbon Mitigation*, US Business Council for Sustainable Development. <http://usbcscd.org/resources/documents/Clean%20Tech%20BPS%20Networks.pdf> [Accessed October 2008]
- McGraw-Hill Construction Analytics (2008). *Global Green Building Trends*, McGraw-Hill, Columbus, Ohio
- McEwee, C. (2008). Who's Cleaning Up This Mess? Rising environmental awareness is affecting business in China. *China Business Review*, January-February, <http://www.chinabusinessreview.com/public/0801/mcewee.html>
- Medina, M. (2007). *The World's Scavengers: Salvaging for Sustainable Consumption and Production* AltaMira Press, Lanham, Maryland, USA
- Molden, D., ed. (2007). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*, International Water Management Institute, Earthscan, Sterling
- NISP (2008). *About NISP - Approach & Achievements*. National Industrial Symbiosis Programme. [http://www.nisp.org.uk/about\\_us\\_approach.aspx](http://www.nisp.org.uk/about_us_approach.aspx) [Accessed December 2008]
- Norgate, T.E., Jahanshahi, S., and Rankin, W.J. (2007). Assessing the environmental impact of metal production processes, *Journal of Cleaner Production*, 15(8-9), 838-48
- OECD (2008). *OECD Environmental Outlook to 2050*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- Pearce, J.M. (2007). Green Production and Industry, in P. Robbins (Eds), *Encyclopedia of Environment and Society*. Sage Publications, Inc. 2007
- Pearce, J (2008). Industrial symbiosis of very large-scale photovoltaic manufacturing, *Renewable Energy*, 33(6), 1101-1108
- Peter, V. (2006). *Eco-Industries Scoring Paper*, Europe Innova. <http://www.europe-innova.org/servelet/Doc?cid=60058&lg=EN> [Accessed 19 November 2008]
- Pintér, L. (2006). *International Experience in Establishing Indicators for the Circular Economy and Considerations for China*, International Institute for Sustainable Development (IISD). [http://www.iisd.org/pdf/2006/measure\\_circular\\_economy\\_china.pdf](http://www.iisd.org/pdf/2006/measure_circular_economy_china.pdf) [Accessed 21 October 2008]
- Raffensperger, L. (2008). Changes on the Horizon for Cuba's Sustainable Agriculture. *World Resources Institute*. <http://earthtrends.wri.org/updates/node/306> [Accessed 12 November 2008]
- Raschid-Sally, L. and Jayakody, P. (2008). Drivers and characteristics of wastewater agriculture in developing countries – results from a global assessment. *Comprehensive Assessment for Water Management in Agriculture Program of the International Water Management Institute*, Sri Lanka
- Robert, K.-H. and K.-E. Eriksson (1991). From the Big Bang to sustainable societies, *Reviews in Oncology*, 4(2), 5-14
- Röckström, J. and Barron, J. (2007). Water productivity in rain-fed systems: Overview of challenges and analysis of opportunities in water scarcity prone savannahs, *Irrigation Science*, 25(3): 299-311
- SCORE (2008). *Sustainable Consumption and Production: A Framework for Action*, draft discussion paper, Sustainable Consumption Research, Delft
- Serageldin, E. and Masood, I. (2008). Water for a growing planet. Draft report - Bibliotheca Alexandrina, Alexandria, Egypt
- Svannapan, R.K. (1992). *Status Report on Drip Irrigation in India*, report prepared for the Indian National Committee on Irrigation and Drainage, New Delhi
- South African Department of Transport (2008). *2010 World Cup Transport Projects*, South African Department of Transport. <http://www.transport.gov.za/2010/DefaultPages/Homedefault.asp> [Accessed 29 October 2008]
- Squire, Sanders & Dempsey, LLP (2008). *Circular Economy Law of the People's Republic of China* (unofficial translation), Squire, Sanders & Dempsey, Beijing. <http://www.chinaenvironmentallaw.com/wp-content/uploads/2008/09/circular-economy-law-cn-en-final.pdf> [Accessed 24 October 2008]
- Stout, B.A. and Best, G. (2001). Effective Energy Use and Climate Change: Needs of Rural Areas in Developing Countries. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Presented at the First State Forum on Agriculture, Energy and the Environment, at the Centro Universitario Vinculacion con el Entorno, Silao, Guanajuato, Mexico. Invited Overview Paper. Vol. III
- Tukker, A., Huppes, G., Heijungs, R., de Koning A., van Oers, L., Suh, S., Geerken, T., Van Holderbeke, M., Jansen, B., and Nielsen, P. (2006). *Environmental Impacts of Products (EIPRO)*, European Commission, Brussels
- TREC (2008). Solar Plan: Union for the Mediterranean. <http://www.desertec.org/downloads/solarplan.pdf> [Accessed 15 December 2008]
- UNEP (2008). *UNEP Thematic Priority on Resource Efficiency – Sustainable Consumption and Production: Looking Forward to 2010-2013* (draft 4, 2 July 2008). Internal Document. United Nations Environment Programme, Nairobi
- USEPA (2003). *Tools for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts (TRACI): User's Guide and System Documentation*, US Environmental Protection Agency, Washington DC
- WBCSD (2001). *Mobility 2001: World Mobility at the End of the Twentieth Century and Its Sustainability*, World Business Council for Sustainable Development, Geneva. [http://www.wbcscd.org/web/projects/mobility/english\\_full\\_report.pdf](http://www.wbcscd.org/web/projects/mobility/english_full_report.pdf) [Accessed 9 October 2008]
- WBCSD (2007). *Energy Efficiency in Buildings: Business Realities and Opportunities*, World Business Council for Sustainable Development, Geneva
- WBCSD (2008). *Case studies*. World Business Council for Sustainable Development. <http://www.wbcscd.org/templates/TemplateWBCSD5/layout.asp?type=p&MenuId=ODY&doOpen=1&ClickMenu=RightMenu> [Accessed September-November 2008]
- Worell, E., Price, L., Martin, N. Hendriks, C., and Ozawa, M. L. (2001). Carbon dioxide emissions from the global cement industry, *Annual Review of Energy and the Environment*, 26, 303-29, Annual Reviews, Palo Alto, CA.
- WRAP (2008). How do you measure up? WRAP launches major new voluntary initiative to halve waste landfill, press release, Waste Resource & Action Programme. [http://www.wrap.org.uk/wrap\\_corporate/news/how\\_do\\_you\\_measure.html](http://www.wrap.org.uk/wrap_corporate/news/how_do_you_measure.html) [Accessed 2 November 2008]
- Wright, J. (2008). Sustainable Agriculture and Food Security in an Era of Oil Scarcity: Lessons from Cuba. *Earthscan Publications*, November 2008, 256 p
- WTO (2006). see [www.world-tourism.org](http://www.world-tourism.org), World Tourism Organization. [Accessed 18 October 2008]
- WWF (2008). *Living Planet Report 2008*, World Wildlife Foundation, Geneva
- Zielinski, S. (2008). *New Mobility: The Next Generation of Sustainable Urban Transportation*, University of Michigan, Ann Arbor. [http://um-smart.org/project\\_research/New\\_Mobility\\_Hubs\\_Chennai.pdf](http://um-smart.org/project_research/New_Mobility_Hubs_Chennai.pdf) [Accessed November 2008]

# Gobernanza ambiental

Los seres, las sociedades y la economía humanos están totalmente integrados al sistema de la Tierra y a la economía de dicho sistema: la geosfera, la biosfera, la atmósfera y los ecosistemas que todo lo entrelazan. La gobernanza de esta integración es uno de los desafíos más importantes del siglo XXI.



Las huertas urbanas ofrecen a los habitantes de las ciudades la posibilidad de cultivar sus propios alimentos. Esta pequeña huerta en Baviera se encuentra en la ribera norte del río Danubio, cerca de la ciudad de Donaustauf.

Source: Klaus Leidorf

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de la Tierra están amenazados. La actividad humana ha degradado considerablemente el veinte por ciento de la superficie continental, y el sesenta por ciento de los ecosistemas evaluados de la Tierra se encuentran dañados o amenazados. El patrón irrefutable es la sobreexplotación de recursos naturales y, a su vez, la generación de una cantidad de desechos mayor de la que el ecosistema puede procesar (véase Gestión de los ecosistemas, Capítulo uno).

Las sustancias químicas que utilizamos para producir energía, controlar plagas, aumentar la productividad, catalizar procesos industriales y satisfacer las necesidades de la salud humana, así como también las que simplemente desechamos, siguen debilitando los ecosistemas y poniendo en peligro la salud humana

(véase Sustancias nocivas y desechos peligrosos, Capítulo dos).

El clima inestable está llevando a muchos de los sistemas de la Tierra a umbrales críticos que alterarán los equilibrios ambientales a nivel regional y mundial, y ya amenazan la estabilidad en múltiples escalas. Un dato alarmante es que ya podríamos haber pasado los puntos de inflexión que son irreversibles dentro del espacio de tiempo de nuestra civilización (véase Cambio climático, Capítulo tres).

En las últimas décadas, se observa la amenaza creciente del cambio climático mediante el significativo aumento del número y magnitud de tormentas, inundaciones y sequías, mientras que el promedio de desastres sísmicos, con lo devastadores que son, se mantiene estable. Los conflictos nuevos y en curso pueden ser tanto

causa como consecuencia de la degradación ambiental (véase Desastres y conflictos, Capítulo cuatro).

La mala gestión industrial y ambiental no es un componente necesario del desarrollo. Se dispone de herramientas para minimizar la sobreexplotación y la contaminación. La utilización de principios de ecología industrial, tales como el análisis del ciclo de vida y la simbiosis industrial, pueden contribuir al bien público y a cultivar comunidades saludables (véase Eficiencia de recursos, Capítulo cinco).

Los seres, las sociedades y la economía humanos están totalmente integrados al sistema de la Tierra y a la economía de dicho sistema: la geosfera, la biosfera, la atmósfera y los ecosistemas que todo lo entrelazan. La gobernanza de esta integración es uno de los desafíos más importantes del siglo XXI.

La degradación ambiental se asoció con el desarrollo industrial durante la revolución industrial y hasta los tiempos modernos, pero esta relación no es necesaria y no debe continuar. Se requiere una gobernanza ambiental sólida, informada e inteligente. El sistema económico que fomentó la sobreexplotación de recursos naturales y la producción de desechos está atravesando un proceso de rediseño total. Éste es el momento de asegurarnos de que el próximo sistema económico no repita los errores de la sobreexplotación y la contaminación.

## HACIA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO

El informe sobre seguimiento mundial 2008 relativo a los avances en pos de alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de las Naciones Unidas de 2008 marca la mitad del período establecido hasta el año 2015 para alcanzar dichos ODM. Este informe observa que se requieren medidas urgentes para combatir el cambio climático que amenaza el bienestar de todos los países, pero en especial el de los países y las personas pobres. Asimismo, destaca que los objetivos de desarrollo y sostenibilidad ambiental están estrechamente relacionados y existen numerosas sinergias entre los caminos que conducen a esos objetivos (World Bank 2008).

Con la actual desaceleración de la economía han surgido dudas acerca de las prioridades: ¿se perderán los objetivos ambientales y de desarrollo en el nuevo paradigma económico? Pero en una reunión de alto nivel de las Naciones Unidas que tuvo lugar en septiembre, los estados miembro volvieron a comprometerse con los ODM (UN 2008a). A fines de diciembre, los estados miembro de las Naciones Unidas que asistieron a una Conferencia sobre la financiación para el desarrollo encargada de examinar la aplicación del Consenso de Monterrey acordaron que no se reduciría la asistencia para el desarrollo dada la actual recesión. En dicha conferencia, todos los miembros de la Unión Europea se comprometieron a ofrecer el 0,7% de su ingreso nacional bruto en concepto de asistencia oficial para el desarrollo para el año 2015, tal como lo hicieron primero los países de la OCDE en 1970. Desde entonces, Dinamarca, Luxemburgo, los Países Bajos, Noruega y Suecia fueron los únicos países que alcanzaron, y de hecho superaron, la meta convenida del 0,7% (UN 2008b, OECD 2008). A pesar de este compromiso renovado por parte de algunos miembros de la OCDE, los Objetivos de Desarrollo del Milenio aún pueden verse gravemente desafiados por limitaciones ambientales inminentes, lo cual hace aún más importante la necesidad de una gobernanza ambiental responsable.

