

ARTICULO ORIGINAL

El manejo de sombra: una alternativa para mitigar el efecto de las altas temperaturas en nidos de tortugas marinas en Cuba

Shade management: an alternative to mitigate the effect of high temperatures on sea turtle nests in Cuba

Claudia Cabrera Guerra¹
Julia Azanza Ricardo^{2*}
Ryan Betancourt Ávila¹
Randy Calderón Peña³
Fernando Bretos⁴
Pedro Pérez Álvarez²

¹Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana. Calle 16 No. 114 c/ 1ra. y 3ra., Playa, La Habana, Cuba..

²Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Ave. Salvador Allende 1110 c/ Infanta y Avenida Boyeros, Quinta de los Molinos, La Habana, Cuba.

³Facultad de Biología, Universidad de La Habana. Calle 25, N° 455, Vedado, La Habana, Cuba.

Cuba Marine Research & Conservation, Patricia and Phillip Frost Museum of Science, 3280 South Miami Avenue, Miami, Florida.

* Autor para correspondencia:
julia_dragmarino@yahoo.es

OPEN ACCESS

Distribuido bajo:
Creative Commons CC-BY 4.0

Editor:
Ana C. Sanz Ochotorena
Centro de Investigaciones Marinas.
Universidad de La Habana.

Recibido: 10.3.2021

Aceptado: 25.5.2021

Resumen

Actualmente, se desarrollan programas para la conservación de especies en peligro de extinción como las tortugas marinas. Existen algunos factores, como la temperatura, que afectan la incubación de estos quelonios. Al considerar los efectos del cambio climático sobre las playas de anidación, el manejo de vegetación tiene gran trascendencia, ya que constituye una alternativa para reducir las altas temperaturas sobre el nido. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la sombra de la vegetación en el período de incubación, el éxito de eclosión y la temperatura de incubación en nidos de tortuga verde. El estudio se realizó entre 2015 y 2019, en las playas Antonio y La Barca de la península de Guanahacabibes. El grado de sombra afectó significativamente a los tres indicadores evaluados. Para el período de incubación y el éxito de eclosión, el mayor valor correspondió a los nidos con sombra total mientras que para la temperatura, los mayores valores se registraron en los nidos sin sombra. Se detectaron diferencias entre los grados de sombra por año para el período de incubación en las dos playas (Kruskal-Wallis, $H_{Antonio(14,67)} = 33,08$; $p=0,03$ y $H_{Barca(14,197)} = 27,39$; $p=0,02$). Sin embargo, el éxito de eclosión ($H_{Barca(14,230)} = 44,42$; $p<0,01$) y la temperatura de incubación ($H_{Barca(2,41)} = 12,97$; $p=0,001$), sólo fueron significativamente diferentes en la Barca. Los resultados obtenidos en esta investigación permiten proponer el manejo de la vegetación como una alternativa de bajo costo para disminuir los impactos del cambio climático.

Palabras clave: Manejo de sombra, temperaturas, tortugas marinas

Abstract

Currently, programs are being developed for the conservation of endangered species such as sea turtles. There are some factors such as temperature that affect the incubation of these species. Considering the effects of climate change on nesting beaches, vegetation management is of great importance and constitutes an alternative to reduce high temperatures. Therefore, the present work evaluated the effect of the vegetation

shade in the incubation period, hatching success and the incubation temperature in green turtle nests. The study was carried out between 2015 and 2019 at the Antonio and La Barca beaches of the Guanahacabibes peninsula. The degree of shade significantly affected the three indicators evaluated. Regarding the incubation period (Kruskal-Wallis, $H_{Antonio (14,67)} = 33,08$; $p=0,03$ and Kruskal-Wallis, $H_{Barca (14,197)} = 27,39$; $p=0,02$) and hatching success (Kruskal-Wallis, $H_{Barca (14,230)} = 44,42$; $p<0,01$), the highest value of the median corresponded to the nests with total shade. On the hand, the incubation temperature (Kruskal-Wallis, $H_{Barca (2,41)} = 12,97$; $p=0,001$) presented the highest values in nests without shade. The results obtained in this research allow proposing vegetation management as a low-cost alternative to reduce the impacts of climate change.

Keywords: shade management, temperatures, sea turtles

Introducción

Actualmente, entre las preocupaciones de los seres humanos está la conservación de la biodiversidad y en general de todo el medio ambiente, pues ha sufrido un deterioro considerable en las últimas décadas. Por ello, se han desarrollado programas para la conservación y protección de especies amenazadas y en peligro de extinción, como las tortugas marinas (Fisher *et al.*, 2014). Existen algunos factores, como la temperatura del área de anidación, que afectan la incubación de estas especies; pues esta variable influye en el éxito reproductivo, la determinación del sexo, la morfología y la locomoción (Wood *et al.*, 2014).

