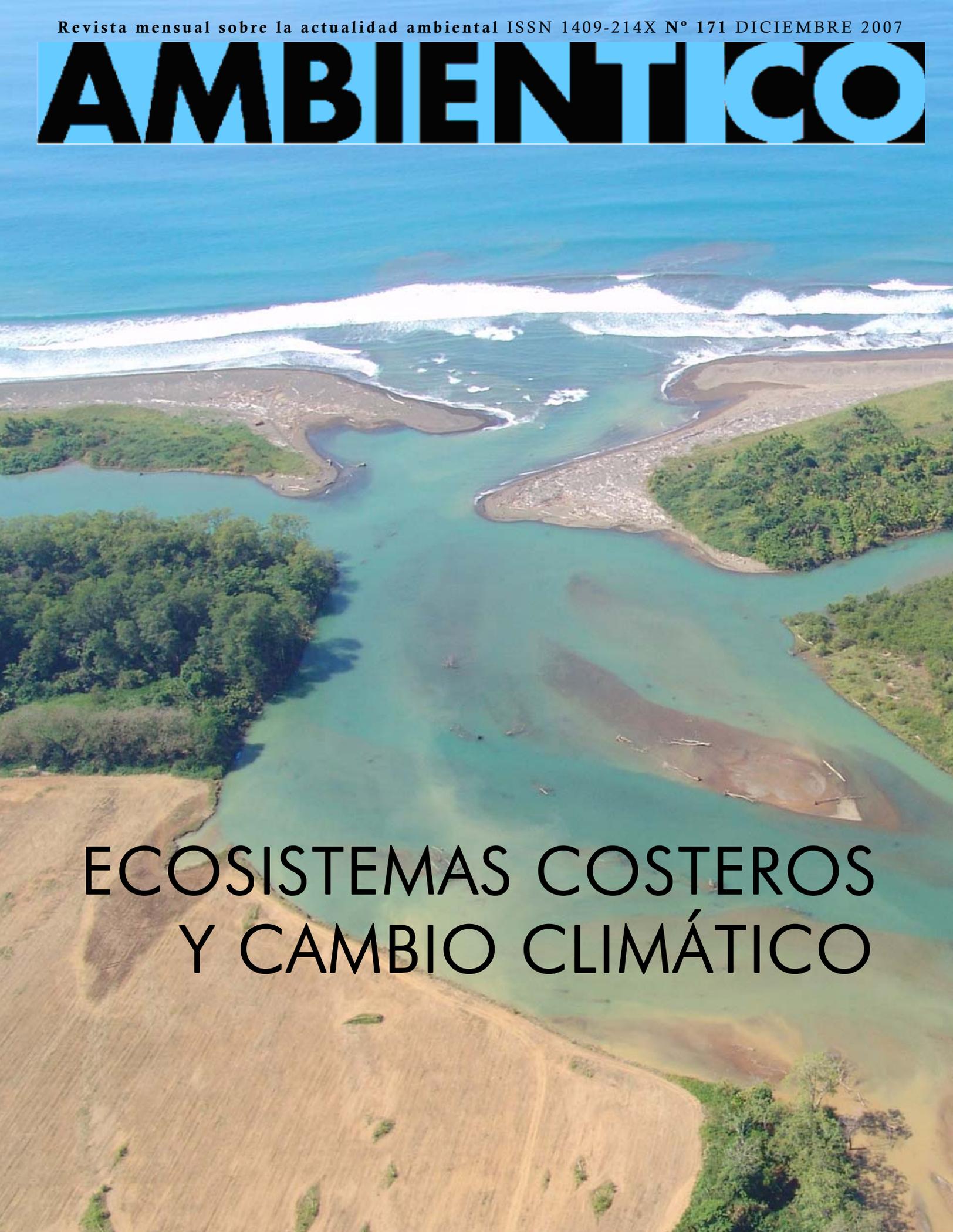


# AMBIENTICO

An aerial photograph of a coastal ecosystem. In the foreground, there is a large, flat, brownish field, possibly a dry riverbed or a cleared area. To the right, a dense green mangrove forest borders a body of water. The water is a mix of green and blue, indicating varying depths and sediment levels. In the background, a sandy beach is visible, with waves breaking onto it. The sky is clear and blue.

## ECOSISTEMAS COSTEROS Y CAMBIO CLIMÁTICO

## SUMARIO

- 3 Jorge Cortés  
[ARRECIFES CORALINOS DE COSTA RICA: AMENAZAS Y RECUPERACIÓN](#)
- 5 Carlos Jiménez  
[ARRECIFES CORALINOS, ¿VÍCTIMAS DE LOS CAMBIOS?](#)
- 8 Andrea Montero  
[LA FRAGILIDAD DEL TURISMO MARINO-COSTERO](#)
- 12 Vivian Solano y Juan Bravo  
[CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS POR DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN COSTA RICA](#)
- 15 Virginia M. Chiesa y Eduardo Rivas  
[ACUÍFERO GUARANÍ, CAPAZ DE ABASTECER AL MUNDO POR 200 AÑOS, ES PATRIMONIO REGIONAL](#)

## AMBIENTICO

Revista mensual sobre la actualidad ambiental

Director y editor Eduardo Mora

Consejo editor Manuel Argüello, Gustavo Induni, Wilberth Jiménez, Luis Poveda

Fotografía [www.galeriaambientalista.com](http://www.galeriaambientalista.com)

Asistencia, administración y diagramación Rebeca Bolaños

Teléfono: 277-3688. Fax: 277-3289

Apartado postal: 86-3000, Costa Rica.

[ambientico@una.ac.cr](mailto:ambientico@una.ac.cr)

[www.ambientico.org](http://www.ambientico.org)

# El año en que vimos el mayor peligro

Fue en el año 2007 que se completó el consenso mundial respecto de que el cambio climático por (principalmente) sobreproducción de CO<sub>2</sub> está por dar al traste con la poquísima armonía ambiental que queda en el planeta. De ocurrir esto, el aumento de los costos para poder seguir viviendo sería brutal (todos los sectores productivos, y la salud humana, se verían gravemente dañados). Eso en el mejor de los escenarios, porque en el peor no se podría seguir viviendo. El consenso al que se ha arribado ha sido posible gracias a la aflicción suscitada por muy diversas evidencias y argumentaciones científicas.

En tiempos recientes hubo consensos respecto de las consecuencias negativas de la tala de bosques, respecto de lo nefasto del exterminio paulatino de especies (incluida aquí la descontrolada pesquería), respecto de lo letal de los monocultivos y el uso de agroquímicos, etcétera. Pero la alarma de hoy por el clima sobrepasa todas las anteriores, dado que se refiere a un hecho de carácter (este sí, finalmente) catastrófico, y fue en cuestión de meses que se pasó de un estado de inquietud entre ambientalistas y expertos a un estado de zozobra generalizada, limítrofe con el pánico. Ya ni los norteamericanos, que aún rehúsan suscribir el Protocolo de Kioto, oponen resistencia a la aceptación de la extrema peligrosidad del visible descalabro climático.

La muy difundida imagen de la subida de las aguas marinas, por obra del calentamiento global, desasosiega mucho. Como también nos desasosigaría el aviso de (pongamos por caso) una duplicación de la velocidad de rotación de la Tierra. Tales hechos -uno real, el otro esperemos que ficticio- se relacionan con angustias humanas anteriores al despertar de la conciencia: el ahogo, y el salir disparado por la fuerza centrífuga (?). Acaso la inexorable y constatable subida de las aguas marinas por efecto del cambio climático haya actuado como disparador del pánico. Y ese aumento del nivel del mar a los ambientalistas les hace automáticamente pensar en los ecosistemas costeros (esos polos de desarrollo turístico), que han empezado ya a experimentar sus efectos. A estas víctimas tempranas va dedicada esta edición.

NUEVO LIBRO DE ENRIQUE LEFF



Foto de portada: Gino Biamonte



# Arrecifes coralinos de Costa Rica: amenazas y recuperación

JORGE CORTÉS

Costa Rica cuenta con arrecifes coralinos en ambas costas (Cortés y Jiménez 2003a, 2003b), los cuales son importantes ecológica, económica y culturalmente. Los arrecifes coralinos y la inmensa biodiversidad asociada cumplen importantes funciones ambientales (servicios ecológicos [Kereiva y Marvier 2007]): provisión de alimentos, regulación (p. e. acumulación de dióxido de carbono), recreación y educación y mantenimiento (p. e. la purificación del agua). Los recursos marinos que se encuentran en los arrecifes son de importancia económica directa: pesca, extracción de compuestos químicos y turismo.