## Previsión de aumento de las presiones

Con las políticas tradicionales, la proporción de gente que pasa hambre o que gana menos de un dólar estadounidense por día no se logrará reducir a la mitad entre los años 1990 y 2015, tal como lo disponían las metas de los ODM. La velocidad con la cual se está perdiendo la biodiversidad a nivel mundial no se reducirá para el año 2010. Las consecuencias del cambio climático no se mantendrán dentro de los límites convenidos. Será casi imposible alcanzar las metas relativas al suministro de agua y, especialmente, al saneamiento (UNDP 2008, UNFCCC 1992, World Bank 2008).

Las futuras limitaciones ambientales se ven exacerbadas por presiones adicionales. El crecimiento permanente de la población mundial, sus mayores aspiraciones materiales y los recursos naturales que se están, y se seguirán, explotando para satisfacer estas aspiraciones provocan grandes consecuencias sobre la salud del ecosistema, el uso de las tierras y el consumo de energía.

El desafío es satisfacer estas aspiraciones crecientes y, a su vez, asegurar la sostenibilidad ambiental (UN 2004, UN 2006a). La proyección de las tendencias demográficas y la concepción de métodos para minimizar las consecuencias del crecimiento demográfico sobre los recursos no pueden exceder las limitaciones ambientales

### Recuadro 1: ¿Una parábola?

En el año 2007, se contó una anécdota en una reunión sobre migración y el medio ambiente: en un país...

"... la agricultura es extremadamente importante debido al rápido crecimiento demográfico. Las mujeres tienen un promedio de doce a dieciséis hijos cada una, lo que genera una gran presión sobre el ecosistema a pesar de los programas gubernamentales diseñados para mitigar la degradación ambiental.

En las últimas décadas, los árboles que crecían en tierras agrícolas pertenecían al Estado, por lo que los productores no tenían motivación alguna para protegerlos. Luego de mucho debate, el gobierno transfirió la titularidad de estos árboles a los usuarios y el número de árboles se multiplicó. En la actualidad los árboles están protegidos y la gente cosecha la corteza, frutas y otros productos. A su vez, los árboles retienen agua, moderan el clima y protegen a las tierras agrícolas de la erosión.

No obstante, el promedio de hijos por mujer invalida la capacidad productiva del ecosistema. Si se observa la mejora ambiental en forma aislada, se trata de un área ejemplar. Pero cuando se considera el sistema social, es difícil decir que las mejoras ambientales son suficientes. Cuando se examina la dinámica entre ambos, se ve que la situación es bastante crítica."

Fuente: IOM 2008

ni hacer caso omiso de los umbrales, los que están cada vez más cercanos a causa de las actividades humanas.

Estas aspiraciones podrían alcanzarse con un menor insumo material. La transición hacia la desmaterialización del consumo podría ayudar a separar el desarrollo de la explotación de recursos y la degradación ambiental que trae aparejada (Ausubel y Waggoner 2008).

## Avances en la comprensión de los sistemas de la Tierra

Los patrones de los procesos que surgieron a partir de las teorías de sistemas y del caos, que se han estado aplicando a los ecosistemas en distintos niveles durante las últimas dos décadas, muestran la importancia de comprender el dinamismo de los sistemas de la Tierra.

Parte de esa comprensión requiere que las tendencias de los sistemas y ecosistemas de la Tierra crucen umbrales críticos, cambien de regímenes, oscilen o respondan a condiciones inestables cambiando sus fases y, en ocasiones, haciendo una transición a fases que son irreversibles dentro de la escala de tiempo de la humanidad (Scheffer y otros 2001).

Por ejemplo, el hielo de la Tierra está atravesando una fase de cambio clásica: la ablación, es decir se derrite y se transforma en agua, luego se sublima y asciende a la atmósfera. Las partículas que ingresaron a la atmósfera durante el Imperio Romano por la explotación minera de plomo cayeron en los glaciares y están volviendo a ingresar al medio ambiente en la actualidad en forma de escorrentía (Branan 2008). Si detuviéramos todas las emisiones de gases de efecto invernadero hoy mismo, ese hielo tardaría 50 generaciones humanas en volver a acumularse, si es que logra hacerlo. Las consecuencias que el cambio climático está produciendo en la distribución y la adaptación de las especies podrían generar una transición similarmente radical sobre los ecosistemas y sus servicios (**Figura 1**) (Véase Gestión de los ecosistemas, Capítulo uno).

Investigadores del cambio de los ecosistemas sugieren que las probabilidades de un cambio de régimen aumentan a menor capacidad de recuperación. Se puede anticipar el acercamiento a un umbral si se observa una ralentización crítica de la velocidad de recuperación luego de una pequeña perturbación (Van Nes y Scheffer 2007). Esta ralentización crítica se ha demostrado en un modelo de circulación termohalina que se acerca a un umbral crítico (Held y Kienen 2004).

A comienzos del año 2008, una revisión introdujo el concepto de "elementos de inflexión" (tipping elements) en debates sobre cambio climático abrupto inducido. Estos elementos son componentes en gran escala de los sistemas de la Tierra que demuestran la posibilidad

de que ocurra un cambio abrupto al cruzar un punto de inflexión (Lenton y otros 2008). Previamente, la mayoría de los trabajos sobre umbrales críticos surgía de la observación y experimentación a escala de ecosistemas en lagos, sabanas o tramos ribereños. Ahora estos conceptos se están aplicando a escalas de mil o más kilómetros y se centran en las condiciones afectadas por el cambio climático (**Recuadro 2**).

Los elementos de inflexión del sistema de la Tierra analizados se eligieron en parte considerando primero, si podrían verse afectados dentro de un marco temporal político de un período de 100 años, correspondiente a la preocupación de los encargados de tomar decisiones por sus hijos y nietos; segundo, si dicha influencia requería cierto marco temporal ético, para el cual se calculó un período de 1000 años correspondiente a la vida de una civilización, y tercero, si a la sociedad le importaban lo suficiente, lo cual se obtuvo a partir de opiniones de expertos.

Los elementos de inflexión también incluyen ciertas secuencias dependientes, por ejemplo el derretimiento del hielo marino del Ártico y la pérdida del manto de Groenlandia aportan grandes proporciones de agua dulce a la superficie oceánica, lo cual afecta a la convec-

ción termohalina. A su vez, la intensa Oscilación Austral “El Niño” incidirá sobre la extinción paulatina de la selva amazónica (Lenton y otros 2008).

Uno de los sistemas de la Tierra observados e inducidos por el cambio climático acelerado, que no está contemplado por la investigación de elementos de inflexión, es el deshielo de los glaciares de montaña. El deshielo de los Andes afectará también la disponibilidad de agua y la humedad de la selva amazónica y, por ende, su posible extinción paulatina. Asimismo el deshielo del sistema montañoso del Himalaya/Hindu Kush, que se atribuye al carbono negro proveniente de la nube marrón atmosférica y al cambio climático, podría contribuir a la transición de fase del monzón de verano de la India.

En 2007, se publicó un trabajo sobre la capacidad de recuperación debilitada y en enero de 2008 se publicó otro que versa sobre los elementos de inflexión. A partir de estas obras una plétora de información científica reciente reforzó, y hasta acentuó, la apremiante necesidad de que la gobernanza ambiental responda y coordine medidas de prevención globales e internacionales (véanse capítulos anteriores).

Ya estamos condenados al deshielo de glaciares de montaña y a todas las pérdidas que ello implica en

## Recuadro 2: Elementos de inflexión

Hay nueve elementos de inflexión considerados como sistemas de la Tierra que podrían sufrir un cambio abrupto. Los plazos que se presentan aquí probablemente cambien según varíen las características y la velocidad de rastreo de datos e información:

Monzón de verano de la India: La nube marrón atmosférica de la región es uno de los tantos factores relacionados con el cambio climático que podrían perjudicar al monzón. Plazo probable: un año.

Monzón del Sahara y África Occidental: Los pequeños cambios que sufrió el monzón han provocado que el Sahara se humedezca y se seque abruptamente en el pasado. Algunos modelos sugieren un abrupto retorno a las épocas de humedad. Plazo probable: 10 años.

Hielo marino del Ártico en verano: A medida que el hielo marino se derrite, queda expuesto el océano que es más oscuro. Éste absorbe más calor que el hielo y, por ende, contribuye a un mayor calentamiento. Plazo probable: 10 años.

Selva amazónica: La pérdida de masa crítica de la selva podría reducir el ciclo hidrológico interno y desencadenar una mayor extinción paulatina. Plazo probable: 50 años.

Bosques boreales: Las estaciones de crecimiento y períodos secos más largos aumentan la vulnerabilidad a incendios y plagas. Plazo probable: 50 años.

Circulación termohalina del Océano Atlántico: El derretimiento de hielo regional aportará más agua dulce al Atlántico Norte. Esto podría detener el sistema de circulación oceánica, inclusive la Corriente del Golfo, que es impulsada por el hundimiento de agua salina y densa en la región. Plazo probable: 100 años.

El Niño/Oscilación Austral (ENSO): El Niño se activa y desactiva regularmente. Los modelos de cambio climático sugieren que se activará en forma casi permanente. Plazo probable: 100 años.

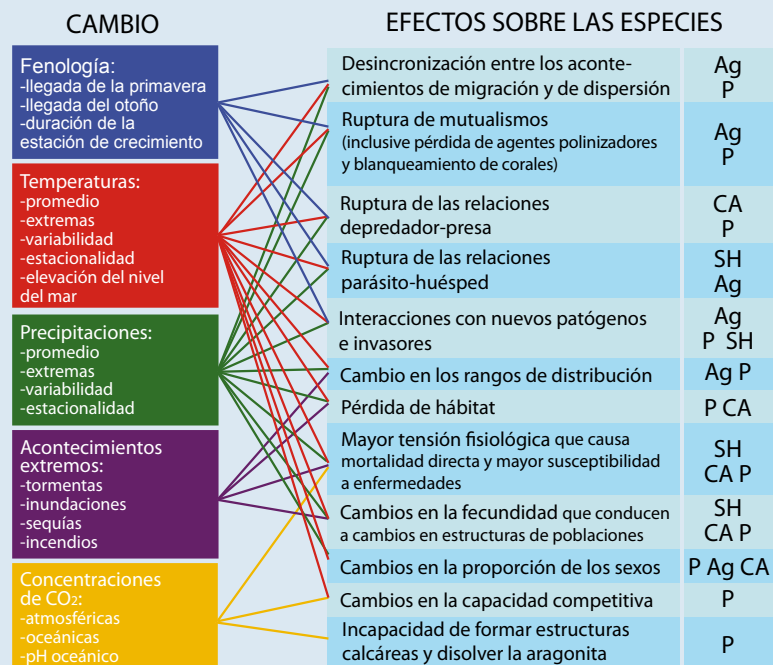
Manto de hielo de Groenlandia: Cuando el hielo se derrite baja la altura de su superficie, por lo que ésta queda expuesta a temperaturas más cálidas en altitudes más bajas, lo cual, a su vez, acelera el derretimiento pudiendo provocar la rotura del manto de hielo. Plazo probable: 300 años.

Manto de hielo de la Antártida Occidental: El manto está congelado hasta en montañas submarinas, por lo que hay un alto potencial de desprendimiento y colapso repentino a medida que se calientan los océanos. Plazo probable: 300 años.

