





Fotografía: © Luis Carlos Celis Calderón. De la serie "A toda costa".



Un poco de lo que se conoce

Cambio climático y ecosistemas marino-costeros

VALERIA PIZARRO

Una de mis tesis me comentó, en días pasados, que un profesor que les dictaba un curso sobre los efectos del cambio climático en los ecosistemas, les había planteado que él no creía en el cambio climático. Me sorprendió que un profesor que está dando un curso como ese, no aceptara el cambio climático, pero comencé a divagar sobre el posible razonamiento del profesor. Concluí que el argumento del profesor se debía basar en que los cambios climáticos que estamos observando, de todas maneras iban a ocurrir en algún momento, porque estamos viviendo en una época interglaciar (entre glaciaciones, donde normalmente sucede un calentamiento global). Aunque es cierto que el cambio climático es un evento natural, no lo es la velocidad actual del cambio. El efecto de las actividades del hombre ha resultado en el acelera-

miento de estos cambios (Hardoy y Pandiella, 2007). Se ha estimado que en un periodo interglaciar sin la actividad del hombre, la temperatura aumenta 1°C cada 500 años (Leggett, 1990), las predicciones más positivas estiman que la temperatura en la tierra puede aumentar entre 1.5 a 4.5°C para el 2030 (Schneider, 2002). Esto se apoya no sólo en modelos matemáticos, sino en el hecho de que la temperatura ha aumentado $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ en los últimos 200 años (IPCC, 2007).

Aunque las evidencias del aceleramiento del cambio climático han existido desde 1957-58 (Cortés *et al.*, 1998), hasta hace relativamente poco los medios de comunicación comenzaron a darle importancia e informar sobre los cambios que, nosotros, estamos causando al ambiente. Esto fue reconocido internacionalmente el año pasado cuando el pre-

mio Nobel de la Paz le fue otorgado en conjunto a Al Gore (ex vicepresidente de Estados Unidos) y al Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC). Al otorgar el premio, la organización del Nobel, reconoció el cambio climático como una realidad, y demostró la importancia de concientizar a los seres humanos sobre este tema. Teóricamente, al crear conciencia, se generan cambios en el comportamiento humano, que en términos de cambio climático, se esperarían prácticas que redujeran su impacto sobre el planeta. Sin embargo, aunque es claro que somos más concientes del efecto que tenemos sobre nuestro planeta, aun no sabemos cómo cambiar nuestro comportamiento para que ese efecto disminuya y, aún, seguimos ignorando hasta qué punto estamos afectando la naturaleza.

El IPCC define el cambio climático como una modificación estadísticamente significativa (o muy diferente a los valores promedios) del estado del clima durante un tiempo prolongado (IPCC, 2007). El calentamiento global, el aumento en la frecuencia de tormentas tropicales y/o huracanes son ejemplos de este cambio. Aunque todos los ecosistemas de la tierra están siendo afectados por el cambio

climático, la respuesta a estos cambios no es igual; algunos ecosistemas se ven afectados en mayor medida, lo que se observa en su degradación acelerada.

Cuando pregunto a mis estudiantes (de Biología Ambiental) sobre el efecto del cambio climático sobre los ecosistemas marino-costeros (ecosistemas acuáticos como manglares, playas, pastos marinos,

fondos blandos y arrecifes coralinos en áreas tropicales) me miran como si pudieran leerme la mente. La realidad, es que somos pocas las personas que estamos interesadas en conocer sobre lo que está ocurriendo y sobre lo que va a ocurrir en los ecosistemas marino-costeros como consecuencia del cambio climático. Este tipo de información no llega al público general; esta información la conoce una pequeña comunidad científica que trabaja con temas relacionados. Es más probable que un colombiano del común conozca sobre el derretimiento de las nieves de los nevados, a que sepa que los corales formadores de arrecifes coralinos, están sufriendo eventos anuales de blanqueamiento y mortalidad.

