



## TRABAJO FIN DE GRADO

El efecto antropogénico sobre la nidificación de  
*Caretta caretta* en la isla de Boa Vista



**Paloma Macías Roselló**

**Curso 2022/23**

**Facultad de Biología**

**Departamento de Fisiología**



# Índice

1. RESUMEN .....	3
2. ANTECEDENTES .....	3
2.1 La tortuga <i>Caretta caretta</i> .....	3
2.1.1 Características morfológicas .....	4
2.1.2 Ciclo de vida .....	5
2.1.3 Proceso de nidificación .....	7
2.1.4 Distribución geográfica.....	8
2.2 Isla de Boa Vista .....	9
2.3 Instituciones implicadas en la conservación.....	10
3. OBJETIVOS .....	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
5.1 Impactos sobre la nidificación de <i>C.caretta</i> .....	13
5.1.1 Perturbaciones antropogénicas del entorno natural.....	13
○ Implicaciones del cambio climático.....	13
○ Contaminación lumínica.....	16
5.1.2 Depredadores y factores de amenaza.....	17
○ Amenaza humana.....	17
○ Cangrejo fantasma ( <i>Ocypode cursor</i> ) .....	19
6. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	20
7. CONCLUSIONES .....	24
8. BIBLIOGRAFÍA .....	25

## 1.RESUMEN

El archipiélago de Cabo Verde constituye una de las zonas de anidación de la tortuga boba (*Caretta caretta*) más extensa del atlántico. Durante la última década, ha sido un lugar principal de estudio y conservación de esta especie donde se han desarrollado numerosas organizaciones que velan por su protección. En este trabajo se ofrece una descripción detallada de la especie, así como su biología y la relación con el entorno, concretamente la isla de Boa Vista. El tema principal a tratar es el efecto antropogénico sobre la nidificación de esta especie, la cual ha sido declarada en peligro de extinción. Los efectos del cambio climático, la caza ilegal de tortugas, la contaminación lumínica y la presencia de plásticos son solo algunas de las amenazas a las que se enfrentan las tortugas marinas en los medios tanto terrestres como marinos. La alteración de su hábitat de forma acelerada dificulta la adaptación de la especie a los cambios, afectando gravemente al futuro de la población. Este estudio recopila numerosos estudios publicados de problemas actuales, así como también de posibles soluciones contra esta situación.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 La tortuga *Caretta caretta*

Las tortugas marinas son uno de los grupos más primitivos de vertebrados en existencia. Aparecieron hace 110 millones de años en los océanos primitivos, durante el periodo cretácico. En este periodo se establecieron cuatro familias de tortugas marinas: las *Toxochelyidae*, *Protostegidae*, *Cheloniidae* y *Dermochelyidae*. Estas dos últimas familias son las únicas que sobreviven en el presente y las cuales dan lugar a siete especies diferentes (Spotila, 2004).

El único miembro superviviente de la familia *Dermochelyidae* es la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*). Esta se caracteriza principalmente por presentar un caparazón flexible y sin placas o escamas, está cubierto por una gruesa capa de piel. Es la tortuga marina más grande del mundo pudiendo llegar a medir hasta 2,4 metros de longitud y pesar 500Kg. Las otras seis especies pertenecen a la familia *Cheloniidae* y son: la tortuga verde (*Chelonia mydas*), la tortuga plana (*Natator depressus*), la tortuga carey (*Ertmochelys imbricata*), la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), la tortuga olivácea (*Lepidochelys olivacea*) y la tortuga común o boba (*Caretta caretta*) sobre la cual se desarrolla el presente trabajo. Se caracterizan por la presencia de un caparazón duro, formado por escudos óseos en número variable y cubierto de escamas (Lutz, 1997).