Source: Lenton and others 2008

materia de irrigación, energía hidroeléctrica, suministro de agua potable apropiado, capacidad agrícola y en cuanto a que probablemente se desaten conflictos y migraciones. Ya estamos presenciando la reducción del hielo marino del mar Ártico, el creciente deshielo de la tundra, la disipación del manto de hielo de Groenlandia y las roturas de la capa de hielo de la Antártida Occidental (véase Cambio climático, Capítulo tres).

**Figura 1: Vinculación entre los cambios climáticos, la respuesta de la flora y la fauna, y la actividad económica**



Ag - Agricultura, P - Pesca, CA - Cría de animales, SH - Salud humana

El clima cambiante está afectando el tiempo y la cantidad de agua disponible, la duración de las estaciones de crecimiento y los ciclos de vida de plagas y patógenos. Éstos, a su vez, ejercen presión sobre las distintas especies de plantas y animales y, finalmente, traen consecuencias sobre una serie de actividades económicas y de desarrollo.

Fuente: Adaptado de Foden y otros 2008.

# Calendario de acontecimientos seleccionados

## ENERO

**15 de enero** Conservación Internacional, la Secretaría de Turismo de Cozumel y la Asociación de Cruceros de Florida y el Caribe celebran un acuerdo para proteger la biodiversidad que se encuentra en peligro en el destino más visitado por los cruceros en todo el mundo. Este acuerdo hace hincapié en la concientización, el tráfico, los desechos, las normas y la aplicación de la ley.

**21 de enero** La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos y el Ministerio de Medio Ambiente de Canadá celebran un acuerdo transfronterizo a los efectos de crear una asociación de servicios meteorológicos. Los objetivos incluyen mejorar el pronóstico y el monitoreo del tiempo y el clima, y respaldar investigaciones en materia de cambio climático.

## FEBRERO

**7 de febrero** Noruega autoriza la captura de 1 052 ballenas minke en la temporada 2008. El Ministerio de Pesca y Asuntos Costeros noruego sostiene que dicha cuota no afectará a la población total de dichas ballenas.



S. MORGAN / STILL PICTURES

**20-22 de febrero** En la 10ª sesión especial del Consejo de Administración del PNUMA, los gobiernos debaten la Estrategia de Mediano Plazo del PNUMA para 2010-2013. Los temas incluyen seis áreas temáticas prioritarias, así como también el informe GEO-4, la gestión de sustancias químicas y desechos, el desarrollo sostenible de la región del Ártico y la Década Internacional de Lucha contra el Cambio Climático.

**26 de marzo** Se inaugura la Primera Semana Africana del Agua en Túnez organizada por el Consejo de Ministros Africanos del Agua y el Banco Africano de Desarrollo. Sus participantes convienen acelerar los avances en materia de seguridad del agua y establecer planes para la Comisión africana para el estudio de las aguas subterráneas.



J. ORBEN / SCHMITE / STILL PICTURES

**31 de marzo** 1 100 delegados de 163 países se reúnen en Tailandia en ocasión de los primeros debates formales sobre un acuerdo climático para reemplazar al Protocolo de Kyoto. El nuevo tratado debería entrar en vigencia a fines de 2009 de manera tal de que los países tengan tiempo de ratificarlo antes de la finalización de Kyoto en 2012.

## ABRIL

**8 de abril** El Comité de Asuntos Legales del Parlamento Europeo propone que el daño al medio ambiente sea considerado un delito penal. Los países miembro de la UE podrían iniciar acciones penales ante conductas tales como dañar el aire, el suelo, el agua, las plantas y los animales.

**17 de abril** Los ministros australianos de medio ambiente a nivel federal y estatal no logran llegar a un acuerdo nacional, cuya preparación lleva ya seis años, sobre la prohibición de usar bolsas de plástico. El Estado de Australia Meridional comenzará a aplicar esta prohibición desde enero de 2009. Los rellenos sanitarios de Australia reciben aproximadamente 4 mil millones de bolsas de plástico por año.

**12-16 de mayo** La Cuarta Reunión de las Partes del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad, en Bonn, conviene un cronograma y un marco para las negociaciones. Se establecerán procedimientos y normas legalmente vinculantes que regirán en materia de responsabilidad y reparación de los daños que podrían causar los movimientos transfronterizos de organismos vivos modificados.

**14 de mayo** El Secretario General de las Naciones Unidas Ban Ki-moon se dirige a los delegados de la Decimosexta Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Les exige ofrecer nuevas ideas y medidas concretas sobre la tierra, la agricultura, el desarrollo rural, la desertificación y África en pos del desarrollo sostenible.



S.P. APICU / IRM

**14 de mayo** Los Estados Unidos incluyen a los osos polares en la lista de especies en peligro en virtud de su Ley de Especies Amenazadas dado que su hábitat de hielo marino está desapareciendo a causa del cambio climático. Científicos del gobierno estadounidense prevén que podrían desaparecer dos tercios de la población mundial de 25 000 osos polares para el año 2050.



B. LICHTENBERGER / STILL PICTURES

**7-12 de junio** En Johannesburgo se llevan a cabo la doceava sesión de la Conferencia Ministerial Africana sobre el Medio Ambiente (AMCEN por sus siglas en inglés) y la primera reunión extraordinaria de las partes del Convenio de Abidján. La AMCEN adopta la "Hoja de ruta de África para el cambio climático: de Johannesburgo a Copenhague, a través de África".

**24-28 de junio** Científicos y encargados de adoptar políticas se reúnen en Uganda en la primera conferencia internacional sobre aguas subterráneas y clima en África. Luego de debatir la importancia de las aguas subterráneas para mejorar los medios de vida en África, adoptan la Declaración de Kampala que exige el desarrollo de marcos legales e institucionales.

## JULIO

**2-10 de julio** En su trigésimosegunda sesión, el Comité del Patrimonio Mundial de la UNESCO agrega ocho nuevos sitios naturales a su Lista del Patrimonio Mundial, entre ellos, parte de las lagunas de Nueva Caledonia.



L.G. ROGER / STILL PICTURES

## AGOSTO

**26-29 de agosto** El PNUMA y la Organización Mundial de la Salud (OMS) organizan en Gabón la Primera Conferencia Interministerial de Salud y Medio Ambiente en África. Sus objetivos incluyen la constitución de una alianza estratégica para la salud y el medio ambiente, y el establecimiento de una red para tratar enfermedades.

**27 de septiembre** El Senado de los Estados Unidos aprueba una legislación que deja sin efecto la antigua prohibición, que regía hasta el 30 de septiembre, de realizar perforaciones petroleras mar adentro, con lo cual la mayor parte de la costa estadounidense queda abierta a la exploración de hidrocarburos.



B. EVANS & P. ARNOLD / STILL PICTURES

**29 de septiembre** El gobernador de California, Arnold Schwarzenegger, firma dos proyectos de ley de "química verde" que disponen un programa integral para regular las sustancias químicas relacionadas con el cáncer, los trastornos hormonales y otros efectos sobre la salud. Las nuevas medidas afectan a 80 000 sustancias químicas que se encuentran en uso en la actualidad.

**30 de septiembre** Tiene lugar la reunión inaugural del World Ocean Council (Consejo oceánico mundial) en Nueva York. Se reúnen representantes de las industrias del transporte marítimo, del petróleo y el gas, pesquera, de turismo de cruceros, de acuicultura, portuaria y otras industrias marítimas para mejorar el diálogo entre los sectores industriales que dependen del uso sostenible de los océanos del mundo.

## OCTUBRE

**15 de octubre** En la Tercera Cumbre del Foro de Diálogo India-Brasil-Sudáfrica, los líderes destacaron la importancia del acceso a recursos genéticos y del intercambio de beneficios, exigiendo una conclusión oportuna y satisfactoria para las negociaciones en un régimen internacional legalmente vinculante.



B. DAEMARICH / STILL PICTURES

**16-19 de noviembre** Se reúnen los participantes de la *International Conference on Water Resources and Arid Environments* (Conferencia internacional sobre recursos hídricos y medios áridos) y del primer Foro Árabe del Agua en Arabia Saudita. Los debates versan sobre el cambio climático y sus consecuencias sobre los recursos hídricos y los medios áridos, los avances en materia de políticas hídricas árabes y la gestión de la crisis del agua en el mundo árabe.

**17-18 de noviembre** Se lleva a cabo la conferencia internacional *Water Unites - Strengthening Regional Cooperation on Water Management in Central Asia* (El agua nos une: Cómo fortalecer la cooperación regional en materia de gestión del agua en Asia Central) en Kazajistán. Se debate acerca de la reducción del Mar Aral y la necesidad de que los países que se encuentran aguas arriba y aguas abajo lleguen a un acuerdo acerca de los regímenes de descarga y distribución del agua.

**27 de noviembre** El Reino Unido anuncia un acuerdo sobre su *Marine and Coastal Access Bill* (Proyecto de ley de acceso al medio marino y zonas costeras). Este proyecto ofrecerá el primer marco legislativo nacional coherente para las políticas marinas, estableciendo sistemas para lograr el desarrollo sostenible de los medios marinos y costeros.



S. PARIS / UN

# en 2008

**21 de febrero** Costa Rica, Islandia, Nueva Zelanda y Noruega son los primeros países que se incorporan a la Red de Clima Neutral (CN Net), una iniciativa conjunta del PNUMA y el Grupo de Gestión Ambiental de las Naciones Unidas. Esta red de intercambio de información a nivel mundial tiene como fin reducir las emisiones en todos los sectores de la sociedad.



J. JABBOUR/UNEP

**15 de mayo** La UE y Ghana anuncian que celebrarán formalmente un Acuerdo Voluntario de Asociación en junio para frenar la tala ilegal y promover la certificación de exportaciones madereras. En los países en desarrollo se pierden alrededor de 10 000 millones de dólares estadounidenses en activos públicos debido a la tala ilegal.

**27 de agosto** La Agencia de Protección Ambiental de Ghana prohíbe la importación de 25 agroquímicos que se consideran inapropiados para las condiciones locales o peligrosos para la salud humana, los animales, los cultivos y el medio ambiente. Entre las sustancias químicas prohibidas se encuentran el toxafeno, la aldrina, la endrina, el clordano, el captafol y el DDT.

**27-31 de octubre** Las Partes de la trigésima reunión consultiva de las Partes Contratantes del Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias, y la tercera reunión de su Protocolo de Londres, adoptan una resolución no vinculante para permitir la fertilización oceánica únicamente para fines legítimos de investigación científica.

**29 de noviembre** Los delegados de la Conferencia Internacional sobre la Financiación para el Desarrollo, celebrada en Qatar, destacan la necesidad de mantener los compromisos de asistencia frente a la recesión económica. Expresan preocupación por los desafíos interrelacionados en materia de seguridad alimentaria, precios de la energía y de los productos básicos, cambio climático, crisis financiera global y negociaciones comerciales multilaterales.

## MARZO

**9 de marzo** Varios países de la región Asia-Pacífico anuncian la eliminación de CFC antes del plazo del año 2010 dispuesto en el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Indonesia denuncia que dichas sustancias se siguen importando ilegalmente.

**19 de abril** La Comisión Europea retira su propuesta de exigir un 10% de biocombustible obligatorio en la gasolina y el diesel. Científicos advierten que esta meta, que es un componente clave de la campaña de la UE para reducir las emisiones de GEI en un 20% para el año 2020, podría provocar efectos no deseados sobre la producción de alimentos.

**19-30 de mayo** En la Novena Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica en Bonn los delegados adoptan una hoja de ruta para las negociaciones relativas al acceso y el intercambio de beneficios, los criterios científicos para las áreas marinas protegidas y las advertencias contra la fertilización oceánica.

