

Las tortugas marinas y el cambio global

Global change and sea turtles

JUAN PATINO-MARTINEZ^{1,2,*}

¹ Aranzadi Zientzia Elkartea.

² Estación Biológica de Doñana, CSIC.

* juanpatino@ebd.csic.es

ABSTRACT

Global changes product of human activities, such as global warming, changes in land use, sea level rise, alterations of frequency and intensity of storms, increased pollution of marine ecosystems and so on, have affected the phenology and survival of many species of plants and animals. This article is a bibliographical revision about the effects of global change on the remaining species of sea turtles. During last century, turtles have suffered because of the growing levels of human consumption and contamination. Hundreds of thousands of sea turtles have been injured or killed by interaction with commercial fisheries. The oceans are accumulating large amounts of highly persistent plastics and sea turtles seem to be particularly vulnerable to this problem by confusing them with jellyfish and eat them massively. Pollution from accidental spills of fossil fuel also causes a higher impact of mortality of wildlife, including sea turtles. The accumulation of organic debris on beaches, from forest deforestation, alters nesting and hatchling survival. There are direct impacts such as systematic hunting of breeding females and juveniles for human consumption or as an aphrodisiac, or the manufacture of products including jewelry, among others. Other important impacts are the destruction and urbanization of the nesting beaches and egg harvest for human consumption. The over-exploitation of beaches by tourism, traffic, or light pollution alters nesting, incubation and hatchling success. All of these impacts have caused and are still causing the decline of most populations worldwide and the inclusion of six from the seven living species of sea turtles in the red list as *critically endangered*, *endangered* or *vulnerable* by the International Union for the Conservation of Nature. Finally, it is discussed the advances and limitations of the current conservation programs.

KEY WORDS: Conservation, global warming, sea level rise, marine reptiles, management programs, marine pollution, human impacts.

RESUMEN

Los recientes cambios globales producto de las actividades humanas, tales como: alteraciones del clima, cambios en el uso de la tierra, aumento del nivel del mar, variación en la frecuencia e intensidad de las tormentas, aumento de la contaminación de los ecosistemas marinos, etc. han afectado la fenología y supervivencia de muchas especies de plantas y animales. En este artículo se exponen con detalle los efectos del cambio global sobre las especies supervivientes de tortugas marinas. Durante el último siglo, las tortugas han sufrido el incremento en los niveles de consumo y contaminación de los humanos. Cientos de miles de ejemplares han sido heridos o muertos por la interacción con pesquerías comerciales. Los océanos están acumulando grandes cantidades de plásticos de muy alta persistencia y las tortugas marinas parecen ser especialmente vulnerables a este problema al confundirlos con medusas e ingerirlos masivamente. La contaminación por derrames accidentales de combustibles fósiles, es también uno de los impactos con mayor mortalidad de fauna, incluidas las tortugas marinas. La acumulación de residuos vegetales en playas, producto de la deforestación de los bosques, altera la anidación y la supervivencia de los recién eclosionados. Existen impactos directos como la caza intencionada y sistemática de hembras reproductoras y juveniles para el consumo humano, como afrodisíaco o para la elaboración de bisutería y otros productos manufacturados. Otros impactos importantes son la destrucción y urbanización de las playas de anidación y el expolio masivo de huevos para consumo humano. El uso excesivo de las playas por el turismo, el tráfico rodado, o la iluminación artificial alteran la anidación, incubación o éxito de las crías. La suma de todos estos impactos ha causado y sigue causando el declive de la mayoría de las poblaciones del mundo y la inclusión de seis de las siete especies vivientes de tortugas marinas en la lista roja de especies amenazadas como *críticamente amenazadas*, *amenazadas* o *vulnerables* por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Finalmente, se comentan los avances y limitaciones de los programas actuales de conservación.

PALABRAS CLAVES: Conservación, calentamiento global, incremento nivel del mar, reptiles marinos, programas de manejo, polución marina, impactos humanos.

LABURPENA

Giza jardueren ondorioz berriki ematen ari diren aldaketa globalak, hala nola: klima aldaketak, luraren erabileraren inguruko aldaketak, itsas mailaren gorakadak, ekaitzen maiztasunaren eta intentsitatearen aldaketak, itsas-ekosistemen kutsadurak eta abar luze batek, espezie askoren fenologian eta biziraupenean eragin dute. Artikulu honetan, bizirautean duten itsas dortoka espezieetan aldaketa globalak duen efektua azaltzen da. Azken mende honetan, itsas dortokek gizakiagandik kontsumo eta kontaminazioaren hazkuntza bat pairatu dute. Ehundaka mila dortoka zaurituak edo hilak izan dira arrantza jardueren ondorioz. Ozeanoak, plastikozko zabor ikaragarriak pilatzen ari dira eta arazo hau bereziki azpimarragarria da dortoketan, hain zuzen ere beren elikagaiekin, marmoekin, nahasten bait dituzte eta kantitate handitan barneratzen dituzte. Erregai fosilen isurtzea da, fauna heriotze handienetarikoa duen eragile bat da eta bertan noski itsas dortokak barneratzen dira. Basoen soiltzeak ere hondartzetan hondakin begetal ugari pilatzea dakar eta itsas dortoken errutean eta gaztetxoan jaiotzean ondorio kaltegarriak. Eragin edo inpaktu zuzenak ere badira, hala nola itsas dortoken ehiza, errutera hondartzaraten diren emeena edo eta itsasoan garatzen dabilen gazteena, giza kontsumorako, bai kutixi afrodisiako gisa edo eta apaingarri eta bitxiak sortzeko ere. Beste inpaktu bat, haien ekosistemen suntsitzea da, errute hondartzak urbanizatzea eta arrautzen lapurreak. Hondartzen erabilera turistikoak, bertan dabilen ibilgailu kopuru handiak eta hauetan izaten den argiztapenak, hondartzaratzek, erruteak, arrautzen inkubazioa eta jaiotzen diren dortoken arrakasta baldintzatzen ditu. Inpaktu guzi hauen ondorioz, munduko itsas dortoken populazioek beerakada izan dute eta bizirik dirauten zazpi espezieetatik sei, Natura eta Baliabide Naturalak Kontserbatzeko Nazioarteko Batasunak (NKNB) arriskuan dauden animalien zerrenda gorrian barneratu ditu *arrikeri kritikoan*, *arrikerian* eta *kaltebera* izendatuak izan direlarik. Azkenik, gaur egun, aurrera eramaten ari diren kontserbazio programen aurrera pauso eta dituzten mugak azalduko dira.