Porque para la mayoría de las personas, la vida en el mar se limita casi exclusivamente a peces, delfines, ballenas y pulpos.

Es más probable que un colombiano del común conozca sobre el derretimiento de las nieves de los nevados, a que sepa que los corales formadores de arrecifes coralinos, están sufriendo eventos anuales de blanqueamiento y mortalidad.

Véase más natural

Escoja un corte de pelo acorde con su fisionomía. De tal manera usted no necesita usar secadores, alisadores y/o rizadoros eléctricos todos los días. Este tipo de aparatos funcionan generando calor por lo que su consumo energético es inmenso. Además, usted no tiene que levantarse tan temprano.



La importancia de los océanos, que cubren cerca del 70% de la superficie terrestre radica entre otros, en el papel que cumplen como reguladores del clima terrestre, en la alta biodiversidad que allí se encuentra, en los bienes y servicios que dan al hombre, y por ser el lugar donde finalmente llegan todos nuestros desperdicios. Se calcula que aproximadamente el 20% de la población humana vive en los primeros 30 km desde la orilla del mar, en dirección tierra adentro, y el 40% en los primeros 100 km. Dentro de esta primera franja se encuentran los ecosistemas marino-costeros que están en contacto con aguas de mares u océanos y que conforman ecosistemas acuáticos e intermareales. Dentro de los ecosistemas acuáticos tropicales encontramos los arrecifes coralinos y los pastos marinos, y en las zonas templadas los bosques de kelp. Los ecosistemas intermareales, llamados costeros, son aquellos asociados a las costas terrestres y que están en la interfase mar-tierra. En general, todos los ecosistemas marino-costeros tienen una alta

biodiversidad y productividad. Por biodiversidad se entiende el número de especies de plantas, animales y microorganismos, y por productividad la producción de carbono y el ciclaje de energía.

Anteriormente mencioné que uno de los factores que daban importancia a estos ecosistemas son los bienes y servicios que nos prestan y de los cuales nos beneficiamos los seres humanos como el recurso pesquero (que no es más que los frutos de mar que llegan a nuestra mesa), la protección a la línea de costa (evita la erosión), y el uso que hacemos de ellos para transporte, recreación, turismo, etc. Son tan importantes estos bienes y servicios que se ha estimado que los ecosistemas marino-costeros, desde la zona intermareal hasta el final de la plataforma continental, nos proveen más de 14 trillones de dólares anuales (Constanza *et al.*, 1997).

En los últimos años la comunidad científica, académica y conservacionista ha comenzado a preocuparse por los efectos del cambio climático sobre los

ecosistemas marino-costeros (e.g., Lubchenco *et al.*, 1993). Se ha determinado que los cambios que pueden afectarlos en mayor medida son las alteraciones en la temperatura, el aumento en el nivel del mar, la disponibilidad de agua proveniente de lluvias y escorrentía, los cambios en los patrones de viento y el incremento en cantidad e intensidad de las tormentas. Aun cuando se sabe que estos cambios ocurrirán como consecuencia del cambio climático, en la mayoría de los casos se desconoce cómo se van a ver afectados los organismos, especies, comunidades y consecuentemente los ecosistemas marino-costeros. Por ejemplo, respecto a la temperatura, se sabe que el cambio va a desplazar o eliminar especies, la concentración de los gases como el oxígeno cambiará, así como los patrones hidrodinámicos de los mares y océanos. Sin embargo, se desconoce cómo es que los cambios en la temperatura afectarán las interacciones entre organismos (e.g., predador-presa, simbiosis). En cuanto al aumento del nivel del mar, por otro lado, los estudios y modelos de simulación para predecir los cambios biofísicos y socioeconómicos están más desarrollados. Dentro de los cambios biofísicos se observará

el incremento en la erosión costera, inhibición de los procesos de producción primaria, inundación costera resultado de tormentas, intrusión de aguas marinas a estuarios y acuíferos, cambios en la calidad y características del agua subterránea, cambios en la distribución de los agentes patógenos, aumento en la tempe-

