



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES

Tropical Journal of Environmental Sciences



Efectos del cambio climático en la anidación de las tortugas marinas

Effects of Climate Change in Nesting Sea Turtles

Ana C. Fonseca ^a

^aLa autora, bióloga marina, es consultora, Costa Rica.

Director y Editor:

Dr. Eduardo Mora-Castellanos

Consejo Editorial:

Enrique Lahmann, UICN, Suiza

Enrique Leff, UNAM, México

Marielos Alfaro, Universidad Nacional, Costa Rica

Olman Segura, Universidad Nacional, Costa Rica

Rodrigo Zeledón, Universidad de Costa Rica

Gerardo Budowski, Universidad para la Paz, Costa Rica

Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas



Efectos del cambio climático en la anidación de las tortugas marinas

Ana C. Fonseca

La autora, bióloga marina, es consultora.

Resumen

El aumento de la temperatura y del nivel del mar, entre otros signos de cambio climático, están afectando los patrones de distribución, alimentación, reproducción y migración de las tortugas marinas y de muchos otros organismos que ya de por sí están bajo presión, por actividades humanas destructivas en el nivel mundial, las cuales los hacen aún más vulnerables. Costa Rica no es la excepción; sin embargo, se estima que las consecuencias no serían iguales en todo su territorio. La interacción entre las placas tectónicas Cocos y Caribe, bajo la Península de Nicoya, es aparentemente la principal causa del aumento del nivel relativo del mar de 4 mm/año, en esta región. No obstante, si el deshielo y el aumento del nivel del mar global se aceleran y superan los efectos locales, como parece estar ocurriendo, se daría un aumento del nivel del mar geográficamente generalizado. Un aumento de 1 m en el

Summary

Temperature and sea level rise, among other signs of climate change, are affecting the distribution, feeding, reproduction and migration patterns of marine turtles and many other organisms already threatened by destructive human activities worldwide, making them more vulnerable. Costa Rica is not the exception, however the consequences would differ along its territory. The interaction between the Cocos and Caribbean tectonic plates under the Nicoya Peninsula is apparently the main cause of the relative sea level rise of 4 mm/year in this region. However, if global ice melting and sea level accelerate overcoming local effects, as it appears to be occurring, the result would be a generalized sea level rise. An increase of 1 m in the sea level of Playa Grande would imply a beach recession of 50 m inland. The beach and infrastructure of that zone would be flooded and eroded

Cambio climático global

Los cambios predichos en el clima, como resultado del incremento en las concentraciones atmosféricas de gases con efecto invernadero, incluyen mayores temperaturas en el aire y el océano, un aumento en el nivel del mar, incremento en la frecuencia y la intensidad de eventos climáticos extremos y patrones alterados de precipitación (Solomon *et al.*, 2007).

Las manifestaciones de cambio climático no son uniformes a lo largo del globo, pues son influenciadas fuertemente por procesos físicos locales y provocan una reacción en cadena con multitud de cambios en los ecosistemas. Sin embargo, los científicos especialistas en clima proyectan que la temperatura promedio de la Tierra aumentará entre 1,8 y 4°C. El nivel promedio global del mar aumentará de 75 a 190 cm, para el período de 1990 a 2100 (Vermeera y Rahmstorfb, 2009), debido a los acelerados deshielos en Groenlandia y Antártida, la expansión del agua del océano al calentarse, entre otros.

Los aumentos de temperatura, junto con otros impactos naturales y antropogénicos, pueden matar o debilitar el 30% de

nivel del mar en Playa Grande, por ejemplo, implicaría un retroceso aproximado de la playa de 50 m tierra adentro. La playa y la infraestructura en esa franja quedarían inmersas en el agua, serían erosionadas por el choque de la marea y gran parte de la inundación ocurriría desde atrás, avanzaría por la boca del estero Tamarindo, por los manglares que lo rodean y por otros terrenos adyacentes. Urge tomar medidas de mitigación y adaptación del cambio climático en cada localidad, que reduzcan la vulnerabilidad e incrementen tanto la resistencia como la resiliencia de los ecosistemas y sociedades humanas. El proyecto de conservación de tortugas marinas en playa Junquillal es un estudio de caso que ha generado y exportado lecciones aprendidas en el campo de la conservación comunitaria y la adaptación al cambio climático.