GAKO-HITZAK: Kontserbazioa, berotze globala, itsas mailaren igoera, itsas narrastiak, kudeaketa egitasmoak, itsas poluzioa, giza inpaktuak.

La existencia de las tortugas marinas desde hace millones de años (HIRAYAMA, 1998) demuestra su capacidad para desplazar sus lugares de anidación y desarrollar nuevas rutas migratorias, adaptándose a fuertes cambios climáticos (HAWKES *et al.*, 2009). Sin embargo, las alteraciones actuales del clima están ocurriendo de una forma mucho más acelerada que en el pasado (IPCC, 2001). Además, las poblaciones de tortugas marinas sufren actualmente una serie de impactos de origen antrópico que no existieron anteriormente (JRIBI *et al.*, 2008; SELKOE *et al.*, 2008; MAZARIS *et al.*, 2009). Por lo tanto, su resiliencia frente al cambio climático actual puede ser menor que en el pasado y se desconoce la capacidad de las tortugas marinas para adaptarse a ellos (FUENTES *et al.*, 2009).

Cambios globales que incluyen el aumento del nivel del mar, de las temperaturas del aire y del agua y de la frecuencia e intensidad de las tormentas (IPCC, 2001), pueden suponer pérdida total o parcial de playas de anidación (DICKSON *et al.*, 2007; PIKE & STINER, 2007b) y disminución del éxito de eclosión en los nidos de las tortugas marinas. El aumento del nivel del mar, puede tener efectos negativos sobre los ecosistemas costeros de anidación, como alteraciones en la redistribución de sedimentos a lo largo de la línea de costa, pérdida permanente o excesiva acumulación del volumen de arena y aumento del nivel freático (BAKER *et al.*, 2006; FUENTES *et al.*, 2009). Por ejemplo, un incremento de 0,5 m en el nivel del mar, causaría la desaparición de hasta el 32% del total de la superficie actual de playa en el mar Caribe, siendo las playas más angostas las más vulnerables (FISH *et al.*, 2005). El aumento en la frecuencia e intensidad de las tormentas tropicales, previsiblemente alterará los ciclos de inundación de los huevos

en desarrollo (PIKE & STINER, 2007b, a). El aumento de la temperatura en las masas de aire y agua está correlacionado con el aumento de temperatura de la arena donde se incuban los huevos (FUENTES *et al.*, 2009). Los embriones se desarrollan con éxito solo dentro de rangos concretos de temperatura y humedad (MILLER, 1985) y el aumento de ambos factores hacia los límites superiores del rango pueden causar una disminución del éxito de eclosión (MILLER, 1985). Por otra parte, el sexo de las crías está determinado por las temperaturas de incubación en el tercio medio de desarrollo embrionario (MROSOVSKY & YNTEMA, 1980; YNTEMA & MROSOVSKY, 1980; DALRYMPLE *et al.*, 1985) y aumentos en las temperaturas de incubación generan un desbalance en la proporción de crías de cada sexo (HAYS *et al.*, 2003; GLEN & MROSOVSKY, 2004; RAHMSTORF *et al.*, 2007). Mayores temperaturas implican mayor proporción de hembras (CHAN & LIEW, 1995; DAVENPORT, 1997). Así, la producción de machos puede verse severamente comprometida en zonas importantes de anidación si se confirman las previsiones de calentamiento del clima (HAWKES *et al.*, 2009). Se desconocen los efectos posibles de este desbalance sobre la historia de vida de las tortugas. Sin embargo, debido a la determinación del sexo por la temperatura de incubación junto con la filopatria al lugar de nacimiento, es previsible que el calentamiento del clima comprometa seriamente la supervivencia de muchas poblaciones de tortugas (DAVENPORT, 1997; WEISHAMPEL *et al.*, 2004). Es necesario, por tanto, conocer las temperaturas actuales en playas de anidación y desarrollar modelos predictivos de variación térmica y sus implicaciones en la razón de sexos de las crías en el futuro (figura 1) (PATINO-MARTINEZ *et al.*, 2012a).



Fig. 1.- Tortuga laúd anidando. Fotografía: Elena Abella. /Leatherback nesting. Photography: Elena Abella.

La humedad de la arena depende especialmente de la frecuencia e intensidad de las tormentas, del nivel de las mareas y del nivel freático del suelo (ACKERMAN, 1997). El ambiente hídrico de los nidos de tortugas marinas, varía en el espacio y en el tiempo (ACKERMAN, 1997) y puede tener efectos importantes sobre el intercambio de gases, el éxito de eclosión, la elección del sitio de puesta, la duración de la incubación, el fenotipo, el sexo y la calidad de las crías (ACKERMAN, 1981, HEWAVISENTHI & PARMENTER, 2000, 2002; LEBLANC & WIBBELS, 2009). Las alteraciones climáticas globales pueden, además de modificar las condiciones óptimas de incubación de los nidos, alterar factores bióticos como el crecimiento desproporcionado de hongos u otros microorganismos en el entorno de los huevos (PHILLOTT *et al.*, 2004).