En la temperatura de los nidos intervienen múltiples factores, entre los que se encuentra la vegetación que les proporciona sombra (Jourdan & Fuentes, 2015; Reboul *et al.*, 2021). Este sombreado constituye una estrategia efectiva para atenuar el estrés térmico (Jourdan & Fuentes, 2015; Hill *et al.*, 2015), ya que convierte temperaturas subletales en niveles óptimos y de esta manera aumenta la calidad de los neonatos (Wood *et al.*, 2014).

Considerando los efectos del cambio climático sobre las playas de anidación, el manejo de vegetación tiene mayor trascendencia, ya que constituye una alternativa para reducir las altas temperaturas (Wood *et al.*, 2014; Vindas-Picado *et al.*, 2020). Debido a la importancia que tiene este factor, es necesario determinar cuál incidencia puede tener en el éxito reproductivo. Esto resulta particularmente necesario en áreas de anidación insulares, como las del archipiélago cubano, donde la franja arenosa es estrecha y puede verse comprometida por el desarrollo de la vegetación (Ferro *et al.*, 2014). Más aún, si estudios recientes indican temperaturas de incubación de 2 a 3° C por encima de la temperatura pivote (aquella a la cual se produce igual proporción de machos y hembras), lo que conduciría a un proceso de feminización en áreas de anidación cubanas (Gerhartz *et al.*, 2017; Calderón-Peña *et al.*, 2020). Los resultados de este trabajo permitirán valorar la factibilidad del manejo de sombra, como una alternativa para mitigar el efecto de las altas temperaturas en nidos de tortugas marinas en Cuba. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la sombra de la vegetación en el período de incubación, en el éxito de eclosión y en la temperatura de incubación.

Materiales y métodos

Área de estudio

El trabajo se realizó en el complejo de costa arenosa de las playas Antonio y La Barca, ubicadas en el suroccidente de Cuba, Península de Guanahacabibes, entre los 21,90° N; -84,66° W y 21,85° N; -84,75° W (Fig. 1). Estas playas se caracterizan por una pendiente de mediana a pronunciada y por su accesibilidad (Forneiro, 2013), lo cual convierte a la región en una de las colonias de anidación más importantes del suroccidente de Cuba (Moncada *et al.*, 2011). Desde el punto de vista geomorfológico, este sector de playas se presenta en una llanura litoral baja, cárstica, con acantilados y fondos pedregosos, con cotas que varían desde 0,0 m sobre el nivel medio del mar (s.n.m.m.) hasta 2,5 m en las partes