Pero los arrecifes coralinos están siendo impactados por perturbaciones naturales y antrópicas a nivel mundial, y Costa Rica no es la excepción (Cortés y Jiménez 2003a, 2003b). La perturbación natural que más impacto ha tenido sobre los arrecifes del país ha sido el calentamiento del agua durante *El Niño Oscilación del Sur* (Cortés *et al.* 1984, Guzmán *et al.* 1987, Guzmán y Cortés 2001 y 2007, Jiménez 2001, Jiménez y Cortés 2001 y 2003, Jiménez *et al.* 2001). Otros impactos naturales han sido la muerte de corales por mareas rojas (Guzmán *et al.* 1990, Jiménez *et al.* en preparación), el levantamiento de la costa con la consecuente exposición aérea de arrecifes y lechos de pastos marinos (Cortés *et al.* 1992 y 1994), la muerte masiva del erizo de mar *-Diadema antillarum-*, un importantísimo herbívoro (Murillo y Cortés 1984, Cortés 1994, Alvarado *et al.* 2004), y la expansión del alga invasora *Caulerpa sertularioides*, que cubre los corales y los mata (Fernández y Cortés 2005, Fernández 2007). El principal impacto humano en los arrecifes del país ha sido la excesiva sedimentación producto de la deforestación (Cortés y Risk 1985, Cortés 1990, Alvarado *et al.* 2005), y otros han sido la extracción de corales (Cortés y Murillo 1985), el daño mecánico con anclas (Bezy entrevista), el directo e indirecto del turismo (observación personal) y la sobreexplotación de recursos (observación personal).

Pero no todo es mala noticia. Las evaluaciones más recientes de muchos arrecifes del país indican que se están recuperando (Fonseca *et al.* 2006, Guzmán y Cortés 2007, Cortés *et al.* en prensa). Se ha notado que hay una gradación en el monto de la recuperación, siendo mayor donde el impacto humano es menor, por ejemplo en las islas del Coco (Guzmán y Cortés 2007) y del Caño (Guzmán *et al.* en preparación). La recuperación después de impactos grandes ha sido menor en lugares donde el impacto humano es mayor, por ejemplo en el Parque Nacional Marino Ballena (Alvarado *et al.* 2005, Alvarado 2006) y en el Parque Nacional Cahuita (Fonseca *et al.* 2006). Las poblaciones del erizo de mar *-D. antillarum-* se están recuperando y, por ende, la cobertura de macroalgas ha disminuido, favoreciendo el desarrollo de los corales (Alvarado *et al.* 2004, Myhre y Acevedo-Gutiérrez 2007).

Los modelos climáticos y oceanográficos indican que en el futuro las condiciones del mar van a ser cada vez menos favorables para el desarrollo de los corales. Los eventos de *El Niño* van a ser más comunes e intensos (Timmermann *et al.* 1999) y el pH del agua está cambiando hacia condiciones más ácidas por el aumento del dióxido de carbono en la atmósfera (Kleypas *et al.* 2006, IPCC 2007). El calentamiento afecta la relación simbiótica de los corales, causando su blanqueamiento y muerte (Glynn 2000). Mientras que la acidificación afecta la calcificación -o, en otras palabras, la formación de los esqueletos de los corales se va a ver comprometida (Fine y Tchernov 2007).

Ante este panorama futuro se puede tener una actitud pesimista y asumir que todo está perdido o una más optimista y tratar de hacer algo para reducir el impacto del cambio climático. Visto ya que los arrecifes coralinos con menor impacto humano se recuperan más rápido (Hughes *et al.* 2003), Costa Rica necesita más áreas marinas protegidas, con superficies mucho más grandes y con mejor protección. Todavía hay esperanza, pero si no se actúa ya va a ser tarde muy pronto.

## Referencias bibliográficas

- Alvarado, J. J. 2006. *Factores físico-químicos y biológicos que median en el desarrollo de los arrecifes y comunidades coralinas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico sur, Costa Rica*. Tesis de Maestría en Biología, Universidad de Costa Rica.
- Alvarado, J. J., J. Cortés y E. Salas. "Population densities of *Diadema antillarum* Philippi at Cahuita National Park (1977-2003), Costa Rica", en *Carib. J. Sci.* 40, 2004.



Isla del Coco, Costa Rica

Avi Klapper

Alvarado, J. J. *et al.* "Comunidades coralinas y arrecifes del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico de Costa Rica", en *Cienc. Mar.* 31, 2005.

Cortés, J. "The coral reefs of Golfo Dulce, Costa Rica: distribution and community structure", en *Atoll Res. Bull.* 344, 1990.

Cortés, J. "A reef under siltation stress: a decade of degradation", en Ginsburg, R. N. (comp.) 1994. *Proc. Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History, 1993*. RSMAS. Univ. Miami.

Cortés, J. y C. E. Jiménez. "Past, present and future of the coral reefs of the Caribbean coast of Costa Rica", en Cortés, J. (ed.) 2003a. *Latin American Coral Reefs*. Elsevier Science B.V. Amsterdam.

Cortés, J. y C. E. Jiménez. "Corals and coral reefs of the Pacific of Costa Rica: history, research and status", en Cortés, J. (ed.) 2003b. *Latin American Coral Reefs*. Elsevier Science B.V. Amsterdam.

Cortés, J. y M. M. Murillo. "Comunidades coralinas y arrecifes del Pacífico de Costa Rica", en *Rev. Biol. Trop.* 33, 1985.

- Cortés, J. y M. J. Risk. "A reef under siltation stress: Cahuita, Costa Rica", en *Bull. Mar. Sci.* 36, 1985.
- Cortés, J. *et al.* "Pérdida de zooxantelas y muerte de corales y otros organismos arrecifales en el Caribe y Pacífico de Costa Rica", en *Rev. Biol. Trop.* 32, 1984.
- Cortés, J. *et al.* "Earthquake associated mortality of intertidal and coral reef organisms", en *Proc. 7<sup>th</sup> Int. Coral Reef Symp., Guam 1, 1992*.
- Cortés, J., R. Soto y C. Jiménez. "Efectos ecológicos del terremoto de Limón", en *Rev. Geol. Amér. Central*, Vol. Esp. Terremoto de Limón, 1994.
- Cortés, J. *et al.* "Status and conservation of coral reefs in Costa Rica", en *Rev. Biol. Trop.* [en prensa]
- Fernández, C. 2007. *Propagación del alga Caulerpa sertularioides (Chlorophyta) en bahía Culebra, golfo de Papagayo, Pacífico norte de Costa Rica*. Tesis de Maestría en Biología, Universidad de Costa Rica.
- Fernández, C. y J. Cortés. "Reef Site: *Caulerpa sertularioides*, a green alga spreading aggressively over coral reef communities in Culebra Bay, North Pacific of Costa Rica", en *Coral Reefs*, 24, 2005.
- Fine, M. y D. Tchernov. "Scleractinian coral species survive and recover from decalcification", en *Science* 315, 2007.
- Fonseca E. *et al.* "Monitoreo del arrecife coralino Meager Shoal, Parque Nacional Cahuita (sitio CARICOMP)", en *Rev. Biol. Trop.* 54, 2006.
- Glynn, P. W. "El Niño-Southern Oscillation mass mortalities of reef corals: a model of high temperature marine extinctions? Carbonate Platform Systems: Components and Interactions", en Insalco, E., P. W. Skelton y T. J. Palmer (eds.) 2000. *Geol. Soc. London. Spec. Publ.* 178.
- Guzmán, H. M. y J. Cortés. "Changes in reef community structure after fifteen years of natural disturbances in the eastern Pacific (Costa Rica)", en *Bull. Mar. Sci.* 69, 2001.
- Guzmán, H. M. y J. Cortés. "Reef recovery 20-yr after the 1982-83 El Niño massive mortality", en *Mar. Biol.* 151, 2007.
- Guzmán, H. M. *et al.* "Efectos del fenómeno de "El Niño-Oscilación Sureña" 1982/83 en los arrecifes de la isla del Caño, Costa Rica", en *Rev. Biol. Trop.* 35, 1987.
- Guzmán, H. M. *et al.* "Coral mortality associated with dinoflagellate blooms in the eastern Pacific (Costa Rica and Panama)", en *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 60, 1990.
- Hughes, T. P. *et al.* "Climate change, Human impacts, and the resilience of coral reefs", en *Science* 301, 2003.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. WMO, UNEP. Paris.
- Jiménez, C. "Bleaching and mortality of reef organism during a warming event in 1995 on the Caribbean coast of Costa Rica", en *Rev. Biol. Trop.* 49 (Suppl. 2), 2001.
- Jiménez, C. E. y J. Cortés. "Effects of the 1991-92 El Niño on scleractinian corals of the Costa Rican central Pacific coast", en *Rev. Biol. Trop.* 49 (Suppl. 2), 2001.
- Jiménez, C. E. y J. Cortés. "Coral cover change associated to El Niño, eastern Pacific, Costa Rica, 1992-2001", en *P.S.Z.N.: Mar. Ecol.* 24, 2003.
- Jiménez, C. *et al.* "Coral bleaching and mortality associated with El Niño 1997/98 event in an upwelling environment in the eastern Pacific (Gulf of Papagayo, Costa Rica)", en *Bull. Mar. Sci.* 69, 2001.
- Kareiva, P. y M. Marvier. "Conservation for the People", en *Scient. Amer.* October-2007.
- Kleypas, J. A. *et al.* 2006. *Impacts of Ocean Acidification on Coral Reefs and Other Marine Calcifiers. A Guide for Future Research, Rep. Workshop*. NSF, NOAA, USGS.
- Murillo, M. M. y J. Cortés. "Alta mortalidad en la población del erizo de mar *Diadema antillarum* en el Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica", en *Rev. Biol. Trop.* 32, 1984.
- Mýhre, S. y A. Acevedo-Gutiérrez. "Recovery of sea urchin *Diadema antillarum* populations is correlated to increase coral cover and reduced macroalgal cover", en *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 329, 2007.
- Timmermann, A. *et al.* "Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming", en *Nature* 398, 1999.



