



## La degradación costera en el Caribe, un alto precio que pagar

**E**valuaciones recientes en el Caribe indican que los sólidos suspendidos en los ecosistemas marino-costeros están ocasionando severos impactos medioambientales en la región<sup>(a)</sup>. Los sectores económicos claves están amenazados por la sedimentación y el escurrimiento excesivo, y escenarios futuros indican potenciales aumentos en las cantidades de sedimentos transportados al mar proveniente de la tierra. ¿Se puede hacer algo antes que las comunidades locales puedan ser irreversiblemente afectadas por estos procesos?

Los ecosistemas costeros se encuentran entre los más productivos y altamente amenazados en el mundo, y en la actualidad están experimentando acelerados cambios medioambientales<sup>(1)</sup>. La baja calidad del agua en las áreas costeras puede llevar a la rápida degradación de hábitat y biodiversidad, lo cual impacta negativamente en muchas actividades económicas y bienestar social.

Los rápidos cambios en el uso de la tierra y el desarrollo costero que se evidencia en los países caribeños pueden provocar un aumento del escurrimiento y erosión, que a su vez provoca un incremento de la descarga de sedimentos en el medio marino. Las insostenibles prácticas agrícolas (uso excesivo y/o indebido de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos) incorporan compuestos químicos a la carga de sedimento. Este fenómeno puede aumentar la toxicidad de estos sedimentos, convirtiéndolos en una amenaza medioambiental aun mayor. El último informe

global del Estado del Medio Ambiente Marino<sup>(2)</sup> refleja que el escurrimiento agrícola, la deposición de nutrientes, y los cambios en el transporte sedimentos son algunos temas dónde no existe progreso o la situación es peor.

Estas tendencias provocan una seria preocupación relacionada a la salud del medioambiente marino costero. Las predicciones estimadas de erosión, transporte de sedimentos y nutrientes y descarga en la boca de los ríos de cerca de 400 cuencas hidrológicas del Arrecife Mesoamericano para el uso potencial de la tierra en el 2025, adaptado de diversos escenarios de la Perspectiva Global del Medio Ambiente 4<sup>(3)</sup> muestran que es posible un aumento del 13% de la descarga de sedimentos comparado con la situación actual, a no ser que exista un fuerte compromiso al desarrollo sostenible<sup>(b)</sup>.

Los gobiernos del Gran Caribe reconocieron la crucial importancia del Mar Caribe para el desarrollo económico, y firmaron, en 1986 el Convenio de Cartagena para la Protección y Desarrollo de la Región del Gran Caribe. No obstante, a pesar de este acuerdo regional, los ecosistemas terrestres y marino-costeros continúan bajo la severa amenaza de los impactos de la sedimentación.

**Fig. 1 Arrecifes en peligro y deforestación**

Este mapa muestra que en general el riesgo vinculado a la sedimentación está relacionado tanto con la pérdida de suelo como a la deforestación lo que conlleva a altas tasas de escurrimiento.



## ¿Qué causa la erosión del suelo hacia el mar?

Las fuentes difusas (no puntuales) de contaminación se incorporan a los océanos a través del escurrimiento, la precipitación, la deposición atmosférica, los drenajes, la lixiviación, la modificación hidrológica e incluso a través de marinas y actividades acuáticas. Estimaciones globales predicen que las actividades humanas han incrementado el flujo sedimentos en los ríos, tanto por las fuentes puntuales como por las difusas, en aproximadamente un 20%<sup>(1)</sup>. En 1999, cuando el Protocolo FTCM fue desarrollado para la Región del Gran Caribe, se consideraba que el escurrimiento agrícola era la principal fuente de contaminación difusa y los sedimentos eran la mayor carga de contaminante que se incorporaba al ambiente marino del Mar Caribe

**Las operaciones forestales** pueden generar cantidades significantes de contaminación difusa. La maquinaria pesada usada para remover la vegetación deja el suelo expuesto y susceptible a ser removido por la escorrentía, sobre todo en aquellas áreas del Caribe donde la pendiente es abrupta. La erosión en el trópico puede ser hasta 20 veces superior en áreas deforestadas, comparada con áreas de alta cobertura boscosa<sup>(1)</sup>. La construcción y uso de carreteras representa, comúnmente, la fuente principal de contaminación difusa de las operaciones forestales, constituyendo cerca del 90% del total de la carga de sedimento aportado por este sector<sup>(c)</sup>. La tendencia general es que, en la mayoría de los países, las áreas boscosas han disminuido durante las últimas décadas, encontrándose las proporciones más altas de deforestación en América Central<sup>(5, 6)</sup>.

