



CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

Artículo original de investigación

Vulnerabilidad de las áreas de anidación de tortugas marinas ante el cambio climático

Julia Azanza Ricardo ^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-9454-9226>
Randy Calderón Peña ² <https://orcid.org/0000-0001-7712-2944>
Claudia Cabrera Guerra ³ <https://orcid.org/0000-0002-4563-7094>
Yoel Martínez González ¹ <https://orcid.org/0000-0002-8023-7897>
Ryan Betancourt Avila ³ <https://orcid.org/0000-0003-3145-9562>
Pedro Pérez Álvarez ¹ <https://orcid.org/0000-0002-8503-252>

¹ Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba

² Facultad de Biología, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba

³ Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba

*Autor para la correspondencia: jaricardo@instec.cu

RESUMEN

Introducción: El presente estudio pretende determinar la vulnerabilidad de las áreas de anidación de tortugas marinas del occidente del archipiélago cubano ante el cambio climático y otras amenazas. Los objetivos del presente trabajo fueron estimar la proporción sexual por temporada a partir de la temperatura y el período de incubación para las playas analizadas, evaluar la influencia de la presencia de la vegetación en la distribución de los nidos y el desarrollo embrionario, relacionar los cambios geomorfológicos ocurridos por el paso de tormentas tropicales en la Península de Guanahacabibes con el éxito reproductivo de las tortugas marinas y documentar los impactos que generan las acumulaciones masivas de sargazo sobre la conducta y el éxito reproductivo de tortugas marinas. **Métodos:** Para ello se analizaron 21 temporadas de anidación de tortugas marinas en la Península de Guanahacabibes. **Resultados:** Se observó una variación anual en el número de emergencias y nidos por hembra con un ciclo bienal bien definido. Se registró una reducción en el tamaño de la nidada, el período de incubación y la talla de las crías. Asimismo, se estimó una mayor producción de hembras, como consecuencia de las elevadas temperaturas de incubación. Además, se realizó un seguimiento de la dinámica de las playas en las que se encontraron cambios importantes en la distribución y características de la vegetación costera a partir del paso de eventos meteorológicos. Se determinaron las áreas vulnerables a inundaciones costeras y al impacto de las arribazones masivas de sargazo. Como conclusiones, las evidencias recopiladas constituyen una alerta para que los administradores de áreas protegidas tomen medidas de manejo dirigidas a mitigar los efectos de las elevadas temperaturas, de los impactos de eventos meteorológicos y de otros fenómenos naturales, como las arribazones de

Revisores

Alejandro Barro Cañamero
Facultad de Biología, Universidad de
La Habana. La Habana, Cuba

Luis Alberto Montero Cabrera
Facultad de Química, Universidad de
La Habana. La Habana, Cuba

Editor

Lisset González Navarro
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

Traductor

Darwin A. Arduengo García
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

sargazo, en el éxito reproductivo de tortugas marinas en el archipiélago cubano. Asimismo, constituyen experiencias para otras áreas de anidación en la región del Gran Caribe donde se encuentran expuestas a similares amenazas.

Palabras clave: Cambio climático; tortugas marinas; conservación especies amenazadas

Vulnerability of sea turtle nesting areas to climate change

ABSTRACT

Introduction: This study pretends to determine the vulnerability of sea turtle nesting areas in the western Cuban archipelago due to climate change and other threats. The objectives of this paper are: to estimate the sex ratio in every season from the temperature and the incubation period for the beaches analyzed, to evaluate the influence of the vegetation in the distribution of the nests and the embryonic development, to correlate the geomorphologic changes due to tropical storms in the Guanahacabibes peninsula with the reproductive success of the sea turtles and to document the impact generated by the accumulation of sargassum in the conduct and the reproductive success of the sea turtles. **Methods:** They were analyzed 21 sea turtle nesting seasons in the Guanahacabibes Peninsula. **Results:** It was observed an annual variation in the number of emergencies and nests per female with a well-defined biennial cycle. It was recorded a reduction in clutch size, incubation period and hatchling size. It was also estimated a higher production of females, as a consequence of the high incubation temperatures. In addition, they were monitored the dynamics of the beaches, finding important changes in the distribution and characteristics of the coastal vegetation as a result of meteorological events. They were determined areas vulnerable to coastal flooding and the impact of massive sargassum bursts. **Conclusions:** the evidence collected constitutes an alert for protected area managers in order to take measures aimed at mitigating the effects on the successful reproduction of sea turtles of high temperatures, meteorological events and other natural phenomena, such as sargassum bursts in the Cuban archipelago. Likewise, these results are an experience for other nesting areas in the Greater Caribbean region where they are exposed to similar threats.

Keywords: Climate change; sea turtles; conservation of threatened species

INTRODUCCIÓN

Dentro de las especies en peligro de extinción, las tortugas marinas son particularmente sensibles por el gran número de amenazas que enfrentan. ⁽¹⁾ La pérdida de sus áreas de anidación debido a la urbanización de las zonas costeras, a la erosión y al aumento del nivel del mar es una de ellas. ⁽²⁾ El cambio climático amenaza a las tortugas marinas dada la vulnerabilidad de su hábitat clave, ante el incremento del nivel del mar y el efecto de los eventos meteorológicos de gran intensidad. Además, el ascenso de la temperatura constituye la afectación más directa del cambio climático a estas especies.

Ante esta situación, se hace imprescindible reconocer las características de las playas y aquellos factores que influyen en la selección del sitio de anidación por las tortugas marinas, ya que afectan directamente los sucesos reproductivos. ⁽³⁾ En

particular, las primeras etapas del ciclo de vida son las más vulnerables, ya que inciden en el éxito del desarrollo embrionario y la sobrevivencia de las crías en tierra. ⁽⁴⁾

El éxito de eclosión de los nidos depende de la interacción de diversos factores que afectan directamente la anidación. ⁽⁵⁾ Variables como la temperatura de la arena, la salinidad y humedad de la misma, ⁽⁶⁾ están directamente relacionadas con el desarrollo embrionario. A estos se suman otros factores que también influyen en la selección del sitio de anidación, entre los que cabe destacar: el tamaño del grano de arena, ⁽⁷⁾ la distancia a la línea de marea alta ⁽⁸⁾ y la presencia o ausencia de vegetación. ⁽⁹⁾ Aún no está bien documentado el grado de influencia de dichos factores en la selección de los sitios de anidación ⁽⁴⁾ y, por ende, su efecto sobre el éxito de eclosión. ⁽⁵⁾

El impacto que pueden tener las características de la vegetación en el éxito reproductivo, ha sido pobremente evalua-

do en la literatura científica, con la excepción de unos pocos estudios. ⁽¹⁰⁾ Se ha verificado, que este factor es determinante en el desarrollo embrionario, por lo que afecta la selección del sitio de anidación. ⁽¹¹⁾ Diferentes especies de tortugas pueden seleccionar dónde anidar, en asociación o no con la vegetación de la playa, ^(11,12,13) y como resultado su éxito reproductivo varía. Cambios drásticos en las características de las playas, tales como los inducidos por eventos meteorológicos de gran intensidad o la acumulación masiva de sargazo en las playas, puede afectar considerablemente el éxito de las tortugas para lograr una anidación exitosa y para que las crías lleguen al mar.