La tortuga boba (*Caretta caretta*) es la especie más generalista de todas. Sus playas de anidación presentan el mayor rango geográfico. Viven y se alimentan en océano abierto y en zonas costeras. La principal característica física distintiva es el gran tamaño de la cabeza, con su correspondiente musculatura y un gran pico que le permite alimentarse de crustáceos y moluscos. (Varo Cruz, 2010)

Durante el pasado siglo las poblaciones a nivel mundial de tortugas marinas han experimentado un rápido descenso poblacional causado principalmente por actividades antropogénicas. Por ello, las tortugas marinas se encuentran catalogadas entre las especies “En peligro crítico”, “En peligro” y “Vulnerables” por la Unión Mundial para la naturaleza (UICN, 2008). Concretamente, la especie *Caretta caretta*, objeto de este trabajo, está protegida en todo el mundo considerada en peligro de extinción (García, 2008).

Categoría global UICN (1996): En Peligro EN A1abd (Marine Turtle Specialist Group, 1996).

### **2.1.1 Características morfológicas**

La tortuga boba es de tamaño medio, puede llegar a superar 1 m de longitud de caparazón y los 150 kg de masa corporal. Presenta un cráneo macizo y ancho al cual se ancla la musculatura mandibular necesaria para aplastar las cochas de moluscos. El caparazón presenta una coloración poco uniforme, siendo más clara en los márgenes y de tono marrón en la zona central. El plastrón varía desde un color blanco cremoso hasta negro grisáceo. En Sudáfrica, Hughes (1974) describió una coloración marrón grisáceo cuando el caparazón se encontraba seco y rojizo pálido cuando estaba mojado.

Esta especie se caracteriza por presentar dos pares de escamas prefrontales en la cabeza. El caparazón dorsal muestra 5 escamas vertebrales, 5 escamas costales a cada lado, de 11 a 13 escamas marginales a cada lado y 2 escamas supracaudales (Dodd, 1988). Es frecuente la aparición de anomalías asimétricas en la disposición de las escamas que puede inducir a errores de determinación (foto 1).

El pico queratinizado es muy fuerte y presenta bordes lisos. Las aletas delanteras presentan dos uñas en el lado anterior. Las extremidades posteriores tienen forma de timón y poseen también 2 uñas (Dodd, 1988).



*Foto 1. 8 escamas supranumerales en la región central. (foto: Paloma Macías Roselló)*

### **2.1.2 Ciclo de vida**

El comienzo del ciclo de vida de la tortuga boba tiene lugar en la playa de anidación, donde la hembra sale del mar para depositar los huevos en nidos en la arena. Tras el desarrollo embrionario (aproximadamente 60 días) tiene lugar la eclosión de los huevos y los neonatos llegan a la orilla del mar adentrándose en él (Figura 1). Al finalizar la fase en la que el vitelo les aporta los nutrientes necesarios, los neonatos comienzan a alimentarse en la zona nerítica. Cuando finalmente pasan a la zona oceánica comienza el estado juvenil. Esta etapa puede durar entre 6,5 y 11,5 años. Durante este tiempo, las tortugas se mueven pasiva y activamente dependiendo de la capacidad natatoria, la cual está relacionada con el tamaño de los individuos y la velocidad de las corrientes. Inicialmente son transportadas por las corrientes oceánicas además del movimiento activo orientándose mediante la detección del campo magnético de la tierra (Varo Cruz, 2010). En esta etapa, las tortugas son epipelágicas, aunque suelen acercarse a islas oceánicas donde se alimentan de organismos bentónicos. Tras este periodo, abandonan la zona oceánica y migran hacia las zonas cercanas a la playa de su nacimiento donde se produce un cambio en la alimentación, pasando a una fase juvenil nerítica. Este estadio transcurre en la zona nerítica y en esta fase, las tortugas son activas y se alimentan en el fondo

y también capturan presas en la columna de agua. Posteriormente, pasan a convertirse en adultos neríticos que comparten el mismo hábitat de alimentación con los juveniles.