En el **sector agrícola** durante las últimas cuatro décadas, la mayor expansión de tierra cultivable en el mundo, tanto en el área física de la tierra y como en proporciones, tuvo lugar en Latinoamérica y el Caribe, y las predicciones para 2030 indican que esta continuará<sup>(7)</sup>. Las prácticas agrícolas insostenibles exponen y afectan los suelos, haciéndolos más vulnerables a la erosión durante las tormentas y aumentando el escurrimiento de sedimentos erosionados, a menudo combinado con fertilizantes y pesticidas, a aguas superficiales y por consiguiente al

mar. En las islas caribeñas con formación geológica volcánica, los suelos no se encuentran bien desarrollados como en otras partes del mundo, y generalmente poseen bajos niveles de materia orgánica lo que también contribuye a las tasas de erosión<sup>(d)</sup>. Facilidades técnicas para recolectar y almacenar al escorrentía superficial son poco común, a menos que sean de interés para uso industrial y/o municipal.

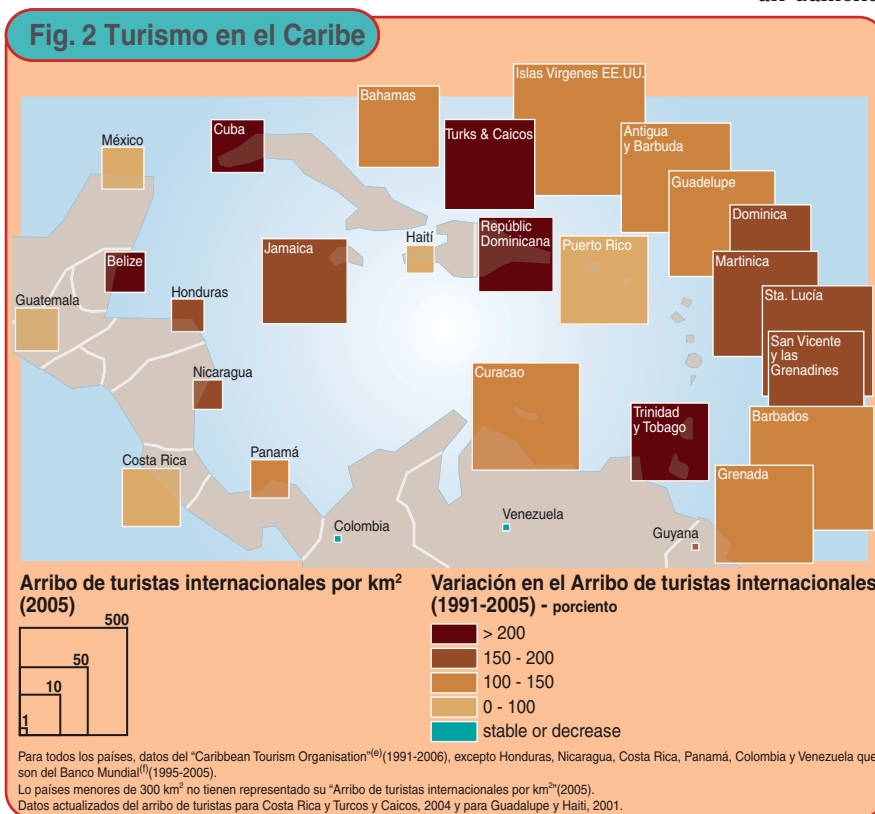
Las **áreas urbanas y el desarrollo costero** se están extendiendo en toda la región. El crecimiento de las poblaciones costeras y el incremento del número de turistas (Fig.2) están añadiendo presiones a los ecosistemas marinos. En los últimos 15 años, el número de habitaciones destinadas al turismo se duplicó y en muchos países estas cifras continúan creciendo rápidamente<sup>(c)</sup>. En los sitios de construcción, el suelo expuesto y el que no está debidamente confinado puede terminar fácilmente en el escurrimiento que descarga al mar, y los sedimentos y sólidos constituyen el mayor volumen de carga contaminante a las aguas receptoras en áreas urbanas<sup>(c)</sup>. También, en las zonas urbanas la impermeabilización del suelo acelera el escurrimiento superficial debido a que el agua no puede filtrarse fácilmente en la tierra, incrementando la carga contaminante de sedimentos, grasas y aceites, químicos tóxicos, nutrientes, pesticidas, y metales pesados e incluso virus y bacterias provenientes de sistemas sépticos fallidos.