**29 de agosto** China adopta una ley, con vigencia a partir del 1° de enero de 2009, que fomenta la "economía circular". Esta ley está dirigida a promover la conservación de energía y reducir la contaminación. Los objetivos para el año 2010 incluyen reducir el consumo de energía en un 20 por ciento por unidad de PBI y los principales contaminantes en un 10 por ciento en comparación con los niveles de 2005.

**29 de octubre** La Secretaría del Convenio de Ramsar, el Grupo Danone y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) forman una asociación para enfrentar el cambio climático en la Décima Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención de Ramsar sobre los Humedales en Corea. Danone se compromete a minimizar sus emisiones y compensar las emisiones restantes mediante la restauración de humedales.

## DICIEMBRE

**1-12 de diciembre** La XIV CP (Conferencia de las Partes) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en Polonia establece la agenda para la labor internacional frente al cambio climático, en preparación de la XV CP en Copenhague, Dinamarca, en el año 2009. Allí se prevé concluir las negociaciones para un acuerdo climático post-2012.

**11 de marzo** Entra en vigencia la ratificación del Protocolo de Kyoto por parte de Australia, con el compromiso de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 60 por ciento por debajo de los niveles de 2000 para el año 2050. De igual forma, en 2008 el Protocolo entra en vigencia en Comoros, la República Centroafricana, Tonga, Santo Tomé y Príncipe, Saint Kitts y Nevis, y Serbia.

## MAYO

**13 de mayo** La Ministra de Medio Ambiente de Brasil, Marina Silva, aclamada como defensora del movimiento ecológico, pero rechazada por poderosos grupos del sector agrícola, renuncia luego de perder batallas clave en sus esfuerzos por proteger la selva amazónica.

## JUNIO

**3-5 de junio** La Conferencia de Alto Nivel sobre Seguridad Alimentaria Mundial se reúne en Roma. Esta advierte que los precios de los alimentos permanecerán altos por años y exige medidas urgentes y coordinadas para combatir las consecuencias negativas sobre los países y las poblaciones más vulnerables.

## SEPTIEMBRE

**15-19 de septiembre** Se adopta el Plan de Acción para la Espátula en la Cuarta Reunión de las Partes del Acuerdo sobre la Conservación de las Aves Acuáticas Migratorias de África y Eurasia, realizada en Madagascar. Las poblaciones de aves acuáticas migratorias se han reducido en un 41 por ciento a lo largo de las principales rutas de migración.



J. SIMS/STILL PICTURES

**5 de diciembre** El nuevo Ministro de Medio Ambiente de Brasil Carlos Minc anuncia un plan para combatir el cambio climático reduciendo la deforestación en un 70 por ciento durante la próxima década. Los objetivos incluyen reducir el ritmo anual de deforestación de 7300 a 1900 millas cuadradas (aproximadamente de 18 900 a 4900 km<sup>2</sup>) para el año 2017 y, de esta manera, evitar 4800 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>.

KLEIN & HUBERT/MIL/STILL PICTURES



LANTON/STILL PICTURES



**4 de junio** Los EE.UU. solicitan un acuerdo internacional para la gestión de pesquerías en el Ártico y establecen una política nacional para detener la expansión de la pesca industrial en la región, en espera de mejores datos de gestión.



H. PERREY/STILL PICTURES

## NOVIEMBRE

**11-15 de noviembre** Los delegados a la Primera Conferencia Mundial de Biodiversidad Marina, celebrada en España, debaten los avances tendientes a completar el primer censo histórico de flora y fauna marina en 2010. Este censo incluirá hasta 250 000 especies identificadas con mapas, códigos de barra del ADN y estimaciones de biomasa.

**8 de diciembre** Manifestantes de las Maldivas denuncian ante los delegados de la XIV CP de la CMNUCC que la elevación del nivel del mar y las tormentas destruirán su isla a menos que se detenga el calentamiento global.

**20 de marzo** La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) suspende a Nigeria por supuestas violaciones de sus disposiciones, y se le prohíbe importar o exportar cualquier especie animal o vegetal en virtud de la convención.

**12 de mayo** Las Islas Marshall, una de las principales naciones marítimas del mundo, ratifica cinco Convenios de la Organización Marítima Internacional, entre ellos el Protocolo de Londres. El número de Estados signatarios asciende a 35, los que concentran el 29,73 por ciento del tonelaje de fletes del mundo.



SECUNWANDA/STILL PICTURES

**24 de septiembre** El Secretario General de las Naciones Unidas Ban Ki-moon y el Primer Ministro de Noruega Jens Stoltenberg anuncian el nuevo Programa de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y Degradación de los Bosques (UN-REDD). La deforestación tropical produce casi el 20 por ciento de todas las emisiones de carbono antropogénicas.

**12 de noviembre** El presidente electo, Barak Obama, anuncia que la energía será una de sus prioridades, y planea eliminar la generación de electricidad sobre la base de carbón, hacer un cambio hacia la energía renovable y seguir el ejemplo de Europa en lo que respecta al cambio climático.



C. GLUCK/OWSAM

## Resumiendo

Mientras cada uno de estos capítulos encara un tema en particular para comprender los cambios ambientales y umbrales críticos a nivel mundial, constantemente surgen interrelaciones entre los diferentes temas individuales. El cambio climático incide sobre los desastres y conflictos, la mala gestión de los ecosistemas libera sustancias químicas tóxicas que dañan a los seres humanos y a otras criaturas, los desastres pueden precipitar cambios de régimen en los ecosistemas, la acumulación de sustancias nocivas puede crear zonas muertas en los océanos que aniquilan a los ecosistemas marinos, los desechos agrícolas y el cambio climático destruyen los arrecifes de coral, y por último, la escasa eficiencia de recursos está en la base de todos los problemas que se presentan en estos capítulos.

Estas relaciones generan complicaciones cuando se considera cada tema por separado. Dichos temas sólo pueden comprenderse como componentes de mayores sistemas de la Tierra que sostienen todas las activida-

des humanas. Los efectos acumulativos se originan a partir del mismo fenómeno que causa el reciente ritmo de la globalización: ya no vivimos aislados, fuera de la influencia de los demás. En el actual mundo interconectado, una gran alteración social o ambiental que afecta a una región termina perjudicando a todo el sistema (Costanza y otros 2007). El reconocimiento de dicha interconexión y, más aun, de su interdependencia conlleva la necesidad de una gobernanza ambiental inteligente que tenga en cuenta las necesidades en múltiples escalas y a lo largo de diversas generaciones. Los seres, las sociedades y la economía humanos están totalmente integrados al sistema de la Tierra y a la economía de dicho sistema: la geosfera, la biosfera, la atmósfera y los ecosistemas que todo lo entrelazan (Ehrlich y Erlich 2008).

## CAMBIO DE HERRAMIENTAS

Recientes evaluaciones ambientales a nivel mundial han destacado que se deben desarrollar nuevas e innovado-

ras modalidades de políticas y acuerdos institucionales para tratar los continuos problemas ambientales. Los países necesitan suficiente capacidad financiera y humana para implementar políticas, y para controlar y asegurar su cumplimiento. Se debe prestar la atención necesaria a las situaciones y a las poblaciones locales, por ejemplo, mediante la consolidación de los derechos locales y la garantía al acceso a los recursos naturales y al mantenimiento de los mismos a fin de reducir la vulnerabilidad de las personas (WRI 2008). A nivel internacional, se podrían crear mejores condiciones para ello a través de la racionalización del gran número de tratados ambientales, el fortalecimiento de las organizaciones internacionales y el desarrollo de mecanismos internacionales más coherentes (UN 2006b).

Ya se conocen muchas soluciones para estos desafíos y las medidas que podrían tomarse son, en teoría, accesibles. El carácter persistente de estos problemas requiere políticas firmes a largo plazo. Esto dará más certeza a los mercados, de manera tal que el sector

**Tabla 1: Efectos acumulativos (en actualización permanente con nuevos avances e investigaciones científicas)**

Temas	Gestión de los ecosistemas	Cambio climático	Desastres y conflictos	Sustancias nocivas y desechos peligrosos	Eficiencia de recursos
<b>Gestión de los ecosistemas</b>	Efecto recíproco: La deforestación produce pérdida de masa crítica, desencadenando extinción paulatina, como en la selva amazónica.	La ineficiencia de los recursos agrícolas derivados de la erosión de los suelos, y la escasez de recursos hídricos dañan a los ecosistemas.	Los desastres pueden precipitar cambios de régimen en los ecosistemas, las partes en guerra adoptan la política de tierra arrasada que destruye los cultivos, y el agua contaminada provoca desastres, hambrunas, etc.	La acumulación de sustancias nocivas puede crear zonas muertas en los océanos que aniquilan a los ecosistemas marinos. Los desechos agrícolas y el cambio climático destruyen los arrecifes de coral.	El uso incorrecto de fertilizantes provoca nitrificación excesiva y zonas muertas en los océanos.
<b>Cambio climático</b>	La acidificación de los océanos hace colapsar a los arrecifes de coral y se pierde el ecosistema que alimenta a las pesquerías.	Efecto recíproco: El deshielo expone superficies más oscuras que absorben mayor radiación solar, lo cual contribuye al calentamiento local.	Desastres de evolución lenta causan conflictos por la escasez de recursos; mayores exposiciones a plagas y patógenos en nuevos sitios.	Liberación de sustancias peligrosas al medio ambiente por derretimiento del hielo; abrasión de desechos captados durante crecidas repentinas; inundación de receptáculos para desechos peligrosos, tóxicos y médicos.	La necesidad de acondicionamiento de aire trae problemas de baja tensión y cortes de energía para las centrales eléctricas
<b>Desastres y conflictos</b>	La degradación del suelo y la desaparición de los ecosistemas provocan migración y posibles conflictos.	Ciclones más frecuentes e intensos azotan costas pobladas; una mayor competencia por sitios que no estén amenazados por la elevación del nivel del mar causa migraciones y conflictos.	Efecto recíproco: Los daños sufridos por un desastre aumentan la vulnerabilidad ante otros.	Derrames repentinos y masivos provenientes de sitios de confinamiento de desechos ingresan al agua, al suelo y a la atmósfera, lo cual requiere una respuesta de limpieza inmediata y costosa.	Las poblaciones migrantes saquean los ecosistemas y dejan franjas visibles desde los satélites de observación.
<b>Sustancias nocivas y desechos peligrosos</b>	La liberación de nanopartículas podría amenazar la salud de los ecosistemas; las fugas radiactivas podrían incidir sobre la tasa de mutación.	Inundación de áreas de confinamiento de sustancias, tóxicas y peligrosas, incluidas las de origen médico.	Métodos de minería informales y peligrosos alimentan los conflictos, la riqueza desalienta una gobernanza legítima.	Efecto recíproco: La contaminación industrial reduce la resistencia a otras enfermedades y aumenta la incidencia de defectos congénitos y cáncer.	La ineficiencia de los recursos contamina el agua, el suelo y la atmósfera.
<b>Eficiencia de recursos</b>	La producción, el procesamiento, la manipulación y la distribución de alimentos causan contaminación y alteran la cadena de abastecimiento.	La modificación de los patrones climáticos provoca desertificación y pérdida de los recursos del agua y el suelo.	Los disturbios civiles y la mala gestión política redundan en desnutrición, brotes de cólera y rotura de la infraestructura para agua y saneamiento.	El agregado de cenizas de carbón al hormigón reduce la cantidad de cemento, generador de GEI, y, a su vez, capta desechos peligrosos.	Efecto recíproco: La sobreexplotación y la contaminación destruyen o corrompen tierras y asentamientos, los que son abandonados por empresas y poblaciones cuando se arruinan los recursos.



privado se pueda preparar para concretar las inversiones necesarias (OECD 2007). Asimismo, estas políticas a largo plazo deben contemplar metas ambiciosas y concretas, e indicadores de progreso mensurables. Esto también incluye las áreas de las políticas donde aún no se han establecido objetivos, tales como el suministro de energía, o aquéllas donde sólo se han fijado metas a corto plazo, como es el caso de la biodiversidad.