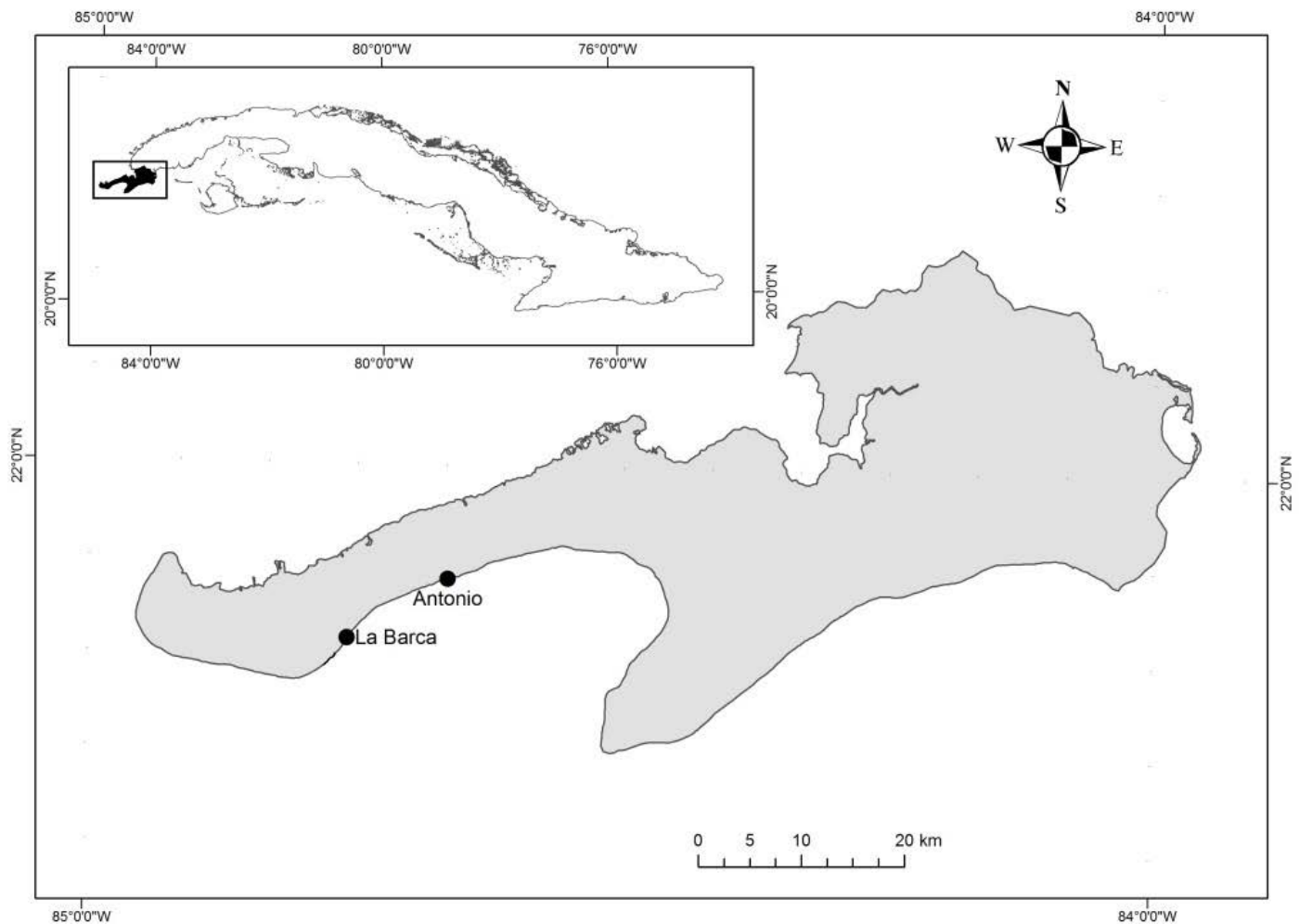


Fig. 1. Ubicación de las playas donde se contrastó la anidación de tortugas marinas con el grado de sombra en la Península de Guanahacabibes, región occidental de Cuba.

más elevadas. La formación vegetal presente es el complejo de vegetación de costa arenosa.

Caracterización del éxito reproductivo

Los datos se tomaron en los meses de verano (junio a septiembre) del 2015 al 2019, como parte del Programa Universitario para el Estudio y Conservación de las tortugas marinas en Cuba (Azanza-Ricardo *et al.*, 2014). Las playas fueron patrulladas según el protocolo del Programa Nacional de Tortugas Marinas de Cuba (Moncada *et al.*, 2013). Se evaluó solamente la anidación de tortuga verde (*Chelonia mydas*), ya que constituye la

principal anidadora de esta área (Azanza *et al.*, 2013), y porque está muy relacionada con la vegetación (Chen & Cheng, 1999). Los nidos se señalaron con estacas y se ubicaron en croquis para su posterior localización, cuando se efectuó el análisis de su contenido.

Una vez detectada la hembra y comenzado el proceso de anidación, se señaló el nido para posteriormente clasificar la(s) especie(s) vegetal(es) que se encontraba en su proximidad (menos de medio metro de distancia), el grado de sombra que proyecta(n) sobre él y las características del sector de la playa donde ocurrió la anidación. Cada uno de los nidos fue monitoreado

permanentemente por el personal autorizado hasta el nacimiento de las crías, para determinar el éxito de eclosión (número de huevos que eclosionaron dividido por el total de huevos y multiplicado por cien) y el período de incubación (tiempo en que transcurre el desarrollo embrionario).

Para determinar el grado de sombra que incidió sobre los nidos, se consideraron las especies vegetales *Suriana maritima* (cuabilla de playa) y *Tournefortia gnaphalodes* (incienso de playa) por ser las especies arbustivas más abundantes en el complejo de vegetación de costa arenosa, según Cabrera-Guerra *et al.* (2019). Se clasificó de forma cualitativa en: sin sombra, sombra parcial (nidos que por su posición quedan bajo la sombra en un momento del día) o sombra total (nidos que se encuentran bajo la vegetación y, por tanto, reciben sombra todo el día). Se compararon el período de incubación, el éxito de eclosión y la temperatura de incubación según el grado de sombra.

En el período 2015 al 2019 se estudiaron en playa Antonio 35 nidos sin sombra, 21 en sombra parcial y 16 bajo sombra total; mientras que en La Barca, 96 sin sombra, 82 en sombra parcial y 52 en sombra total. De ellos, 3 de playa Antonio y 30 de La Barca no se tuvieron en cuenta en el análisis del período de incubación, porque fueron examinados días después de la eclosión y se desconoce la duración de la incubación. En cuanto al efecto del grado de sombra en la temperatura de incubación, se evaluaron en total 60 nidos: 39 sin sombra, 14 bajo sombra parcial y 7 bajo sombra total, de ellos 19 en Antonio y 41 en La Barca. En este caso, se agruparon los años porque no se detectaron diferencias significativas entre temporadas.