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 el estrés térmico. ⁽¹⁴⁾ 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. ⁽¹⁵⁾ Más aún, si existen evidencias de que un proceso de feminización puede estar produciéndose en áreas de anidación cubanas. ^(16,17) Por ello los resultados de este trabajo permiten valorar las acciones de manejo necesarias para mitigar el efecto del cambio climático en el éxito reproductivo de las tortugas marinas en Cuba.

Por todo lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron estimar la proporción sexual por temporada a partir de la temperatura y el período de incubación para las playas analizadas, evaluar la influencia de la presencia de la vegetación en la distribución de los nidos y el desarrollo embrionario, relacionar los cambios geomorfológicos ocurridos por el paso de tormentas tropicales en la Península de Guanahacabibes con el éxito reproductivo de las tortugas marinas y documentar los impactos que generan las acumulaciones masivas de sargazo sobre la conducta y el éxito reproductivo de tortugas marinas.

MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en 10 playas de la costa sur de la Península de Guanahacabibes (desde 22o00 'N-84o50' W hasta 21o59 'N-84o44' W). La selección de playas siguió los criterios de Azanza *et al.* ⁽¹⁸⁾ El estudio de la incidencia del sargazo y los efectos de la vegetación se realizaron en La Barca, ya que esta playa tiene la mayor actividad de anidación y la frecuencia de monitoreo más intensa en el área. ⁽¹⁹⁾

Diseño de muestreo. Los datos se recopilaron de 1998 a 2019. Hasta la temporada 2010 incluida, el monitoreo se realizó siguiendo el protocolo de Azanza *et al.*; ⁽²⁰⁾ después de

2010, los datos fueron recolectados de acuerdo con Moncada *et al.* ⁽²¹⁾ La fecha en que se informó el primer rastro se consideró el comienzo de la temporada, en tanto que como final de la temporada se tomó la última fecha en que se registró cualquier actividad de anidación. Cada estación se dividió en intervalos de 15 días para determinar el pico de anidación.

Todas las hembras encontradas se midieron y etiquetaron con marcas de acero inonel (Style 681, National Band & Tag Company) en la aleta delantera derecha, con vistas a poder determinar la frecuencia de anidación (el número de veces que las hembras marcadas anidaron con éxito en una sola estación). Las crías se seleccionaron al azar y se midieron dentro de la primera hora de alcanzar la superficie del nido después de la emergencia; fueron liberados inmediatamente luego de que se tomaron las medidas.

El monitoreo diurno también se realizó en otras 5 playas (Las Canas, Resguardo, Las Cadenas, Caleta Larga y Cayuelos), al menos una vez por semana, para determinar el número total de nidos depositados. La fecha de oviposición se estimó de acuerdo al criterio de Moncada *et al.* ⁽²¹⁾

Se colocaron sensores de temperatura HOBO® en el centro de los nidos, que registraron la temperatura sincrónicamente cada 2 horas, durante el período de incubación. Con el objetivo de evaluar la influencia de la temperatura sobre las anomalías congénitas, en los nidos con sensores, se determinó el total de embriones con conchas supernumerarias y malformaciones en el caparacho, las más frecuentes en playas de Guanahacabibes. ⁽²²⁾ Estas anomalías morfológicas, se relacionaron solamente con la temperatura del tercer tercio del desarrollo embrionario, porque según Miller *et al.* ⁽²³⁾ es, durante esta etapa, que ocurre la formación del caparazón y de las escamas.

Para determinar la relación de la cobertura vegetal con el número de nidos y el éxito de anidación en cada playa, se establecieron 3 transectos perpendiculares a la línea de costa en los que se ubicaron 2 parcelas de 100 m², según el ancho de la franja de vegetación. La relación de la presencia de vegetación con el número de nidos, el éxito de anidación y el éxito de emergencia, se determinó en cada zona de la playa: la zona A que es la más cercana a la línea de marea alta; la zona B que se corresponde con la posplaya y la zona C delimitada a partir de la línea de vegetación. Se tomó evidencia fotográfica de la posible influencia del sargazo sobre la actividad de anidación en la playa. La identificación del sargazo se realizó mediante fotografía.

Análisis estadístico

Antes del análisis los datos se probaron para determinar la normalidad y la homogeneidad de la varianza, utilizando una prueba de Kolmogorov-Smirnov y de Levene, respectiva-

mente. El análisis de regresión se utilizó para determinar la relación. La correlación de Pearson se empleó para determinar si hubo alguna tendencia temporal en el número de nidos, la duración de la temporada y el número de huevos por hembra durante el período de estudio. Las diferencias entre valores medios se determinaron mediante la prueba no paramétrica de análisis de varianza, Kruskal-Wallis. En caso de encontrar diferencias entre las temporadas analizadas, se realizó una prueba de comparación de medias *a posteriori*. Se tomó en cuenta, para todas las pruebas, un nivel de significación de 5%. Las pruebas se realizarán en el programa STATISTICA 7.0.

RESULTADOS

Se observó un incremento anual en el número de nidos de tortuga verde por temporadas (Pearson, $r = 0,46$; $p = 0,06$), aunque con picos de anidación bienales y un máximo en el 2013. Para caguama, el aumento significativo en el número anual de nidos se verificó hasta el 2016, cuando alcanzó su máximo (Pearson, $r = 0,48$; $p = 0,04$). Sin embargo, dado el descenso experimentado del 2017 al 2019, la tendencia total en el período de estudio no es significativa (Pearson, $r = 0,25$; $p = 0,26$).

Respecto al momento en que ocurre el pico de la anidación sólo se encontró una relación negativa significativa para el caso de caguama (Pearson, $r = -0,74$; $p < 0,001$) como se muestra en la figura 1. Para tortuga verde, la variación interanual no permite detectar una tendencia clara en esta variable (Pearson, $r = 0,19$; $p = 0,43$).

También se encontró una correlación negativa significativa entre el número de huevos puestos y el año para las dos especies (rcaguama = $-0,55$; $p = 0,01$ y rtverde = $-0,57$; $p < 0,001$); evidenciando que el número promedio de huevos por nidada está disminuyendo con el tiempo.

Se observó una disminución en el tamaño medio de las crías entre los años 2013 y 2015 (figura 2), con una variación del largo medio para tortuga verde de 5 mm y para caguama de 3 mm. Del 2016 al 2019, las tallas promedio de ambas especies mantenido estables con un valor de 54 mm para tortuga verde y de 46 mm para caguama.

Temperatura y éxito reproductivo

Los valores de temperatura durante el segundo tercio de la incubación, el período de incubación y la proporción de hembras tienen un comportamiento temporal diferente (figura 3), mientras el período de incubación medio ha disminuido con el tiempo, la proporción de hembras tiene valores medios cada vez más altos.

Las temperaturas se mantuvieron, en su mayoría, por encima de los 29,5 °C, con un incremento en los nidos en tem-

poradas sucesivas hasta el 2015. En correspondencia con las elevadas temperaturas registradas en los nidos, los períodos de incubación encontrados fueron bajos. La estimación de la proporción por sexos a partir de la temperatura indica valores superiores al 90 % de hembras durante todo el período estudiado con excepción del año 2012.