# Arrecifes coralinos, ¿víctimas de los cambios?

CARLOS JIMÉNEZ

La noción de que los arrecifes coralinos son ecosistemas con una capacidad de recuperación inigualable se basó en la historia geológica de los diferentes organismos formadores de estas estructuras tridimensionales. Es desde hace aproximadamente 230 millones de años, luego de la extinción masiva del Pérmico-Triásico, que los corales escleractíneos (pétreos) son los constructores de los arrecifes actuales (Stanley 2003). Antes de los escleractíneos, otros grupos de organismos, incluyendo corales, eran los constructores de arrecifes. Aunque esa extinción fue una de varias, el ecosistema arrecifal se re-estableció con cambios en los organismos constructores del arrecife. Es probable que la asociación del coral con las algas endosimbióticas (las zooxantelas), relación que permite la construcción relativamente rápida de las enormes estructuras calcáreas que llamamos arrecifes, sea tan exitosa que se reinventó varias veces, es decir, se estableció de nuevo después de las extinciones (Copper 1994, Wood 1999). Sin embargo, esa resiliencia (capacidad de recuperación después de un disturbio) a través del tiempo en la escala geológica ha sido mal interpretada frecuentemente, y se asume que los arrecifes coralinos podrán sobrevivir los actuales impactos ocasionados por muy diversos factores incluyendo las actividades humanas.

Si bien es cierto que los ambientes arrecifales se han re-establecido después de varias extinciones masivas de organismos, la fragilidad de los actuales arrecifes coralinos ha quedado demostrada, por ejemplo, en varios trabajos recientes en los que se analizó la mayor parte de la información disponible sobre los arrecifes de la región del Caribe (Gardner *et al.* 2003). Los resultados sugieren que hay una disminución significativa en la cobertura viva de coral, un aumento en la de algas, cambios en la estructura de la cadena alimentaria y en los procesos que influyen directamente en la comunidad coralina (e.g. herbivoría). Los factores que con mayor probabilidad están asociados al deterioro regional de los arrecifes frecuentemente actúan a escalas espaciales y temporales diferentes y es difícil distinguir el alcance de su contribución (Hughes *et al.* 2003). Por ejemplo, los brotes epidémicos pueden estar interactuando con los efectos acumulativos del aumento en la sedimentación terrígena durante eventos climáticos globales. Es decir, la interacción de factores ambientales, biológicos y humanos está ocasionando estragos. El calentamiento global es un ejemplo de ello. Las consecuencias de éste no se limitan a una elevación de la temperatura y el nivel del mar, sino que implica también que la química del agua de mar cambiará (se hará más ácido) de manera que el proceso (calcificación) mediante el cual los organismos secretan el carbonato de calcio con que construyen el esqueleto o estructuras de soporte disminuirá produciendo una reducción en el crecimiento (Kleypas *et al.* 2006, IPCC 2007). Si se tiene esqueletos menos resistentes y el crecimiento es más lento, la integridad del arrecife coralino será comprometida seriamente. Adicionalmente, con la acidificación del mar aumentará la tasa natural de disolución de carbonatos (rocas, esqueletos o estructuras arrecifales) en el mar, lo que aunado a bajas tasas de calcificación disminuirá mucho más la capacidad de construir arrecifes.

Los arrecifes coralinos modernos están asediados por las actividades humanas llevadas a cabo en tierra y en el mismo arrecife. Estas fuentes terrígenas de estrés varían de acuerdo al tipo de uso de la tierra y las condiciones oceanográficas y ambientales. Por ejemplo, durante la época de lluvias las actividades agrícolas y desarrollos en las cuencas hidrológicas generalmente incrementan el aporte de sedimentos, nutrimentos, elementos contaminantes (metales pesados, herbicidas y pesticidas) y bacteriales. Por otro lado, los centros poblacionales sin un control adecuado de las aguas residuales también aportan nutrimentos, bacterias y sustancias contaminantes sólidas y disueltas. No es necesario que los centros poblacionales sean grandes, basta que un pequeño caserío descargue las aguas residuales directamente al mar para tener un aporte de nutrimentos que favorecerá la proliferación de ciertos grupos de organismos (e.g. algas planctónicas o bentónicas).

Regresando al caso de los arrecifes en el Caribe, no está claro si el deterioro en la mayoría de ellos es permanente o transitorio. Así como tampoco está claro cómo se define un arrecife en deterioro. Para muchos el deterioro es sinónimo de una reducción en la cobertura viva de corales, para otros es un cambio sustancial en la estructura de la comunidad donde los corales dejan de ser los principales constructores de la estructura arrecifal (Rogers y Miller 2006). La situación se complica cuando se considera la dimensión temporal en que estos cambios suceden, es decir, cuando son cambios que ocurren gradualmente a lo largo de varios años o décadas o cuando

sucedan en pocos años o meses. A pesar de que hay esfuerzos por conocer las historias de los arrecifes durante los últimos milenios (Pandolfi *et al.* 2003), las series temporales más largas (con años consecutivos) que documentan los cambios de la cobertura viva y el crecimiento de corales en el Caribe, por ejemplo, abarcan escasamente 32 años en la historia actual de los sitios (Gardner *et al.* 2003). Aunque los cambios en las condiciones ambientales hayan sido muy abruptos durante el mismo intervalo y difícilmente pasen desapercibidos, son períodos de tiempo sumamente reducidos que no permiten reconstruir una historia a largo plazo de los cambios y dificultan hacer inferencias o proyecciones del destino de estas comunidades coralinas en los próximos años.

El crecimiento coralino, la cobertura de coral vivo en los arrecifes, la incidencia de heridas y la capacidad de recuperación de las colonias son algunos de los parámetros que se utilizan para medir el “pulso” del arrecife coralino. En Costa Rica, hemos estado estudiando algunos de estos parámetros durante los últimos 30 años (Cortés y Jiménez 2003). Desde finales de los años setenta, por ejemplo, se mide la cobertura de coral vivo en algunos sectores del arrecife del Parque Nacional Cahuita. Sin embargo, la serie temporal más larga y con menos interrupciones para este arrecife es a partir de 1984 (figura 1a). Los cambios en el porcentaje de cobertura de coral vivo son significativos al comparar los datos de los ochenta con los más recientes, y es posible apreciar la relación entre la disminución en el porcentaje de cobertura viva y algunos eventos que ocurrieron en ese mismo tiempo (e.g. blanqueamiento de corales, terremoto 1991, inundaciones). De igual manera, en otra serie temporal de la cobertura viva en un arrecife en la zona de afloramiento del Pacífico norte de Costa Rica (golfo de Papagayo) (figura 1b), las fluctuaciones en la cobertura responden al efecto de factores estresantes de diversos tipos (mareas rojas, derrumbes y blanqueamientos asociados a calentamientos del agua de mar).