Al alcanzar la madurez sexual, los adultos migran desde el hábitat de alimentación hacia las zonas de anidación, las cuales coinciden con el lugar de nacimiento. Tras varias semanas de apareamiento mediante reproducción sexual, los machos vuelven a la zona de alimentación mientras que las hembras permanecen en el área de reproducción preparadas para salir a tierra. El periodo de cortejo y cópula tiene lugar varias semanas antes de la anidación, de manera que las hembras almacenan el esperma que fertilizará las diferentes puestas de la temporada (Miller, 1997). Una vez preparadas, las hembras salen del mar y realizan varias puestas durante los meses de anidación de entre 70-120 huevos cada una (Dodd, 1988). Al finalizar este periodo, las hembras vuelven a la zona de alimentación para reponer energía y prepararse para el próximo ciclo reproductor. Generalmente pasan varios años entre época reproductora de cada hembra (Hamann et al., 2003).

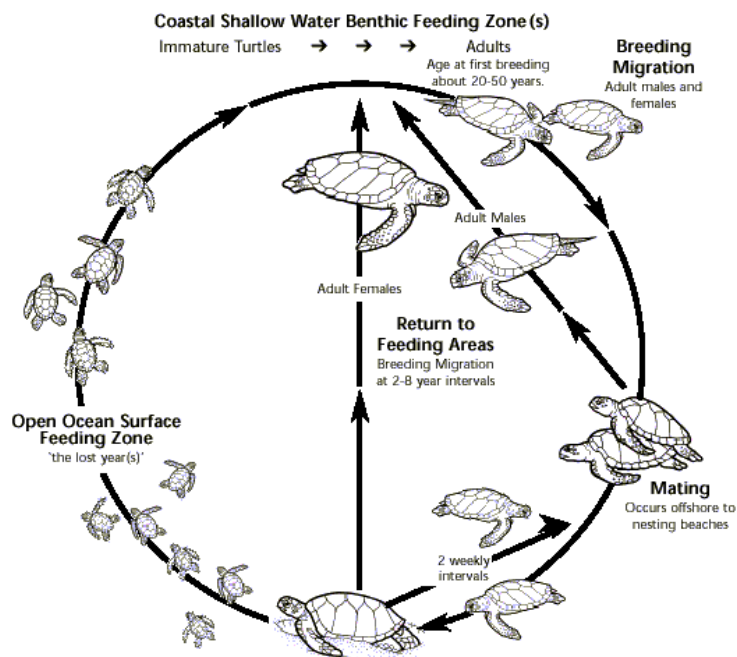


Figura 1. Ciclo de vida de la tortuga marina. Adaptado de Ianyon, J.M., Limpus, C.J., y Marsh, H (1989)

### 2.1.3 Proceso de nidificación

Este proceso tiene lugar durante la noche y se puede ver afectado por las mareas, la luna o la iluminación artificial de las playas. Llegada la época de reproducción, la hembra sale del mar y asciende por la playa buscando y seleccionando su lugar de puesta. Hay ocasiones en las que realizan varios intentos sin éxito y retornan al mar, ya que durante esta etapa la tortuga es más sensible a la perturbación y suele volver si detecta algún peligro.

Todo el proceso de anidación suele durar 1 hora aproximadamente. En este tiempo, la tortuga realiza el excavado, la ovoposición, el tapado y el camuflaje (Díaz-Merry y López-Jurado, 2004). Antes de excavar la cámara de incubación, deben preparar el nido retirando arena y posibles obstáculos formando la “cama” (Márquez, 1996). La excavación del nido comienza con movimientos laterales de todo el cuerpo superando la zona de arena seca. A continuación, comienza el proceso de excavado con las aletas traseras generando un hueco de 25-30 cm donde depositará los huevos.

La liberación de huevos suele ser de forma individual o en grupos de 2-3 y dura 30 minutos aproximadamente (Foto 2). Tras la puesta tapan los huevos con arena utilizando nuevamente las aletas traseras, compactan la arena con el peso de su cuerpo y camuflan el lugar del nido removiendo arena con las aletas delanteras (Foto 3). Al finalizar este proceso regresan al mar (Foto 4).