### Optimizar las enseñanzas para obtener beneficios múltiples

Existen nuevas iniciativas en curso para integrar inquietudes intersectoriales y temáticas de consenso internacional, con el objetivo de sugerir soluciones en escalas múltiples y con una variedad de resultados positivos. Dos de estas iniciativas, el proceso de evaluación marina a nivel mundial y el plan de deforestación evitada, pretenden demostrar las lecciones aprendidas a partir de evaluaciones y proyectos de menor escala y redundar en beneficios a nivel mundial y local.

Los mares y los océanos representan dos tercios del valor de todos los servicios naturales brindados por el

planeta, con inclusión de los controles climáticos y el ciclo del agua. Independientemente de los beneficios económicos evidentes, los océanos del mundo se están deteriorando y seguirán sufriendo la amenaza de factores tales como el cambio climático, la contaminación, la alteración física y las mayores presiones sobre los ecosistemas causadas por la pesca en exceso y el crecimiento demográfico.

Los océanos cubren el setenta por ciento de la superficie del planeta, pero no comprendemos lo que les está sucediendo como un todo. En respuesta a los compromisos asumidos en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible de 2002, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente están estableciendo un proceso para garantizar que se controle y evalúe con regularidad a los sistemas marinos del mundo.

El proceso de información que se está considerando definirá referencias, tendencias y perspectivas para el cambio ambiental marino y establecerá un programa que

evalúe con regularidad el estado del sistema oceánico del mundo como un todo, particularmente las interacciones entre el sistema marino y la sociedad en múltiples escalas. Este proceso capitalizará las evaluaciones mundiales y regionales existentes y ofrecerá un marco para integrar evaluaciones sectoriales y temáticas, especialmente aquéllas llevadas a cabo en ámbitos regionales y subregionales que incluyen la influencia de los ríos sobre los medios marinos y costeros.

Este proceso organizará, analizará y divulgará información de manera tal que los encargados de adoptar políticas y otras partes interesadas puedan tomar decisiones fundamentadas destinadas a reducir los efectos provocados por los seres humanos sobre los océanos y resguardar opciones futuras. Su finalidad es mejorar el control y las prácticas de observación de los océanos e incorporar el uso de indicadores, incluso la identificación de condiciones particularmente preocupantes. Finalmente, este proceso brindará asesoramiento, colaboración en red, respaldo y creación de capacidad para fortalecer las actuales evaluaciones temáticas, regionales y nacionales (UNEP 2008).

**Tabla 2: Factores, temas e interconexiones (en actualización permanente con avances científicos, y el control y evaluación de proyectos y programas)**

Temas Factor	Gestión de los ecosistemas	Sustancias nocivas y desechos peligrosos	Cambio climático	Desastres y conflictos	Eficiencia de recursos	Gobernanza ambiental
<b>Crecimiento demográfico</b>	Menos tierras de cultivos disponibles por persona; presiones demográficas en zonas costeras y áreas de conservación	La exposición a sustancias tóxicas afecta negativamente el desarrollo, en particular, de niños y mujeres embarazadas, así como también a pueblos indígenas	Más gente desplazada por la elevación del nivel del mar, la desertificación y la intensificación y mayor frecuencia de las tormentas	Poblaciones vulnerables en zonas vulnerables, reformas agrarias, terremotos que destruyen infraestructura, desastres de evolución lenta	Rápida expansión del sector de la construcción en países en desarrollo, consumo de energía para la producción de alimentos, estrés hídrico	Tenencia de tierras, equidad, mayor acceso al agua
<b>Creciente demanda de recursos</b>	Agricultura industrial, ecoagricultura, paisajes seminaturales, colapso de la pesca, desaparición de bosques tropicales, destrucción de manglares y arrecifes de coral	Nitrificación del agua, plaguicidas, residuos electrónicos, arsénico en aguas subterráneas, contaminación con mercurio, destino de la nanotecnología	La producción de biocombustibles y la captación de carbono por los bosques afecta la disponibilidad de alimentos y madera, la acidificación afecta a la pesca, no hay agua de deshielo al final de la temporada por desaparición de los glaciares	Destrucción por disturbios civiles, guerras por los recursos, desaparición de manglares, estaciones inestables, temperaturas extremas, deslizamientos de tierra, emergencias complejas	Crecimiento del consumo, producción de biocombustibles, economía circular china, desmaterialización de la producción industrial, simbiosis industrial	Derechos a cuotas de pesca, sistemas de gestión integrados, desacoplar la productividad de la degradación ambiental, pagos compensatorios, REDD, metas para los GEI, facilitar la transferencia de tecnología
<b>Crecimiento económico</b>	Prácticas agrícolas de baja productividad en zonas rurales pobres, valuación de bienes y servicios de los ecosistemas, selva amazónica bajo tensión, precios de la energía en alza, aumento de precio de los alimentos	Comercio de fertilizantes, plaguicidas y sustancias tóxicas sintéticos, exportación de residuos electrónicos, la demanda de productos básicos provoca contaminación	Pérdidas económicas derivadas de alteraciones en la agricultura, el transporte marítimo y el suministro de combustible; los daños causados por el aumento de tormentas afectan a la industria aseguradora y a la estabilidad de la infraestructura	Deforestación inducida por la pobreza y la inestabilidad social, pérdida de ingresos turísticos, tormentas destruyen cultivos y conllevan pérdidas de alimentos y de rentabilidad, desastres tecnológicos	Fuerte crecimiento en la extracción de recursos minerales y biológicos en países recientemente industrializados, transporte público en zonas urbanas	Contracción del mercado financiero, creciente comercio de biocombustibles, economía de la suficiencia
<b>Agenda de desarrollo sostenible (ODM)</b>	La deforestación causa una pérdida anual de bosques de un tamaño equivalente al de Panamá o Sierra Leona	La carga económica de la mala salud ambiental puede alcanzar el 1,5-4% anual del PIB	Los países en desarrollo son los más vulnerables al cambio climático y los que tienen menos capacidad de adaptación	Aumentar la asistencia y su efectividad; lograr mejores resultados en materia de desarrollo humano	El agotamiento de los recursos naturales suele asociarse con la disminución de la riqueza nacional	Avances desparejos en el desempeño de las instituciones y las políticas debido a la brecha entre la formulación de las políticas y la capacidad para hacerlas cumplir, contradicciones entre el medio ambiente y el comercio

Fuente: Adaptado de World Bank 2008

Los bosques tropicales son uno de los ecosistemas que corren mayor peligro en el planeta. Estos bosques aportan funciones ambientales y servicios esenciales de los que dependen todas las sociedades. Albergan a casi la mitad de todas las especies vegetales y animales conocidas, por lo que poseen una diversidad biológica terrestre sin igual. Además, conservan el suelo, protegen las cuencas fluviales y amortiguan los desastres naturales. Asimismo, son fuente de sustento para más de 1500 millones de personas, muchas de las cuales llevan un modo de vida de subsistencia y cuya supervivencia misma depende de estos bosques ricos en carbono. Estos ecosistemas, bien llamados “pulmones del planeta”, también desempeñan un papel fundamental en la filtración y regulación del aire que respiramos, al remover el dióxido de carbono de la atmósfera y suministrar el oxígeno esencial.

La reducción de las emisiones de carbono causadas por la deforestación y degradación de los bosques (*REDD*, por sus siglas en inglés) es una forma clara de mitigar el cambio climático. De este reconocimiento surgió el concepto de reducción compensada. Se concibió a esta idea como una manera de utilizar nuevos mercados de carbono para que los países en desarrollo con bosques tropicales puedan participar en forma económica y equitativa de los esfuerzos mundiales por reducir las emisiones de GEI dentro del proceso de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). La premisa subyacente es compensar a los países en desarrollo que se comprometan voluntariamente a reducir y estabilizar la deforestación nacional por debajo de un nivel histórico determinado previamente. Por lo tanto, la *REDD* puede ser, en parte, un instrumento que permita un acceso justo y equitativo al financiamiento mundial del carbono, ya sea mediante enfoques basados en el mercado o en fondos. Según algunos de sus promotores, la *REDD* ofrece nuevos incentivos para reducir los GEI, los cuales podrían alcanzar simultáneamente varios objetivos complementarios: conservación de la biodiversidad, protección de las cuencas fluviales, alivio de la pobreza en las comunidades rurales y creación de capacidad en los países con bosques tropicales.

El impulso de la *REDD* se aceleró rápidamente en 2008 luego de una decisión del año 2007 acerca de “... la necesidad urgente de adoptar nuevas medidas significativas...” para un plan de deforestación evitada. Luego siguió la preparación de pautas para la etapa piloto de dos años. Si bien aún deben establecerse la estructura y reglas precisas, ahora parece muy probable que surja algún tipo de mecanismo internacional de *REDD* como

elemento clave del régimen de cambio climático internacional posterior a 2012.

El año 2008 presenció muchos proyectos de demostración e ingresos de fondos, que daban testimonio de la postura uniforme de gobiernos y otras instituciones acerca del potencial de la *REDD* de ofrecer beneficios múltiples. Por otra parte, a medida que avanza el debate científico y político, siguen apareciendo nuevas complejidades, incertidumbres y problemas contenciosos. Una de las preocupaciones más evidentes está relacionada con cuestiones metodológicas, entre ellas, cómo seleccionar y estructurar las referencias de deforestación, cómo integrar los problemas de degradación en estos cálculos, cómo decidir las normas para cuantificar y controlar las tasas de deforestación, cómo implementar las capacidades institucionales para garantizar precisión, y cómo asegurarse de disponer de resultados en escalas espaciales y temporales que resulten pertinentes para quienes toman las decisiones.

Todas estas son preguntas cruciales que, en su mayoría, aún no tienen respuestas. No obstante, aunque logremos responderlas, podrían verse opacadas por cuestiones de gobernanza. Los resultados finales podrían no depender tanto de la información técnica, sino de las elecciones políticas y los arbitrajes, dado que las reglas adoptadas crearán ganadores y perdedores en lo que se está transformando en un nuevo tipo de pago por los servicios de los ecosistemas (Karsenty y otros 2008). Por ello, el desafío más conflictivo en lo que respecta a la implementación de la *REDD* puede residir en cuestiones de gobernanza. Las desigualdades omnipresentes en los derechos de explotación y tenencia de tierras, el acceso limitado de grupos marginados a las finanzas y la información, o la apropiación de ingresos por parte de las elites son sólo algunas fallas de la gobernanza que efectivamente podrían invalidar los beneficios locales y globales de un plan de la *REDD* (Preskett y otros 2008).

Dado que la *REDD* probablemente se implemente a nivel del paisaje y que los distintos sitios poseen diversos grados de valor complementario (biodiversidad, agua dulce o servicios de sustento locales), los mayores costos de implementación podrían afectar la protección de determinados valores forestales con menor potencial lucrativo inmediato, lo cual muestra la necesidad de contar con recursos adicionales (Miles y Kapos 2008). Como consecuencia, una pequeña cantidad de propuestas recientes se ha centrado en valorar todo el conjunto de servicios forestales y no solo el almacenamiento de carbono (Gardiner 2008, Trivedi y otros 2008). Sin embargo, esto excede el alcance de los mecanismos

de la *REDD* propuestos y en consideración, por lo que probablemente no se incluya en el próximo debate de la CMNUCC. Esto trae a colación la posibilidad de que la conservación de bosques centrada en el carbono dirija la presión del desarrollo a otros ecosistemas con menor contenido de carbono. Si la inversión de la conservación se coloca de lleno en los bosques tropicales mientras aumenta la demanda de alimentos y cultivos bioenergéticos, otros sitios pueden comenzar a sufrir mayor presión y transformarse en los nuevos blancos de la explotación y el cambio del uso de las tierras.