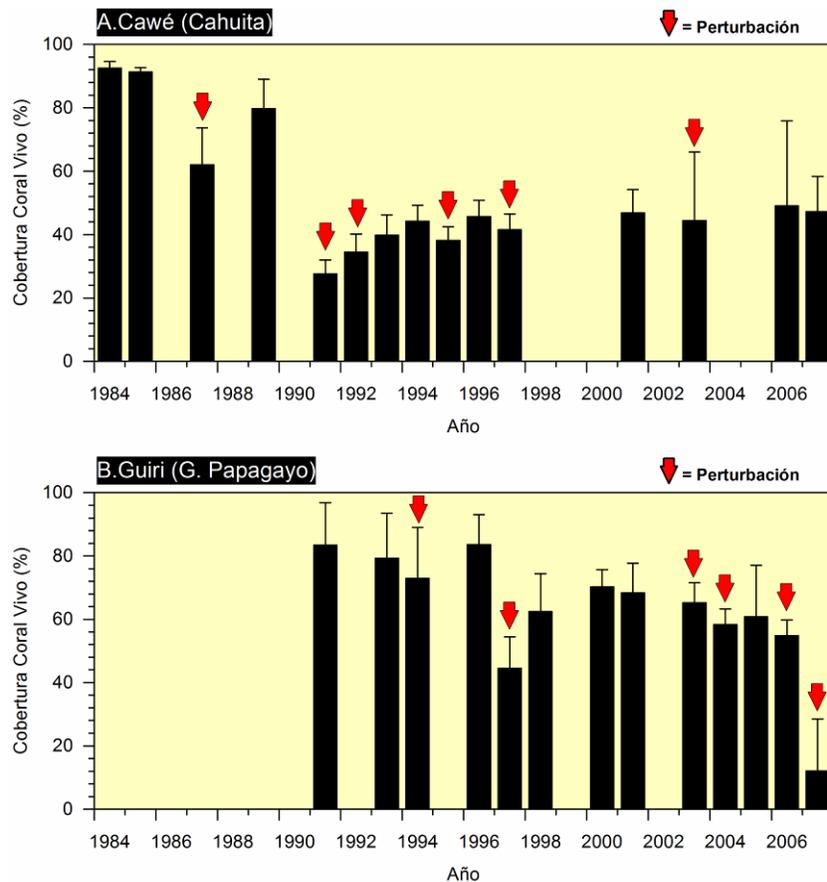


Figura 1. Porcentaje promedio (+1 DS) de cobertura (método del transecto con cadena, cinco transectos de 10 m de longitud) de coral vivo en (A) el parche arrecifal Cawé, dominado por el coral *Acropora palmata*, Parque Nacional Cahuita, 4 m de profundidad, y en (B) el arrecife Güiri-Güiri, construido por el coral *Pavona clavus*, bahía Culebra, golfo de Papagayo, 7 m de profundidad. Las flechas indican los años en que la cobertura presentó cambios atribuibles a los efectos de diversas perturbaciones, particularmente el terremoto de Limón (1991), blanqueamientos y mortalidad de corales asociados a calentamientos del agua de mar (1995) y *El Niño* (1987, 1997, 2003, 2007), inundaciones (1991, 1992, 2003) derrumbes y escombros de una construcción (1994), mareas rojas (2003, 2004, 2007).

La cobertura viva de coral, como mencionamos anteriormente, es uno de los signos vitales del arrecife pero debe ser analizada junto con el estudio de otros aspectos diagnósticos como lo es el crecimiento del coral. A diferencia de la cobertura viva en el arrecife, las series temporales de las tasas de crecimiento de varias especies de corales en Costa Rica pueden ser de varias décadas e, inclusive, de más de un siglo. Los corales depositan el

esqueleto de carbonato de calcio en diferentes bandas de densidad siguiendo patrones estacionales de acuerdo con las condiciones ambientales (Knutson *et al.* 1972). Al igual que en el estudio de los anillos de los árboles, el análisis de las bandas de crecimiento en el esqueleto nos permite identificar los años y hacer un análisis retrospectivo, es decir, una reconstrucción del crecimiento. Además de las tasas de crecimiento, en las bandas de crecimiento se puede estudiar la composición química del esqueleto y, de esta manera, reconstruir las condiciones ambientales al momento en que se depositó el material esquelético (Gagan *et al.* 2000). Así, si se encuentra colonias coralinas centenarias se tendría un archivo de información centenaria. En Costa Rica tenemos varias series temporales del crecimiento de corales en el Pacífico y el Caribe (figura 2). Al igual que los cambios interanuales en la cobertura, las tasas de crecimiento se pueden relacionar con eventos que ocurrieron en ese mismo periodo de tiempo y que alcanzaron a afectar el crecimiento.

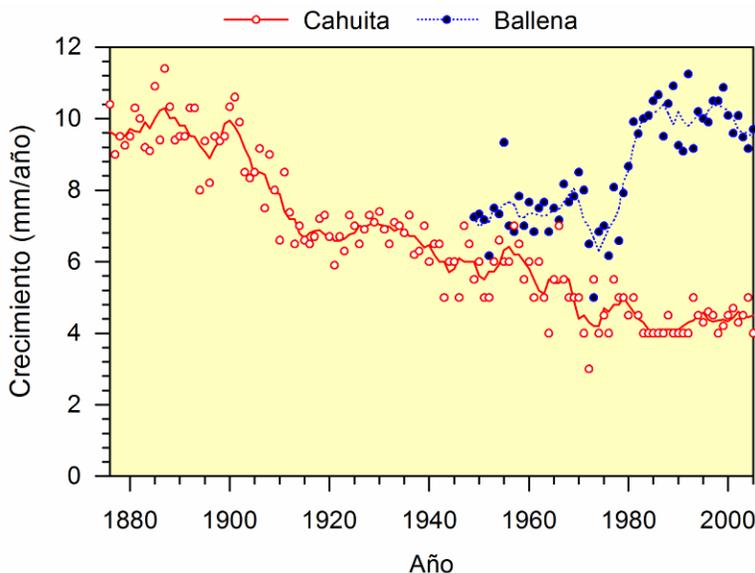


Figura 2. Tasas promedio (tres colonias) del crecimiento (mm/año) de corales en el Parque Nacional Cahuita (*Siderastrea siderea*) y en el Parque Nacional Marino Ballena (*Porites lobata*). Las líneas indican el promedio flotante (3-años). El crecimiento en Cahuita hace 100 años era más del doble del actual. Por el contrario, en Ballena el crecimiento hace 60 años era menor. Estas tendencias coinciden con un incremento en el uso de la tierra (Cahuita) y con el cambio en el cauce de un río cuya descarga afectaba directamente los corales (Ballena).

En síntesis, los arrecifes coralinos son ambientes cuya capacidad de recuperación está comprometida por la acción de factores que interactúan de muy distintas maneras y en diferentes intensidades a través del tiempo. El factor humano, es decir, la gama de actividades que se realiza en tierra y en los arrecifes mismos, es el que ha demostrado tener los efectos negativos más directos y duraderos. Que hay que controlar las actividades en la costa para poder proteger y ayudar en la recuperación natural de los arrecifes es un hecho que se ignora hasta el punto en que el deterioro es tan avanzado que las perspectivas de recuperación son muy bajas o nulas.

#### Referencias bibliográficas

- Copper, P. "Ancient reef ecosystem expansion and collapse", en *Coral Reefs* 13, 1994.
- Cortés, J. y C. Jiménez. "Past, present and future of the coral reefs of the Caribbean of Costa Rica" en Cortés, Jorge. 2003. *Latin American Coral Reefs*. Elsevier, Amsterdam
- Gagan, M.K. *et al.* "New Views of Tropical Paleoclimates from Corals", en *Quaternary Science Reviews* 19, 2000.
- Gardner, T. A. *et al.* "Long-Term Region-Wide Declines in Caribbean Corals", en *Science* 301, 2003.
- Hughes, T. P. *et al.* "Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs", en *Science* 301, 2003.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. WMO, UNEP. Paris.
- Kleypas J.A. *et al.* 2006. *Impacts of Ocean Acidification on Coral Reefs and Other Marine Calcifiers. A Guide for Future Research, Rep Workshop*. NSF, NOAA, USGS. Washington.
- Knutson D.W. *et al.* "Coral chronometers: seasonal growth bands in reef corals", en *Science* 177, 1972.
- Pandolfi, J. M. *et al.* "Global Trajectories of the Long-Term Decline of Coral Reef Ecosystems", en *Science* 301, 2003.
- Rogers, C.S. y J. Miller. "Permanent 'phase shifts' or reversible declines in coral cover? Lack of recovery of two coral reefs in St. John, US Virgin Islands", en *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 306, 2006.
- Stanley Jr., G. D. "The evolution of modern corals and their early history", en *Earth-Science Reviews* 60, 2003.
- Wood, R. 1999. *Reef Evolution*. Oxford Univ. Press. Oxford.





# La fragilidad del turismo marino-costero

ANDREA MONTERO

¿Alguna vez se ha detenido usted a observar la vida marina en una pequeña poza en marea baja? ¿Se ha transportado en bote a alguna de las islas o playas costarricenses? Tal vez habrá observado aves o mamíferos marinos, o incluso la fauna que acompaña los maravillosos arrecifes de coral. Si usted es una de estas personas afortunadas, ha sido parte del turismo marino practicado en Costa Rica.

El turismo marino crece rápidamente alrededor del mundo, prueba de lo cual es que el turismo costero representa el 85 por ciento del turismo a mundial (Coral Reef Alliance 2003). Debido a que nuestro país es reconocido internacionalmente como un lugar “sin ingredientes artificiales”, el uso -no siempre apropiado- del término ecoturismo se ha intensificado en la última década. En buena teoría, el ecoturismo es una rama especial del turismo de naturaleza que provee un beneficio económico local sin degradar el ambiente, permitiendo a las personas percibir el entorno natural de manera que se encuentren en armonía con los principios del desarrollo sostenible (Goodwin 1996).