El éxito de eclosión promedio por temporada en los nidos a los que se les midió la temperatura fue superior al 87 %, con excepción de los nidos del año 2016 en playa la Barca. Incluso 2 de los nidos que tuvieron una temperatura promedio del tercer tercio superior a los 35 °C, presentaron un éxito de eclosión superior al 94 %.

Relación de la cobertura vegetal con el éxito reproductivo

Fue mayor la preferencia por anidar en la parte intermedia de la playa, donde aparecen parches de vegetación (zona B) respecto al área totalmente cubierta por vegetación (zona C). Sin embargo, el éxito de anidación es similar en las 3 zonas, aunque la zona C presenta el mayor valor (95 %).

La cobertura de vegetación correlaciona positiva y significativamente con el número de nidos ($r = 0,56$; $p = 0,01$), como se muestra en la figura 4. Sin embargo, no se evidencia correlación entre la primera variable y el número de intentos de anidación.

Se evidencian diferencias significativas para el período de incubación de los nidos que reciben diferentes grados de sombra ($H_{(2,139)} = 22,08$; $p < 0,01$). Se observa un gradiente en la mediana del período de incubación que va del mayor valor en los nidos con sombra total, hasta el valor más pequeño en los nidos sin sombra.

Sargazo

Se evidenció un incremento en frecuencia y magnitud de las arribaciones de sargazo a la Península de Guanahacabibes. La afluencia de *Sargassum fluitans* se hizo masiva en La Barca después de junio de 2015. Sin embargo, la masa crítica se logró en la primera quincena de julio, cuando casi 1,5 m de las algas se depositaron en la orilla, y alrededor de 10 m tierra adentro se cubrieron con material flotante. Este fenómeno se repitió en las temporadas 2017, 2018 y 2019, con un incremento en la magnitud de la biomasa que arribó a las costas en años sucesivos.

El comportamiento de la anidación de las tortugas verdes y caguamas se vio afectado de varias maneras. Primero, y lo más obvio, las tortugas tuvieron que vencer la barrera para salir del mar a la playa y regresar después de la puesta. En segundo lugar, el número de fallas en la anidación aumentó, precisamente, cuando la mayor cantidad de algas estaba en

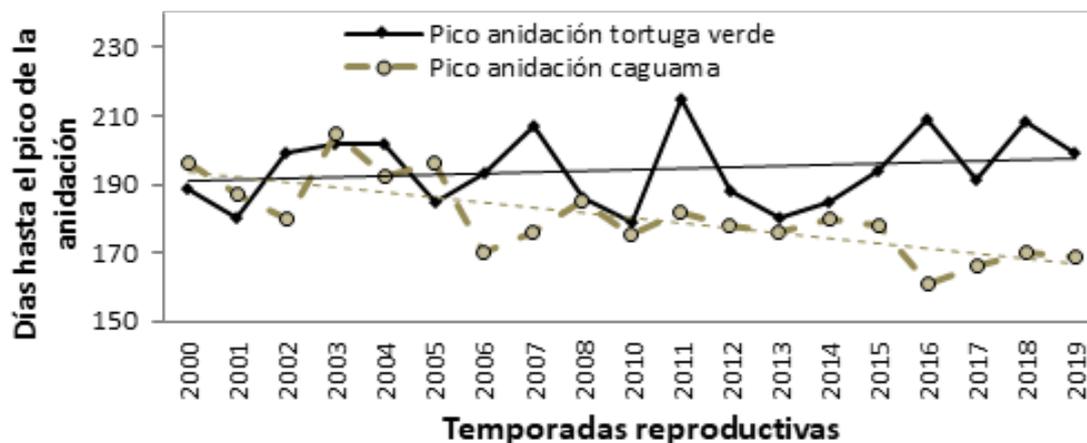


Fig. 1. Variación temporal del pico de la temporada reproductiva de caguama y tortuga verde en la pensínsula de Guanahabibes, Cuba.

la costa. Nuevamente es la caguama la más afectada, con valores bajos de éxito de anidación en el período de arribazón de sargazo, que llegan a 0 en el 2019, aunque se observan afectaciones para tortuga verde en los últimos años. El éxito de la eclosión no se vio afectado, pero el acceso al mar fue difícil para los recién nacidos, ya que tuvieron que atravesar la masa de algas.

Efecto de los huracanes en el éxito reproductivo

A lo largo del período de estudio, 24 eventos meteorológicos afectaron de manera directa o indirecta a la Península de Guanahabibes, con un impacto variable en el éxito reproductivo de las tortugas marinas que anidan en esa zona. La frecuencia anual promedio de estos eventos es de 1,2; aun-

que varía de períodos sin actividad (2011 al 2015), hasta años con un máximo de 6 eventos, como fue el caso del 2020. Se observó una relación débil y negativa entre el número de ciclones y el número de nidos por temporada para el caso de tortuga verde (Spearman, $r = -0,50$; $p = 0,04$), pero no para caguama (Spearman, $r = -0,29$; $p = 0,25$).

La mayor incidencia de ciclones ⁽¹⁴⁾ ocurrió entre los meses de septiembre y octubre, justo cuando se produce la mayoría de las eclosiones en los nidos. De ellos, el 78 % fueron huracanes, mientras que en el período de junio a agosto sólo ocurrieron 10 ciclones, el 30 % de los cuales fueron huracanes. Con relación a las afectaciones a los nidos, los años 2004, 2005, 2018 y 2020 fueron los de mayor porcentaje, al superar el 30 % de pérdida de los nidos.

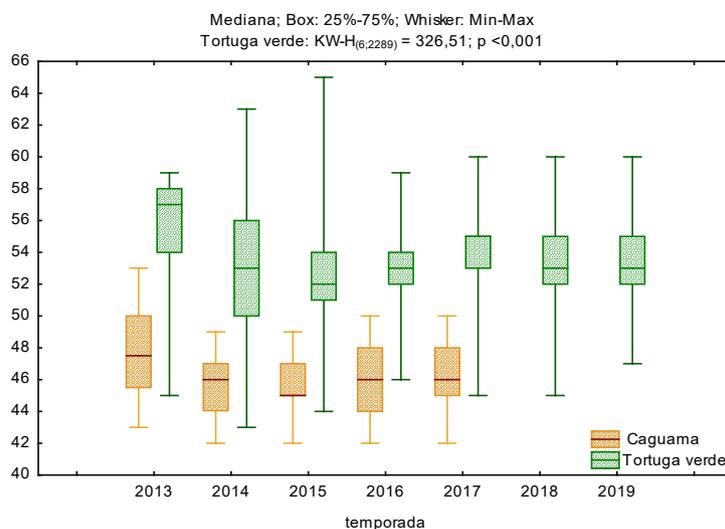


Fig. 2. Variación temporal en la talla de las crías de caguama y tortuga verde que anidan en la Península de Guanahabibes, Cuba.