La posibilidad de que la *REDD* ofrezca oportunidades innovadoras y económicas para reducir las emisiones de GEI y, a su vez, brinde beneficios sociales y de biodiversidad, dependerá en gran medida de la gestión y la supervisión. Bien podríamos estar acercándonos al diseño de un mecanismo afianzado a nivel internacional que contribuya a la obtención de estos beneficios múltiples. Por lo tanto, es fundamental que los científicos, los profesionales y los encargados de tomar decisiones reconozcan, analicen y prevean los efectos adversos no deseados de la *REDD*, así como también las posibles oportunidades. Mientras que la perspectiva de la *REDD* bajo ninguna circunstancia atenúa el imperativo de tratar las causas subyacentes a la degradación forestal ni puede resolver nuestra crisis climática por sí sola, este concepto ha sido un fuerte estímulo para una nueva concepción de la gestión de los ecosistemas. Al día de hoy, los bosques siguen desapareciendo y el clima continúa cambiando,



Restos de árboles quemados en la selva amazónica: la deforestación sigue contribuyendo considerablemente a las emisiones globales de CO<sub>2</sub>.  
Fuente: UN-HABITAT/ istockphoto

por lo que se deben debatir, aceptar, poner a prueba y rechazar o mejorar nuevas ideas. El diseño de un plan de deforestación evitada que maximice los beneficios múltiples podría sentar un precedente para enfrentar los desafíos climáticos con enfoques innovadores que sean eficientes, equitativos y eficaces.

### La ventaja de poder elegir

El uso del término “punto de inflexión” es familiar para mucha gente dado que existen expresiones en casi todos los idiomas que describen su significado: la gota que rebasa el vaso, la paja que quiebra el lomo del camello o el menor roce que derriba un objeto grande. Representa a un sistema en medio de una reacción demorada mientras se genera presión dentro de este sistema (Scheffer y otros 2001). En geología e ingeniería, diferentes tipos de materiales granulares no consolidados exhiben ángulos de reposo o estabilidad característicos que dependen de la forma de las partículas, la densidad del material y otros factores. Cuando se sobrepasa este ángulo se produce un colapso abrupto. Este concepto se aplica a la clasificación de peligros de avalancha en regiones montañosas (Barbolini y otros 2004).

Esta acepción del término se utilizó previamente en círculos sociológicos para referirse a demoras sutiles hasta que un factor causante alcanza una masa crítica antes de apelar a la respuesta de una determinada población. Se ha documentado este fenómeno en epidemiología, en tendencias de moda y en la transformación demográfica de comunidades (Gladwell 2000). No obstante, se puede considerar a este término desde una perspectiva alternativa que sugiere la posibilidad de cambiar las condiciones con un esfuerzo mínimo (Gladwell 2000). En estas circunstancias un pequeño esfuerzo puede generar el impulso para llegar al resultado deseado. Esta perspectiva ha inspirado una serie de proyectos dirigidos a crear una masa crítica para cambiar un entorno mayor. Dichos proyectos incluyen huertas en sectores urbanos con altos índices de criminalidad, replantación de manglares y restauración de humedales (Marten y otro 2005).

Es con este sentido de oportunidad potencial que sostenemos que éste es el momento propicio para iniciar una fase de transición deliberada hacia una economía ambientalmente racional. El uso de una “terapia de choque” para alcanzar objetivos macroeconómicos es un enfoque generalmente aceptado (Sachs y Lipton 1990). Esta terapia de choque económico se refiere a políticas que dejan a la economía en caída libre y para estabilizarse sólo con la contribución de mecanismos de mercado. Promueve la desregulación y la violación

de reglas y normas no establecidas por el mercado, un enfoque que recibió severas críticas en 2007 y fue calificado de “capitalismo de crisis” y “doctrina de choque” (Klein 2007).

La economía global actual (estimulada por el transporte a base de hidrocarburos poco costosos, las transacciones internacionales de bienes y servicios, y el tráfico de divisas en fracción de segundos) ciertamente está atravesando una conmoción notable. Esto representa una oportunidad sin precedentes de reparar y actualizar un sistema que se originó en un mundo donde la revolución industrial aún no había comenzado, continentes enteros estaban divididos por la colonización y la población mundial total era igual a la de la Europa actual.

Es hora de un nuevo enfoque y esta opinión está ganando ímpetu: según el Presidente de la Asamblea General de las Naciones Unidas, la Conferencia internacional de seguimiento sobre la financiación para el desarrollo encargada de examinar la aplicación del Consenso de Monterrey reconoció que el contexto internacional había cambiado profundamente en los últimos años. Durante dicha Conferencia, los participantes del debate expresaron un “rechazo universal” al modelo representado por los tratados que siguieron a la Segunda Guerra Mundial, conocidos como el sistema de Bretton Woods o el Consenso de Washington (UN 2008b).

Este momento propicio requiere un sistema económico que valore los bienes y servicios que nos mantienen vivos y posibilitan nuestro bienestar, sobre la base de pensamientos y actividades de décadas de esfuerzos en pos del desarrollo sostenible. La economía ecológica ha estado aplicando principios tales como la ecología industrial a la esfera de la economía durante las últimas dos décadas. Este enfoque propició una gran cantidad de datos, información y conocimientos acerca de cómo cambiar el paradigma económico dominante por otro que valore los servicios de los ecosistemas y el costo de los aportes del patrimonio común, y refleje las enseñanzas de la historia para asegurarnos de que tengamos la opción de volverlas a vivir o no (Pearce y otros 1989, Costanza 2008).

### CONCLUSIÓN

Si queremos evaluar la economía real, es decir todo aquello que contribuye al bienestar sostenible dentro de una economía determinada por los sistemas de la Tierra, en comparación con la economía de mercado expresada exclusivamente por el producto bruto interno (PBI), debemos calcular e incluir al bienestar humano los aportes no negociables ofrecidos por la naturaleza y nuestra sociedad. Los economistas ecológicos clasifican

estos aportes en cuatro tipos básicos de capital necesarios para respaldar a la economía real que produce el bienestar: capital industrial, capital humano, capital social y capital natural (Costanza 2008).

Un mejor modelo de sistema económico debería centrarse, evidentemente, en alcanzar el bienestar humano sostenible, midiendo los progresos de dicha meta de forma clara y explícita. Una de estas mediciones alternativas es la introducción de un indicador de progreso genuino (IPG) que reemplace al PBI a efectos de controlar la salud de la economía. Este tipo de medición da cuenta de la importancia de la sostenibilidad ecológica, la equidad social y la eficiencia económica real. La sostenibilidad ecológica implica reconocer que el capital natural y social no se puede sustituir indefinidamente por el capital industrial y humano, y que los sistemas de la Tierra tienen límites reales para la expansión de la economía de mercado. El cambio climático es, quizás, el más evidente y apremiante de estos límites (Costanza 2008).

La equidad social implica reconocer que la distribución de la riqueza es un determinante clave del capital social y la calidad de vida. El modelo de desarrollo convencional, si bien aparentemente está dirigido a reducir la pobreza, ha asumido que la mejor manera de lograrlo es mediante el crecimiento del PBI. Este supuesto resultó ser equivocado, por lo que se necesita brindar una atención explícita y urgente a los problemas de distribución (Stiglitz 2008).

La creciente desigualdad en los ingresos en realidad reduce el bienestar social general, no sólo para los pobres sino para todo el espectro social. La verdadera eficiencia económica implica la inclusión de todos los recursos que afectan el bienestar humano sostenible en el sistema de distribución, más allá de los bienes y servicios actuales. Nuestro actual sistema de distribución de mercado excluye a la mayoría de los activos y servicios de capital natural y social no comercializados, que son los mayores contribuyentes al bienestar humano (Costanza 2008).

El modelo de desarrollo actual ignora este hecho y, por lo tanto, no alcanza una eficiencia económica real. Un nuevo modelo de desarrollo ecológicamente sostenible podría medir e incluir los aportes del capital natural y social, y acercarse más a una verdadera eficiencia económica. El nuevo modelo de desarrollo también podría reconocer que se requiere una compleja variedad de regímenes de derechos de propiedad para administrar adecuadamente todo el espectro de recursos que contribuyen al bienestar humano.

Por ejemplo, la mayoría de los bienes de capital natural y social son bienes públicos, privatizarlos no

da buenos resultados. Por otra parte, dejarlos como recursos de libre acceso sin derechos de propiedad tampoco sería apropiado, como bien sabemos a partir de los incidentes de contaminación del agua, el suelo y la atmósfera. Lo que necesitamos es una forma alternativa de apropiar estos recursos sin privatizarlos (Barnes 2006). Se han propuesto diversos sistemas de derechos de propiedad común para alcanzar este objetivo, inclusive varias formas de fideicomisos (Barnes y otros 2008).

Además de participar en la regulación de la economía de mercado, la gobernanza para el desarrollo sostenible debería desempeñar un papel importante en la expansión de los sectores comunes, mediante transferencias de propiedad y administración de bienes de capital natural y social no comercializados. En escala anidada, la gobernanza para la sostenibilidad facilita el desarrollo de una visión compartida acerca de cómo sería un futuro deseable para la sociedad (Daly 1996) (Tabla 3).

La clave para lograr una gobernanza sostenible en un contexto globalizado reside en un enfoque integrado (entre escalas, disciplinas, partes interesadas y generaciones) sobre la base del paradigma de una gestión adaptativa donde la formulación de políticas sea un experimento iterativo que reconozca las incertidumbres más que las respuestas estáticas. En una reunión que tuvo lugar en 1997 en Lisboa se acordaron seis principios clave para la gobernanza sostenible de los océanos, que abarcan los criterios esenciales para una gobernanza ambiental integral. Durante la última década, estos Principios de Lisboa se reconocieron como directrices básicas para administrar el uso de los recursos naturales y sociales comunes (Costanza y otros 1998).

**Responsabilidad:** El acceso a recursos de activos comunes conlleva la responsabilidad de usarlos de manera económicamente eficiente, socialmente equitativa y ecológicamente sostenible. Las responsabilidades e incentivos a nivel individual y empresarial deberían coordinarse entre sí y con objetivos sociales y ecológicos más amplios.

**Integración de escalas:** Los problemas de la gestión de bienes de capital natural y social rara vez se limitan a una sola escala. La toma de decisiones debe hacerse a niveles institucionales que maximicen los aportes, garanticen el flujo de información entre esos niveles y otras partes interesadas, tengan en cuenta la propiedad y los actores, e incorporen los costos y beneficios. Las escalas de gobernanza apropiadas serán aquellas que

cuenten con la información más pertinente, puedan responder en forma rápida y eficiente, y estén anidadas, o sea, que puedan integrarse atravesando los límites de escalas.

**Precaución:** Frente a la incertidumbre ante efectos posiblemente irreversibles sobre los bienes de capital natural y social, las decisiones en materia del uso de estos bienes deberían exagerar su prudencia. La carga de la prueba debería caer en aquellos cuyas actividades perjudiquen potencialmente el capital social y natural.

**Gestión adaptativa:** Dado que siempre existe cierto nivel de incertidumbre en el manejo de los bienes comunes, quienes toman las decisiones deberían recabar e integrar la información ecológica, social y económica apropiada al propósito de una mejora adaptativa.

**Distribución de costos totales:** Se deberían identificar y distribuir todos los costos y beneficios internos y externos, inclusive los sociales y ecológicos, de las decisiones alternativas relativas al uso del capital natural y social. Cuando corresponda, deberían ajustarse los mercados a fin de que reflejen la totalidad de los costos.

**Participación:** Todas las partes interesadas deberían participar en la formulación e implementación de decisiones relativas a los bienes de capital natural y social. La plena conciencia y participación de las partes interesadas contribuye a la credibilidad y aceptación de normas que identifiquen y asignen las responsabilidades correspondientes en forma apropiada.