Palabras clave: aumento de temperatura y nivel del mar, adaptación al cambio climático, conservación de tortugas marinas, Costa Rica, Parque Nacional Marino Las Baulas, Grande, Junquillal, inundación de playas.

by the tide break, and most of the inundation would occur from behind, advancing through the mouth of the Tamarindo estuary, into the surrounding wetlands, and other adjacent territories. It is urgent to take local climate change mitigation and adaptation measures to reduce the vulnerability and increase the resistance and resilience of ecosystems and human societies. The marine turtles conservation project of Junquillal beach, is a case study generating and exporting learned lessons in the field of community conservation and climate change adaptation.

Key words: temperature and sea level rise, adaptation to climate change, marine turtles conservation, Costa Rica, Las Baulas Marine National Park, Grande, Junquillal, beach flooding.

las especies del planeta, en menos de 30 años. Por ejemplo, con solo un aumento de 2 °C todos los corales se blanquearían por pérdida de sus algas simbióticas y morirían; los arrecifes coralinos se debilitarían y al ser destruidos las costas quedarían más vulnerables a huracanes y otros fenómenos erosivos; disminuiría el espacio de playas para la anidación y el éxito reproductivo de los huevos de tortugas marinas y cocodrilos; se reduciría la productividad del plancton, de los manglares y pastos marinos, y tanto los mamíferos marinos, como las tortugas marinas, los tiburones y otros peces migrarían a aguas más frías, lo cual afectaría la pesca y el turismo. Es un círculo vicioso, el plancton y los arrecifes coralinos ayudan a fijar y reducir el dióxido de carbono de la atmósfera, lo que se denomina la bomba biológica y, si se ven afectados por los aumentos de temperatura, no podrían ayudar más a amortiguar el efecto invernadero. La salud de las especies en general, incluido el ser humano, se verá sumamente afectada con el aumento de enfermedades transmitidas por insectos, roedores, alimentos, aire y aguas contaminadas.

En el 2007, el planeta rompió la marca de eventos climáticos extremos. Las especies en muchas áreas ya están exhibiendo respuestas a un clima cambiante (Parmesan, 2006). Los ecosistemas, las especies y las comunidades humanas marino-costeras tropicales, en especial las tortugas marinas, son directamente vulnerables al efecto directo del aumento de la temperatura y del nivel del mar. Las implicaciones de estos procesos para los medios de vida y las economías que dependen del área costera y sus recursos naturales son profundos.

Efectos del cambio climático en las tortugas marinas

Entre las principales consecuencias, se ha encontrado evidencia de que el aumento de la temperatura de los nidos, a más de 29 °C en promedio, aumenta la proporción de hembras respecto a los machos y disminuye el potencial reproductivo, y a más de 33 °C los huevos no se desarrollan. Ante el aumento del nivel del mar, se inundan tanto los nidos de las tortugas como la infraestructura humana costera y se pierde área costera (Hawkes *et al.*, 2009). Además, el cambio climático, en general, está cambiando los patrones de las corrientes. Igualmente, varían la distribución, alimentación, reproducción y migración de las tortugas marinas que ya de por sí están bajo presión por actividades humanas destructivas en el nivel mundial, como el desarrollo costero, la contaminación, la pesca incidental y la sobreexplotación, las cuales hacen a estas tortugas aún más vulnerables (Lutcavage *et al.* 1997).

Cambio climático en Costa Rica

En Costa Rica, se estimó que las consecuencias no serían iguales en todo el territorio. En el próximo cuadro, se muestran las proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para las costas, ante el escenario de un crecimiento económico con enfoque regional pero sin sensibilidad ambiental. Se prevé que en el Pacífico norte la temperatura puede aumentar, más que hacia el sur y que en el Caribe, y la precipitación podría disminuir, mientras que en otras costas esta aumentaría, especialmente en el Caribe norte.