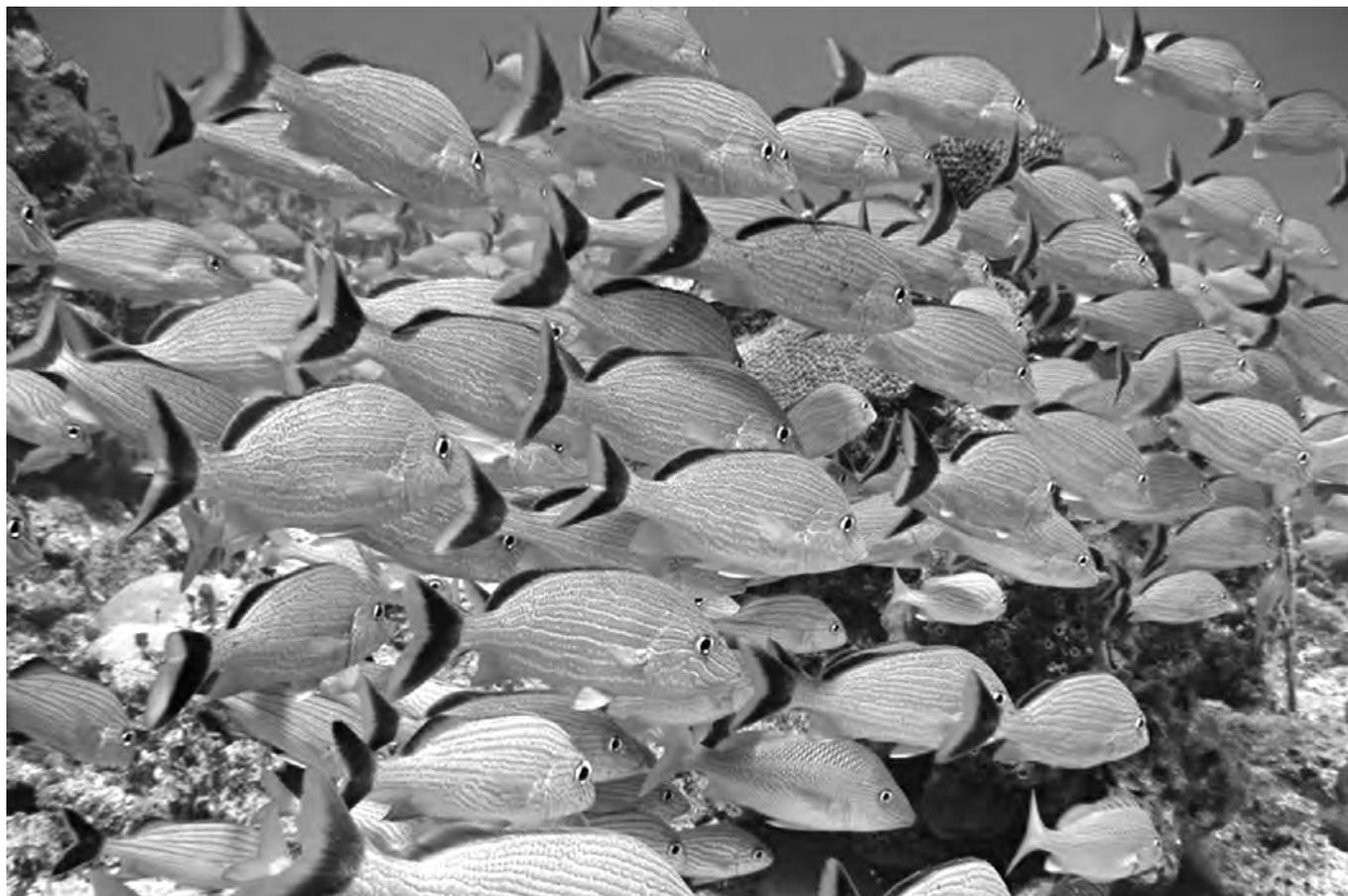
ratura superficial de mares y océanos y reducción de la cobertura de hielo polar. Dentro de los cambios socioeconómicos se encontrará la pérdida de terrenos (propiedades) y hábitats costeros, mayor riesgo de inundación y pérdida de vidas humanas, daño de infraestructuras, mayor riesgo de enfermedades, pérdida de recursos renovables y de subsistencia, pérdida de sectores como turismo, recreación y transporte, pérdida de recursos y valores culturales, e impactos en la acuicultura y agricultura por disminución en la calidad del agua.