Tabla 3: Un modelo de desarrollo sostenible

	Modelo de desarrollo actual (el "Consenso de Washington")	Modelo de desarrollo sostenible (un "consenso ecológico" emergente)
<b>Objetivo principal de las políticas</b>	<b>Más:</b> Crecimiento económico en el sentido convencional, medido por el PBI. Se asume que el crecimiento finalmente será la solución de todos los demás problemas. Más siempre es mejor.	<b>Mejor:</b> Se cambia el foco del crecimiento al desarrollo en el sentido de mejorar la calidad de vida, reconociendo que el crecimiento suele tener consecuencias negativas. Más no siempre es mejor.
<b>Principal medición de progreso</b>	PBI	IPG (u otro similar)
<b>Límite de capacidad</b>	No representa un problema porque se asume que los mercados pueden superar cualquier límite de recursos mediante nueva tecnología, y que siempre hay sustitutos para los recursos.	Es un problema clave porque es determinante de la sostenibilidad ecológica. Los servicios de los ecosistemas y el capital natural no pueden sustituirse indefinidamente y existen límites reales en los sistemas de la Tierra.
<b>Distribución/ pobreza</b>	Relegada a procesos de políticas nacionales y a la teoría del derrame: con una economía sana, los beneficios llegan a todos.	Es un problema clave porque afecta directamente a la calidad de vida y al capital social y, en ciertos casos, suele verse exacerbado por el crecimiento.
<b>Eficiencia económica/asignación</b>	Es la principal inquietud, pero suele incluir únicamente bienes, servicios e instituciones relacionados con el PBI.	Es un problema clave, pero incluye bienes, servicios y efectos relacionados y no relacionados con el mercado. Hace hincapié en la necesidad de incorporar el valor del capital natural y social para alcanzar una verdadera eficiencia distributiva.
<b>Derechos de propiedad</b>	Se basa en la propiedad privada y los mercados convencionales.	Se basa en el equilibrio entre los regímenes de derechos de propiedad adecuados para la naturaleza y la escala del sistema, y la vinculación de los derechos con las responsabilidades. Un papel más importante para las instituciones de propiedad común además de la propiedad pública y privada.
<b>Función de la gobernanza</b>	Minimizarla y reemplazarla siempre que se pueda por instituciones privadas y de mercado.	Papel central: nuevas funciones como árbitro, facilitador e intermediario en un nuevo conjunto de instituciones de activos comunes.
<b>Principios de gobernanza</b>	Capitalismo de mercado libre (Laissez-faire)	Principios de Lisboa sobre gobernanza sostenible.

Características básicas del modelo de desarrollo actual y un modelo emergente basado en la economía ecológica.

Fuente: Adaptado de Costanza 2008.

## REFERENCIAS

- Ausubel, J. and Waggoner, P.E. (2008). Dematerialization: Variety, caution, and persistence. *Proc. Natl. Acad. Sci. PNAS*. <http://pne.rockefeller.edu/docs/PNAS-2008-Ausubel-0806099105.pdf> [Accessed 21 December 2008]
- Barbolini, M., Cappabianca, F. and Savi, F. (2004). Risk assessment in avalanche prone areas. *Annals of Glaciology* 38, 115-122
- Barnes, P. (2006). *Capitalism 3.0: A Guide to Reclaiming the Commons*. Berrett-Koehler Publishers, Inc. San Francisco, USA
- Barnes, P., Costanza, R., Hawken, P., Orr, D., Ostrom, E., Umaña, A., and Young, O. (2008). Creating an Earth Atmospheric Trust. *Science* 24(5864):724.
- Branan, N. (2008). Chemicals melt out of glaciers. *Geotimes*. [http://www.geotimes.org/aug08/article.html?id=nn\\_glaciers.html](http://www.geotimes.org/aug08/article.html?id=nn_glaciers.html) [Accessed 21 November 2008]
- Costanza, R. (2008). Stewardship for a 'full' world. *Current History*. 107:30-35 [http://www.uvm.edu/giee/publications/Costanza\\_Stewardship\\_2008.pdf](http://www.uvm.edu/giee/publications/Costanza_Stewardship_2008.pdf) [Accessed 21 November 2008]
- Costanza, R., F. Andrade, P. Antunes, M. van den Belt, D. Boersma, D. F. Boesch, F. Catarina, S. Hanna, K. Limburg, B. Low, M. Molitor, G. Pereira, S. Rayner, R. Santos, J. Wilson, and M. Young. (1998). Principles for sustainable governance of the oceans. *Science* 281:198-199
- Costanza, R., Graumlich, L., Steffen, W., Crumley, C., Dearing, J., Hibbard, K., Leemans, R., Redman, C. and Schimel, D. (2007). Sustainability or Collapse: What can we learn from integrating the history of humans and the rest of nature? *Ambio* 36(7), 522-527
- Daly, H.E. (1996). *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press, pp. 253
- Ehrlich P.R. and Erlich A.H. (2008). Nature's Economy and the Human Economy. *Environ Resource Econ.* 39:9-16 DOI 10.1007/s10640-007-9177-5
- Foden, W., Mace, G., Vié, J.-C., Angulo, A., Butchart, S., DeVantier, L., Dublin, H., Gutsche, A., Stuart, S. and Turak, E. (2008). Species susceptibility to climate change impacts. In: J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor and S.N. Stuart (eds). *The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN Gland, Switzerland.
- Gardner, B. (2008). Paying For Forests. *GLOBE Forestry Dialogue*, September 2008
- Gladwell, M. (2000). *The Tipping Point: How little things can make a big difference*. Little, Brown, New York
- Held, H. and Kleinen, T. (2004). Detection of climate system bifurcations by degenerate fingerprinting. *Geophysical Research Letters* 31:L23207
- IOM (2008). International Dialogue on Migration N°10 - Expert Seminar: Migration and the Environment. *International Dialogue on Migration*, p107
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Karsenty, A., Guéneau, S., Capistrano, D., Singer, B. and Peyron, J.L. (2008). Summary of the Proceedings of the International Workshop "The International Regime, Avoided Deforestation and the Evolution of Public and Private Policies Towards Forests in Developing Countries" held in Paris, 21-23 November 2007. *International Forestry Review* 10(3), 424-428
- Klein, N. (2007). *The Shock Doctrine: The Rise of Disaster Capitalism*. Penguin Group, New York
- Lenton, T.M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W., Rahmstorf, S. and Schellnhuber, H.J. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of National Academy of Sciences* 105(6), 1786-1793
- Marten, G., Brooks, S., and Suutari, A. (2005). Environmental Tipping Points: A New Slant on Strategic Environmentalism. *World Watch Magazine* 6(10), p.10-14
- Miles, L. and Kapos, V. (2008). Reducing Greenhouse Gas Emissions from Deforestation and Forest Degradation: Global Land-Use Implications. *Science* 320, 1454-55
- OECD (2008). Aid targets slipping out of reach? Organization for Economic Cooperation and Development <http://www.oecd.org/dataoecd/47/25/41724314.pdf> [Accessed 10 December 2008]
- OECD (2007). OECD Principles for Private Sector Participation in Infrastructure. Organisation for Economic Co-operation and Development <http://www.oecd.org/dataoecd/41/33/38309896.pdf> [Accessed 5 December 2008]
- Pearce, D., Markandya, A. and Barbier, E.B. (1989). *Blueprint for a green economy: Earthscan*, London, Great Britain, 1989. 192 pp., *Blueprint 2: Greening the World Economy: David Pearce (Editor)*, Earthscan, London, Great Britain, 1991. 232 pp. pp. 75-7
- Preskett, L., Huberman, D., Bowen-Jones, E., Edwards, G. and Brown, J. (2008). Making REDD Work for the Poor. Draft final report prepared for the Poverty Environment Partnership
- Sachs, J. and Lipton, D. (1990). Poland's Economic Reform. *Foreign Affairs*, Summer 1990
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C. and Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413,591-596
- Stiglitz, J. (2008). Problems with GDP as an Economic Barometer. Interview with Agence France-Presse 8 January 2008. <http://technorati.com/videos/youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DQUaJMNIW6GA>
- Trivedi, M., Mitchell, A., Mardas, N., Murray-Philipson, H., Parker, C. and Papatgeorgiou, S. (2008). Think PINC - Designing a global ecosystem services payment mechanism to complement REDD. *GCP Forest Foresight Paper 5, Global Canopy Programme*, Wytham, Oxford, UK
- UN (2004). Proceedings of the United Nations Technical Working Group on Long-Range Population Projections, United Nations Headquarters, New York, 30 June 2003. Department of Economic and Social Affairs, United Nations Secretariat, Population Division. [http://www.un.org/esa/population/publications/longrange/long-range\\_working-paper\\_final.PDF](http://www.un.org/esa/population/publications/longrange/long-range_working-paper_final.PDF) [Accessed 12 November 2008]
- UN (2006a). World Population Prospects: The 2006 Revision Population Database. United Nations Population Division. <http://esa.un.org/unpp/>
- UN (2006b). Delivering as One: Secretary-General's High-level Panel on UN System-wide Coherence in the Areas of Development, Humanitarian Assistance, and the Environment. United Nations. <http://www.un.org/events/panel/resources/pdfs/HLP-SWC-FinalReport.pdf> [Accessed 19 December 2008]
- UN (2008a). End Poverty 2015-Millennium Development Goals High-level Event. United Nations. <http://www.un.org/millenniumgoals/2008highlevel/>
- UN (2008b). General Assembly President hails Doha Conference as paving way for 'people centred development'. International Conference on Financing for Development Press Release 2 December 2008. <http://www.un.org/esa/td/doha/press/brookmannpressconf.pdf>
- UNDP (2008). Poverty Eradication, MDGs and Climate Change. United Nations Development Programme, Energy and Environment. <http://www.undp.org/climatechange/adap01.htm> [Accessed 11 November 2008]
- UNEP (2008). Assessment of the State of the Marine Environment. United Nations Environment Programme, Division of Early Warning and Assessment. <http://www.unep.org/dewa/assessments/Ecosystems/water/marineassessment/index.asp> [Accessed 1 November 2008]
- UNFCCC (1992) United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations FCCC/INFORMAL/84/GE.05-62220 (E) 200705
- Van Nes, H.E. and Scheffer, M. (2007). Slow Recovery from Perturbations as a Generic Indicator of a Nearby Catastrophic Shift. *The American Naturalist* 169(6), 738-746
- World Bank (2008). Global Monitoring Report: MDGs and the Environment—Agenda for Inclusive and Sustainable Development. World Bank/ International Monetary Fund. Washington DC, USA
- WRI (2008). *World Resources 2008: Roots of Resilience - Growing the Wealth of the Poor*. World Resources Institute. <http://www.wri.org/publication/world-resources-2008-roots-of-resilience> [Accessed 19 November 2008]