Cuadro 1. Proyecciones climáticas en la costa, ante el peor escenario (IMN/MINAE 2007; IPCC 2007)

Región	Temperatura	Precipitación
Pacífico norte	+5°	-20%
Pacífico central	+3.5°	+14%
Pacífico sur	+4°	+15%
Caribe norte	+3.5°	+48%
Caribe sur	+3.5°	+26%

La desigual distribución geográfica del calentamiento oceánico global produce una distribución desigual de la dilatación térmica del agua y, consecuentemente, una distribución geográfica desigual del aumento del nivel del mar absoluto. En la medida en que el efecto de la dilatación térmica ha sido muy determinante en el cambio del nivel del mar (al menos en un 50 %), durante varias décadas, todavía se observan regiones donde el nivel del mar absoluto está disminuyendo, incluyendo el Pacífico centroamericano. Debido a que la tendencia global de aumento del nivel del mar medio absoluto (+ 3.2 mm/año) es relativamente pequeña, los procesos regionales (incluyendo tectónica, cambios de corrientes oceánicas o forzamiento atmosférico) pueden predominar en la tendencia local de cambio del nivel del mar (absoluto y relativo). Por otro lado, la distribución



Juan José Pucci. Tortuga

geográfica del cambio del nivel del mar parece estar influenciada por variaciones interanuales y decadales, por lo cual no es posible, en la actualidad, interpretarla como una tendencia de largo plazo (Ballesterero *et al.*, 2010 a y b; Protti *et al.*, 2010).

Los tipos de costa predominantes en el país, playas en el frente de llanuras aluviales y marismas estuarinos son los más vulnerables ante un ascenso del nivel del mar. En los primeros, el ascenso implica un retroceso de la línea ribereña (transgresión) a posiciones en donde encuentre un nuevo perfil de equilibrio. En las segundas, las áreas sujetas a inundación mareal se ampliarían sensiblemente. En ambas costas, Pacífico y Caribe, una variación entre 2 mm y 5 mm anuales de ascenso del nivel del mar se ha venido produciendo desde los años cuarenta (IMN, 2000) y los impactos de esto ya se han comenzado a manifestar, como es el taponamiento hidráulico en las playas del Caribe. Ante este escenario, entre el 60% (105 ha) y el 90% (300 ha) de la ciudad de Puntarenas

y sus alrededores podrían quedar bajo las aguas, cuando llegue el año 2100. Otras zonas como Golfito y Quepos también se estima que cederían terreno al mar (IMN, 2000). Debido a que Costa Rica está en una zona tectónicamente activa, el riesgo de inundación de los sectores potencialmente inundables en el Caribe bajó drásticamente luego del terremoto del Valle de la Estrella, en 1991, dado el ascenso de la corteza terrestre en esa zona hasta en 1.8 metros por encima del nivel promedio del mar (Gutiérrez, 2008).

En el 2010 se analizó la tectónica, el nivel del mar y el ciclo sísmico en el Pacífico norte costarricense y se encontró que la interacción entre las placas tectónicas Coco y Caribe, bajo la Península de Nicoya, es la principal causa del cambio del nivel relativo del mar, en esta región. Los fuertes sismos en la Península de Nicoya tienen un tiempo de recurrencia promedio de alrededor de 50 años. Cada 50 años, la costa se levanta súbitamente entre 50 cm y 1 m, lo cual altera los