Ecosistemas costeros en muchas partes del mundo se han visto beneficiados por resultados positivos generados por el turismo marino, por ejemplo a través de la recaudación de fondos utilizados para la protección ambiental. En lugares donde existe ecoturismo marino se ha propagado la educación ambiental y los principios de desarrollo sostenible de una manera más generalizada. Sin embargo, la experiencia ha puesto de manifiesto que para que el turismo marino desempeñe ese rol de manera eficaz debe desarrollarse y comercializarse dentro de un contexto de planificación que asegure que su práctica resulta compatible con los principios de la sostenibilidad de los recursos marinos. Comercializar el turismo marino supone acercar los turistas a la naturaleza, una actividad que irremediamente conlleva el riesgo de causar daño a los mismos recursos que los turistas intentan descubrir y disfrutar. Es ésa la delgada línea que separa al turismo realizado en condiciones inapropiadas que origina más daños que beneficios.

¿Qué condiciones se considera *inapropiadas* a la hora de ejercer turismo de naturaleza? Algunas condiciones inapropiadas son: (1) desarrollo de infraestructura turística (e.g. carreteras, marinas, aeropuertos, sitios de hospedaje) sin tomar en cuenta las características naturales del entorno, (2) mala infraestructura turística, como botes en mal estado y senderos mal dispuestos en un manglar, (3) falta de control del número de visitantes, donde no existe un límite de visitas simultáneas en un lugar o en un determinado periodo de tiempo, además del incremento descontrolado en épocas altas de visitación, (4) degradación de hábitat por actividades no reguladas, tales como anclaje de botes, la forma en que se manejan ellos, el exceso de ruido bajo el agua por tipos de motor, etcétera, (5) comportamiento inapropiado de los turistas al practicar la actividad y (6) falta de coordinación o iniciativa local para manejar el desarrollo de esta actividad y su potencial impacto.

Existen muchas personas responsables en áreas costeras de Costa Rica que han asumido la responsabilidad de practicar el turismo marino apropiadamente. Sin embargo, la fuerza motriz de tal actividad en la práctica es el deseo de generar ingresos económicos a partir de recursos naturales que pueden volverse vulnerables ante ciertas alteraciones. Por lo general, el éxito del turismo marino implica estimular una serie de incrementos progresivos en el número de visitantes (a menudo a través de una agresiva e inapropiada comercialización), lo que desemboca inexorablemente en repercusiones perjudiciales para el entorno natural y, en ciertos casos, impactos socioculturales de carácter adverso sobre la población local (Meta-Project 2002). La ironía es que el turismo de naturaleza mal planificado y mal dirigido puede conducir a su propia desaparición.

Mundialmente, la actividad de observación de cetáceos -delfines y ballenas- ha dado grandes beneficios económicos a las comunidades donde se practica y, en algunos casos, ha jugado un papel importante en la conservación de esos mamíferos. La estimación más reciente, a nivel mundial, señala un valor de por lo menos \$1.000 millones para esa actividad (Hoyt 2001); y, solo para bahía Drake, en Costa Rica, se señala un mínimo de \$600.000 anuales en 2006, lo que representa un crecimiento del 500 por ciento en los últimos nueve años (Montero y Martínez 2007).

Actualmente, más del 39 por ciento de la población mundial vive dentro de los 100 kilómetros de la costa (Burke *et al.* 2001) y la mayor parte está en los países en vías de desarrollo, donde muchas personas dependen de los arrecifes de coral. Los países con formaciones coralinas atraen a un millón de buzos cada año, rindiendo beneficios económicos significativos a esos países (e.g. Caribe, Indopacífico, Australia y Asia). Globalmente, se estima que el turismo de arrecifes proporciona cada año \$9,6 mil millones en beneficios netos (Cesar, Burke y Pet-Soede 2003). El turismo sostenible es una fuente importante de ingresos en estas zonas y, además, en algunos casos se ha convertido en una alternativa que sustituye las prácticas destructivas de pesca.

Además del beneficio económico indiscutible, el turismo marino ha contribuido a la conservación biológica y a la identidad sociocultural de varios lugares. Especies carismáticas como cetáceos y tortugas marinas pueden utilizarse como *especies bandera*, importantes cuando queremos conservar todo el ambiente que les compete, en este caso el ambiente marino. Asimismo, la educación ambiental ha ido complementando poco a poco ese tipo de turismo en diferentes hábitat marinos, lo que le añade a la actividad un poder de concienciación ambiental (por medio del conocimiento biológico de las especies). En algunos países se da la colaboración entre esa actividad y algunos estudios científicos, lo que ha reducido considerablemente los costos de algunas investigaciones. Finalmente, ciertas actividades del turismo marino ofrecen a la comunidad un sentido de identidad y orgullo asociado con el reconocimiento dado a una comunidad en relación con las especies observadas en sus aguas vecinas. En muchos casos trae todos los beneficios antes mencionados y eso transforma literalmente a una comunidad (Hoyt 2001).



Desembocadura de río Paqueta, Costa Rica

Gino Biamonte

**P**ero la observación de delfines y ballenas, cuando se realiza sin regulación, viene acompañada de impactos negativos. Recientemente fue demostrado un efecto negativo a corto plazo sobre el comportamiento de delfines manchados en el Pacífico sur de Costa Rica (Montero 2007). Puede darse también efectos que se distinguen a largo plazo, como es el caso de la vulnerabilidad de una especie por el estrés al que ha sido sometida durante un tiempo o, en el peor de los escenarios, por la reducción de su hábitat. En mamíferos acuáticos (e.g. por contaminación sónica) esta reducción puede ser causada por cambios de distribución y patrones de uso de áreas con importancia ecológica para las especies, especialmente si se trata de áreas de reproducción, de cuidado parental y de alimentación (Whitehead, Reeves y Tyack 2000).



Limón, Costa Rica

Gino Biamonte

También hay efectos negativos para aves marinas. La isla de Farwa, localizada en Libia, es considerada uno de los humedales más importantes en ese país, y se ha convertido en refugio y parada de rutas migratorias de distintas especies de aves marinas, además de que provee óptimas condiciones para que varias especies de gaviotas y frailecillos hagan sus nidos. Estudios han señalado que el tráfico de botes y el turismo son factores que podrían afectar negativamente el éxito de reproducción de esas aves allí (Etayeb y Essghaier 2007).

La degradación de los manglares por presión turística en muchas costas de Tailandia y Sri Lanka incrementó el grado de la devastación causada por el tsunami de 2004. Según expertos, la construcción de hoteles en la línea costera de Phuket conllevó la destrucción de manglares y vegetación costera con el fin de que los turistas tuvieran una vista del mar limpia desde los propios hoteles. Las áreas con los manglares intactos sufrieron menos daño que las ya carentes de manglares. Esto porque muchos manglares -que son bosques húmedos propios de zonas inundadas- dan a mar abierto y son una valiosa barrera natural (World Wildlife Fund 28-10-07).

Los arrecifes de coral alrededor del mundo se encuentran bajo estrés debido a una variedad de actividades humanas, incluyendo contaminación, sobrepesca y sedimentación. Recientemente se ha demostrado (e.g. mar Rojo y Gran Caimán) que los arrecifes pueden degradarse como resultado de actividades turísticas intensivas o mal planificadas. El buceo recreativo, con o sin tanque, que ha aumentado mucho en las últimas décadas, termina causando una abrasión dañina para los corales y otros organismos asociados del fondo, porque los buceadores -sin intención- quiebran los esqueletos de coral, afectándose procesos biológicos como el crecimiento y la reproducción sexual (Tratalos y Austin 2001, Zakai y Chadwick-Furman 2002).

Uno de los mayores retos del turismo marino es proteger y conservar el hábitat de la vida silvestre mientras se manejan las necesidades turísticas. El éxito de los operadores de este tipo de turismo depende de un entorno sano, por lo que la responsabilidad al practicar el turismo debería ser un fuerte incentivo. Además, este tipo de turismo se convierte en potencial patrocinador de la gestión de esa actividad y de la conservación de los componentes naturales con los que se promocionan. En muchos países, incluido Costa Rica, se ha implementado regulaciones, leyes y códigos de conducta que pretenden minimizar los efectos negativos del turismo mal ejecutado. Sin embargo, las regulaciones ambientales aumentarán sus posibilidades de ser exitosas siempre que se haya informado y educado a los negocios y personas involucradas.

En varias costas de Costa Rica el turismo es indispensable para la población, pues de esa actividad depende su sustento diario. Actualmente, varias comunidades del Pacífico sur del país han tomado la iniciativa de proteger sus recursos por convencimiento y no por una repercusión legal. Lo anterior se ha producido gracias a un mayor esfuerzo invertido en educación ambiental y discusión directa de estas regulaciones con los pobladores. El mensaje debe de ser claro: la gallina debe cuidarse para tener huevos por mucho tiempo más.