Los cambios globales en el uso de la tierra y las inadecuadas prácticas de explotación maderera, impactan la biodiversidad y generan una gran cantidad de desechos orgánicos que son arrastrados por los ríos hacia el mar (FREDERICKSEN & PUTZ, 2003; FOLEY *et al.*, 2007; FITZHERBERT *et al.*, 2008). Este desplazamiento de troncos y otros residuos orgánicos puede causar impactos colaterales sobre múltiples ecosistemas (PUTZ *et al.*, 2000; THIEL & GUTOW, 2004). Uno de esos ecosistemas es la arena de la playa donde se acumulan los desechos que arrojan las corrientes oceánicas y forman barreras paralelas al mar (VELANDER & MOCOCCI, 1999). Un exceso de este tipo de residuos vegetales puede alterar la anidación de las tortugas marinas y la supervivencia de los recién eclosionados en su camino desde el nido hasta el mar (LAURANCE *et al.*, 2008; BOURGEOIS *et al.*, 2009). Sin embargo, estudios detallados sobre el efecto de la materia orgánica acumulada en playas sobre el comportamiento de anidación y la supervivencia de nidos y crías de tortugas marinas, son aún tan escasos como necesarios en playas de anidación (PATINO-MARTINEZ, 2010).

El aumento exponencial de la población humana en las últimas décadas, ha traído consigo un aumento en la producción de desechos, que en muchos casos terminan en los ecosistemas marinos. La ingestión de plásticos es un fenómeno emergente de especial gravedad (BUGONI *et al.*, 2001; TOMÁS *et al.*, 2002), pues los océanos están acumulando grandes cantidades de plásticos de muy alta persistencia y las tortugas marinas parecen ser especialmente vulnerables a este problema al confundirlos con medusas e ingerirlos masivamente (MROSOVSKY, 1981; BARREIROS & BARCELOS, 2001). En 408 autopsias se encontraron plásticos en el sistema digestivo del 34% de los individuos (MROSOVSKY *et al.*, 2009). Aunque hay muestras desde 1885, la primera tortuga con este tipo de residuo data de 1968. La ingestión de bolsas plásticas es causante de la muerte de ejemplares de diferentes edades, llegando a ser en algún caso, junto a la pesca incidental, la principal causa de muerte (DUGUY *et al.*, 1998).

La contaminación de los ecosistemas costeros a consecuencia de los derrames accidentales de combustibles fósiles, es también uno de los impactos con mayor mortalidad de fauna incluidas las tortugas marinas (HALL *et al.*, 1983, MIGNUCCI-GIANNONI, 1999). La mortalidad em-

brionaria aumenta al contacto con combustibles fósiles, entre otros motivos por la disminución en el intercambio de gases (PHILLOTT & PARMENTER, 2001b). En general es muy difícil la recuperación de tortugas marinas afectadas por contacto directo con hidrocarburos (MIGNUCCI-GIANNONI, 1999).

La vida pelágica de las tortugas durante la mayor parte de su ciclo vital puede explicar los bajos niveles generales de contaminantes en sangre y huevos (GUIRLET *et al.*, 2008). Sin embargo, en estudios toxicológicos realizados en la costa atlántica de Francia se han encontrado niveles muy altos de metales pesados en el páncreas. Concentraciones medias de Cadmio detectadas en el riñón han sido de 30,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ en peso fresco, cifra muy elevada en comparación con otros estudios previos (CAURANT *et al.*, 1999). El cadmio como otros contaminantes parecen ser más abundantes en las medusas que en otras especies marinas. Se han detectado niveles relativamente elevados de PCBs y concentraciones elevadas de sigma clorobifenilos (47 a 178 $\mu\text{g/kg}$ de peso fresco) en tejido adiposo (MCKENZIE *et al.*, 1999; ORÓS *et al.*, 2009). Estos niveles de contaminantes pueden contribuir a serios problemas de salud, inmunosupresión y disrupción endocrina. Las concentraciones de metales pesados en los huevos no cambian en sucesivas anidaciones de la misma hembra, pero los niveles de plomo en sangre aumentan en las hembras a lo largo de la estación reproductora (GUIRLET *et al.*, 2008), debido probablemente, a los altos requerimientos de calcio durante la formación de los huevos que moviliza el plomo de forma concomitante (GUIRLET *et al.*, 2008).

Además de los impactos antrópicos causados indirectamente por la alteración de los factores medioambientales en las playas de reproducción y en el mar, existen impactos directos como la caza intencionada y sistemática de hembras reproductoras y juveniles para el consumo humano (ECKERT & ECKERT, 1990; FRETEY, 2001), como afrodisíaco (SPOTILA, 2004) o para la elaboración de bisutería y otros productos manufacturados (FOSDICK & FOSDICK, 1994). Las altas tasas de mortalidad juvenil y adulta en algunas poblaciones podrían estar reduciendo significativamente la longevidad real de las tortugas y su productividad. Otros impactos importantes son la destrucción y urbanización de las playas de anidación por asentamientos humanos (ANTWORTH *et al.*, 2006) y el expolio masivo de huevos para consumo humano y para la alimentación de animales domésticos (KAMEL & MROSOVSKY, 2006; CHACÓN-CHAVERRI & ECKERT, 2007). El uso excesivo de las playas por el turismo, el tráfico rodado, o la iluminación artificial alteran la anidación, incubación o éxito de las crías (WITHERINGTON, 1992; SALMON & WITHERINGTON, 1995; KUDO *et al.*, 2003; TUXBURY & SALMON, 2005; FOLEY *et al.*, 2007; HERNANDEZ *et al.*, 2007; BOURGEOIS *et al.*, 2009). Especies domésticas como perros o cerdos causan severos daños en los nidos (Fig. 2) y las crías de las tortugas en el entorno de asentamientos humanos (ENGEMAN *et al.*, 2003; ENGEMAN *et al.*, 2005), aumentando sustancialmente las tasas de mortalidad.