ecosistemas costeros, tanto los terrestres como marinos someros, en una franja que puede sobrepasar los 100 m. Luego del gran sismo, la costa seguirá elevándose lentamente, mientras se relajan los esfuerzos en el manto. La falla se recupera lentamente y produce un acople entre las placas y un nuevo ciclo de subsidencia de la costa (aumento en el nivel relativo del mar), como el que se observa actualmente (5 mm/año), que puede alcanzar los 10 mm/año. En el largo plazo, el levantamiento de la costa supera a la subsidencia, lo cual resulta en un levantamiento neto de más de 6 m cada 1000 años, en los sitios de máxima deformación (Punta Guiones y Cabo Blanco). Las observaciones altimétricas del cambio del nivel del mar absoluto en el Pacífico norte de Costa Rica (debido a las variaciones de la densidad del agua; al intercambio de agua con los continentes, la atmósfera y las capas polares, y a las variaciones de la circulación oceánica), obtenidas a partir de 1992, muestran una tendencia de disminución local de 1 mm/año. Esta tendencia regional es opuesta a la tendencia global de aumento del nivel medio absoluto del mar, de 3.2 mm/año, también medida por medio de altímetros. Teniendo en cuenta la subsidencia de la costa, de 5 mm/año en el Pacífico norte, y el decrecimiento local del nivel del mar absoluto de 1 mm/año, se puede estimar que la tasa de cambio actual del nivel del mar relativo en esta región es un aumento de 4 mm/año, lo que significa un incremento de 0.4 m a final de siglo. Sin embargo, a partir del 2003, la contribución del deshielo al aumento del nivel del mar absoluto global supera a la contribución de la dilatación térmica. Si la rapidez del deshielo aumenta, como parece estar ocurriendo en los últimos años, el aumento del nivel del mar global podría acelerarse y superar los efectos locales, hecho que resulta en un aumento del nivel del mar geográficamente generalizado. La rapidez del aumento del nivel del mar durante la última

deglaciación alcanzó valores de 5 m/siglo durante colapsos de grandes masas de hielo. Aunque no es posible extrapolar este valor a futuros escenarios de deshielo, vale la pena tener en cuenta que semejantes tasas de aumento son posibles y han tenido lugar en el pasado (Ballestero *et al.*, 2010 a y b; Protti *et al.*, 2010). En este sentido, es importante prepararse para los peores escenarios de aumento en el nivel del mar en cada localidad, para planificar y tomar medidas que reduzcan la vulnerabilidad de los ecosistemas marino costeros y las poblaciones humanas.

En el estudio de vulnerabilidad ante el cambio climático del 2000, se habían propuesto varias opciones de manejo para diferentes unidades en la costa del Pacífico central y para cada escenario de cambio de nivel del mar. Entre las recomendaciones generales estaban (IMN, 2000): 1. mantener un control efectivo de las variaciones del nivel del mar en las áreas de riesgo; 2. lograr una estrategia efectiva de apropiación de la información, por parte de todos los actores sociales; 3. permitir el desarrollo urbanístico solo tierra adentro detrás de los 600 m de las costas en regiones planas; 4. crear planes integrados de manejo costero que introduzcan las opciones propuestas.

Actualmente, se da una colaboración estrecha entre el Instituto Oceanográfico Internacional (IOI), la Universidad Nacional y la Comisión Nacional de Emergencias, para atender las amenazas marino costeras, incluyendo la vigilancia y control permanente de la costa, la medición de parámetros climáticos y una campaña de educación a comunidades costeras (Gutiérrez, 2008).

Aumento del nivel del mar en playa Grande, caso de estudio

La playas estarán siempre entre el mar y tierra firme y avanzarán tierra adentro empujadas por el oleaje, a medida que aumenta el nivel del mar. Un aumento de 1 m en el nivel del mar en Playa Grande, por ejemplo, implicaría un retroceso de la playa aproximado de 50 m tierra adentro (Díaz-Andrade 1996). Tal sería entonces el alcance de la inundación del litoral de Playa Grande, comparando con la línea de marea actual. La zona pública de 50 m y la zona marítimocostera también se están desplazando paulatinamente tierra adentro. Si hay construcciones en esa zona, quedarían inmersas en la playa y las tortugas anidando competirían directamente por espacio con ellas. En teoría, tal podría llegar a ser el caso de manera puntual con algunas de las edificaciones existentes en la actualidad, aunque se desconoce si la zona de anidación preferida por las tortugas va a incluir a futuro estos tramos específicos de la playa. Sin embargo, una vez que la playa alcance la infraestructura, el choque de la marea contra carreteras y/o edificaciones causará erosión y pérdida del área de playa.