Como resultado de los aumentos en la temperatura, los océanos se están expandiendo. Esta expansión es la suma del derretimiento de las nieves perpetuas (o nevados) de los continentes y de los casquetes polares, y la expansión térmica oceánica. El IPCC (2007) ha estimado que esta expansión está causando el aumento en el nivel del mar en el orden

Dentro de los cambios socioeconómicos se encontrará la pérdida de terrenos (propiedades) y hábitats costeros, mayor riesgo de inundación y pérdida de vidas humanas, daño de infraestructuras, mayor riesgo de enfermedades, pérdida de recursos renovables y de subsistencia...

Deje que su piel respire

Si usted utiliza cuanto producto de belleza ve en la televisión, la industria cosmética nunca va a cesar, o a reducir, el gasto de energía que sus fábricas producen. Piense en la salud de su piel y verá que con menos productos logrará más: una belleza natural que deje ver como usted realmente es.



de 2 mm por año. La respuesta de las especies a este fenómeno dependerá de su historia de vida: las especies de crecimiento lento y de larga vida, como los corales, no podrán migrar (Knowlton, 2001); pero se espera que las demás especies sean capaces de avanzar a la misma velocidad del aumento del nivel del mar. Desafortunadamente, la zona intermareal será reducida en los lugares en donde la topografía, y las estructuras construidas por el hombre no permitan la entrada del agua de los océanos a la tierra.

Debido a la capacidad de los océanos para absorber calor, estos no se calentarán tan rápidamente como los continentes, pero se elevarán los gradientes de presión atmosférica¹ por lo que aumentarán los vientos costeros. Esto último tendrá un efecto sobre las corrientes costeras, por lo que se estima que al inicio habrá un aumento en los eventos de surgencia² en

donde éstos ocurren (Alley, 2004), lo que significa una mayor entrada de nutrientes. Se dice que esto ocurrirá hasta que haya una mayor estratificación de temperatura en la columna de agua (aguas más calientes en la superficie y más frías en el fondo) que no permitirá que las aguas frías del fondo, ricas en nutrientes suban a la superficie (Roemmich y McGowan, 1995). En las zonas de surgencia, cuando los nutrientes llegan a la superficie son tomados por el fitoplancton (productores primarios), los cuales comienzan a reproducirse rápidamente y se vuelven el alimento de muchos organismos, siendo ecosistemas altamente productivos (Pauly y Christensen, 1995). Las zonas de surgencia son muy importantes para el hombre, porque en ellas se encuentran las pesquerías más importantes del mundo (e.g., la pesquería de Chile en la zona de surgencia de la corriente de Humboldt).

La mayoría de los organismos marinos viven cerca de sus límites de tolerancia térmica (Hughes *et al.*, 2003), por lo que cualquier aumento (o disminución) de la temperatura de los océanos pondría en riesgo

¹ Fuerza del aire sobre la tierra.

² Fenómeno oceanográfico que involucra el movimiento por medio del aire de aguas frías y ricas en nutrientes de las profundidades hacia la superficie. Generalmente a estas zonas están asociados ecosistemas de alta productividad.



su supervivencia. Un ejemplo de estos son los arrecifes coralinos, los cuales sufren de blanqueamiento (pérdida/expulsión de las microalgas simbiotas que les dan el color y alimento), y pueden llegar a morir (Knowlton y Jackson, 2008). Sin embargo, la respuesta por parte de los organismos a los cambios en la

temperatura varía de acuerdo con las especies y con el estado de desarrollo de los animales, es decir, las larvas pueden tener una susceptibilidad diferente a la de los adultos (Pechenik, 1999).