Análisis de los datos

Las diferencias entre años en el éxito de eclosión, el período y la temperatura de incubación, según el grado de sombra aportado por la vegetación asociada, se determinaron, para cada playa, con la prueba de Kruskal-Wallis y su correspondiente prueba de comparaciones

múltiples de rango. Se tomó en cuenta para todas las pruebas un nivel de significación de 5%. Las pruebas se realizaron en el programa STATISTICA 7.0.

Resultados

El grado de sombra afectó significativamente a los tres indicadores evaluados. Para el período de incubación (Fig. 2), se observa un gradiente en la mediana que va del mayor valor en los nidos con sombra total, hasta el valor más pequeño en los nidos sin sombra en las dos playas estudiadas (Kruskal-Wallis, $H_{Antonio(14,67)} = 33,08$; $p = 0,03$ y Kruskal-Wallis, $H_{Barca(14,197)} = 27,39$; $p = 0,02$). La diferencia entre la mediana de los nidos bajo el sol y los que se encontraban bajo sombra total fue de cinco a diez días dependiendo de la temporada. Esta jerarquía se mantiene, a pesar de que existe un decrecimiento progresivo del período de incubación con los años.

En cuanto al éxito de eclosión de los nidos que reciben diferentes grados de sombra (Fig. 3), el mayor valor de la mediana corresponde a los nidos con sombra total, diferente significativamente de los nidos sin sombra y con sombra parcial en la Barca (Kruskal-Wallis, $H_{Barca(14,230)} = 44,42$; $p < 0,01$), pero no en Antonio (Kruskal-Wallis, $H_{Antonio(14,72)} = 23,48$; $p = 0,05$). Aunque en Antonio no se detectan diferencias significativas, los valores medios en nidos sin sombra son iguales o menores al 80 %, a diferencia de los nidos en sombra parcial y total en los cuales todos los registros superan este valor. En cuanto a los valores extremos en los tres grupos las mayores diferencias se identifican en el mínimo, ya que los nidos bajo sombra parcial y sin sombra poseen valores por debajo del 40 %.

Por último, el efecto sobre la temperatura de incubación se presenta en la figura 4. En este caso, los valores más elevados se presentan en los nidos sin sombra, aunque solamente para La Barca (Kruskal-Wallis, $H_{Barca(2,41)} = 12,97$; $p = 0,001$), ya que en Antonio no se detectaron diferencias (Kruskal-Wallis, $H_{Antonio(2,19)} = 4,08$; $p = 0,12$).

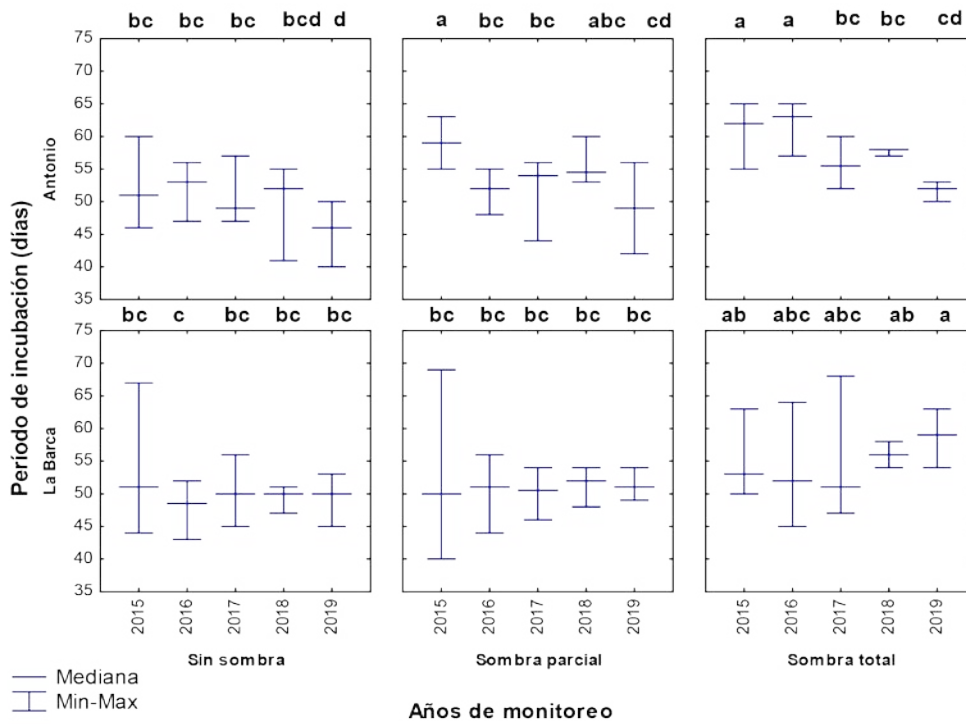


Fig. 2. Período de incubación de los nidos de *Chelonia mydas* según el grado de sombra que reciben en las playas Antonio y La Barca de la península de Guanahacabibes, Cuba, en el período 2015-2019.