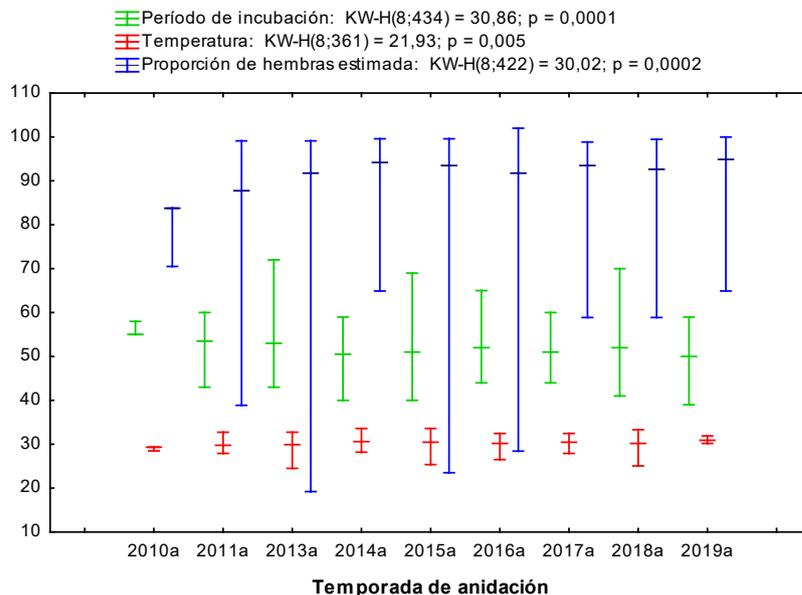


Fig. 3. Temperaturas de incubación durante el segundo tercio de desarrollo embrionario, el período de incubación y la proporción de hembras en nidos de *Chelonia mydas* en playas de la Península de Guanahacabibes, Cuba.

DISCUSIÓN

La población de anidación de la caguama de Guanahacabibes, aunque pequeña en comparación con otras poblaciones, muestra signos importantes de recuperación, con una tendencia positiva en el número de nidos por temporada y altos niveles de éxito de eclosión. ^(24,25) Guanahacabibes se confirma como el sitio que contiene la cuarta población de anidación según el número de nidos (y la tercera con mayor densidad de nidos), después de Cayo Largo, Isla de la Juventud y San Felipe. ⁽²⁶⁾ Las bajas tasas de anidación de la población de caguama en Guanahacabibes, podrían ser el resultado de la alta frecuencia de huracanes en el área. Dewald y Pike ⁽²⁷⁾ encontraron que la mayor parte de la anidación de caguamas se produce en áreas con frecuencias moderadas de huracanes.

Los patrones de anidación bienal de estas poblaciones se han mantenido estables a lo largo del tiempo, similar al reportado anteriormente por Azanza *et al.*, ⁽²⁸⁾ pero este patrón no se ha descrito para las caguamas en poblaciones de anidación más grandes ^(29,30,31) en Florida o cualquier otro lugar de Cuba, excepto en las últimas 4 temporadas de anidación. ⁽²⁶⁾

Está apareciendo un patrón interesante en algunas áreas de anidación de tortugas marinas, donde el pico de la temporada ocurre más temprano. ^(29,32,33) Este fenómeno, también se observó para la población de caguama de Guanahacabibes, aunque la población de tortuga verde parece que está retrasando el pico de anidación. Esto podría deberse al aumento de la temperatura, por lo que requiere de evaluaciones adicionales.

Pike *et al.* ⁽³³⁾ también encontraron correspondencia de la duración de la temporada de anidación con la temperatura de la superficie del mar para la caguama, pero no para las tortugas verdes, ⁽³⁴⁾ confirmando que las caguamas son altamente sensibles a la variación de temperatura. Las poblaciones que se reproducen en condiciones óptimas pueden experimentar una disminución a medida que aumenta la temperatura, lo que cual podría ser el caso de Guanahacabibes. ⁽³⁵⁾

Del mismo modo, la reducción en el tamaño de las crías observada a lo largo de los años puede deberse también a las altas temperaturas de incubación; ⁽³⁶⁾ como resultado, Glen *et al.* ⁽³⁷⁾ sugirieron que las crías desarrolladas en ambientes de alta temperatura son menos vigorosas. Pike ⁽³⁸⁾ indicó que los cambios en las temperaturas de los nidos podrían alterar significativamente los fenotipos de las crías. Dado que la temperatura en Guanahacabibes está aumentando, y que las crías se están volviendo más pequeñas, es muy posible que la aptitud de la descendencia que se ha producido en esas playas se haya visto comprometida y podría aumentar la mortalidad en las primeras etapas.

Relación de la presencia vegetal con el éxito reproductivo

La preferencia de las hembras por anidar en la zona con vegetación (o cercana a esta) puede tener varias explicaciones. Una posible causa, según Ferrer *et al.*, ⁽³⁹⁾ es el riesgo de derrumbe que sufre la cámara de incubación en las zonas de playa abierta, principalmente si la arena es muy seca. También

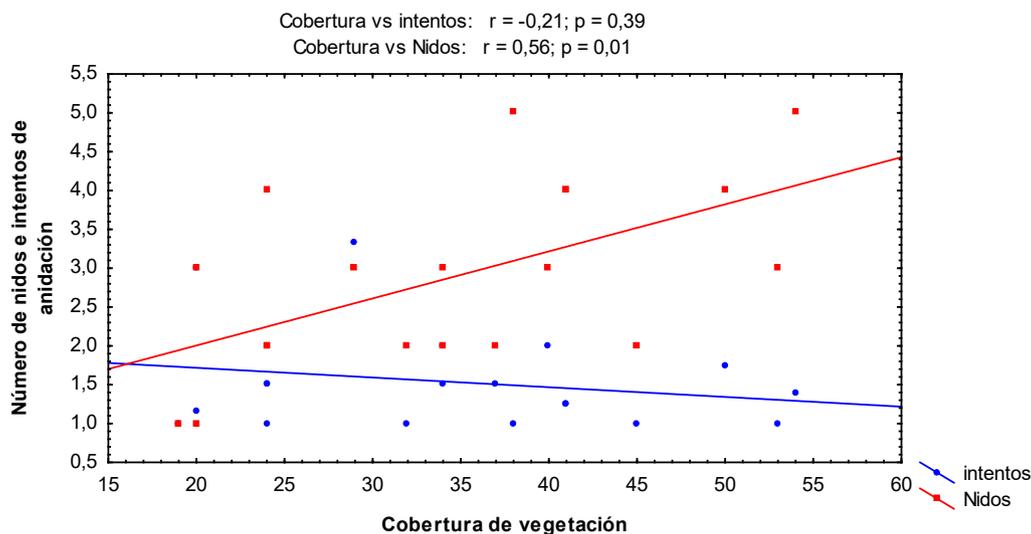


Fig. 4. Efecto de la cobertura vegetal de *Suriana maritima* y *Tournefortia gnaphalodes* sobre el éxito reproductivo de tortugas marinas en playas de la Península de Guanahacabibes.

puede ser una estrategia para evitar las inundaciones prolongadas en las áreas cercanas a la línea de marea. ⁽⁴⁰⁾ Además, las raíces de las plantas propician un sustrato adecuado para la construcción de los nidos, ya que reducen la compactación de la arena ⁽¹¹⁾ aunque existen diferencias entre especies vegetales. ^(41,42) Otros estudios han verificado la preferencia por anidar en la zona B o zona de interfase entre la vegetación, mientras que alcanzan el mayor éxito de anidación en la línea de vegetación. ^(43,44)