Los cambios en la circulación atmosférica pueden aumentar la frecuencia de las tormentas y de

Consuma productos orgánicos

Lo que viene de la tierra no tiene por qué ser tratado de manera industrial antes de que usted lo consuma. Imagine el ahorro de energía tan grande si usted se propone consumir productos sin fertilizantes, sin plaguicidas y otros químicos. Además del planeta, su cuerpo se lo agradecerá.

eventos climáticos como El Niño y La Niña, y cambiar los patrones de lluvia (IPCC, 2007; Timmermann *et al.*, 1999). Todos estos cambios afectarán factores ambientales básicos para el mantenimiento de los ecosistemas marino-costeros como son la salinidad, turbidez, temperatura, y se aumentará la entrada de sedimentos, contaminantes y nutrientes provenientes de los continentes (Harley *et al.*, 2006). En el mar Caribe ya se están viendo las consecuencias de estos cambios: el aumento en las temperaturas máximas, y la frecuencia de las tormentas tropicales y huracanes han acabado con extensas áreas de ecosistemas como manglares, pastos marinos, fondos blandos y arrecifes coralinos. Esto se evidenció en el 2005 cuando se presentaron las mayores temperaturas de aguas superficiales desde 1880 (año en que se comenzaron a tomar datos de temperatura superficial), y se presentaron 26 tormentas tropicales, de las cuales 13 se convirtieron en huracanes (Wilkinson y Souter, 2008).

Por la ley de equilibrio termodinámico, los océanos son el sumidero de dióxido de carbono (CO_2)³. La entrada constante de CO_2 a los océanos está cambiando el pH (cantidad de iones de H^+ disponibles), haciéndolo más ácido. Se estima que ~ 48% del CO_2 producido por el hombre entre 1800 y 1994 (Sabine *et al.*, 2004) y un 30% de lo producido desde 1994 hasta la fecha (Feely *et al.*, 2004) está almacenado en los océanos. La acidificación de los océanos tiene un efecto directo sobre los organismos marinos en diversos niveles: altera el balance ácido-base de las células, disolución de los exoesqueletos compuestos por carbonato de calcio (CaCO_3), supresión metabólica, reducción en la síntesis de proteínas y reducción en

las actividades (McNeil y Matear, 2006). Esto significa que los moluscos, como los caracoles o almejas tendrán cada vez conchas más delgadas, lo que es un riesgo para su supervivencia. Los corales duros, los que forman los arrecifes coralinos, también están formando esqueletos más frágiles, lo que significa un aumento en su tasa de erosión. Es tan crítica la acidificación de los océanos que los investigadores han lle-

gado a afirmar que si no se disminuye la emisión de CO_2 va a llegar un momento en que los organismos no van a poder formar el exoesqueleto (Knowlton y Jackson, 2008).

Son tantos los cambios que se están produciendo como resultado del cambio climático que es difícil conocer todas las modificaciones que se están presentando y las que van a sufrir los ecosistemas. Estos cambios en los ecosistemas o respuestas ecológicas dependen de las relaciones que tengan las especies a niveles intra (al interior de una especie) e inter (entre especies), y con los factores ambientales, así

como la dinámica de las poblaciones y la estructura de las comunidades (Harley *et al.*, 2006; Fig. 1). A pesar de esto, los investigadores, predicen que las comunidades y ecosistemas tendrán variaciones que comprenden cambios en la distribución de las especies en cuanto a zonificación vertical y rangos biogeográficos, cambios en la composición de especies, diversidad y estructura de la comunidad, cambios en la productividad (primaria y secundaria) y, cambios en la dinámica de las poblaciones y en los patrones de evolución. Actualmente se están investigando cómo pueden darse estos cambios por medio de experimentos tanto en laboratorio como en campo. Queda un camino largo por recorrer y es muy probable que los ecosistemas cambien totalmente en las próximas décadas.