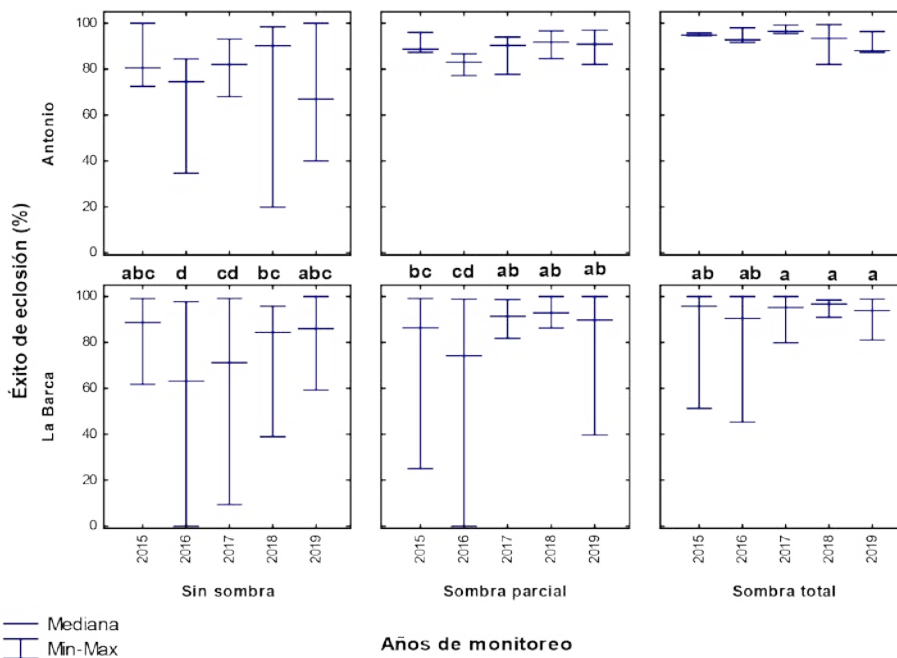


Fig. 3. Éxito de eclosión de los nidos de *Chelonia mydas* según el grado de sombra que reciben en las playas Antonio y La Barca de la península de Guanahacabibes, Cuba, en el período 2015-2019.

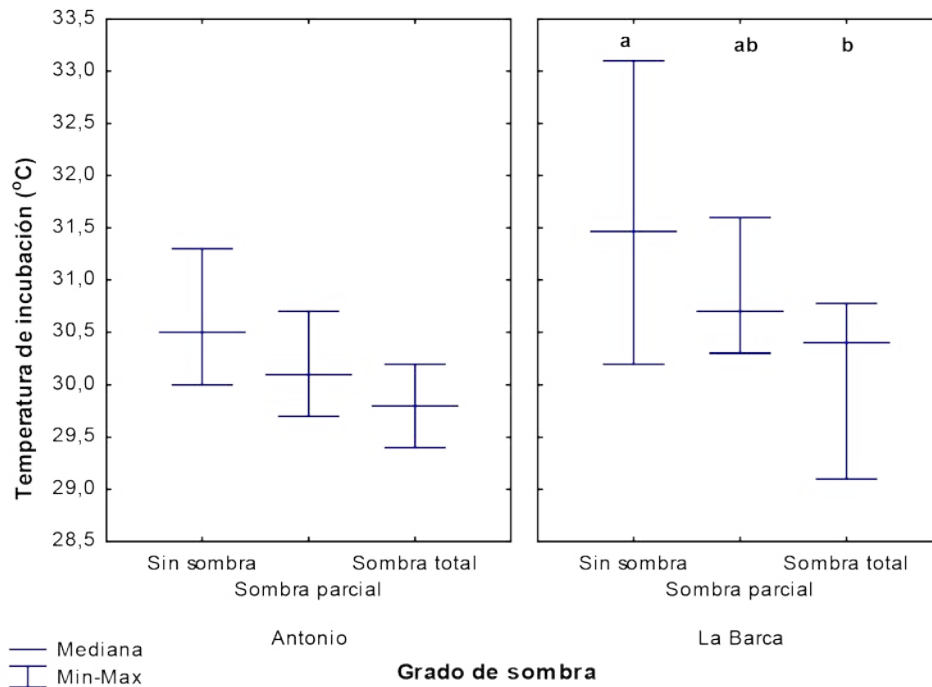


Fig. 4. Temperatura de incubación en nidos de *Chelonia mydas* según el grado de sombra que reciben las playas Antonio y La Barca de la península de Guanahacabibes, Cuba, en el período 2015-2019.