El menor éxito de emergencia de las crías en la zona cercana a la línea de marea alta (A), se debe a todos los factores de riesgo que afectan a los nidos en esta zona. Kamel y Mrosovsky ^(42,43) plantean que la cercanía a la línea de marea alta, disminuye el éxito de incubación y el éxito de emergencia. Si los huevos son colocados próximos al agua, tienen una alta probabilidad de ser destruidos por la erosión de la playa o por el efecto del oleaje. ^(8,45) Aunque no sean destruidos, la inundación es riesgosa, porque ocasiona un súbito descenso de las temperaturas, con el consecuente efecto sobre diversos procesos, como los metabólicos, la determinación del sexo, la corrosión del nido y una reducción en la disponibilidad de oxígeno. ^(6,44)

Respecto a las especies vegetales presentes, se le debe dar seguimiento a la distribución de *I. pes-caprae*, ya que las crías pueden quedar atrapadas en sus lianas cuando salen de los nidos. ⁽⁴¹⁾ Según Rivas y Marco ⁽⁴⁶⁾ *I. pes-caprae* posee un rápido crecimiento, se esparce superficialmente por el suelo arenoso y sus profundas raíces pueden penetrar varios metros en todas las direcciones, incluyendo profundidad.

El aumento de la cobertura pudiera representar una limitante para el proceso de anidación, ya que la presencia de vegetación densa pudiera obstaculizar el proceso de cavar el nido. ⁽⁴⁷⁾ Sin embargo, en Guanahacabibes se encuentra una relación positiva entre el número de nidos y la cobertura vegetal, lo que puede deberse a que la cobertura no es tan elevada, y a que las tortugas verdes prefieren áreas con vegetación para anidar. ⁽⁴²⁾ Parece ser que los niveles de cobertura no son suficientes para impedir el proceso de excavación del nido, sino que son otros factores los que determinan que se produzcan más o menos intentos. ⁽⁴⁷⁾

Efecto de la temperatura sobre la proporción sexual, el éxito de eclosión y las malformaciones

Coudert ⁽⁴⁸⁾ plantea que el período de incubación de los embriones está inversamente relacionado con la temperatura dentro del nido. Esta es la razón por la cual se observa un comportamiento inverso de estas variables a lo largo del tiempo en Guanahacabibes. A su vez, la vegetación tiene el potencial para afectar la temperatura y el período de incubación. ⁽¹³⁾ Sin embargo, la mayoría de los nidos incubados en Guanahacabibes tienen una producción de hembras superior al 90 % lo que indica que la sombra mitiga, pero no soluciona completamente el problema de las elevadas temperaturas en el área. ^(49,50) En la literatura está descrito el efecto negativo de las altas temperaturas para la sobrevivencia de los embriones de tortugas marinas. Varios autores aseveran que el sombreado constituye una estrategia efectiva para mitigar las altas temperaturas de la arena, ^(44,51,52) ya que convierte temperaturas subletales en niveles óptimos ⁽¹⁴⁾ y de esta ma-

nera aumenta la calidad de los neonatos. ⁽⁵³⁾ De lo contrario, se pueden generar anomalías en el desarrollo ^(54,55) que pueden disminuir la emergencia de los neonatos ⁽⁵⁶⁾ o reducir las probabilidades de supervivencia las crías que lleguen al mar. ⁽⁵⁷⁾ El incremento en la velocidad del desarrollo embrionario causado por las altas temperaturas, puede ser la causa de la aparición de errores en el proceso de formación de los escudetes ^(58,59) y otras anomalías.

El éxito de eclosión encontrado en Guanahacabibes por temporada, es superior al reportado en muchas áreas de anidación. Los cambios temporales en el éxito de eclosión, podría indicar cambios en los factores que influyen en éste.

Sargazo

De acuerdo con Maurer *et al.*, ⁽⁶⁰⁾ el sargazo ha proliferado fuera del Mar de los Sargazos, especialmente en el Golfo de México. ⁽⁶¹⁾ La fuente de nutrientes para esta cantidad masiva de algas, parece estar asociada con el río Amazonas. ⁽⁶²⁾

Se han reportado floraciones de sargazo previas en 2011 ^(63,64) y 2014 ⁽⁶⁵⁾ en el Caribe y Cuba. ^(66,67) En sitios como Antigua, donde estaban cubiertos del 10 % al 15 % de ciertas partes de la costa, ⁽⁶⁰⁾ se registran por primera vez afectaciones a las tortugas marinas. Actualmente se trabaja en la predicción de la llegada de estas masas de algas, a partir de la modelación, para poder tomar las medidas necesarias de contención a escala local. ^(68,69,70)

En el estudio realizado por Moreira y Alonso, ⁽⁶⁷⁾ afirman que, en el archipiélago del sur de Cuba, el sargazo llega durante el verano, mientras que en las zonas del norte se observa durante el invierno, dependiendo de los vientos predominantes.

Las arribazones influyeron en la anidación de las tortugas marinas. En primer lugar, para las caguamas, vencer la barrera y llegar al mar, resultó especialmente difícil, ya que son más pequeñas y débiles que las tortugas verdes, lo que parece explicar por qué se atascaron más fácilmente que las verdes. En segundo lugar, el aumento en el número de fallas en la anidación, pudo deberse a la dificultad que tuvieron las tortugas para emerger a la playa, lo cual las alentó a desovar en lugares menos adecuados.

Varios especialistas ^(71,72) han discutido a fondo el peligro de los obstáculos que enfrentan las crías. Incluye el aumento de la mortalidad por hipertermia, agotamiento, ahogamiento y vulnerabilidad a la depredación.

Efecto de los huracanes

En términos poblacionales, la tortuga verde que anida en Guanahacabibes, que es la especie con mayor potencial de afectación por los ciclones, mostró gran plasticidad en la conducta de anidación de las hembras como para poder adaptarse a los cambios geomorfológicos generados por los ciclones

(cambios en la distancia recorrida e incremento en los intentos de anidación hasta conseguir sitios propicios). Así mismo, aunque los niveles de eclosión de crías descienden en los años en los que impactan los huracanes, esta población muestra un éxito de eclosión promedio superior al 85 %, ⁽⁷³⁾ lo cual es mucho más alto que el que reportan la mayoría de las áreas de anidación. Sin embargo, la ubicación de esta área en una zona de tránsito frecuente de eventos meteorológicos severos, y el incremento de su frecuencia por temporada observado, en los últimos años, ⁽⁷⁴⁾ constituye un motivo de preocupación y de seguimiento a esta temática, para tener la capacidad de tomar las medidas necesarias para la conservación de la especie, ⁽⁷⁵⁾ incluyendo el traslado de nidos, en caso necesario.

Conclusiones

Las elevadas temperaturas registradas y los valores de éxito de eclosión, demuestran la elevada resistencia térmica de las tortugas marinas en las playas analizadas. Las temperaturas del tercer tercio del desarrollo embrionario fueron las que más influyeron en la disminución del éxito de eclosión. El aumento de la temperatura de los nidos provocó una elevada proporción de hembras.

La vegetación de costa arenosa desempeña un papel determinante en la anidación de las tortugas marinas ya que, tanto su presencia como su grado de cobertura vegetal, tienen un impacto positivo en el éxito reproductivo de los nidos en Guanahacabibes. La sombra de la vegetación incrementa el éxito de emergencia de los neonatos al mismo tiempo que aumenta la duración del período de incubación, lo que permite que las crías completen de forma óptima su desarrollo.