Considerando que las aguas residuales domésticas son por sí solas una fuente de contaminación, ej. nutrientes y patógenos, el vertido de estas aguas sin tratamiento o tratamiento deficiente es una importante fuente puntual aportadora de sedimentos, como por ejemplo en el manejo inadecuado de lodos residuales y tanques sépticos. El indicador de amenaza asociado al desarrollo costero identifica a un tercio de los arrecifes de la región como amenazados por las presiones asociadas al desarrollo costero, incluyendo la descarga de los sistemas de alcantarillado, el escurrimiento urbano, la construcción y el desarrollo turístico<sup>(4)</sup>.

El informe más reciente sobre el cambio climático<sup>(8)</sup> sugiere un aumento probable de la frecuencia de eventos de precipitación intensa, lo que incrementará la probabilidad de erosión y escurrimiento de los sedimentos. Además, en las pequeñas islas, se espera un aumento de los daños ocasionados por penetraciones del mar durante tormentas debido a la elevación del nivel del mar. Los cambios en la temperatura del mar impactarán los ecosistemas costeros como los manglares, lagunas costeras y arrecifes coralinos.

## ¿Cómo se afecta el medio ambiente y las comunidades?

El aumento de la descarga de sedimentos en las aguas costeras incrementa la turbidez, reduce los niveles de penetración de luz solar e incluso pueden provocar al sofocamiento y muerte de los corales en poco tiempo. Un análisis reciente del escurrimiento en cuencas implementado para más de 3 000 cuencas de 35 países que descargan al Mar Caribe muestra que un tercio de todos los arrecifes del caribe están amenazados por la sedimentación, con un 20% clasificado como altamente amenazados (Fig.1).



### El turismo

La degradación de los ecosistemas costeros y arrecifes coralinos pueden conllevar a importantes pérdidas económicas debido, por ejemplo, a la disminución del número de visitantes. Los buzos constituyen aproximadamente 10% del total de turistas en el Caribe, y este grupo, por sí solo, representa el 17% de las ganancias totales debidas al turismo<sup>(4)</sup>. En el general, los buzos en el Caribe gastan entre 60 a 80% más que otros turistas, convirtiendo a este grupo en turistas de alto valor. Para el 2015 se prevé una declinación en las ganancias asociadas al turismo de hasta un 5% (hasta \$300 millones por año) debido a la continua degradación de los arrecifes<sup>(4)</sup>.

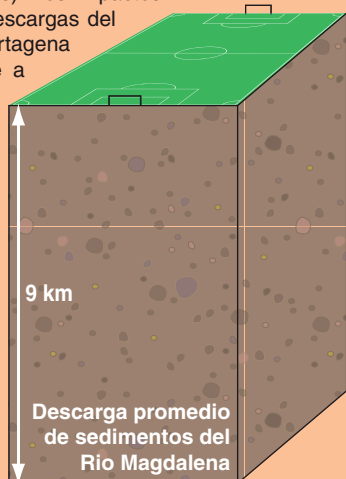
### Protección de la línea de la costa

Se estima que entre el 70 y el 90% de la energía de olas generadas por el viento es adsorbida por los arrecifes y manglares (dependiendo de su estado físico y características ecológicas)<sup>(9)</sup>. En el Caribe, más del 20% de los litorales está protegido por los arrecifes. La estadística de todos los ciclones tropicales en el periodo 1973-2003 muestra que la frecuencia media para cualquier área en el Caribe es un ciclón tropical cada cinco años (0.2 por año), y hasta un evento meteorológico cada dos años (0.45 por año) en algunas áreas<sup>(9)</sup>. Penetraciones del mar inducidas por estos eventos pueden tener considerables impactos medioambientales y socio-económicos, además de que puede acelerar la erosión y la pérdida del hábitat asociada, aumentar la salinidad en los estuarios y acuíferos, cambio en el transporte de sedimentos y nutrientes, e incrementar las inundaciones costeras<sup>(6)</sup>. Los hábitats costeros también pierden su capacidad natural de auto-depuración a medida que los manglares, los humedales costeros y pastos marinos decrecen<sup>(6)</sup>. La pérdida de hábitat de los pastos marinos está principalmente asociada con la degradación de la calidad del agua como consecuencia de las elevadas cargas de nutrientes y sedimentos (Fig.3).