Fig. 2.- Tortuga laúd poniendo huevos. Fotografía: Elena Abella. / Leather-back laying eggs. Photography: Elena Abella.

Durante el último siglo, las tortugas han sufrido el incremento en la demanda de pescado para consumo humano, que ha causado la muerte accidental de cientos de miles ejemplares en pesquerías comerciales (FERRAROLI *et al.*, 2004; HAYS *et al.*, 2004; SPOTILA, 2004). Además, la colisión con embarcaciones les causa heridas graves y es otra de sus amenazas en el mar (LEWISON & CROWDER, 2007). La suma de todos estos impactos ha causado y sigue causando el declive de la mayoría de las poblaciones anidantes del mundo (CHAN *et al.*, 2007; SEMINOFF & SHANKER, 2008; DETHMERS & BAXTER, 2011) y la inclusión de seis de las siete especies vivientes de tortugas marinas en la lista roja de especies amenazadas como críticamente amenazadas, amenazadas o vulnerables por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2011). Uno de los ejemplos más dramáticos de declive es el caso de Terengganu en Malasia. La población de tortuga laúd en esta zona se redujo de 10.000 hembras anidantes por año en los años cincuenta a menos de 100 en 1995. Lo que implica una pérdida del 99% de la población en medio siglo (CHAN & LIEW, 1996). En algunos casos estos declives han sido paliados gracias a una gran variedad de programas efectivos de conservación, que incluyen la reducción de las capturas incidentales en pesquerías (FERRAROLI *et al.*, 2004; HAYS *et al.*, 2004), la recuperación o conservación de hábitat críticos (TROENG & RANKIN, 2005), la protección de las hembras y nidos (ECKERT & ECKERT, 1990; PILCHER & ENDERBY,

2001; BAPTISTOTTE *et al.*, 2003; SARTI *et al.*, 2007), las campañas de concienciación para disminuir el consumo de carne y huevos (TROENG & RANKIN, 2005), el refuerzo de la cooperación regional entre países (FOSSETTE *et al.*, 2008), la cría en cautividad (FOSDICK & FOSDICK, 1994; FONTAINE & SHAVER, 2005) y la repoblación o reintroducción en nuevas playas (SHAVER, 2005).

Una de las prácticas más difundidas en programas de conservación en playas consiste en el traslado de nidadas completas a viveros vigilados y protegidos, para mitigar la pérdida por consumo humano, depredación por animales domésticos y por inundación o erosión natural (CHAN *et al.*, 1985; GARCIA *et al.*, 2003; BASKALE & KASKA, 2005; ABELLA *et al.*, 2007; PATINO-MARTINEZ *et al.*, 2010). Algunos estudios realizados durante varios años consideran que los resultados de la traslocación de huevos han sido positivos para la conservación (WYNEKEN *et al.*, 1988; ECKERT & ECKERT, 1990; GARCIA *et al.*, 2003; DUTTON *et al.*, 2005; CHACÓN-CHAVERRI & ECKERT, 2007) y para difundir las campañas de educación al público (QUINONES *et al.*, 2007; PIKE, 2008). El efecto positivo inmediato de la protección de nidos en viveros consiste fundamentalmente en garantizar la incorporación de un número importante de crías a la población (PATINO-MARTINEZ *et al.*, 2008; TOMILLO *et al.*, 2008).

Sin embargo, se han detectado algunos problemas asociados a los programas de traslocación de nidos a viveros, como la fluctuación intra e interanual de las tasas de eclosión (PIEDRA *et al.*, 2007), la disminución del éxito medio de eclosión de los nidos (PINTUS *et al.*, 2009), sesgos en la proporción de sexos de las crías (MORREALE *et al.*, 1982; CHAN & LIEW, 1996) y asincronía en la emergencia (KOCH *et al.*, 2008).

Entre las diferentes causas de la disminución del éxito, se han descrito la mortalidad embrionaria inducida por el movimiento de los huevos (LIMPUS *et al.*, 1979) y el mayor riesgo de contagio por hongos y otros microorganismos debido a una mayor densidad de nidos en los viveros (SHANKER *et al.*, 2003; OZDERMIR & TURKOZAN, 2006). En general, la mortalidad embrionaria durante la incubación puede estar asociada con características intrínsecas de los huevos (genéticas y fenotípicas) y también por las condiciones de incubación y manipulación de los huevos (BONACH *et al.*, 2003). El crecimiento de hongos sobre los huevos de tortugas marinas ha sido demostrado solo en algunas especies y en localidades concretas (CHAN & SOLOMON, 1989; PHILLOTT & PARMENTER, 2001a; PHILLOTT *et al.*, 2004), pero no se ha establecido con certeza si ocurre una mayor contaminación de los huevos en nidos trasladados al vivero. Estudios científicos para conocer bien los mecanismos de la alta mortalidad embrionaria en huevos, los efectos del transporte, la manipulación y la incubación en viveros, son indispensables para mejorar los programas de conservación en playas (PATINO-MARTINEZ *et al.*, 2012b). Los programas de conservación deben considerar, también, las dinámicas poblacionales, su estructura genética, la distribución y preferencias de hábitat, las fuentes de mortalidad en los diferentes estadios de vida y las proporciones naturales de sexos para implementar programas

de manejo integrales y eficaces. Sin embargo, conviene recordar que los programas de manejo y conservación, son sólo planes de emergencia frente a impactos severos que deben ser revertidos para garantizar la estabilidad de las poblaciones de tortugas marinas.