Las transformaciones en las playas generadas por ciclones y las arribazones de sargazo pueden afectar el éxito de eclosión de las crías y la conducta de anidación de las hembras. Sin embargo, las poblaciones de tortugas verde que anidan en Guanahacabibes muestra, hasta el momento, la resiliencia suficiente para superar los efectos negativos de ambos fenómenos, no así la caguama, especialmente con el sargazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fisher LR, Godfrey MH, Owens DW. Incubation temperature effects on hatchling performance in the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *PLoS ONE*,9(12). 2014.114880.
2. Hamann M, Fuentes MM, Limpus CJ, Dawson J. Potential impacts of projected sea-level rise on sea turtle rookeries. *Aquat. Cons. Mar. Freshw. Ecos.* 2010;20(2):132-9.
3. Zagonel ST, Guilles G, Bernardo PL. Nest site selection and hatching success of hawksbill and loggerhead sea turtles (Testudines, Cheloniidae) at Arembepe Beach, northeastern Brazil. *Phyllomed. J. Herpet.* 2009;8(1):3-17.

4. Zavala LA. Comportamiento reproductivo de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), con especial énfasis en la conducta de hembras desovantes en la playa Michigan, Guerrero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 2006.11p.
5. Medina CY, Moncada F, Nodarse G. Selección del sitio de anidación y éxito de eclosión en nidos de tortugas de carey (*Eretmochelys imbricata*). Rev. Cub. Invest. Pesq. 2010;27(1):61-6.
6. Wood DW, Bjorndal KA. Relation of temperature, moisture, salinity and slope to nest site selection in loggerhead sea turtles. *Copeia*, 2000:119-28.
7. Mortimer JA. The influence of beach sand characteristics on nesting behavior and clutch survival of green turtle (*Chelonia mydas*). *Copeia*.1990;1:802-17.
8. Botha HM. Nest site fidelity and nest site selection of loggerhead, *Caretta caretta* and leatherback, *Dermochelys coriacea*, turtles in Kwazulu-natal, South Africa. Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. Department of Zoology. Nelson Mandela Metropolitan University. South Africa. 2010;122 p.
9. Janzen FJ. Vegetational cover predicts the sex ratio of hatchling turtles nests. *Ecology*. 1994;75:1593-96.
10. Karavas N, Georghiou K, Arianoutsou M, Dimopoulos D. Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of *Caretta caretta* on Sekani beach. *Biol. Conserv.* 2005;121:177-88.
11. Horrocks JA, Scott NM. Nest site location and nest success in the Hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Barbados, West Indies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1991;69(1-2):1-8.
12. Hays GC, Adams CR, Mortimer JA, Speakman JR, Boerema M. Inter- and intra-beach variation for green turtle nests on Ascension Island, South Atlantic. *Mar. Biol.* 1995;75:405-11.
13. Kamel SJ, Mrosovsky N. Deforestation: risk of sex ratio distortion in hawksbill sea turtles. *Ecol. App.* 2006;16:923-31.
14. Wood A, Boot DT, Limpus CJ. Sun exposure, nest temperature and loggerhead turtle hatchlings: Implications for beach shading management strategies at sea turtle rookeries. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 2014;451:105-14.
15. Ferro DJ, Castañeira MA, Mujica E, Camejo J A, Delgado F, Godínez D, Abad G, Hernández R, García LY, Gutiérrez A, Valdés JA. **Resultados del Programa de vegetación de costa arenosa.** En: Estado actual de la biodiversidad marino-costera, en la región de los Archipiélagos del Sur de Cuba. Hernández-Ávila (Cp). Centro Nacional de Áreas Protegidas. La Habana. Cuba. Impresos Dominicanos. 2014. 76-97.
16. Gerhartz Muro JL, Azanza Ricardo J, Moncada F, Gerhartz Abraham M, Espinosa L, Forneiro Y, Chacón D. Sand and incubation temperatures in a sea turtle nesting beach at the Cayos de San Felipe National Park, Pinar del Río, Cuba, during the 2012-2013 season. *Rev. Investig. Mar.* 2018;38(2):45-61.
17. Calderón PR, Betancourt Ávila R, Rodríguez Fajardo E, Martínez González Y, Azanza Ricardo J. Sex ratio of the green sea turtle *Chelonia mydas* (Testudines: Cheloniidae) hatchlings in the Guanahacabibes Peninsula, Cuba. *Inter. J. Trop. Biol. Conserv.* 2020;68(3):777-84.
18. Azanza J, Moncada F, Gerhartz J, Forneiro Y, Medina Y, Nodarse G, Gerhartz A. (2013a). Monitoreo y conservación de las tortugas marinas en Cuba: Mayo 2010- Febrero 2012. Informe del Programa Cubano de Tortugas Marinas, del Programa de Conservación Marina de WWF en Cuba y del proyecto GEF-PNUD Archipiélagos del Sur. La Habana, 2013. 55p.
19. Azanza J, Gerhartz JL, Forneiro Y, Moncada F. Efectividad del monitoreo de la anidación de tortugas marinas para determinar el éxito reproductivo en playas del sur de Cuba. *LAJAR*, 2015;43(3).
20. Azanza J, Hernández F, Muñoz D, Nodarse A. (1999). Protocolo de trabajo en las playas. Proyecto universitario para el estudio y conservación de las tortugas marinas en Guanahacabibes. Centro de Investigaciones Marinas. 30p.
21. Moncad GF, Azanza J, Nodarse G, Medina Y, Martín YF, Gerhartz J. 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. 2013. 84 p.
22. Azanza J, Ibarra ME, Ruiz A, Hernández J, Díaz Fernández R, Hernández N. Análisis de nidos de tortuga verde (*Chelonia mydas*) durante la temporada de anidación 2006 en la Península de Guanahacabibes, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 2008;29(1):61-9.
23. Miller JD, Mortimer JA, Limpus CJ. A field key to the developmental stages of marine turtles (Cheloniidae) with notes on the development of *Dermochelys*. *Chel. Conserv. Biol.* 2017;16(2):111-22.
24. Azanza Ricardo J, Ibarra Martín ME, González Sansón G. 2019. Are global changes affecting loggerhead nesting in cuba? En: Mangel, JC, Rees A, Pajuelo M, Córdova F, Acuña N. compilers. 2019. Proceedings of the Thirty-Sixth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NOAA NMFS-SEFSC-734: 364 p. Disponible en DOI: <https://doi.org/10.25923/ng2d-c375Technical>
25. Azanza Ricardo J, Ibarra Martín ME, González Sansón G, Harrison E, Medina Cruz Y y Bretos F. Possible Effect of Global Climate Change on *Caretta caretta* (Testudines, Cheloniidae) Nesting Ecology at Guanahacabibes Peninsula, Cuba. *Chel. Conserv. Biol.* 2017;16(1):12-9.
26. Moncada GF, Azanza J, Forneiro Y, Gerhartz JL, Nodarse G, Medina Y. Programa de Monitoreo de Tortugas Marinas. En: Hernández Ávila (Cp) Estado actual de la biodiversidad marino-costera, en la región de los Archipiélagos del Sur de Cuba. Centro Nacional de Áreas Protegidas. La Habana. Cuba. Impresos Dominicanos s.r.l. 2014:130-41.
27. Dewald JR, Pike DA. Geographical variation in hurricane impacts among sea turtle populations. *J. iogeography*. 2014;41:307-316.
28. Azanza J, Ibarra Martín ME, González G, Abreu FA, Eckert KL, Espinosa G, Oyama K. (Nesting ecology of *Chelonia mydas* (Testudines: Cheloniidae) on the Guanahacabibes Peninsula, Cuba. *Inter. J. Trop. Biol. Conserv.*, 2013b;61(4):1235-945.
29. Weishampel JF, Bagley DA, Ehrhart LM. Earlier nesting by loggerhead sea turtles following sea surface warming. *Glob. Chang. Biol.* 2004;10:1424-27.
30. Antworth R, Pike DA, Stiner JC. Nesting ecology, current status, and conservation of sea turtles on an uninhabited beach in Florida, USA. *Biol. Conser.* 2006;130:10-15.
31. Reece JS, Passeri D, Ehrhart I, Hagen SC, Hays A, Long C, Noss RF, Bilskie M, Sanchez C, Schwoerer MV, Von Holle B, Weishampel J, Wolf S. Sea level rise, land use, and climate change influence the distribution of loggerhead turtle nests at the largest USA rookery (Melbourne Beach, Florida). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2013;493:259-74