### Fig. 4 Presión del Río de Magdalena

En Colombia, el río Magdalena es el más grande que descarga directamente en el Mar Caribe. Entre 1972 y 1998, se estima que ha descargado cerca de 4 000 millones de toneladas de sedimento a la costa caribeña. El río descarga anualmente un promedio de 96 millones de metro cúbicos, el volumen equivalente a un campo del fútbol de casi 9 kilómetros de profundidad, o 320 000 camiones básica.

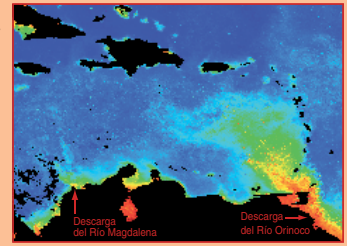
Múltiples factores afectan los ecosistemas costeros en esta área, pero el efecto de la escorrentía del Río Magdalena ha sido constante y muy prolongado (varias décadas). Los impactos de la carga de sedimento y las descargas del Canal del Dique a la Bahía de Cartagena han contribuido significativamente a la desaparición parcial de las formaciones de coral y también a una considerable reducción en la abundancia de pastos marinos en la bahía y las áreas contiguas. Los periodos de alta descarga coinciden con el declive de coral vivo en los alrededores de Islas Rosario (un complejo de arrecifes coralinos que constituye un área protegida). Otro análisis muestra que, en el 2001, solo permanecía el 8% de los pastos marinos que existían en la Bahía de Cartagena en la década de 1930.



Fuente de datos: Restrepo 2006<sup>(10)</sup>

### Fig. 3 Monitoreo satelital de aguas costeras y océanos

Los sensores remotos con base satelital pueden ser empleados para monitorear y estudiar diversos fenómenos en los océanos y las aguas costeras. En la actualidad, los datos de los sensores pueden usarse para captar información sobre las concentraciones de clorofila y otros factores como la turbidez (Cantidad de partículas suspendidas) del agua. Por ejemplo, esta imagen fue tomada con el sensor de SeaWiifs en septiembre 2007: mientras más brillante el color, superior la concentración en el clorofila (rojo brillante indica valores de 10 mg/m<sup>3</sup>). La descarga del río Orinoco es claramente visible con su pluma de clorofila hacia el norte. La pluma de Magdalena es también ligeramente visible.



Fitoplancton, mezclado con el sedimento y otras materias orgánicas, se muestran como remolinos verde-azules a lo largo del margen costero de la Península de Yucatán (México) en esta imagen de MODIS tomada el 5 de febrero de 2006. Los florecimientos de fitoplancton son frecuentemente alimentados por la escorrentía superficial; los nutrientes son arrastrados por los ríos y descargados en el océano de dónde son llevados a la superficie por las corrientes profundas. Los sistemas de arrecifes coralinos en el mundo se encuentran entre los ecosistemas más productivos; aunque solo ocupan un fragmento diminuto de la superficie terrestre, producen grandes cantidades de material orgánico biótico o biomasa. Los pastos marinos son también importantes pues proporcionan el hábitat (comida y resguardo) a una gran variedad de organismos acuáticos. Estas regiones se encuentran bajo una gran presión por diversas razones, incluyendo la erosión ocasionada por el desarrollo costero, la elevación del nivel del mar, la sobrepesca y el turismo.



### La pesca

Se estima que el sector pesquero en el Caribe se verá muy impactado por la continua degradación de los ecosistemas costeros. Las estimaciones predicen que para el 2015, la degradación de los corales, pueden causar un decrecimiento en las pesquerías del 30-45% (pérdidas de 95-140 millones de dólares americanos por año). En las islas caribeñas, cerca de 120 000 personas laboran a tiempo completo en el sector pesquero, y millones dependen de peces arrecifales como una fuente vital de proteína<sup>(4)</sup>.

### La salud humana

El envenenamiento por ciguatera en los humanos se adquiere al ingerir peces arrecifales contaminados con una toxina conocida como ciguatoxina que tiene su origen en algas tóxicas presentes en las áreas de arrecifes coralinos y que se transfieren en la cadena alimenticia. El por qué las algas marinas producen toxinas es un fenómeno aun en investigación, ha sido reportado que las actividades que aumentan el crecimiento de las macro-algas, como la entrada de aguas residuales y el ecurrimiento, incrementan la incidencia de esta enfermedad<sup>(11)</sup>.