Discusión

Efecto de la sombra en el desarrollo embrionario

La temperatura entre los nidos de tortugas marinas puede ser diferente (Braman *et al.*, 2013), debido a zonas con distintos regímenes térmicos en una misma playa de anidación (Calderón-Peña, 2015). Según Braman *et al.* (2013), el grado de sombra aportado por la vegetación influye en la temperatura y, por ende, en el desarrollo embrionario de los neonatos, pues en los nidos que reciben mayor incidencia de sombra se registran menores valores de temperatura (Kamel & Mrosovsky, 2006). Los resultados de nuestro trabajo indican que la sombra aportada por la vegetación incrementa el éxito de eclosión de los neonatos al mismo tiempo que aumenta la duración del período de incubación, lo cual permite que las crías completen de forma óptima su desarrollo.

Coudert (2009) plantea que el período de incubación de los embriones está inversamente relacionado con la temperatura dentro del nido. A su vez, la vegetación tiene el potencial para afectar la temperatura y el período de incubación (Kamel & Mrosovsky, 2006). En consecuencia, los valores más altos del período de incubación para los nidos que reciben sombra se corresponden con lo esperado. Según Wilson (1998), los neonatos de los nidos localizados en las zonas sin vegetación (áreas abiertas) fueron incubados más rápido y salieron del cascarón más pronto, por tanto, tuvieron un menor período de incubación que los encontrados cerca de la vegetación. Además, en zonas de vegetación, un mayor grado de sombra puede resultar en un descenso en la temperatura del nido, esto explica que el mayor período de incubación se haya registrado en los nidos que recibieron sombra total.

Las diferencias encontradas en el éxito de eclosión de los nidos, según el grado de sombra, no concuerdan con los resultados de Horrocks & Scott (1991), Botha (2010) ni Read *et al.* (2020), quienes reportan que el grado de sombra no influye en el éxito de eclosión; aunque existen criterios contrarios como los de Hurtado-Pampín (2018), que encuentra un menor éxito de eclosión en nidos a la sombra. Se debe señalar que este último autor reportó, para los nidos que se encontraban a la sombra, temperaturas inferiores a los 27° C, que es el límite mínimo para el desarrollo embrionario óptimo en tortugas marinas (Ackerman, 1997), lo que pudiera explicar el menor éxito de eclosión de las crías. Sin embargo, en el estudio realizado por Reboul *et al.* (2021) obtuvieron que en el tratamiento donde las crías se incubaron bajo la sombra aportada por los árboles naturales, tuvo el mayor éxito de eclosión con 94%, dicho valor es similar al obtenido en este trabajo.

No existe una explicación clara para el mayor valor medio del éxito de eclosión en la sombra total, aunque pudiera estar relacionado con los altos valores de temperatura que se reportaron en nidos de tortugas marinas para la península de Guanahacabibes (Calderón-Peña, *et al.*, 2020). En la literatura está descrito el efecto negativo de las altas temperaturas para la sobrevivencia de los embriones de tortugas marinas, tal vez los nidos bajo sombra son menos afectados por el estrés térmico y pueden llegar a mejor término que los demás. De hecho, varios autores aseveran que el sombreado disminuye las altas temperaturas de la arena, aumentando la posibilidad de sobrevivencia y calidad de los neonatos (Jourdan & Fuentes, 2015; Hill *et al.*, 2015). Esto fue verificado en nuestra investigación, ya que los nidos sin sombra tuvieron temperaturas de incubación superiores en relación con aquellos ubicados bajo sombra total o parcial, en particular en la Barca, donde los máximos en nidos al sólo son 3° C más elevados que bajo sombra total. Estas diferencias son mayores a las reportadas por Vindas-Picado *et al.* (2020), quienes obtuvieron que el sombreado redujo la temperatura en 0,8 °C y por

Reboul *et al.* (2021) que encuentran una disminución de 1,3 °C en nidos bajo sombra con respecto a nidos bajo el sol.

Las características morfológicas de las especies vegetales juegan un papel fundamental en la reducción de la temperatura en los nidos, ya que, mientras mayor altura tienen las plantas, pueden proporcionar mayor sombreado (Esteban *et al.*, 2018). Este autor sólo hace referencia a la altura, no obstante, según Cabrera-Guerra *et al.* (2019), el aporte de sombra de las plantas se puede medir de dos maneras: por la altura que pueden alcanzar y por la cobertura del dosel. En cuanto a la altura, no encontraron diferencias entre las dos especies que evaluaron y esto se corresponde con que no hubo diferencias en cuanto a la distancia con que se proyecta la sombra. Sin embargo, sí hallan diferencias en cuanto al diámetro del dosel, por lo que pueden existir diferencias en el área potencial, bajo la cual pueden encontrarse nidos de tortugas marinas bajo sombra total. Esto significa que, al planificar un programa de manejo de sombra, es importante tener en cuenta no sólo el efecto de la sombra en sí, sino la especie de planta que se seleccione para tales efectos.