32. Hawkes LA, Broderick AC, Godfrey MH, Godley BJ. Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population. *Glob. Chang. Biol.* 2005;13:923-32.
33. Pike DA, Antworth RL, Stiner JC. Earlier nesting contributes to shorter nesting seasons for the loggerhead turtle, *Caretta caretta*. *Journal of Herpetology.* 2006;40:91-4.
34. Pike DA. Do green turtles modify their nesting seasons in response to environmental temperatures? *Chel. Conser. Biol.* 2009;8:43-7.
35. Aiken JJ, Godley BJ, Broderick AC, Austin T, Ebanks Petrie G, Hays GC. Two hundred years after a commercial marine turtle fishery: the current status of marine turtles nesting in the Cayman Islands. *Oryx.* 2001;35:145-52.
36. Janzen FJ. An experimental analysis of natural selection on body size of hatchling turtles. *Ecology.* 1993;4:332-341.
37. Glen F, Broderick AC, Godley BJ, Hays GC. Patterns in the emergence of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) turtle hatchlings from their nests. *Marine Biology.* 2005;146:1039-49.
38. Pike DA. Forecasting the viability of sea turtle eggs in a warming world. *Global Change Biology.* 2014;20:7-15.
39. Ferrer SY, Díaz R, Díaz R. Características de la anidación de la tortuga verde *Chelonia mydas* (Testudinata, Cheloniidae) en la playa Caleta de los Piojos, Cuba, a partir de marcaciones externas. *Anim. Biod. Conserv.* 2007;30(2):211-8.
40. Whitmore CP, Dutton PH. Infertility, embryonic mortality, and nest-site selection in leatherback and green sea turtles in Suriname. *Biol. Conserv.* 1985;34:251-72.
41. Cabrera Guerra C, Azanza Ricardo J, Betancourt Ávila R, Bretos F y Pérez Álvarez P. 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.* 2019;40:121-30.
42. Cabrera Guerra C, Azanza Ricardo J, Betancourt, Ávila R, Bretos F & Pérez Álvarez P. Influence of sandy coast vegetation in the reproductive success of green turtles in Cuban nesting beaches. Aceptado en: *Chel. Conser. Biol.* 2021;20(2):GI Disponible en DOI: <https://doi.org/10.2744/CCB-1460.1>
43. Chen TH, Cheng IJ. Breeding biology of the green turtles, *Chelonia mydas* (Reptilia: Cheloniidae) on Wan-an Island, Peng-hu Archipelago. II. Nest site selection. *Mar. Biol.* 1999;133:603-9.
44. Cabrera Guerra C, Azanza Ricardo J, Betancourt Ávila R, Calderón Peña R, Bretos F y Pérez Álvarez P. El manejo de sombra: una alternativa para mitigar el efecto de las altas temperaturas en nidos de tortugas marinas en Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 2021;41(2):82-90.
45. Ditmer MA, Stapleton SP. Factors affecting hatch success of hawksbill sea turtles on Long Island, Antigua, West Indies. *PLoS one.* 2012;7(7):38472-84.
46. Rivas ML, Marco A. The effect of dune vegetation on leatherback hatchling's sea-finding ability. *Mar Biol.* 2016;163(1):13.
47. Cabrera Guerra C. Influencia de la vegetación de costa arenosa en el éxito reproductivo de *Chelonia mydas* (Reptilia: Cheloniidae) en tres playas de la Península de Guanahacabibes, Cuba. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad de La Habana. 2017:51p.
48. Coudert J. 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. (2009):77 p.
49. Calderón Peña R, Azanza Ricardo J. and Pérez Martín R. Feminization in marine turtles' populations of guanahacabibes, Cuba. En: Mangel JC, Rees A, Pajuelo M, Córdova F, Acuña N. compilers. 2019. Proceedings of the Thirty-Sixth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NOAA NMFS-SEFSC-734. 2019:364 p. Disponible en DOI: <https://doi.org/10.25923/ng2d-c375Technical>
50. Calderón PR. 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. 2015: 48 p.
51. Jourdan J, Fuentes MM. PB 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.* 2015;20(1):121-33.
52. Hill JE, Paladino FV, Spotila JR, Tomillo PS. Shading and watering as a tool to mitigate the impacts of climate change in sea turtle nests. *PLoS ONE.* 2015;10(6):14.
53. Rodríguez Fajardo E. Efectos de la temperatura de incubación sobre la proporción sexual y el éxito reproductivo en nidos de tortuga verde *Chelonia mydas* (Testudines) en las principales áreas de anidación del suroccidente de Cuba. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad de La Habana. 2020. 48 p.
54. Glen F, Broderick AC, Godley BJ, Hays GC. Incubation environment affects phenotype of naturally incubated green turtle hatchlings. *J. Mar. Biol. Ass. UK.* 2003;83:1183-6.
55. Booth DT, Feeney R, Shibata Y. Nest and maternal origin can influence morphology and locomotor performance on hatchling green turtles (*Chelonia mydas*) incubated in field nests. *Marine Biology.* 2012;160:127-37.
56. Ewert MA. The embryo and its egg: development and natural history. En: M. Harless, H. Morlock (Eds.). *Turtles: perspectives and research.* New York: John Wiley & Sons. 1979:333-413.
57. Wyneken J, Salmon M. Linking Ecology, Morphology, and Behavior to Conservation: Lessons Learned from Studies of Sea Turtles. *Integ. Comp. Biol.* 2020;60(2):440-55.
58. Zimm R, Bentley BP, Wyneken J, Moustakas Verho JE. Environmental causation of turtle scute anomalies in ovo and in silico. *Int. Compar. Biol.* 2017;57(6):1303-11.
59. Bárcenas-Ibarra A, de la Cueva H, Rojas Lleonart I, Abreu Grobois FA, Lozano Guzmán RI, Cuevas E, García Gasca A. First approximation to congenital malformation rates in embryos and hatchlings of sea turtles. *Birth Defects Research Part A: Clin. Mol. Terat.* 2015;103(3):203-24.
60. Maurer, AS, De Neef E, Stapleton S. *Sargassum* accumulation may spell trouble for nesting sea turtles. *Frontiers in ecology and the Environment.* Natural History Notes, 2015;13(7):394-5.
61. Gower J, Hu C, Borstad G, & King S. Ocean color satellites show extensive lines of floating *Sargassum* in the Gulf of Mexico. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.* 2006;44(12):3619-25.
62. Gower J, Young E, y King S. Satellite images suggest a new *Sargassum* source region in 2011. *Remote Sensing Letters.* 2013;4(8):764-73.