REFERENCIAS

- ABELLA, E., MARCO, A., LOPEZ-JURADO, L. F. 2007. Success of delayed translocation of loggerhead turtle nests. *J. Wildlife Manage.* 71(7): 2290-2296.
- ACKERMAN, R. A. 1981. Growth and gas-exchange of embryonic sea turtles (*Chelonia, Caretta*). *Copeia* 4: 757-765.
- ACKERMAN, R. A. 1997. The nest environment and the embryonic development of sea turtles. En: *The biology of sea turtles*. Lutz, P. L., Lutz, J. A., Musick (Eds): 83-106. CRC Press. Boca Raton. Washington D.C.
- ANTWORTH, R. L., PIKE, D. A., STINER, J. C. 2006. Nesting ecology, current status, and conservation of sea turtles on an uninhabited beach in Florida, USA. *Biol. Conserv.* 130: 10-15.
- BAKER, J. D., LITNAN, C. L., JOHNSTON, D. W. 2006. Potential effects of sea level rise on the terrestrial habitats of endangered and endemic megafauna in the Northwestern Hawaiian Islands. *Endang. Species Res.* 2: 21-30.
- BAPTISTOTTE, C., THOME, J. C. A., BJORN DAL, K. A. 2003. Reproductive biology and conservation status of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) in Espírito Santo State, Brazil. *Chelonian Conserv. Biol.* 4: 523-529
- BARREIROS, J. P., BARCELOS, J. 2001. Plastic Ingestion by a leatherback turtle *Dermochelys coriacea* from the Azores (NE Atlantic). *Mar. Pollut. Bull.* 42: 1196-1197.
- BASKALE, E., KASKA, Y. 2005. Sea turtle nest conservation techniques on southwestern beaches in Turkey. *Isr. J. Zool.* 51(1): 13-26.
- BONACH, K., MIRANDA-VILELA, M. P., ALVES, M. C., VERDADE, L. M. 2003. Effect of translocation on egg viability of the giant Amazon river turtle, *Podocnemis expansa*. *Chelonian Conserv. Biol.* 4(3): 712-715
- BOURGEOIS, S., GILOT-FROMONT, E., VIALLEFONT, A., BOUSSAMBA, F., DEEM, S. L. 2009. Influence of artificial lights, logs and erosion on leatherback sea turtle hatchling orientation at Pongara National Park, Gabon. *Biol. Conserv.* 142: 85-93.
- BUGONI, L., KRAUSE, L., PETRY, M. V. 2001. Marine debris and human impacts on sea turtles in southern Brazil. *Mar. Pollut. Bull.*, 42: 1330-1334.
- CAURANT, F., BUSTAMANTE, P., BORDES, M., MIRAMAND, P. 1999. Bioaccumulation of Cadmium, Copper and Zinc in some tissues of three species of marine turtles stranded along the French Atlantic coasts. *Mar. Pollut. Bull.* 38: 1085-1091.
- CHACÓN-CHAVERRI, D., ECKERT, K. L. 2007. Leatherback sea turtle nesting at Gandoca Beach in Caribbean Costa Rica: Management recommendations from fifteen years of conservation. *Chelonian Conserv. Biol.* 6(1): 101-110.
- CHAN, E. H., LIEW, H. C. 1995. Incubation temperatures and sex ratios in the Malaysian leatherback turtle *Dermochelys coriacea*. *Biol. Conserv.* 74: 169-174.
- CHAN, E.-H., LIEW, H.-C. 1996. Decline of the leatherback population in Terengganu, Malaysia, 1956-1995. *Chelonian Conserv. Biol.* 2: 196-203.
- CHAN, E. H., SALLEH, H. U., LIEW, H. C. 1985. Effects of handling on hatchability of eggs of the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea* (L.). *Pertanika* 8(2): 265- 271
- CHAN, E. H., SOLOMON, S. E. 1989. The structure and function of the eggshell of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) from Malaysia, with notes on attached fungal forms. *Anim. Technol.* 40(2): 91-102.