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten proponer el manejo de la vegetación como una alternativa de bajo costo para disminuir los impactos del cambio climático. Sin embargo, se requiere continuar la investigación para extender el estudio a otras áreas y aumentar el tamaño de la muestra, para incrementar la potencia de las pruebas en las playas donde no se detectan diferencias significativas (Antonio). La estrategia es aumentar el grado de sombra de las playas a través de programas de recuperación de la vegetación costera, lo cual ayudaría a reducir la temperatura de la arena y a prevenir la erosión del suelo.

Agradecimientos

A todos los voluntarios que apoyaron de forma desinteresada en la toma de los datos. A Ocean Foundation, See Turtles y Chelonian Conservation Society por

su apoyo financiero y equipamiento para el desarrollo de la investigación. A la administración del Parque Nacional Guanahacabibes por el apoyo logístico y organizativo. Al Cuerpo de Guardabosques, la ODIG y entidades del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente por las autorizaciones requeridas. A todas estas instituciones, además, por el apoyo logístico brindado. A los revisores anónimos y editores de la Revista del Centro de Investigaciones Marinas por sus críticas y sugerencias.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- Ackerman, R. A. (1997). The nest environment and the embryonic development of sea turtles. En P. L. Lutz y J. A. Musick (Eds.), *The Biology of Sea Turtles* (pp. 85). Boca Raton: CRC Press.
- Azanza-Ricardo, J., Márquez, L., Pérez, R., Cobián, D., Campohermoso, E., Varela, R., ... García, L. V. (2013). Informe Técnico con los resultados de la décimo sexta temporada del Proyecto Universitario para el Estudio y Conservación de las tortugas marinas en Guanahacabibes.
- Azanza-Ricardo, J., Ibarra-Martín, M. E. y Cobián-Rojas, D. (2014). El papel del voluntariado en la conservación de tortugas marinas en la península de Guanahacabibes, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 34 (1), 24-35.
- Botha, H. M. (2010). *Nest site fidelity and nest site selection of loggerhead, Caretta caretta and leatherback, Dermochelys coriacea, turtles in Kwazulu-natal, South Africa*. (Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science), Department of Zoology, Nelson Mandela Metropolitan University, South Africa.
- Braman, C., Pahlas, J. y Stapleton, S. (2013). Effect of habitat variability on *Eretmochelys imbricata* incubation temperatures: a pilot study on Long Island, Antigua. En A. Tucker, L. Belskis, A. Panagopoulou, A. Rees, M. Frick, K. Williams, R. LeRoux y K. Stewart (Eds.), *Proceeding of the 33rd Annual Symposium on sea turtle biology and conservation* (171 pp.). NOAA Tech, Mem NMFS-SEFSC-645.
- Cabrera-Guerra, C., Azanza-Ricardo, J., Betancourt-Ávila, R., Bretos, F. y Pérez Álvarez, P. (2019). Influencia de las especies arbustivas sobre el éxito reproductivo de la tortuga verde en la Península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. *Rev. Jar. Bot. Nac.*, 40, 121-130.
- Calderón-Peña, R. (2015). *Temperatura y proporción por sexo en nidos de Chelonia mydas y Caretta caretta (Testudines, Cheloniidae) en la Península de Guanahacabibes, Cuba*. (Trabajo de diploma), Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana.
- Calderón-Peña, R., Betancourt-Ávila, R., Rodríguez-Fajardo, E., Martínez-González, Y. y Azanza-Ricardo, J. (2020). Sex ratio of the green sea turtle *Chelonia mydas* (Testudines:Cheloniidae) hatchlings in the Guanahacabibes Peninsula, Cuba. *Rev. Biol. Trop.*, 68(3), 000-000.
- Chen, T. H. y Cheng, I. J. (1999). Breeding biology of the green turtles, *Chelonia mydas* (Reptilia: Cheloniidae) on Wan-an Island, Peng-hu Archipelago. II. Nest site selection. *Mar. Biol.*, 133, 603-609.
- Coudert, J. (2009). *An assessment of sea turtle nesting sites in Las Perlas Archipelago, Panama*. (Thesis submitted as part assessment for the degree of Master of Science in Marine Biodiversity and Biotechnology), Centre for Marine Biodiversity and Biotechnology, School of Life Sciences, Heriot-Watt University Edinburgh.
- Esteban, N., Laloë, J. O., Kiggen, F. S., Ubels, S. M., Becking, L. E., Meesters, E. H ... Christianen, M. J. (2018). Optimism for mitigation of climate warming impacts for sea turtles through nest shading and relocation. *Sci. Rep.*, 8(1), 1-8.
- Ferro, D. J., Castañeira, M. A., Mujica, E., Camejo, J. A., Delgado, F., Godínez, D. ... Valdés, J. A. (2014). Resultados del Programa de vegetación de costa arenosa. En A. Hernández-Ávila (Ed.), *Estado actual de la biodiversidad marino-costera, en la región de los Archipiélagos del Sur de Cuba* (pp.76-97). Centro Nacional de Áreas Protegidas, La Habana, Cuba: Impresos Dominicanos s.r.l.