63. Gower J, King S. Distribution of floating Sargassum in the Gulf of Mexico and the Atlantic Ocean mapped using MERIS, *Int. J. Remote Sens.* 2011;32:1917-29.
64. Johnson DR, Ko DS, Franks JS, Moreno P, Sanchez Rubio G. The Sargassum invasion of the Eastern Caribbean and dynamics of the equatorial North Atlantic. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.* 2012;65:102-3.
65. Franks J, Johnson D, Ko DS. Retention and growth of pelagic *Sargassum* in the North Equatorial Recirculation Region (NERR) of the Atlantic Ocean, *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.* 2014. 67 p.
66. Azanza Ricardo J. y Pérez Martín R. Impacto de la acumulación de sargazo del verano del 2015 sobre las tortugas marinas de playa La Barca, Península de Guanahacabibes. *Rev. Inv. Mar.* 2016;36(1):52-60.
67. Moreira A, Alfonso G. Inusual arribazón de *Sargassum fluitans* (Børgesen) Børgesen en la costa centro-sur de Cuba. *Rev. Investig. Mar.* 2013;33(2):17-20.
68. Brooks TM. Linking satellite observations with coupled biophysical models of Sargassum. *Ocean Sciences Meeting, New Orleans, La.* 2016;22-26 Feb.
69. Maréchal JP, Hellio C, Hu C. A simple, fast, and reliable method to predict Sargassum washing ashore in the Lesser Antilles, *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.* 2017;5:54-63. Disponible en DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.01.001>
70. Putman NF, Goni GJ, Gramer LJ, Hu C, Johns EM, Trinanés J, Wang M. Simulating transport pathways of pelagic Sargassum from the Equatorial Atlantic into the Caribbean Sea. *Progress in oceanography.* 2018;165:205-14.
71. Santidrián Tomillo P, Paladino FV, Suss JS, Spotila JR. Predation of leatherback turtle hatchlings during the crawl to the water. *Chel. Conser. Biol.* 2010;9(1):18-25.
72. Triessnig P, Roetzer A, Stachowitsch M. Beach condition and marine debris: new hurdles for sea turtle hatchling survival. *Chel. Conser. Biol.* 2012;11(1):68-77.
73. Calderón Peña R y Azanza Ricardo J. Incubation temperatures, hatching success and congenital anomalies in green turtle nests from Guanahacabibes Peninsula, Cuba. *Aquat. Res.* 2021;4(4):321-30.
74. Martínez Borges A. Efectos de los cambios geomorfológicos en el éxito reproductivo de las tortugas marinas que anidan en playa La Barca, Península de Guanahacabibes, Cuba. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad de La Habana. 2020:44p.
75. Azanza Ricardo J, Forneiro Martín Viaña Y, Martínez Y, Márquez L, Pérez Alarcón A, Calderón Peña R, Ulloa López D, Pérez Álvarez P, Gómez Gutiérrez C, Vásquez Proveyer L, Varela R, Garea Moreda B, Moncada Gavilán F, Perdigón Cuellar D y Fernández JC. Avances del proyecto universitario "Prevención de los efectos del cambio climático en especies amenazadas". Monteverdía. 2019;12 (2):e3273.

Recibido: 05/08/2022
Aprobado: 15/11/2022

Agradecimientos

A todos los voluntarios que apoyaron de forma desinteresada en la toma de los datos. 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: Bretos, F. (The Ocean Foundation); Fernández, J.C (InSTEC-UH); Forneiro Martín-Viaña, Y. (ENFF); Garea Moreda, B.A. (InSTEC-UH); Gómez Gutiérrez, C. (InSTEC-UH); González-Sansón, E.(Universidad de Guadalajara); Harrison, Y. (Caribbean Conservation Corporation); Ibarra-Martín, M.E.(CIM-UH); Márquez, L.(PN Guanahacabibes-ECOVIDA); Martínez Borges, A. (Facultad de Biología-UH); Medina-Cruz, Y.(Marina Marlin Azulmar, Club de Pesca Cayo Largo, MINTUR); Perdigón Cuellar, D. (InSTEC-UH); Pérez Alarcón, A. (InSTEC-UH); Pérez Martín, R. (INHEM); Moncada Gavilán, F. (CIP-MINAL); Rodríguez-Fajardo, E. (Fac. Biología-UH); Ulloa López, D. (InSTEC-UH); Varela, R./ PN Guanahacabibes, ECOVIDA y Vásquez Proveyer, L.(InSTEC-UH) por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses entre ellos, ni con la investigación presentada.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Julia Azanza Ricardo, Randy Calderón Peña
Curación de datos: Julia Azanza Ricardo, Randy Calderón Peña, Claudia Cabrera Guerra, Ryan Betancourt Avila, Yoel Martínez González, Pedro Pérez Álvarez.

Análisis formal: Julia Azanza Ricardo, Randy Calderón Peña, Claudia Cabrera Guerra

Adquisición de fondos: Julia Azanza Ricardo,
Investigación: Julia Azanza Ricardo, Randy Calderón Peña, Claudia Cabrera Guerra, Yoel Martínez González, Pedro Pérez Álvarez.

Metodología: Julia Azanza Ricardo, Randy Calderón Peña, Claudia Cabrera Guerra

Administración del proyecto: Julia Azanza Ricardo

Recursos: Julia Azanza Ricardo

Software: Ryan Betancourt Avila, Yoel Martínez González

Redacción-borrador original: Julia Azanza Ricardo, Randy Calderón Peña, Claudia Cabrera Guerra

Redacción-revisión y edición: Ryan Betancourt Avila, Yoel Martínez González, Pedro Pérez Álvarez.

Financiamiento

Ocean Foundation, Sea Turtles y Chelonian Conservation Society aportaron apoyo financiero y equipamiento para el desarrollo de la investigación.

Cómo citar este artículo

Azanza Ricardo J, Calderón Peña R, Cabrera Guerra C, Martínez González Y *et al.* Vulnerabilidad de las áreas de anidación de tortugas marinas ante el cambio climático. *An Acad Cienc Cuba [internet]* 2023 [citado en día, mes y año];13(2):e1296. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1296>

El artículo se difunde en acceso abierto según los términos de una licencia Creative Commons de Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), que le atribuye la libertad de copiar, compartir, distribuir, exhibir o implementar sin permiso, salvo con las siguientes condiciones: reconocer a sus autores (atribución), indicar los cambios que haya realizado y no usar el material con fines comerciales (no comercial).

© Los autores, 2023.