- CHAN, S. K. F., CHENG, I. J., ZHOU, T., WANG, H. J., GU, H. X., SONG, X. J. 2007. A comprehensive overview of the population and conservation status of sea turtles in China. *Chelonian Conserv. Biol.* 6(2): 185-198.
- DALRYMPLE, G. H., HAMPP, J. C., WELLINS, D. J. 1985. Male-biased sex-ratio in a cold nest of a hawksbill sea turtle (*Eretmochelys imbricata*). *J. Herpetol.* 19: 158-159.
- DAVENPORT, J. 1997. Temperature and the life-history strategies of sea turtles. *J. Ther. Biol.* 22: 479-488.
- DETHMERS, K. E. M., BAXTER, P. W. J. 2011. Extinction risk analysis of exploited green turtle stocks in the Indo-Pacific. *Anim. Conserv.* 14: 140-150.
- DICKSON, M. E., WALKDEN, M. J. A., HALL, J. W. 2007. Systemic impacts of climate change on an eroding coastal region over the twenty-first century. *Clim. Change* 84: 141-166.
- DUGUY, R., MORINIÈRE, P., LEMILINAIRE, C. 1998. Factors of mortality of marine turtles in the Bay of Biscay. *Oceanol. Acta* 21: 383-388.
- DUTTON, D. L., DUTTON, P. H., CHALOUPLKA, M., BOULON, R. H. 2005. Increase of a Caribbean leatherback turtle *Dermochelys coriacea* nesting population linked to long-term nest protection. *Biol. Conserv.* 126: 186-194.
- ECKERT, K. L., ECKERT, S. A. 1990. Embryo mortality and hatch success in situ and translocated leatherback sea turtle *Dermochelys coriacea* Eggs. *Biol. Conserv.* 53: 37-46.
- ENGEMAN, R. M., MARTIN, R. E., CONSTANTIN, B., NOEL, R., WOOLARD, J. 2003. Monitoring predators to optimize their management for marine turtle nest protection. *Biol. Conserv.*, 113: 171-178.
- ENGEMAN, R. M., MARTIN, R. E., SMITH, H. T., WOOLARD, J., CRADY, C. K., SHWIFF, S. A., CONSTANTIN, B., STAHL, M., GRINER, J. 2005. Dramatic reduction in predation on marine turtle nests through improved predator monitoring and management. *Oryx* 39: 318-326.
- FERRAROLI, S., GEORGES, J. Y., GASPAR, P., LE MAHO, Y. 2004. *Biol. Endangered species - Where leatherback turtles meet fisheries. Nature* 429: 521-522.
- FISH, M. R., COTE, I. M., GILL, J. A., JONES, A. P., RENSHOFF, S., WATKINSON, A. R. 2005. Predicting the impact of sea-level rise on Caribbean sea turtle nesting habitat. *Conserv. Biol.* 19: 482-491.
- FITZHERBERT, E. B., STRUEBIG, M. J., MOREL, A., DANIELSEN, F., BRULH, C. A., DONALD, P. F., PHALAN, B. 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity?. *Trends Ecol. Evol.* 23 (10): 538-545.
- FOLEY, J. A., ASNER, G. P., COSTA, M. H., COE, M. T., DEFRIES, R., GIBBS, H. K., HOWARD, E. A., OLSON, S., PATZ, J., RAMANKUTTY, N., SNYDER, P. 2007. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Front. Ecol. Environ.* 5(1): 25-32.
- FONTAINE, C., SHAVER, D. 2005. Head-starting the Kemp's ridley sea turtle, *Lepidochelys kempii*, at the NMFS Galveston Laboratory, 1978-1992: A review. *Chelonian Conserv. Biol.* 4: 838-845.
- FOSDICK, P. D., FOSDICK, S. 1994. *Last Chance Lost? Can and should farming save the green sea turtle? The story of Mariculture, Ltd., Cayman Turtle Farm*. Irvin S. Naylor, Box-wood Lane, York, Pennsylvania.
- FOSSETTE, S., KELLE, L., GIRONDOT, M., GOVERSE, E., HILTERMAN, M.L., VERHAGE, B., DE THOISY, B., GEORGES, J.-Y. 2008. The world's largest leatherback rookeries: A review of conservation-oriented research in French Guiana/Suriname and Gabon. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 356: 69-82.