En el mar Caribe ya se están viendo las consecuencias de estos cambios: el aumento en las temperaturas máximas, y la frecuencia de las tormentas tropicales y huracanes han acabado con extensas áreas de ecosistemas como manglares, pastos marinos, fondos blandos y arrecifes coralinos.

³ La reacción del CO_2 al entrar al agua marina es:
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$

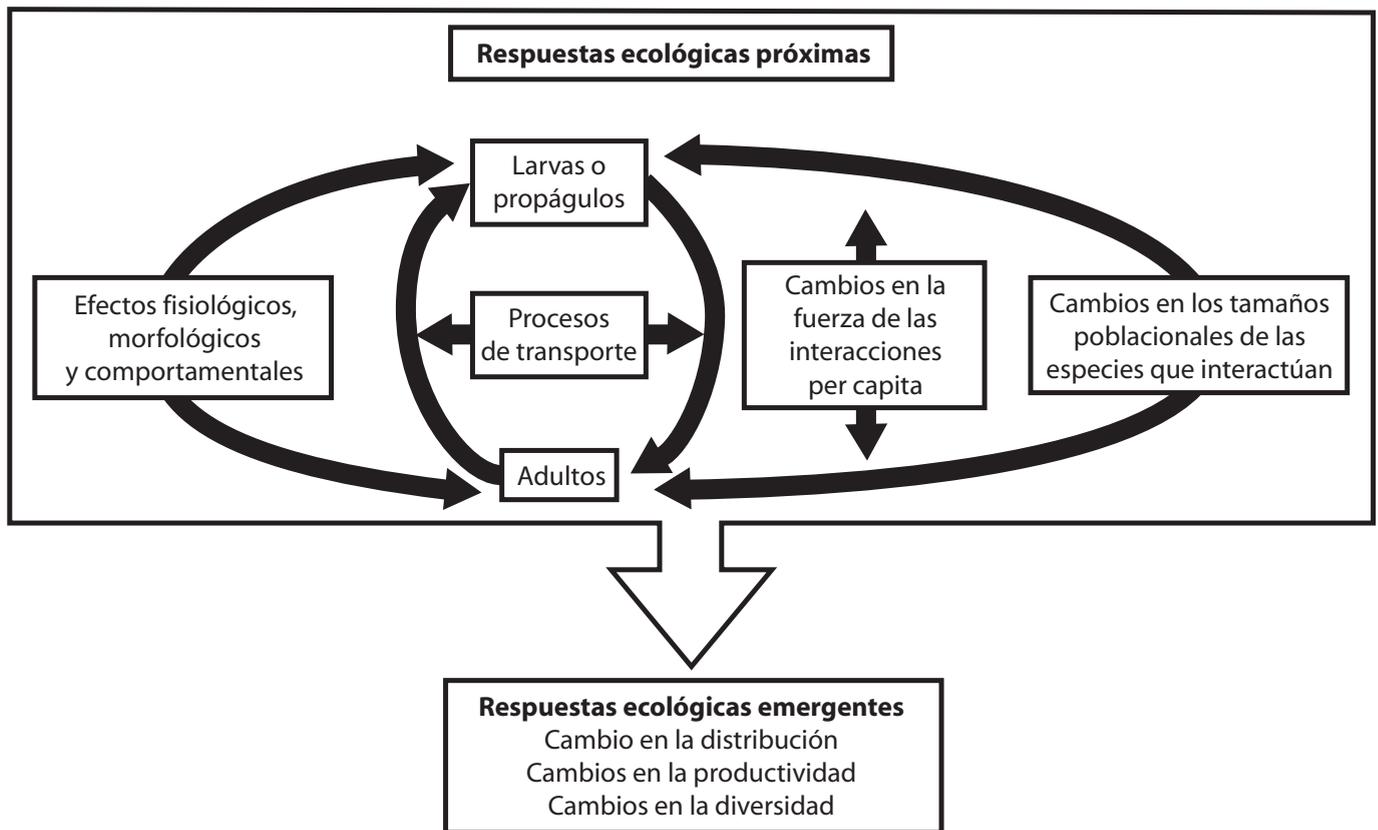


Figura 1. Respuestas ecológicas potenciales al cambio climático (Tomado y modificado de Harley *et al.*, 2006).

Aunque el futuro de los ecosistemas marino-costeros (y terrestres) es proyectado de manera pesimista y muchas veces desolador, se están tomando algunas medidas para mitigar los efectos del cambio climático, como el establecimiento de Áreas Marinas Protegidas y Parques Marinos. Se ha comprobado que las poblaciones y comunidades intactas tienen mayor capacidad de recuperarse que aquellas que han sido intervenidas por el hombre (Hughes *et al.*, 2003). Otra

estrategia es la incorporación de los cambios que ocurrirán como consecuencia del cambio climático al desarrollar planes de manejo y/o conservación como el ordenamiento pesquero (o cuando se asignen las cuotas de pesca a las industrias pesqueras). Los investigadores deben comprometerse en el desarrollo de proyectos relevantes para la toma de decisiones, la protección y el manejo de los ecosistemas marino-costeros.

Utilice más su olla a presión

La olla a presión es un instrumento de cocina que se usa para reducir el tiempo de cocción de los alimentos, sobre todo de legumbres, granos y carnes que se demoran en ablandar. También es útil para el medio ambiente porque libera menos cantidad de calor y bastante menor uso de la estufa.

El balance calórico de la tierra está actualmente fuera de equilibrio, y las temperaturas medias globales seguirán aumentando por varios siglos aún si la emisión de gases invernadero se estabiliza a los niveles actuales (IPCC, 2007). Sin embargo, para evitar que todos los cambios mencionados en los ecosistemas ocurran a escala global, y que desaparezcan especies claves como los manglares es necesario disminuir la emisión de gases invernadero (como el CO₂). Aunque estas medidas deben ser de orden nacional y global, en las que los gobiernos de los países regulen la emisión de los gases, está también en las manos de cada uno de nosotros aportar y tomar conciencia de nuestras acciones, implementando algunas estrategias como reciclar la basura o productos desechables, utilizar transporte público en vez del uso del carro individual —o compartir el carro con otros compañeros de estudio y/o trabajo— no comprar productos de animales que estén en peligro de extinción (e.g., coral negro, carey de tortuga), no malgastar el agua, la luz y demás servicios públicos.