Un modelo de inundación ante diferentes escenarios de aumento del nivel del mar, basado en información topográfica de alta resolución obtenida con tecnología láser (LIDAR), liderado por WWF y elaborado por la empresa española Stereocarto (Drews y Fonseca, 2009), también revela que gran parte de la inundación de la zona ocurrirá desde atrás, avanzando por la boca del estero Tamarindo, y por los manglares que lo rodean, inundando también terrenos adyacentes. La zona del pequeño estero de playa Ventanas será inundada significativamente y generará una alta vulnerabilidad para la carretera paralela a la playa y las edificaciones en este sector. Los man-

glares, al igual que la playa, irán retrocediendo. El régimen de inundación, erosión y sedimentación alcanzado sobre las costas, por acción de la dinámica marina, costera y meteorológica, es un fenómeno especialmente complejo y es importante determinarlo para la definición de planes de manejo integrado de la zona costera. Es fundamental levantar y adjuntarle a esta topografía datos de oleaje, mareas, batimetría, corrientes, tectonismo, precipitación, temperatura y otros, con el fin de analizar una gama amplia de vulnerabilidades y generar un modelo de inundación, dinámico y más preciso, del impacto del cambio climático en estas playas.

El futuro de nuestras playas depende de su capacidad de retroceder ante el aumento del nivel del mar y mantener a la vez las condiciones ecológicas idóneas para la anidación de las tortugas.

Existe la urgente necesidad de tomar medidas de mitigación del cambio climático, pero también de avanzar en el diseño y la implementación de medidas de adaptación que incrementen tanto la resistencia como la resiliencia de los ecosistemas y sus sociedades y así reducir los inevitables impactos locales, ecológicos y sociales, del cambio climático. Una reducción en la vulnerabilidad al cambio climático de las tortugas y de los hábitats que utilizan, tendría beneficios ecológicos y sociales adicionales. 'Adaptación' se refiere, en este caso, a las acciones de manejo que se ponen en marcha ahora para reducir la vulnerabilidad al cambio climático en el futuro.

Adaptación al cambio climático en playas de anidación de tortugas marinas

Algunas medidas de adaptación que se deben tomar en playas de anidación de tortugas marinas incluyen: (1) el monitoreo de la temperatura y la distancia de varios puntos de la playa a

puntos fijos de la costa, tales como edificaciones y mojones; (2) el estudio de la vulnerabilidad local; (3) la relocalización de nidos en invernaderos y la restauración de vegetación costera para dar sombra a los nidos; (4) el diseño de retiros de infraestructura para reducir la vulnerabilidad de las inversiones en desarrollo costero a las inundaciones, por aumento del nivel del mar, y para que no se obstaculice la formación de nueva playa y manglar tierra adentro y así se mantenga la existencia y función ecológica de los ecosistemas marino costeros; (5) la creación o ampliación de áreas marino costeras protegidas; (6) la ampliación de la zona costera pública; (7) la inclusión de la variable de cambio climático en procesos y herramientas de planificación del ordenamiento territorial, el desarrollo y la conservación costera, como lo son planes reguladores de la zona marítimo-terrestre, planes de manejo de áreas marino costeras protegidas, planes de ordenamiento espacial marino, planes de mejora del bienestar comunitario a través de procesos participativos y, en general, la planificación marino-costera integrada (Fish y Drews, 2009; ver Caja de Herramientas de Adaptación al Cambio Climático para Tortugas Marinas en www.panda.org/lac/marine-turtles/adaptation).