- FREDERICKSEN, T. S., PUTZ, F. E. 2003. Silvicultural intensification for tropical forest conservation. *Biodivers. Conserv.* 12: 1445-1453.
- FRETEY, J. 2001. Biogeography and conservation of marine turtles of the Atlantic coast of Africa. *CMS Technical Series Publication 6, UNEP/CMS Secretariat. Bonn, Germany.*
- FUENTES, M. M. P. B., MAYNARD, J. A., GUINEA, M. L., BELL, I. P., WERDELL, P. J., HAMANN, M. 2009. Proxy indicators of sand temperature help project impacts of global warming on sea turtles in northern Australia. *Endang. Species Res.* 9: 33-40.
- GARCIA, A., CEBALLOS, G., ADAYA, R. 2003. Intensive beach management as an improved sea turtle conservation strategy in Mexico. *Biol. Conserv.* 111: 253-261.
- GLEN, F., MROSOVSKY, N. 2004. Antigua revisited: the impact of climate change on sand and nest temperatures at a hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) nesting beach. *Glob. Change Biol.* 10: 2036-2045.
- GUIRLE, E., DAS, K., GIRONDOT, M. 2008. Maternal transfer of trace elements in leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) of French Guiana. *Aquat. Toxicol.* 88: 267-276.
- HALL, R. J., BELISLE, A. A., SILEO, L. 1983. Residues of petroleum hydrocarbons in tissues of sea turtles exposed to the ixtoc-1 oil-spill. *J. Wildl. Dis.* 19(2): 106-109.
- HAWKES, L. A., BRODERICK, A. C., GODFREY, M. H., GODLEY, B. J. 2009. Climate change and marine turtles. *Endang. Species Res.* 7: 137-154.
- HAYS, G. C., BRODERICK, A. C., GLEN, F., GODLEY, B. J. 2003. Climate change and sea turtles: a 150-year reconstruction of incubation temperatures at a major marine turtle rookery. *Glob. Change Biol.* 9: 642-646.
- HAYS, G. C., HOUGHTON, J. D. R., MYERS, A. E. 2004. Endangered species - Pan-Atlantic leatherback turtle movements. *Nature* 429: 522-522.
- HERNANDEZ, R., BUITRAGO, J., GUADA, H., HERNANDEZ-HAMON, H., LLANO, M. 2007. Nesting distribution and hatching success of the leatherback, (*Dermochelys coriacea*), in relation to human pressures at Playa Parguito, Margarita Island, Venezuela. *Chelonian Conserv. Biol.* 6(1): 79-86.
- HEWAVISENTHI, S., PARMENTER, C. J. 2000. Hydric environment and sex determination in the flatback turtle (*Natator depressus Garman*) (*Chelonia mydas*: Cheloniidae). *Aust. J. Zool.* 48: 653-659.
- HEWAVISENTHI, S., PARMENTER, C. J. 2002. Incubation environment and nest success of the flatback turtle (*Natator depressus*) from a natural nesting beach. *Copeia 2002 (2)*: 302-312.
- HIRAYAMA, R. 1998. Oldest known sea turtle. *Nature*, 392: 705-708.
- IPCC. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C. A. Johnson (Eds.): 881. Cambridge University Press, Cambridge.
- IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 30 September 2011.
- JRIBI, I., ECHWIKHI, K., BRADAI, M. N., BOUAIN, A. 2008. Incidental capture of sea turtles by longlines in the Gulf of Gabes (South Tunisia): A comparative study between bottom and surface longlines. *Sci. Mar.* 72: 337-342.
- KAMEL, S. J., MROSOVSKY, N. 2006. Deforestation: Risk of sex ratio distortion in hawksbill sea turtles. *Ecol. Appl.* 16: 923-931.
- KOCH, A. U., GUINEA, M. L., WHITING, S. D. 2008. Asynchronous emergence of Flatback Seaturtles, *Natator depressus*, from a beach hatchery in Northern Australia. *J. Herpetol.*, 42: 1-8.
- KUDO, H., MURAKAMI, A., WATANABE, S. 2003. Effects of sand hardness and human beach use on emergence success of loggerhead sea turtles on Yakushima Island, Japan. *Chelonian Conserv. Biol.* 4: 695-696.
- LAURANCE, W. F., FAY, J. M., PARNELL, R. J., SOUNGUET, G. P., FORMIA, A., LEE, M. E. 2008. Does rainforest logging threaten marine turtles? *Oryx* 42: 246-251.
- LEBLANC, A. M., WIBBELS, T. 2009. Effect of daily water treatment on hatchling sex ratios in a turtle with temperature-dependent sex determination. *J. Exp. Zool. Part A* 311: 68-72.
- LEWISON, R. I., CROWDER, L. B. 2007. Putting longline bycatch of sea turtles into perspective. *Conserv. Biol.* 21: 79-86.
- LIMPUS, C. J., BAKER, V., MILLER, J. D. 1979. Movement induced mortality of loggerhead eggs. *Herpetologica* 35: 335-338.
- MAZARIS, A. D., MATSINOS, G., PANTIS, J. D. 2009. Evaluating the impacts of coastal squeeze on sea turtle nesting. *Ocean Coast. Manage.* 52: 139-145.
- McKENZIE, C., GODLEY, B. J., FURNESS, R. W., WELLS, D. E. 1999. Concentrations and patterns of organochlorine contaminants in marine turtles from Mediterranean and Atlantic waters. *Mar. Environ. Res.* 47: 117-135.
- MIGNUCCI-GIANNONI, A. A. 1999. Assessment and rehabilitation of wildlife affected by an oil spill in Puerto Rico. *Environ. Pollut.* 104: 323-333.
- MILLER, J. D. 1985. Embryology of marine turtles. En: *Biology of the reptilia*. Vol. 14. C. Gans (Ed.): 269-328. New York.
- MORREALE, S. J., RUIZ, G. J., SPOTILA, J. R., STANDORA, E. A. 1982. Temperature-Dependent Sex Determination - Current Practices Threaten Conservation of Sea Turtles. *Science* 216: 1245-1247.
- MROSOVSKY, N. 1981. Plastic jellyfish. *Mar. Turtle Newsl.* 17: 5-6.
- MROSOVSKY, N., RYAN, G. D., JAMES, M. C. 2009. Leatherback turtles: The menace of plastic. *Mar. Pollut. Bull.* 58: 287-289.
- MROSOVSKY, N., YNTEMA, C. L. 1980. Temperature-dependence of sexual-differentiation in sea turtles - Implications for conservation practices. *Biol. Conserv.* 18: 271-280.
- ORÓS, J., GONZÁLEZ-DÍAZ, O. M., MONAGAS, P. 2009. High levels of polychlorinated biphenyls in tissues of Atlantic turtles stranded in the Canary Islands, Spain. *Chemosphere* 74: 473-478.
- OZDEMIR, B., TURKOZAN, O. 2006. Hatching success of original and hatchery nests of the green turtle, *Chelonia mydas*, in Northern Cyprus. *Turk J. Zool.* 30: 377-381.
- PATINO-MARTINEZ, J. 2010. *Factores Ambientales que Influyen sobre la Reproducción de la Tortuga Laúd (Dermochelys coriacea) en Colombia y Sur de Panamá. Aplicación a Programas de Manejo y Conservación.* Tesis doctoral. Universidad de Salamanca. Salamanca, España.
- PATINO-MARTINEZ, J., MARCO, A., QUINONES, L., CALABUIG, C. P. 2010. False eggs (SAGs) facilitate social post-hatching emergence behaviour in Leatherback turtles *Dermochelys coriacea* (Testudines: Dermochelyidae) nests. *Rev. Biol. Trop.* 58: 943-954.
- PATINO-MARTINEZ, J., MARCO, A., QUINONES, L., GODLEY, B. 2008. Globally significant nesting of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) on the Caribbean coast of Colombia and Panama. *Biol. Conserv.* 141: 1982-1988.
- PATINO-MARTINEZ, J., MARCO, A., QUINONES, L., HAWKES, L. 2012a. A potential tool to mitigate the impacts of climate change to the Caribbean leatherback sea turtle. *Glob. Change Biol.* 18: 401-411.