*Foto 2. C. caretta depositando huevos en el nido.  
(foto: Paloma Macías Roselló)*



*Foto 3. C. caretta iniciando el proceso  
de camuflaje tras la puesta.  
(foto: Paloma Macías Roselló)*





*Foto 4. Rastros de subida (izquierda) y bajada (derecha) de C. caretta tras el proceso de nidificación completo.  
(foto: Paloma Macías Roselló)*

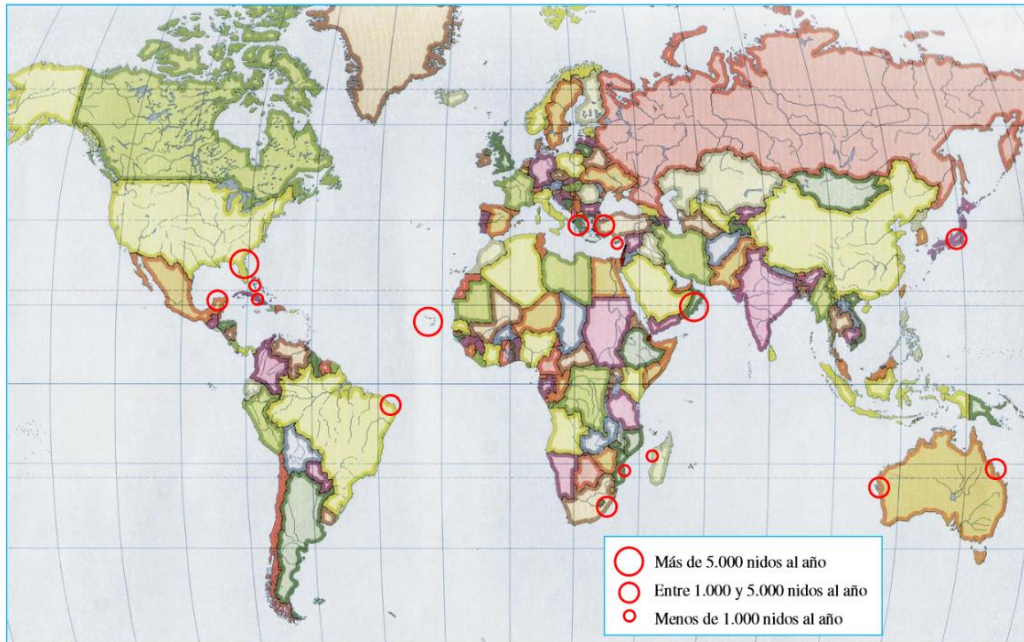
#### **2.1.4 Distribución geográfica**

La especie *Caretta caretta* está presente en casi todos los océanos del mundo. La costa de la península ibérica forma gran parte de la zona de alimentación de juveniles de esta especie. Es muy abundante en zonas del mediterráneo como el mar de Alborán o el entorno de las Islas Baleares y Canarias (Camiñas, 2004).

Estas tortugas presentes en el litoral de la península proceden de diferentes zonas de anidación bastante alejadas. Usando marcadores genéticos nucleares se ha podido comprobar la presencia de tortugas bobas con origen atlántico en toda la costa andaluza e islas Baleares (Carreras et al., 2007). La gran mayoría de las tortugas bobas juveniles de esta zona provienen de Florida y otras nacidas en Cabo Verde.

Es la especie que anida a latitudes más altas (hasta 60 grados de latitud norte) (Spotila, 2004) y es la única que consigue anidar con éxito ocasionalmente en las costas de España.

Se conocen colonias nidificantes de la tortuga boba atlánticas, mediterráneas, pacíficas e índicas, siendo Cabo Verde una de las zonas con mayor número de referencias sobre esta especie (Figura 2).



*Figura 2. Mapamundi mostrando las principales zonas de anidación de la tortuga boba (Varo Cruz, 2010).*

## **2.2 Isla de Boa Vista**

Cabo Verde es un archipiélago formado por diez islas de origen volcánico (Figura 3). El clima es tropical templado, con escasas lluvias y de influencia sahariana. Actualmente, la población nidificante de tortuga boba en este país está considerada como la segunda población más abundante del atlántico y la tercera a nivel mundial (López-Jurado et al., 2007). Además, es una de las 11 poblaciones reproductoras de tortugas marinas más amenazada del planeta (Wallace et al., 2011).