### La agricultura

La valiosa pérdida de suelo a velocidades tan altas como 133 t/ha/a ha sido reportada para suelos erosionados en el Caribe<sup>(1)</sup> (Fig.4). Utilizando una densidad media del suelo de 1.6 t/m<sup>3</sup>, esta cantidad representa aproximadamente 83 m<sup>3</sup> de suelo por hectárea por año - aproximadamente 10 camiones basculantes normales llenos de tierra para un área del tamaño de un campo de fútbol por año. Mientras grandes cantidades de escorrentía superficial se produce durante la época de lluvia, un déficit suelo-agua, puede ocurrir durante la época seca, resultando en un declive en el rendimiento de la cosecha<sup>(1)</sup>. El suelo se está volviéndose cada vez más un recurso limitado, amenazando la seguridad alimenticia y los ingresos del sector agrícola el cual es de vital importancia para los países caribeños.

## ¿Qué se puede hacer?

Las iniciativas individuales combinadas con instrumentos legales bien diseñados ayudan a abordar el problema de las fuentes no puntuales de contaminación. Aunque los puntos exactos de la contaminación proveniente de estas fuentes no son identificables, se conoce que dependiendo de las condiciones y el comportamiento humano se pueden desprender grandes volúmenes de sedimentos y contaminantes. Ejemplos de acciones de mitigación relacionadas a la agricultura, manejo de bosques, y áreas urbanas son:

- . **Trampas de sedimentos** o estructuras de paja usadas en los sitios de construcción para filtrar sedimentos del drenaje pluvial, atrapar materiales y disminuir el escurrimiento;

- . **La vegetación de la franja hidrológica** entre y alrededor de áreas de alto escurrimiento superficial (ej. estacionamientos, caminos), entre campos de cultivos y alrededor de operaciones forestales para absorber suelo, fertilizantes, pesticidas u otros contaminantes que pueden alcanzar el agua;

- . **Estanques de retención** y humedales construidos para capturar el escurrimiento y agua pluvial, sedimentos y contaminantes;

- . **Conservación del suelo** debido al menor arado de la tierra lo cual también ayuda a retener nutrientes o pesticidas aplicados;

- . **Planes de manejo de nutrientes** para ayudar a reducir escurrimiento de nutrientes aplicando solo los fertilizantes necesarios;

- . **Diseño, manejo y ubicación de caminos en bosques** para evitar para evitar situaciones que causan fuerte contaminación difusa;

- . **Replantar** árboles después del corte para reducir la erosión;

- . **Planificación** de las actividades forestales para evitar trabajos durante la época lluviosa, migración y desove de peces.

## Fig. 5 Sustituyendo lo natural por lo artificial

En años recientes se observa la tendencia de construir arrecifes artificiales (ej. bolas de coral) para reemplazar los arrecifes naturales o crear sistemas nuevos. El propósito es actuar como una barrera física para atenuar las olas, sin embargo este enfoque es caro y poco factible para grandes áreas. Además, los arrecifes artificiales nunca podrán reemplazar todas las funciones de ecosistema de los

**Bolla de coral como tecnología rompeolas en Antigua**



Foto: The Reefball Foundation<sup>(k)</sup>

arrecifes naturales. Las bolas de coral ya han sido instaladas en 14 islas del Caribe así como en varios países latinoamericanos (Reefball Foundation<sup>(k)</sup>). Se debe ser muy cuidadoso con tales proyectos, pues los trabajos de ingeniería de costas pueden alterar los movimientos naturales del sedimento, y en muchos casos, podrían acelerar la erosión o crear problemas imprevistos en la línea de costa adyacente<sup>(6)</sup>.

- . **Establecer planes de manejo** de los lodos residuales para reducir los impactos negativos en el medioambiente y la salud humana.

El *Protocolo concerniente a las Fuentes Terrestres de Contaminación* (Protocolo FTMC), el cual fue desarrollado en el marco del *Convenio de Cartagena*, proporciona una guía adicional para la toma de medidas dirigidas a reducir los impactos de la contaminación en el medioambiente marino. El Anexo Técnico IV aborda específicamente el control de las fuentes no puntuales de contaminación agrícola.