- PATINO-MARTINEZ, J., MARCO, A., QUINONES, L., ABELLA, E., ABAD, R.M., DIEGUEZ-URIBEONDO, J. 2012b. How do hatcheries influence embryonic development of sea turtle eggs? Experimental analysis and isolation of microorganisms in leatherback turtle eggs. *J. Exp. Zool. Part A* 317: 47-54.
- Phillott, A. D., Parmenter, C. J. 2001a. The distribution of failed eggs and the appearance of fungi in artificial nests of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) sea turtles. *Aust. J. Zool.* 49: 713-718.
- PHILLOTT, A. D., PARMENTER, C. J. 2001b. Influence of diminished respiratory surface area on survival of sea turtle embryos. *J. Exp. Zool. Part A* 289: 317-321.
- PHILLOTT, A. D., PARMENTER, C. J., LIMPUS, C. J. 2004. Occurrence of mycobacteria in Eastern Australian sea turtle nests. *Memoirs of the Queensland Museum* 49(2): 701-703.
- PIEDRA, R., VELEZ, E., DUTTON, P. H., POSSARDT, E., PADILLA, C. 2007. Nesting of the Leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) from 1999-2000 through 2003-2004 at Playa Langosta, Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacasta, Costa Rica. *Chelonian Conserv. Biol.* 6(1): 111-116.
- PIKE D. A. 2008. The benefits of nest relocation extend far beyond recruitment: A rejoinder to Mrosovsky. *Environ. Manage.* 41: 461-464.
- PIKE, D. A., STINER, J. C. 2007a. Fluctuating reproductive output and environmental stochasticity: do years with more reproducing females result in more offspring? *Can. J. Zool.* 85: 737-742.
- PIKE, D. A., STINER, J. C. 2007b. Sea turtle species vary in their susceptibility to tropical cyclones. *Oecologia* 153: 471-478.
- PILCHER, N. J., ENDERBY, S. 2001. Effects of prolonged retention in hatcheries on green turtle (*Chelonia mydas*) hatchling swimming speed and survival. *J. Herpetol.* 35: 633-638.
- PINTUS, K. J., GODLEY, B. J., MCGOWAN, A., BRODERICK, A. C. 2009. Impact of clutch relocation on green turtle offspring. *J. Wildlife Manage.* 73: 1151-1157.
- PUTZ, F. E., DYKSTRA, D. P., HEINRICH, R. 2000. Why poor logging practices persist in the tropics. *Conserv. Biol.* 14: 951-956.
- QUINONES, L., PATINO-MARTINEZ, J., MARCO, A. 2007. Factores que influyen en la puesta, la incubación y el éxito de eclosión de la tortuga laúd, *Dermochelys coriacea*, en la Playona, Chocó, Colombia. *Rev. Esp. Herp.* 21: 5-17.
- RAHMSTORF, S., CAZENAIVE, A., CHURCH, J. A., HANSEN, J. E., KEELING, R. F., PARKER, D. E., SOMERVILLE, R. C. J. 2007. Recent climate observations compared to projections. *Science* 316: 709-709.
- SALMON, M., WITHERINGTON, B. E. 1995. Artificial lighting and sea-finding by loggerhead hatchlings: Evidence for lunar modulation. *Copeia* 1995(4): 931-938.
- SARTI, L., BARRAGÁN, A. R., GARCIA, D., GARCIA, N., HUERTA, P., VARGAS, F. 2007. Conservation and biology of the leatherback turtle in the Mexican Pacific. *Chelonian Conserv. Biol.* 6(1): 70-78.
- SELKOE, K. A., HALPERN, B. S., TOONEN, R. J. 2008. Evaluating anthropogenic threats to the Northwestern Hawaiian Islands. *Aquat. Conserv.-Mar. Freshw. Ecosyst.* 18: 1149-1165.
- SEMINOFF, J. A., SHANKER, K. 2008. Marine turtles and IUCN Red Listing: A review of the process, the pitfalls, and novel assessment approaches. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 356: 52-68.
- SHANKER, K., CHOUDHURY, B. C., ANDREWS, H. V. 2003. *Sea turtle conservation: Beach management and hatchery programmes*. Centre for Herpetology / Madras Crocodile Bank Trust., Tamil Nadu, India.
- SHAVER, D. J. 2005. Analysis of the Kemp's ridley imprinting and headstart project at Padre Island National Seashore, Texas, 1978-88, with subsequent nesting and stranding records on the Texas coast. *Chelonian Conserv. Biol.* 4: 846-859.
- SPOTILA, J. 2004. *Sea Turtles: a complete guide to their biology, behavior and conservation*. CRC Press. Boca Raton.
- THIEL, M., GUTOW, L. 2004. The ecology of rafting in the marine environment - I - The floating substrata. En: *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, vol 42. R. N. Gibson, R. J. A. Atkinson, J. D. M. Gordon (Eds.): 181-264. Boca Raton, CRC Press.
- TOMAS, J., GUITART, R., MATEO, R., RAGA, J. A. 2002. Marine debris ingestion in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta* from the Western Mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.* 44: 211-216.
- TOMILLO, P. S., SABA, V. S., PIEDRA, R., PALKDINO, F. V., SPOTILA, J. R. 2008. Effects of illegal harvest of eggs on the population decline of leatherback turtles in Las Baulas Marine National Park, Costa Rica. *Conserv. Biol.* 22: 1216-1224.
- TROENG, S., RANKIN, E. 2005. Long-term conservation efforts contribute to positive green turtle *Chelonia mydas* nesting trend at Tortuguero, Costa Rica. *Biol. Conserv.* 121: 111-116.
- TUXBURY, S. M., SALMON, M. 2005. Competitive interactions between artificial lighting and natural cues during seafinding by hatchling marine turtles. *Biol. Conserv.* 121: 311-316.
- VELANDER, K., MOCOJNI, M. 1999. Beach litter sampling strategies: is there a 'best' method? *Mar. Pollut. Bull.* 38: 1134-1140.
- WEISHAMPEL, J. F., BAGLEY, D. A., EHRHART, L. M. 2004. Earlier nesting by loggerhead sea turtles following sea surface warming. *Glob. Change Biol.* 10: 1424-1427.
- WITHERINGTON, B. E. 1992. Behavioral-responses of nesting sea-turtles to artificial lighting. *Herpetologica* 48: 31-39.
- WYNEKEN, J., BURKE, T. J., SALMON, M., PEDERSEN, D. K. 1988. Egg failure in natural and relocated sea turtle nests. *J. Herpetol.* 22: 88-96.
- YNTEMA, C. L., MROSOVSKY, N. 1980. Sexual-differentiation in hatchling loggerheads (*Caretta caretta*) incubated at different controlled temperatures. *Herpetologica* 36: 33-36.