- Fisher, L. R., Godfrey, M. H. y Owens, D. W. (2014). Incubation temperature effects on hatchling performance in the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *PloS one*, 9(12), 114880.
- Forneiro, M. V. Y. (2013). *Indicadores reproductivos de *Chelonia mydas* (Reptilia: Cheloniidae) y su relación con características físico-geográficas de playas de anidación del suroccidente de Cuba.* (Tesis de Maestría, Facultad de Biología), Universidad de La Habana.
- Gerhartz, J. L., Azanza, J., Moncada, F., Gerhartz, A., Espinosa, L., Forneiro, Y. y Chacón, D. (2017). Sand and incubation temperature in a sea turtle nesting beach at the Cayos de San Felipe national park, Pinar del Río, Cuba, during the 2012-2013 season. *Rev. Invest. Mar.*, 36(2), 100-116.
- Hill, J. E., Paladino, F. V., Spotila, J. R. y Tomillo, P. S. (2015). Shading and watering as a tool to mitigate the impacts of climate change in sea turtle nests. *PloS one*, 10(6), 14.
- Horrocks, J. A. y Scott, N. M. (1991). Nest site location and nest success in the Hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Barbados, West Indies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 69(1-2), 1-8.
- Hurtado-Pampín, C. (2018). *Analysis of the effect of Sun/Shade treatment on the success of hatching, the emergency success, and the morphology of the specie *Lepidochelys olivacea* marine turtles, in a hatchery on the Piro beach (Peninsula of Osa, Costa Rica).* Facultad de Ciències I Tecnologia, Bachelor Thesis.
- Jourdan, J. y Fuentes, M. M. P. B. (2015). Effectiveness of strategies at reducing sand temperature to mitigate potential impacts from changes in environmental temperature on sea turtle reproductive output. *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Chan.*, 20(1), 121-133.
- Kamel, S. J. y Mrosovsky, N. (2006). Deforestation: risk of sex ratio distortion in hawksbill sea turtles. *Ecol. App.*, 16, 923-931.
- Moncada-Gavilán, F., Nodarse-Andreu, G., Azanza-Ricardo, J., Medina, Y. y Martín-Viaña, Y. F. (2011). Principales áreas de anidación de las tortugas marinas en el archipiélago cubano. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*, 11(20), 1-8.
- Moncada-Gavilán, F., Azanza-Ricardo, J., Nodarse-Andreu, G., Medina, Y., Martín-Viaña, Y. F. y Gerhartz, J. (2013). *Protocolo para el monitoreo de la anidación de tortugas marinas en Cuba. Proyecto GEF-PNUD "Aplicación de un enfoque regional al manejo de las áreas marino-costeras en la región Archipiélagos del Sur de Cuba"*. Centro Nacional de Áreas Protegidas, La Habana, Cuba.
- Read, T. C., Petit, M., Magnan, M. y Booth, D. (2020). Going back to the roots: finding a strategy for the management of nesting loggerhead sea turtles in New Caledonia. *Aus. J. Zool.*, 66(6), 394-400.
- Reboul, I., Booth, D. y Rusli, U. (2021). Artificial and natural shade: Implications for green turtle (*Chelonia mydas*) rookery management. *Ocean Coast. Manag.*, 204, 105521.
- Vindas-Picado, J., Yaney-Keller, A., Andrews, L. S., Panagopoulou, A. y Tomillo, P. S. (2020). Effectiveness of shading to mitigate the impact of high temperature on sea turtle clutches considering the effect on primary sex ratios. *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Chan.*, 25(8), 1509-1521.
- Wilson, D. S. (1998). Nest-site selection: microhabitat variation and its effects on the survival of turtle embryos. *Ecology*, 79, 1884-1892.
- Wood, A., Boot, D. T. y Limpus, C. J. (2014). Sun exposure, nest temperature and loggerhead turtle hatchlings: Implications for beach shading management strategies at sea turtle rookeries. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 451, 105-114.

Como citar este artículo

Cabrera Guerra, C., Azanza Ricardo, J., Betancourt Ávila, R., Calderón Peña, R., Bretos, F. y Pérez Álvarez, P. (2021). El manejo de sombra: una alternativa para mitigar el efecto de las altas temperaturas en nidos de tortugas marinas en Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 41(1), 82-90.