#### Referencias bibliográficas

Burke, L. et al. 2001. *Pilot analysis of global ecosystems: coastal ecosystems*. WRI. Washington, DC.

Cesar, H., L. Burke y L. Pet-Soede. 2003. *The economics of worldwide coral reef degradation*. ICRAN-WWF. Cambridge (UK) - Holanda.

Coral Reef Alliance. 2003. *Coral reefs & sustainable coastal development: planning for a sustainable reef*.

Etayeb, K. S. y M. F. A. Essghaier. "Breeding of marine birds on Farwa Island, western Libya. Ostrich", en *Journal of African Ornithology* 78(3), 2007.

Goodwin, H. 1996. "In pursuit of ecotourism", en *Biodivers. Conserv.* 5, 1996.

Hoyt, E. 2001. *Whale watching 2001: Worldwide tourism numbers, expenditures and expanding socioeconomic benefits*. International Fund for Animal Welfare. Massachusetts.

Meta-Project. 2002. *Planificación del Ecoturismo Marino en el Área Atlántica de la UE. Guía de Buenas Prácticas*. University of the West of England, Bristol.

Montero, A. y D. Martínez. 2007. *Whale-watching revenues and decree regulation awareness in the South Pacific of Costa Rica*. 17th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Cape Town. Nov. 29- Dec. 3, 2007. [Aceptado]

Montero, A. 2007. *Comportamiento del delfín manchado *Stenella attenuata graffmani* (Cetacea: Delphinidae) en ausencia y en presencia de botes turísticos: Evaluación biológica y socio-económica en bahía Drake e isla del Caño*. Tesis de Maestría en Biología, Universidad de Costa Rica.

Tratalos, J. A y T. J. Austin. "Impacts of recreational SCUBA diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman", en *Biol. Conserv.* 102, 2001.

Whitehead, H., R. R. Reeves y P. L. Tyack. "Science and the conservation, protection, and management of wild cetaceans", en Mann, J. et al. (eds.). 2000. *Cetacean societies: field studies of dolphins and whales*. University of Chicago. Chicago.

World Wildlife Fund. "Mangroves shielded communities against tsunami", en *Science Daily* 28-10-07.

Zakai, D. y N. E. Chadwick-Furman. "Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea", en *Biological Conservation* 105, 2002.



Desembocadura de río Paqueta, Costa Rica

Gino Biamonte





# Contaminación de acuíferos por derrames de hidrocarburos en Costa Rica

VIVIAN SOLANO Y JUAN BRAVO

Mundialmente, las gasolineras son responsables de un gran número de casos de contaminación de aguas subterráneas, siendo las principales causas la corrosión de tanques subterráneos antiguos y el rompimiento de tuberías entre tanques de distribución, por el tráfico de vehículos pesados y por la baja calidad de la instalación inicial. Ante la atención de múltiples incidentes de contaminación, Estados Unidos, Bélgica, otros países europeos, Canadá y México, han desarrollado un amplio marco regulatorio y una gran experiencia en la remediación de acuíferos por derrames de hidrocarburos.

En Costa Rica, las principales amenazas a los mantos acuíferos corresponden a factores como impermeabilización de áreas de recarga acuífera, sobreuso de agroquímicos, sobreexplotación de aguas y generación de lixiviados sólidos y líquidos. Sin embargo, en un futuro no muy lejano los derrames de hidrocarburos podrían figurar como una de las causas más apremiantes, considerando la recurrencia de emergencias con presencia de hidrocarburos durante los últimos años. Solo en el periodo comprendido entre los años 2003 y 2007, la prensa nacional divulgó siete incidentes, de los cuales tres afectaron directamente abastos de agua para consumo humano (cuadro 1).

Pero, sin duda alguna, el caso que viene a dar una voz de alerta sobre el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas con hidrocarburos corresponde a la contaminación del pozo AB-1089, administrado por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. (ESPH), en Barreal de Heredia, evento de contaminación detectado en septiembre de 2004 en un muestreo de rutina por parte de funcionarios de la ESPH, quienes observaron un fuerte olor a combustible en el pozo. Este abasto se utilizaba solo en verano, por lo que en ese momento estaba fuera de operación y el combustible no entró en contacto con las tuberías de distribución.

**Cuadro 1. Incidentes con hidrocarburos en Costa Rica, 2003-2007.**

Fecha	Incidente
Abril 2003	Unos 50.000 vecinos de Tibás, Moravia y Goicoechea quedaron sin agua durante 13 horas debido a la presencia de combustibles en la planta tratamiento de agua potable ubicada en San Blas de Moravia, administrada por el Instituto de Acueductos y Alcantarillado.
Septiembre 2004	Pozo administrado por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia contaminado por un derrame de 30.000 litros de combustible de la gasolinera Auto Servicios Zona Franca.
Agosto 2005	Una lancha contratada para labores de dragado en el embalse de Llano Orosí en Cartago se volcó y derramó dos litros de gasolina y de aceite. Estas aguas abastecen a 90.000 vecinos de esa provincia y a 500.000 habitantes de la ciudad de San José (Avalos 2005a).
Junio 2005	Derrame proveniente de la Estación de Servicio Total de Petróleo ubicada en Chorotea de Alajuelita, con afectación de una acequia que drena el río Tiribí. Esta gasolinera fue clausurada posteriormente a la inspección sanitaria porque los permisos de salud estaban vencidos (Villegas 2005).
Octubre 2006	Dos hermanos de 13 y 15 años murieron en un incendio ocurrido en la gasolinera Shell en Escazú.
Mayo 2007	Derrame de combustibles en el plantel de Recope en Turrialba; al menos 70 personas fueron evacuadas y dos personas debieron ser trasladadas al Hospital William Allen con problemas respiratorios.
Mayo 2007	Derrame de combustible en gasolinera Servicentro, en cantón Central de Heredia, debido a un desperfecto en la tapa del tanque de almacenamiento, lo cual provocó la evacuación de 80 personas.

El mismo día del incidente no se tenía certeza del tipo de compuesto ni de la fuente causante del daño, por tanto se procedió a aplicar muestreos de calidad del agua. Los primeros resultados obtenidos mediante la técnica de cromatografía de gases señalaron como compuesto mayoritario el diesel, con oscilaciones entre 0,0082 y 0,063 miligramos por litro, siendo el límite máximo permisible 0,0002 miligramos por litro. Diez días después del hallazgo, la ESPH interpuso la denuncia ante el Tribunal Ambiental Administrativo y la Fiscalía Ambiental con la

petitoria de investigar la fuente y pluma de contaminación, con sus respectivos niveles de alcance. Paralelamente, se conformó una Comisión Interinstitucional, representada por la ESPH, el Instituto de Acueductos y Alcantarillados (AyA), la Dirección General de Transportes y Comercialización de Combustibles, el Ministerio de Salud, la Refinadora Costarricense de Petróleo, la Escuela de Geología de la Universidad de Costa Rica y el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento. Desde un inicio los objetivos de esta comisión se refirieron a prevenir la expansión de la mancha contaminante mediante el monitoreo de pozos exploratorios y a la ejecución de algunas acciones para la remediación del daño. En cuanto al proceso de investigación de la fuente contaminante, los datos recopilados apuntan como principal responsable del daño a la gasolinera Auto Servicios Zona Franca, ubicada a tan solo 20 metros del pozo. Por otra parte, un informe preliminar de AyA (Ávalos 2005b) indicó que la cantidad derramada de combustible fue superior a los 20.000 litros (para tener un parámetro de la magnitud del daño: algunas estimaciones señalan que un solo galón de combustible -3,7 litros- tiene capacidad de contaminar 50 millones de litros de agua).

Uno de los elementos más relevantes de este caso es la incertidumbre y magnitud del daño, debido a que la mancha de carburantes amenaza con tocar las aguas subterráneas del acuífero Colima Superior, del que dependen las aguas subterráneas que consumen más de 1,5 millones de personas del Área Metropolitana. Asimismo, llama la atención que en el momento de la denuncia el permiso de funcionamiento sanitario de la gasolinera tuviera seis años de vencido, lo que evidencia una omisión de deberes del Ministerio de Salud y de la Dirección General de Transportes y Comercialización de Combustibles. Hoy día, tres años después del hallazgo, el caso aún esta sin resolver; mientras tanto, los usuarios deben asumir los gastos hechos por AyA, ESPH, Ministerio de Salud y Municipalidad de Belén -entre otras-, para el resarcimiento del daño ambiental provocado por la gasolinera.

El actuar de las instituciones estatales involucradas en la atención de este caso deja entrever que el país aún no esta preparado para prevenir y remediar daños ambientales de gran envergadura. Además, pone de manifiesto la ausencia de monitoreo y control de las estaciones de servicio distribuidoras de combustibles.