## Siglas y Abreviaturas

ADN	ácido desoxirribonucleico	IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático	UE	Unión Europea
AFP	Agence France-Presse			UNESCO	Organización De las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
AGRA	Alianza para una Revolución Verde en África	IPG	Indicador de Progreso Genuino	USD	Dólares estadounidenses
BAN	Basel Action Network	IUCN	Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza	WBCSD	Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible
BBC	British Broadcasting Corporation	IWMI	Instituto Internacional para el Manejo del Agua	WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza
BPC	bifenilos policlorados	MA	Evaluación de los Ecosistemas del Milenio		
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica	mg/kg	miligramos por kilogramo		
CFC	clorofluorocarbono	mg/l	miligramos por litro		
CICR	Comité Internacional de la Cruz Roja	MIT	Massachusetts Institute of Technology		
CITES	Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres	MSS	Medio ambiente, salud y seguridad		
cm	centímetro	NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (de los EE.UU.)		
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos		
CO2	dióxido de carbono	ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio		
COP	Conferencia de las Partes	OMC	Organización Mundial del Comercio		
CRED	Centro para la Investigación de la Epidemiología de los Desastres	OMS	Organización Mundial de la Salud		
DAESNU	Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas	ONG	Organización no gubernamental		
DDT	Diclorodifeniltricloroetano	ONU	Organización de las Naciones Unidas		
EDF	Electricité de France	ONU-Hábitat	Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos		
EE.UU.	Estados Unidos de América	PBI	Producto Bruto interno		
ENSO	El Niño/Oscilación Austral	PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo		
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente		
FIFA	Federación Internacional de Fútbol Asociado	PSA	Pago por servicios ambientales		
GEI	gas de efecto invernadero	RDC	Reública Democrática del Congo		
GEO	Perspectivas del Medio Ambiente Mundial (del PNUMA)	REDD	Reducción de emisiones provocadas por la deforestación y degradación		
		RU	Reino Unido		
		UCSB	Universidad de California, Santa Bárbara		

# Reconocimientos

## Gestión de los Ecosistemas

### Autor principal:

Jason Jabbour, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

### Colaboradores:

Traci Birge, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya  
Carol Hunsberger, Carleton University, Ottawa, Canadá  
Mirjam Schomaker, Consultora, Francia

### Revisores:

Marten Scheffer, University of Wageningen, Wageningen, Países Bajos  
Martin Kijazi, University of Toronto, Toronto, Canadá  
Marcus Lee, World Bank, Washington DC, EE.UU.  
Tim Kasten, Elizabeth Migongo-Bake, Matthew Woods, y Adriaan Tas, UNEP DEPI, Nairobi, Kenya  
Monika MacDevette y Barney Dickson, UNEP-WCMC, Cambridge, RU  
Martina Otto, UNEP DTIE, París, Francia  
Anne-France White, UNEP DCPI, Nairobi, Kenya

### Coordinador del capítulo:

Jason Jabbour, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

## Sustancias nocivas y desechos peligrosos

### Autor principal:

Tahia Devisscher, Stockholm Environment Institute, Oxford, RU

### Colaboradores:

Thomas Hayden, Stanford University, Stanford, EE.UU.  
Jason Jabbour, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

### Revisores:

Patrice Jourda, University of Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire  
David Rickerby, Centro Común de Investigación de la Comisión Europea, Ispra, Italia

### Coordinador del capítulo:

Thierry Oliveira, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

## Cambio climático

### Autor principal:

Fred Pearce, autor y periodista independiente, RU

### Colaborador:

Catherine McMullen, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

### Revisores:

Tim Lenton, University of East Anglia, Norwich, RU  
John Christensen, UNEP/ Risoe Centre, Roskilde, Dinamarca  
Olivier Deleuze, UNEP DRC, Nairobi, Kenya  
Volodymyr Demkine y Jason Jabbour, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya  
Kaveh Zahedi y Mark Radka, UNEP DTIE, París, Francia  
Jian Liu and Anna Kontorov, UNEP DEPI, Nairobi, Kenya

### Coordinador del capítulo:

Neeiyati Patel, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

## Desastres y conflictos

### Autor principal:

Thomas Hayden, Stanford University, Stanford, USA

### Colaboradores:

Catherine McMullen, Jason Jabbour, y Márton Bálint, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

### Revisores:

R. Norberto Fernández, Peter Gilruth, y Neeiyati Patel, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya  
Johannes Refisch, UNEP DEPI, Nairobi, Kenya

### Coordinador del capítulo:

Volodymyr Demkine, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

## Eficiencia de recursos

### Autor principal:

Catherine McMullen, Susanne Bech, Jason Jabbour, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya  
y Marilyn Smith, Science Writer, París, France

### Colaboradores:

Bas de Leeuw, UNEP DTIE, Nairobi, Kenya  
John Kryger, Industrial Symbiosis Institute, Kalundborg, Dinamarca  
Michael Kuhndt, Christa Liedke, y Patrick Schröder, UNEP/ Wuppertal Institute, Wuppertal, Alemania  
Guido Sonnemann, UNEP DTIE, París, Francia

### Revisores:

Girish Sethi, The Energy and Resources Institute, New Delhi, India  
Weishuang Qu, Millennium Institute, Arlington, EE.UU.  
Jinhua Zhang, UNEP DEWA, Bangkok, Tailandia  
Surya Prakash Chandak, UNEP DTIE, Kusatsu, Japón

### Coordinador del capítulo:

Susanne Bech, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

## Gobernanza ambiental

### Autor principal:

Catherine McMullen, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

### Colaboradores:

Jason Jabbour, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya  
Anna Stabrawa y Jinhua Zhang, UNEP DEWA, Bangkok, Tailandia  
Diana Rizzolio, Jaap van Woerden, y Ron Witt, UNEP DEWA, Ginebra, Suiza  
Adel Farid Abdel-Kader, UNEP DEWA, Manama, Bahrain  
Ashbindu Singh, UNEP DEWA, Washington DC, EE.UU.

### Revisores:

Jan Bakkes, Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven, Países Bajos  
Ian Douglas, SCOPE and University of Manchester, Manchester, RU  
Tim Lenton, University of East Anglia, Norwich, RU  
Bedrich Moldan, Charles University, Praga, República Checa  
Marten Scheffer, University of Wageningen, Wageningen, Países Bajos  
Marko Berglund, UNEP DELC, Nairobi, Kenya  
John Scanlon, UNEP EO, Nairobi, Kenya  
Peter Gilruth, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

### Coordinador del capítulo:

Catherine McMullen, UNEP DEWA, Nairobi, Kenya

## PRODUCCIÓN

### Equipo de Producción de Nairobi:

Susanne Bech  
Jason Jabbour  
Catherine McMullen

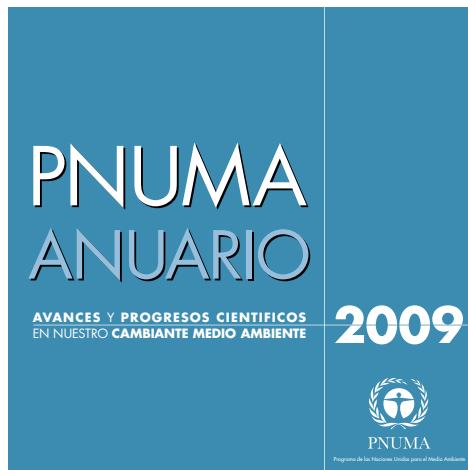
### Equipo de apoyo:

Márton Bálint  
Audrey Ringler  
Cornelius Okello  
Neeiyati Patel  
Matthias Philippi  
Beth Ingraham  
Nalini Sharma  
Harsha Dave  
Sylvia Adams  
Josephine Nyokabi Mwangi

### Editores:

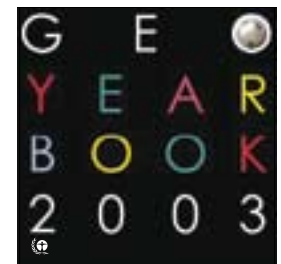
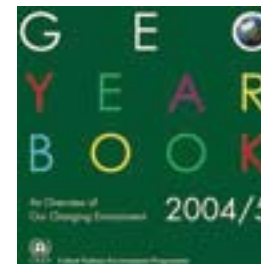
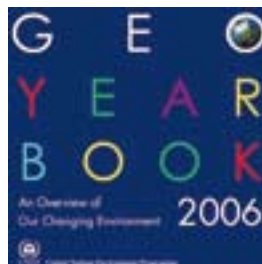
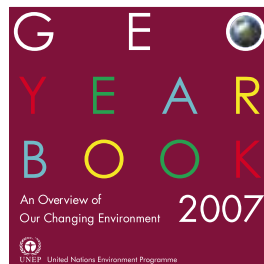
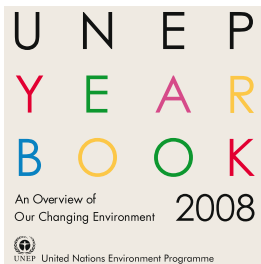
Catherine McMullen  
Thomas Hayden

## Colección de Anuarios



### Anuario 2009

El Anuario 2009 del PNUMA presenta una selección de nuevos descubrimientos científicos y acontecimientos durante el año 2008 que probablemente determinen importantes cuestiones y tendencias ambientales en 2009. Ampliamente ilustrado, el Anuario examina los avances recientes en la gestión de los ecosistemas, sustancias nocivas y desechos peligrosos, cambio climático, desastres y conflictos, eficiencia de recursos y gobernanza ambiental, con un enfoque temático interdisciplinario de los efectos acumulativos de las cuestiones y problemas ambientales más apremiantes.



Descargue gratuitamente el Anuario 2009 en línea en: <http://www.unep.org/geo/yearbook/> o adquiera los ejemplares impresos del Anuario disponibles en inglés, francés, español, ruso, árabe y chino por USD 20,00 cada uno (más gastos de envío y entrega). Los pedidos de países en desarrollo gozan del 25% de descuento. La colección completa de Anuarios puede adquirirse a precio reducido.

Para hacer su pedido del último Anuario impreso o de las ediciones anteriores, sírvase escribir a [unep@earthprint.org](mailto:unep@earthprint.org). También puede hacer su pedido en línea en [www.earthprint.com](http://www.earthprint.com). Para pedidos postales, sírvase escribir a la dirección abajo citada. Para otras publicaciones del PNUMA, sírvase visitar [www.earthprint.com](http://www.earthprint.com).

EarthPrint Limited  
P.O. Box 119, Stevenage  
Hertfordshire SG14TP, Inglaterra

**Por favor, tómese unos minutos para completar el cuestionario en línea en  
[www.unep.org/geo/yearbook/](http://www.unep.org/geo/yearbook/)  
Su participación será muy apreciada. Gracias.**

El Anuario 2009 del PNUMA presenta los avances actuales en la comprensión científica del cambio en el medio ambiente mundial, así como una perspectiva de los posibles problemas por venir. Su objetivo es crear conciencia acerca de los vínculos entre las diversas cuestiones ambientales que pueden acelerar el ritmo de los cambios y amenazar el bienestar humano.

En sus seis capítulos, el Anuario 2009 del PNUMA examina los nuevos avances y progresos científicos, y trata los efectos acumulativos de la degradación de los ecosistemas, de la liberación de sustancias nocivas para los ecosistemas y para la salud humana, las consecuencias del cambio climático, las pérdidas humanas y económicas por causa de desastres y conflictos, y la sobre-explotación de los recursos. El Anuario destaca la urgencia con la que se requiere una gobernanza responsable de cara a umbrales y puntos de inflexión inminentes.

*"...El Anuario 2009 del PNUMA aparece con un telón de fondo de inquietudes en materia de alimentos, combustibles y finanzas que ponen en evidencia las opciones que deberá encarar la humanidad en el siglo XXI."*

*"...Esas opciones se centran en encontrar un futuro mejor y más sostenible en los viejos modelos económicos del siglo XX o en un nuevo enfoque de Economía Verde, que recompense la mayor eficiencia de recursos, la óptima gestión de activos naturales y el empleo digno, tanto en el mundo desarrollado como en desarrollo."*

*"...La respuesta a esta alternativa se puede encontrar en las conclusiones del Anuario 2009..."*

Achim Steiner, Secretario General Adjunto de las Naciones Unidas y  
Director Ejecutivo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Programa de las Naciones Unidas  
para el Medio Ambiente  
P.O. Box 30552  
Nairobi 00100, Kenya  
Tel.: (+254) 20 7621234  
Fax: (+254) 20 7623927  
Correo electrónico:  
unep@unep.org

[www.unep.org](http://www.unep.org)

978-92-807-2989-4  
DEW/1123/NA