En torno al 90% de la anidación que existe se encuentra concentrada en la isla de Boa Vista con alrededor de 9000-22000 nidos anuales (Marco et al., 20012). En el resto de islas del archipiélago, el número de nidos es mucho menor a 150 anuales por isla.

La tortuga boba caboverdiana presenta características distintivas en cuanto a otras poblaciones de esta especie. Normalmente, la anidación suele ser dispersa en miles de km del litoral, en cambio, la gran mayoría de la anidación de esta población en todo el Atlántico oriental se encuentra en pocos kilómetros de playa. Este hecho provoca que estas playas de anidación presenten una alta vulnerabilidad ante cualquier tipo de desastre natural o impacto artificial poniendo en peligro la supervivencia de la población.

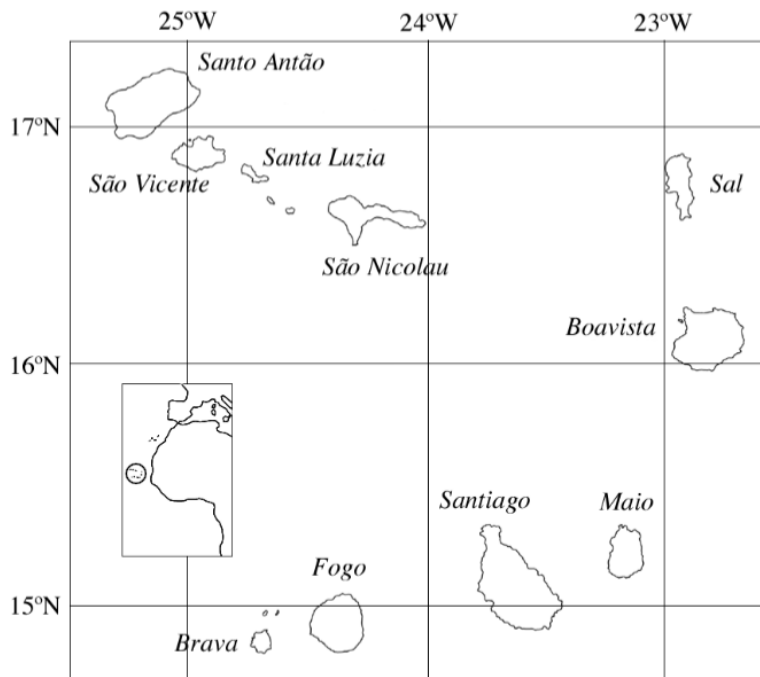


Figura 3. Mapa de Cabo Verde (Varo Cruz, 2010).

### 2.3 Instituciones implicadas en la conservación.

Actualmente, los 20 km de playa que forman parte de una de las mayores redes de anidación de esta especie, está protegida por la ONG caboverdiana Cabo Verde Natura 2000, la cual está formada por miembros caboverdianos y españoles. Desde 1998, esta ONG junto con la Dirección General de Ambiente de Cabo Verde, la Universidad de Cabo Verde, la Cámara Municipal de Boa Vista, el Gobierno de Canarias, el Cabildo de Fuerteventura, el instituto Canario de Ciencias Marinas, la Junta de Andalucía y la Estación Biológica de Doñana (CSIC), han desempeñado importantes trabajos de investigación y conservación para esta especie en la isla de Boa Vista. Se han llevado a cabo programas de voluntariado internacionales para la protección y el estudio científico de las tortugas marinas que, además, funcionan como centros de formación para el manejo de esta especie.

Una de las organizaciones implicadas en la conservación de la tortuga boba en la isla de Boa Vista es “Bios.cv”. Es una asociación local creada a finales de 2012. Su principal objetivo es promover la conservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible de Cabo Verde. Durante 20 años, sus miembros han estado implicados en actividades de conservación e investigación contribuyendo significativamente al conocimiento de la biodiversidad marina del archipiélago (Foto 4).