Cuando ocurren derrames de compuestos orgánicos ligeros como gasolina, aceites y petróleo crudo, éstos migran verticalmente por efecto de gravedad y tienden a acumularse sobre el nivel de agua y bajo la zona de la fuga (Vargas 2005). Estos compuestos experimentan transformaciones químicas en sus cadenas de oxidación (oxigenación) y reducción (hidrogenación), y desplazan los espacios de aire dejando un volumen de “contaminación residual” adherida a los granos de suelo estable. Estos residuos son muy difíciles de remover por procedimientos físicos y químicos.

Algunas de las técnicas probadas por países desarrollados para el saneamiento de acuíferos y suelos someros contaminados por hidrocarburos son: extracción directa por bombeo en pozos de captura, inyección de aire por medio de compresores de aire, bioventilación, barreras reactivas permeables y fitorremediación, entre otros. Pero estas alternativas son muy costosas y varían dependiendo de la magnitud del daño. Por ejemplo, en Houston el costo de la biorremediación de una laguna contaminada fue de más de 50 millones de dólares (Álvarez 2006).

La Dirección de Transporte y Comercialización de Hidrocarburos es el órgano del Ministerio del Ambiente responsable de autorizar la prestación del servicio de venta de combustible y fiscalizar el buen funcionamiento de las estaciones de servicio. Pese a esta gran responsabilidad, esta entidad cuenta únicamente con un ingeniero y un vehículo para vigilar todas las estaciones de expendio de combustibles en el país, de lo cual deriva una mínima supervisión y control. Ilustración de esto es que ninguna de las 346 gasolineras instaladas en el país cumple a cabalidad las normas decretadas para la regulación del sistema de almacenamiento y comercialización de hidrocarburos, donde los derrames de combustibles hacia los mantos acuíferos y las fallas en las instalaciones eléctricas, constituyen los problemas más graves (Oviedo 2007).

El decreto ejecutivo N° 30131-Minae contiene una normativa bastante moderna y con especificaciones técnicas muy exigentes, pero carece de restricciones para evitar la construcción de tanques en terrenos de vulnerabilidad acuífera. Actualmente, solo se contempla áreas mínimas de resguardo de 30 metros, respecto de líneas de alta tensión, aéreas o bajo tierra, vías férreas y ductos; además de la prohibición de ubicar gasolineras en zonas de deslizamientos o en terrenos declarados no aptos por la Comisión Nacional de Emergencias.

En cuanto a la detección de hidrocarburos en agua para consumo humano, la *Ley general de agua potable* establece los valores máximos admisibles para hidrocarburos aromáticos. Empero, la debilidad de este reglamento radica en que no obliga a los operadores de los acueductos a mantener un control permanente de este tipo de parámetros, a excepción de que exista una denuncia.

Por otra parte, el reglamento general para el otorgamiento de permisos de funcionamiento clasifica las gasolineras dentro del grupo de moderado riesgo (categoría B2), lo que significa que no requieren de una inspección previa por parte de las autoridades de salud y solamente son inspeccionadas con motivo de una denuncia o sistema de muestreo.

El agua subterránea es un recurso natural vital para el suministro económico y seguro de agua potable y juega un papel fundamental -pero frecuentemente poco apreciado- en el bienestar del ser humano y de muchos sistemas acuáticos. Mundialmente, los acuíferos están experimentando una creciente amenaza de contaminación causada por la urbanización, el desarrollo industrial, las actividades agrícolas y muchas causas más. Esto nos obliga a llevar a cabo campañas proactivas y acciones prácticas destinadas a proteger la calidad natural del agua subterránea, las cuales se pueden justificar sobre la base de criterios de sustentabilidad ambiental y de ordenamiento territorial. Es imprescindible subsanar los vacíos legales y reforzar la normativa existente para el almacenamiento y comercialización de hidrocarburos. A su vez, debe dotarse de los recursos necesarios (humanos, económicos) a la Dirección General de Transportes y Comercialización de Combustibles para que actúe conforme a sus facultades y garantice el adecuado cumplimiento de las regulaciones técnicas que dicta el decreto N° 30131-Minae.

#### Referencias bibliográficas

Álvarez-Manilla, A. et. al. 2002. *Metodología para saneamiento de acuíferos profundos por derrame de hidrocarburos*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Publicación Técnica N° 196*. Editorial Sanfandila. Ciudad de México. En [www.imt.mx](http://www.imt.mx).

Ávalos, A. (2005a). "ICE reconoce error con un derrame de gasolina y aceite", en *La Nación* 31-8-05.

Ávalos, A. (2005b). "Tratarán de quitar combustible presente en agua subterránea", en *La Nación* 12-7-05: 5A.

Oviedo, Esteban. "Gasolineras reprobaban examen de seguridad", en *La Nación* 28-2-07.

Vargas, Ingrid. 2005. *LNAPLs y su comportamiento en el subsuelo* (presentación realizada en Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, 24-10-05).

Villegas, J. "Gasolineras funcionan con mínima supervisión estatal", en *La Nación* 10-6-05.

[www.galeriaambientalista.com](http://www.galeriaambientalista.com)

MILES DE FOTOS  
DEL AMBIENTE TICO  
Y MESOAMERICANO

**LOS MIÉRCOLES, DE 8 A 9 DE LA NOCHE, POR CANAL 13**

UNA  
mirada

**EL PROGRAMA DE OPINIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL**

**ABORDAJE ÁGIL DE LOS PRINCIPALES Y MÁS INTERESANTES TEMAS DE LA VIDA NACIONAL**





# Acuífero Guaraní, capaz de abastecer al mundo por 200 años, es patrimonio regional

VIRGINIA MARÍA CHIESA Y EDUARDO RIVAS

**A**ctualmente, la Organización de Naciones Unidas estima que la cuarta parte de la población mundial carece de agua potable salubre y que esta proporción se duplicará dentro de veinte años. Ante este horizonte destacamos que del total de los recursos hídricos de nuestro planeta el agua dulce solamente representa el tres por ciento. Según el Consejo Mundial del Agua, con el ritmo actual de inversiones hídricas, públicas y privadas, el acceso al mencionado recurso no podrá garantizarse sino hasta los años 2050 en África, 2025 en Asia y 2040 en América Latina y el Caribe. En general, entendemos la mencionada crisis como resultante del creciente aumento demográfico, de la contaminación, de la utilización irracional del agua y de la privatización de la explotación de nuestros recursos hídricos, ya que, como hemos observado, nuestro reciente modelo de privatizaciones no nos ha garantizado el acceso universal al agua, ni una buena calidad ni, mucho menos, tarifas adecuadas.

El agua dulce es uno de los recursos naturales no renovables más preciados, dependiendo de los adecuados suministro y gestión la agricultura, la ganadería, la salud y la alimentación de las personas, los ecosistemas, la industria, la energía, el mantenimiento de la paz y la estabilidad social. Con razón, el analista norteamericano Hughes Butts sostiene que “ningún país podrá ser económica o socialmente estable sin una provisión de agua segura”. Al respecto, resulta importante dejar establecido el concepto de *agua* que se debate en los conflictos globales, ya que éste se postula a través de dos presupuestos antagónicos: “un bien social ligado al derecho a la vida versus una mercancía de lucro”.

En virtud de la proyección descripta observamos intereses contrapuestos: por un lado las empresas privadas tienen como única meta la ganancia y, por otro, los consumidores tienen por finalidad la preservación de ese recurso finito y vital. Desde este enfoque no podemos perder de vista que las naciones del Norte necesitan de los recursos naturales del Sur para continuar con sus procesos de expansión motivados por la acumulación de riquezas, y en el presente escenario estratégico internacional se avizora que quien logre controlar el agua dulce dominará la economía mundial y la vida en un futuro no muy lejano.

**N**uestro acuífero Guaraní es una de las reservas de agua dulce más grandes del planeta y tiene capacidad para abastecer a la población mundial aproximadamente por 200 años. Esta cuenca descansa en el subsuelo de los territorios de Brasil, Uruguay, Paraguay y Argentina, países signatarios del Tratado de Asunción -del 26 de marzo de 1991- que dio lugar al nacimiento del Mercosur, y se aloja en formaciones geológicas antiguas que tienen entre 200 y 132 millones de años, época en que aún África y Sudamérica estaban unidas.