Bibliografía

- ALLEY RB. 2004. «Implications of abrupt climate change». *Transactions, American Clinical and Climatological Association*, 115: 305-317.
- HARDOY J. Y G. PANDIELLA. 2007. «Cambio climático: Vulnerabilidad y adaptaciones en ciudades de América Latina». *Medio Ambiente y Urbanización*, 67(1): 1-4.
- CONSTANZA R, D'ARGE R, DE GROOT R, GRASSO M, HANNON B, LIMBURG K, NAEEM S, O'NEILL RV, PARUELO J, RASKIN RG, SUTTON P Y M VAN DEN BEL. 1997. «The value of the world's ecosystems services and natural capital». *Nature*, 387: 253-260.
- CORTÉS MT, CANTOS JO Y RICO-AMORÓS AM. 1998. «Certezas e incertidumbres sobre la hipótesis del cambio climático por el efecto invernadero y sus posibles consecuencias en la Península Ibérica». *Investigaciones Geográficas*, 20: 63-97.
- FEELY RA, SABINE CL, LEE K, BERELSON W, KLEYPAS J, FABRY VJ Y FJ SILLERO. 2004. «Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the Oceans». *Science*, 305: 362-366.
- HARLEY CDG, RANDALL-HUGHES A, HULTGREN KM, MINER BG, SORTE CJB, THOMBER CS, RODRÍGUEZ LF TOMANEK L Y SL WILLIAMS. 2006. «The impacts of climate change in coastal marine ecosystems». *Ecology Letters*, 9:228-241.
- HUGHES TP, BAIRD AH, BELLWOOD DR, CARD M, CONNOLLY SR, FOLKE C, GROSBERG R, HOEGH-GULDBERG O, JACKSON JBC, KLEYPAS JM, LOUGH JM, MARSHALL P, NYSTRÖM M, PALUMBI SR, PANDOLFI JM, ROSEN B Y J ROUGHGARDEN J. 2003. «Climate change, human impact, and the resilience of coral reefs». *Science*, 301: 929-933.
- IPCC. 2007. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Core writing team, Pachauri, R. K., Reisinger, A. y equipo principal de redacción (directores de publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 105 pp.
- KNOWLTON N. 2001. «The future of coral reefs». *PNAS*, 98:5419-5425
- KNOWLTON N Y JBC JACKSON. 2008. «Shifting baselines, local impacts, and global change on coral reefs». *PLoS Biology*, 6(2): 215-220.
- LEGGETT J. 1999. «El calentamiento del planeta: Informe de Greenpeace». *Oxford University Press*, México, pp.19-52.
- LUBCHENCO J, NAVARRETE SA, TISSOT BN Y JC CASTILLA. 1993. «Possible ecological responses to global climate change: near shore benthic biota of Northeastern Pacific coastal ecosystems». *Earth System Responses to Global Climate Change: Contrasts between North and South America* (eds. Mooney, H.A., Fuentes, E.R. y B.I. Kronberg). Academic Press, San Diego, pp. 147-166.
- MCNEIL BI Y RJ MATEAR. 2006. «Projected climate

- change impact on ocean acidification». *Carbon balance and management*, 1: 2.
- PAULY D Y V CHRISTENSEN. 1995. «Primary production required to sustain global fisheries». *Nature*, 374: 255-257.
- PECHENIK JA. 1999. «On the advantages and disadvantages of larval stages in benthic marine invertebrates life cycles». *Marine Ecology Progress Series*, 177:269-297.
- ROEMMICH D Y JA MCGOWAN. 1995. «Climatic warming and the decline of zooplankton in the California current». *Science*, 267: 1324-1326.
- SABINE CL, FEELY RA, GRUBER N, KEY RM, LEE K, BULLISTER JL, WANNINKHOF R, WONG CS, WALLACE DWR, TILBROOK B, MILLERO FJ, PENG T-H, KOZYR A, ONO T Y AF RÍOS. 2004. «The ocean sink for anthropogenic CO₂». *Science*, 305: 367-371.
- SCHNEIDER SH. 2002. «Global warming: Neglecting the complexities». *Scientific American*, 66-69.
- TIMMERMANN J, OBERHUBER J, BACHER A, ESCH M, LATIF M Y E ROECKNER. 1999. «Increased El Niño frequency in a climate model torced by future greenhouse warming». *Nature*, 398: 694-697.
- WILKINSON C Y D SOUTER. 2008. *Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005*. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, 152 p.

VALERIA PIZARRO

BSc en Biología, Universidad de Los Andes, MSc en Biología línea Marina, Universidad Nacional de Colombia y PhD en Biología, Newcastle University, Reino Unido. Actualmente se desempeña como Docente Titular de la Facultad de Ciencias Naturales, Programas de Biología Marina y Ambiental, Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Patrocine la reforestación navideña

La gente citadina sólo piensa en cuidar los bosques cuando compra árboles de navidad plásticos que, paradójicamente, tienen una producción más dañina. Asegúrese que al pagar por un pino con esa plata se estén sembrando dos. Colabore, este tipo de iniciativas ya existen en todos los países.