Desde el año 2005, WWF ha impulsado la conservación de baulas del Pacífico en Costa Rica, mediante un proyecto modelo en playa Junquillal, Guanacaste. Playa Junquillal se ha convertido en un estudio de caso que genera y exporta metodologías y lecciones aprendidas en el campo de la conservación comunitaria de tortugas marinas y la adaptación al cambio climático, entre otros (WWF, 2010). Del 27 al 29 de noviembre de 2009, se llevó a cabo el taller de “Adaptación al Cambio Climático para Tortugas Marinas”, en playa Junquillal. Este taller fue organizado por WWF y participaron 17 conservacionistas de las costas caribe y pacífico. El objetivo del taller era construir capacidad para incorporar adaptación

al cambio climático, en proyectos de conservación en curso, y compartir herramientas para evaluar la vulnerabilidad y planificar la adaptación. El taller incluyó la presentación de la “Caja de Herramientas para Adaptación al Cambio Climático” y entrenamiento en métodos prácticos de monitoreo. Los/as participantes discutieron diferentes medidas de adaptación y cómo poder integrar cambio climático dentro de sus proyectos individuales en los sitios de anidación y forrajeo de Costa Rica. Además, los/as participantes formaron una red de apoyo en adaptación al cambio climático, para compartir herramientas, experiencias e información conforme comiencen a implementar los planes de adaptación.

En abril de 2009, en San José, durante la 4.^a Conferencia de las Partes de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas, de la cual Costa Rica es integrante, se aprobó por consenso la resolución CIT-COP4-2009-R5 “Adaptación de hábitats de las tortugas marinas al cambio climático”, propuesta a la Conferencia por el Gobierno de Costa Rica (CIT, 2008). Esta resolución vanguardista exhorta a los países signatarios a fortalecer el diseño, así como identificar e implementar medidas correctivas y de adaptación al cambio climático, en los planes de manejo, planes reguladores, al igual que programas de protección y conservación de tortugas marinas y sus hábitats. La implementación de medidas correctivas y de adaptación es un compromiso internacional, en el cual Costa Rica tiene desde ya un claro liderazgo en materia de tortugas marinas, como lo demuestra el proyecto de conservación de playa Junquillal.

Referencias bibliográficas

- Ballestero, D. *et al.* (2010a). *Condiciones, meteorológicas y oceanográficas en el Pacífico norte de Costa Rica y playa Junquillal*. San José: WWF/LAOCOS-UNA.
- Ballestero, D. *et al.* (2010b). *Condiciones oceanográficas en Junquillal Pacífico norte de Costa Rica*. San José: WWF/LAOCOS-UNA.
- Comisión Interamericana de Tortugas Marinas (CIT). (2008). <http://www.iacseaturtle.org/download/CIT-COP4-2009-Doc3-ESP.pdf>, 2008
- Díaz-Andrade, J. M. (1996). *Análisis de la vulnerabilidad de la zona costera ante el ascenso del nivel del mar por un cambio climático global – Costa del Pacífico de Costa Rica*. (Informe final del Proyecto Centroamericano sobre Cambio Climático). San José: Comité Regional de Recursos Hidráulicos.
- Drews, C. y Fonseca, A. (2009). *Rising sea level due to climate change at Playa Grande, Las Baulas National Park, Costa Rica: inundation simulation based on a high resolution, digital elevation model and implications for park management*. (WWF / Stereocarto Report). San José: WWF.
- Fish, M. R. y Drews, C. (2009). *Adaptation to climate change: options for marine turtles*. (WWF report). San José: WWF.
- Hawkes, L. A. *et al.* (2009). Climate change and marine turtles. *Endangered Species Research* (7).
- IMN. (2000). *Estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático*. (Resumen ejecutivo). San José: IMN.
- IMN/MINAE. (2007). *Proyecciones de cambio climático en Costa Rica. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático*. (Informe técnico). San José: IMN/MINAE.
- IMN/MINAE. IPCC. (2007). *Impactos y adaptaciones al cambio climático y eventos extremos en América Central*. (Informe técnico). San José: SICA.
- Lutcavage, M. E. *et al.* (1997). Human impacts on sea turtle survival. En Lutz, P. L. y Musick, J. A. (Eds.), *The biology of sea turtles. CRC Marine Science Series*. Florida: CRC Press, Inc.