Si bien la cuestión ambiental fue una preocupación para los estados-parte desde el propio origen del Mercosur <sup>i</sup>, lo relativo a las aguas subterráneas, y al acuífero Guaraní en particular, debió esperar algunos años para ver la luz. Fue más de 11 años después de la primer referencia al tema que la cuestión de tal acuífero se convirtió en tema de referencia por parte de los presidentes del Mercosur en sus declaraciones presidenciales, que son los lineamientos básicos que ellos trazan para el devenir del proceso de integración regional. Así, el 15 de agosto de 2003, en ocasión del recambio presidencial en Paraguay, dichos presidentes tomaron en cuenta la cuestión del acuífero Guaraní, aunque solo a través de una vaga referencia en el último punto de la Declaración que firmaron <sup>ii</sup>. A partir de esta reunión extraordinaria el tema del acuífero comenzó a cobrar relevancia <sup>iii</sup>, fundamentalmente por el impulso del Gobierno uruguayo, que presentó las Bases para un Acuerdo de los Estados Partes del Mercosur relativo al Acuífero Guaraní, a través de las cuales procuraba implementar el Proyecto de Protección Ambiental y el Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní con el objeto de garantizar su preservación y el uso responsable de sus recursos. En este sentido, por medio de la Decisión Mercosur/CMC/DEC 23/04 se creó un Grupo Ad Hoc de Alto Nivel con el objeto de elaborar un proyecto sobre el acuífero Guaraní que desarrollaría su tarea en el transcurso del

V. M. Chiesa, abogada argentina, es autora del libro *Mercosur: Un nuevo desafío para la humanidad. La crisis del agua* (UNR Editora, Argentina) ([virginiachiesa@argentina.com](mailto:virginiachiesa@argentina.com)). E. Rivas, politólogo argentino, es investigador corresponsal en Argentina del equipo de investigación Intégrations dans les Amériques Latines, del Centre de Recherche et de Documentation sur l'Amérique latine y del Institut des Hautes Études de l'Amérique latine, Université de Paris III, Sorbonne Nouvelle ([eduardo-rivas@advancedsl.com.ar](mailto:eduardo-rivas@advancedsl.com.ar)).

segundo semestre de 2004. Pero pese a que durante este año el tema del acuífero ocupó la agenda de los presidentes del Mercosur, poco a poco comenzó a perder protagonismo sin siquiera alcanzar los resultados planteados en ocasión de la ya citada reunión extraordinaria en Asunción. La última referencia, en lo que a comunicados presidenciales se refiere, se encuentra en el redactado tras la XXIX Cumbre Presidencial de diciembre de 2005 en Montevideo, donde los presidentes “[t]omaron nota del estado de las negociaciones del proyecto de Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní, que consagra principios y criterios que garantizan la soberanía permanente e incuestionable de los cuatro estados-parte sobre ese importante recurso hídrico transfronterizo, asegurando su utilización racional y sostenible. Asimismo, destacaron la importancia de ampliar el conocimiento técnico y científico sobre el Sistema Acuífero Guaraní”.

Ahora bien, mientras esto ocurría en las cumbres presidenciales, los estados-parte del Mercosur firmaron un acuerdo para la consecución del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible Integrado del Sistema Acuífero Guaraní. Tal acuerdo, con financiamiento del Banco Mundial, cuya unidad ejecutora es la Organización de Estados Americanos y del cual son partes los estados del Mercosur, se desarrolla fuera del proceso de integración, que hasta aquí limita su accionar en el tema a declaraciones políticas pero sin trabajar en profundidad sobre cómo concretar esas declaraciones en hechos que garanticen, como señala el Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible Integrado del Sistema Acuífero Guaraní, que “[e]l Sistema Acuífero Guaraní será preservado de la contaminación y gestionado sobre la base de criterios de uso racional, equitativo y sostenible, teniendo en cuenta las características particulares del recurso y los factores pertinentes”.

Para ello es necesario avanzar en una gestión conjunta del recurso por parte de un organismo creado en el seno del Mercosur y no fuera de éste, que administre y proteja el acuífero de una manera global. Sin pretender transpolar experiencias históricas, el ejemplo de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero puede ser útil para diseñar un modelo de administración del acuífero, dado que son muchos los temas en común que tienen ambas situaciones, por el carácter transnacional del recurso y porque se trata de un recurso natural fundamental para sus poseedores. Sin embargo, pese a estas cuestiones coincidentes, hay dos elementos centrales que le dan una particularidad al caso que estamos analizando: en primer lugar, el recurso natural del que se trata, puesto que el agua resulta sumamente más importante a futuro de lo que el carbón y el acero representaban a mediados del siglo pasado; y, junto a esto, la relación existente entre los estados que comparten el recurso, dado que quienes comparten el acuífero Guaraní llevan más de 100 años sin conflictos bélicos entre sí.

Dada la “rara” coincidencia entre, por un lado, la desaparición del acuífero Guaraní de la esfera pública política, y, por otro lado, la tecnificación de su estudio, financiado por el Banco Mundial fundamentalmente, entendemos que es sumamente importante que como ciudadanos procuremos echar luz sobre el tema, para que el futuro de todos lo podamos decidir *entre todos*. En función de lo expuesto hasta aquí, deviene impostergable la adopción de normas mercosureñas que establezcan reglas de juego claras respecto de la explotación sustentable de las aguas *superficiales* y *subterráneas*; la referida legislación deberá contemplar la legitimación activa de las generaciones futuras, el control social y la participación ciudadana que son herramientas fundamentales para la preservación y el mantenimiento del recurso. A fin de llevar a cabo esa labor, consideramos necesario un cambio radical de actitud por parte de los ciudadanos, quedando a cargo de cada estado orientar al usuario sanitario para asegurar una mejor utilización del agua, reduciendo el derroche, aumentando el compromiso de la comunidad con el ambiente y, por medio de la educación, estimular una conciencia universal acerca de los peligros que nos amenazan, ya que el agua dulce constituye un medio escaso de supervivencia. Por ello es conveniente que los estados mercosureños adhieran a la Convención de Aarhus, de Dinamarca de 1998, sobre el acceso a la información, participación pública en procesos de toma de decisiones y acceso a la justicia en problemas ambientales para garantizar así un mayor involucramiento de la ciudadanía en las cuestiones relativas al ambiente.

<sup>1</sup>. En la Declaración firmada por los presidentes de los estados-parte del Mercosur en ocasión de la celebración de la I Cumbre Presidencial, el 17 de diciembre de 1991 en Brasilia, se señala: “9.- Los Presidentes destacaron la conveniencia de que las cuatro repúblicas lleguen a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en Río de Janeiro, en junio de 1992, con idénticas posiciones de principio e iguales propuestas, incluso en cuanto al tratamiento legislativo común de las infracciones y delitos contra el medio ambiente, recomendando, para ello, el empeño de sus organismos competentes”.

<sup>2</sup>. El punto 10 de la Declaración suscripta tan solo señalaba que: “10. Los Presidentes del Mercosur tomaron nota con interés de la iniciativa de Uruguay con respecto al tema del Acuífero Guaraní, en el sentido de presentar las bases para un instrumento que aborde este tema”.

<sup>3</sup>. Algunas referencias sobre el tema se encuentran en: (1) la Declaración Presidencial firmada en Puerto Iguazú el 8 de julio de 2004, tras la clausura de la XXVI Cumbre de Presidentes del Mercosur, donde en su punto 28 se señala que los Presidentes “[c]oincidieron en la importancia de adoptar compromisos a nivel Mercosur con relación al Acuífero Guaraní y, en este contexto, manifestaron su apoyo a la creación de un Grupo Ad Hoc de Alto Nivel, en el que los estados-parte debatirán los principios básicos y lineamientos que garanticen sus derechos sobre los recursos hídricos del Acuífero, como así también las políticas y medidas que impulsen la protección ambiental del Acuífero y el desarrollo sustentable, con miras a la eventual suscripción de un acuerdo sobre la materia”; en (2) la Declaración Presidencial de diciembre del mismo año, tras la XXVII Cumbre Presidencial desarrollada en Ouro Preto en ocasión de celebrarse el décimo aniversario de la firma del Protocolo de Ouro Preto -en esta ocasión, y en referencia a la cuestión del Acuífero Guaraní, los Presidentes “[r]eafirmaron que los recursos hídricos del Acuífero Guaraní integran el dominio territorial soberano de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay y decidieron convocar a una conferencia de los estados-parte para concluir la negociación de un acuerdo sobre el Acuífero Guaraní, con base en el proyecto elaborado por el Grupo Ad Hoc de Alto Nivel, que se reunió en el segundo semestre de 2004”; y, finalmente (3), como corolario de la XXVIII Cumbre Presidencial del Mercosur, desarrollada entre el 18 y el 20 de junio de 2005 en Asunción, los presidentes “[d]estacaron los importantes avances logrados en el marco del Grupo Ad Hoc de Alto Nivel del Acuífero Guaraní para la elaboración del Proyecto de Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní, que tiene como cometido reafirmar la soberanía de los estados-parte sobre el referido Acuífero, la defensa de este extraordinario patrimonio para evitar su contaminación y determinar el uso de este recurso natural transfronterizo. Expresaron sus deseos de que la Conferencia convocada por el CMC concluya el Acuerdo, y concordaron en realizar los máximos esfuerzos posibles para apoyar los trabajos de la Conferencia y proponer fórmulas para resolver los temas aún pendientes”.