## Conclusión

Los problemas asociados con las fuentes de contaminación difusas dramáticamente afectan todos los sectores en los cuales la Región de Gran Caribe es fundamentalmente dependiente; el *turismo*, *pesca* y *agricultura*. La calidad y cantidad de los recursos de agua potable en la región también puede ser impactada por la sedimentación proveniente de áreas superiores de las cuencas. Escurrimientos contaminados y sedimentación están fuertemente vinculados a las actividades humanas, y mejores prácticas de manejo pueden reducir significativamente sus fuentes e impactos.

Sources: <sup>1</sup> MA 2005, Millennium Ecosystem Assessment 2005. "Ecosystems and Human Well-being: current state and trends, Volume 1".

<sup>2</sup> UNEP 2006. "The State of the Marine Environment - Trends and Processes".

<sup>3</sup> UNEP 2007. "GEO-4".

<sup>4</sup> WRI 2004. "Reefs at Risk in the Caribbean".

<sup>5</sup> FAO 2006. "Global Forest Resources Assessment 2005 - Progress Towards Sustainable Forest Management", FAO Forestry Paper 147 (FRA 2005). Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, 2006

<sup>6</sup> WRI 2001. "Pilot analysis of global ecosystems - coastal ecosystems".

<sup>7</sup> FAO 2003. "World Agriculture: towards 2015/2030, an FAO perspective".

<sup>8</sup> IPCC 2007. "The Fourth Assessment Report".

<sup>9</sup> UNEP-WCMC 2006. "In the front line: shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs".

<sup>10</sup> Restrepo J.D et al. 2006. "Fluvial fluxes into the Caribbean Sea and their impacts on coastal ecosystem: The Magdalena River, Colombia". Global and Planetary Change, Volume 50, Issues 1-2, February 2006, Pages 33-49.

URLs: <sup>a</sup> GIWA (Global International Water Assessment) en [www.giwa.net](http://www.giwa.net)

<sup>b</sup> ICRAN-MAR. 2006 en [www.icran.org/MAR/icran\\_mar.html](http://www.icran.org/MAR/icran_mar.html)

<sup>c</sup> US EPA Nonpoint Source Pointers (Fact sheets) en [www.epa.gov/owow/nps/facts](http://www.epa.gov/owow/nps/facts)

<sup>d</sup> FAO 2000. Land Resources Information Systems in the Caribbean - Proceedings of a Subregional Workshop held in Bridgetown, Barbados 2-4 October 2000 en [www.fao.org/DOCREP/004/Y1717E/y1717e21.htm](http://www.fao.org/DOCREP/004/Y1717E/y1717e21.htm)

<sup>e</sup> The Caribbean Tourism Organisation en [www.onecaribbean.org](http://www.onecaribbean.org)

<sup>f</sup> The World Bank's "World Development Indicators 2005" en <http://devdata.worldbank.org/wdi2005>

<sup>g</sup> UNEP/GRID-Europe Preview en [www.grid.unep.ch/preview](http://www.grid.unep.ch/preview)

<sup>h</sup> UN Atlas of the Oceans, 2007 en [www.oceansatlas.org](http://www.oceansatlas.org)

<sup>i</sup> NASA Visible Earth - A catalog of NASA images and animations of our home planet en <http://visibleearth.nasa.gov>

<sup>j</sup> NASA Ocean Color Web en <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>

<sup>k</sup> The Reefball Foundation 2007 en [www.reefball.org](http://www.reefball.org)

<sup>l</sup> Caribbean Environment Programme (CEP) en [www.cep.unep.org](http://www.cep.unep.org)



Esta publicación fue elaborada con la valiosa colaboración de Christopher Corbin y Jean-Nicolas Poussart del Programa Ambiental del Caribe del PNUMA a los cuales quisieramos agradecer.

### Para mas información

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente  
Division de Evaluación y Alerta Temprana  
Oficina Regional para America Latina y el Caribe, Panamá  
Correo electrónico: [earlywarning@grid.unep.ch](mailto:earlywarning@grid.unep.ch)  
Web: [www.grid.unep.ch/ew](http://www.grid.unep.ch/ew)  
[www.pnuma.org](http://www.pnuma.org)

El PNUMA promueve las prácticas favorables al medio ambiente en todo el mundo y en sus propias actividades. Esta publicación está impresa en papel 100 por ciento libre de cloro y ácido, con tinta vegetal, bajo Imprim'Vert® certificado. Nuestra política de distribución busca reducir los rastros de carbono del PNUMA.