*Foto 5. Voluntario de “BIOS” realizando trabajo de campo. (Foto: Paloma Macías Roselló)*

El Gobierno de Cabo Verde otorgó a “Bios” el Estatuto de Utilidad Pública. Las actividades de conservación se han centrado en la protección de

hábitats clave para especies amenazadas o en peligro de extinción a nivel local y en la formación de técnicos nacionales e internacionales en labores de investigación y conservación.

La conservación de tortugas marinas en esta isla comenzó a finales del pasado siglo con el objetivo de evitar la alta mortalidad de la especie reduciendo la creciente presión de la caza furtiva en las playas de anidación (López-Jurado et al., 2000). Las principales actividades que se llevan a cabo para cumplir dichos objetivos son: patrullas en las playas, protección de los nidos frente a los cangrejos fantasma, seguimiento de las hembras nidificantes y actividades de concienciación. A pesar de todo, la mortalidad de la especie continuó en aumento catalogando a la tortuga marina como “En peligro”. Los trabajos de conservación de los años próximos se centraron en la productividad de la playa de anidación (Marco et al., 2018), los principales riesgos naturales (Marco et al., 2015) y la proporción sexual.

El trabajo de campo está dividido en dos partes, trabajo diurno y trabajo nocturno que se organizan según el número de voluntarios y monitores presentes en el campamento. Por un lado, el trabajo de campo nocturno consiste en trabajar directamente con las hembras nidificantes y con los neonatos emergidos, ya que el proceso de anidación y la salida de los neonatos del nido tiene lugar durante la noche. Por lo general, el trabajo consiste en la toma de datos biométricos, marcaje y registro de los individuos no marcados, registro de los recapturados y señalización de los nuevos nidos. Los neonatos que emergen se cuentan y se liberan al mar. Por otro lado, el trabajo de campo diurno consiste en realizar una nueva revisión

de las playas y liberar a los nuevos nacidos lo antes posible. Esto ocurre a primera hora de la mañana. Otro trabajo realizado en este turno es la exhumación de nidos ya nacidos o de aquellos que ya habían superado la fecha de incubación, de esta manera se contabilizaban las cáscaras encontradas, los individuos vivos, muertos y los huevos cerrados o podridos.

### **3. OBJETIVOS**

El objetivo principal del trabajo es realizar una revisión bibliográfica de artículos publicados sobre el efecto directo e indirecto de la actividad del hombre sobre la nidificación de *Caretta caretta* en la isla de Boa Vista.

Los objetivos específicos del trabajo son:

- Revisar los conocimientos generales sobre la biología de la especie y su proceso de nidificación.
- Resumir las actividades antrópicas y el impacto que estas tienen en la isla de Boa Vista.
- Estudiar las consecuencias de estas actividades sobre la nidificación de *Caretta caretta*.
- Analizar y describir las principales estrategias de conservación contra estos impactos negativos.

### **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

En este presente trabajo se ha realizado una revisión sistemática de documentos de sociedades científicas dedicadas al efecto antropogénico sobre la nidificación de *Caretta caretta* en la isla de Boa Vista. El sistema utilizado a la hora de realizar la búsqueda de artículos óptimos ha sido el uso de bases de datos, las cuales son: ScienceDirect, PubMed, Google scholar, Scielo. Además, el uso de libros bibliográficos como “The Biology Of The Sea Turtle”. El proceso de búsqueda se centró en publicaciones que mostraban datos representativos de los posibles impactos sobre las tortugas marinas en la isla de Boa Vista, así como también descripciones detalladas de la biología de la especie y su relación con el entorno. Para la búsqueda de información se utilizaron diferentes criterios:

- Para la descripción de la especie, su comportamiento, ciclo de vida y en general características específicas, no se excluyeron publicaciones antiguas ya que es conocida desde hace muchos años y ha sido descrita en numerosas ocasiones.
- Los estudios revisados sobre transformación del medio y posibles impactos sobre la especie son de los últimos 20 años aproximadamente, en castellano, inglés o portugués.
- Para poder estudiar los impactos sobre la nidificación en la isla de Boa Vista, han sido excluidos generalmente todos los estudios realizados en otros países.
- Por último, parte del material fotográfico incluido en el trabajo ha sido obtenido por la autora durante el voluntariado realizado en la isla de Boa Vista en la campaña de 2022.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1 Impactos sobre la nidificación de *C.caretta***

#### **5.1.1 Perturbaciones antropogénicas del entorno natural.**

##### **Implicaciones del cambio climático.**

Las alteraciones del clima ocurren de forma más acelerada actualmente que en el pasado, lo cual afecta a la capacidad de adaptación de las tortugas marinas frente a estos cambios. Además, las poblaciones de tortugas marinas sufren una serie de impactos de origen antrópico que no existieron anteriormente.

Estos cambios globales incluyen principalmente un aumento del nivel del mar, de las temperaturas (incluyendo la del agua) y de la frecuencia de las tormentas. Esto podría suponer la pérdida total o parcial de las playas de anidación y afectar gravemente al éxito de eclosión de los nidos de tortugas marinas. El aumento del nivel del mar provoca efectos negativos sobre los ecosistemas costeros de anidación alterando la redistribución de sedimentos a lo largo de la costa, acumulando grandes cantidades de arena y aumentando el nivel freático (Baker et al., 2006). El aumento de la intensidad y frecuencia de las tormentas tropicales alterará los ciclos de inundación de los huevos en desarrollo (Pike, 2007). El aumento de las temperaturas tanto en el aire como en el agua está correlacionado con el aumento de temperatura de la arena donde se incuban los huevos (Fuentes et al., 2009). El sexo de las crías está determinado por las temperaturas de incubación en el tercio medio del desarrollo embrionario, por lo que este

desajuste de temperaturas también provocaría un desajuste en la proporción de crías de cada sexo (Hays et al., 2003).

Según Sousa Martins et al. (2012), en 2010 la razón de sexos estimada para los neonatos de tortuga boba en Boa Vista no fue particularmente sesgada, pero, aun así, su valor sobrepasaba la relación teórica entre el número de hembras y machos necesaria para el equilibrio poblacional futuro.

Las tortugas marinas son reptiles que poseen determinación sexual por temperatura, es decir, un tipo de determinación sexual ambiental en el que el sexo de cada individuo se define después de la fertilización según la temperatura de incubación de los huevos durante el periodo termosensible. Este periodo abarca el segundo tercio del periodo de incubación. Existe una temperatura a la cual cada embrión tiene la misma probabilidad de ser macho o hembra, esta es conocida como la temperatura pivotante (PT, *Pivotal Temperature*). En un nido mantenido a PT durante el periodo termosensible produce 50% de machos y 50% de hembra (Wibbles, 2003). Por otro lado, el éxito de eclosión depende de otros factores como depredación, humedad, aireamiento, etc. Pero también ocurre en un rango térmico determinado.

La temperatura superficial llegará a aumentar entre 0.6 y 6.4°C hasta finales del siglo XXI según el IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022), y se estima una disminución considerable del éxito de eclosión y un aumento significativo de la producción de hembras, dando lugar a un *sex-ratio* muy sesgado en algunas poblaciones (Godley et al., 2001). Esta feminización puede tener efectos negativos en la dinámica de apareamiento y en la estructura de las poblaciones provocando extinciones locales.

<b>T°detsex</b>	<b>SR</b>
< 23°C	---
23-27°C	0%♀
27-29°C	0-50%♀ (*)
29°C	50%♀
29-31°C	50-100%♀ (*)
31-35°C	100%♀
> 35°C	---

Tabla 1. Valores sex-ratio de neonatos en función de la temperatura de incubación que define el sexo de los embriones.

En la tabla 1 se muestra la correlación entre la temperatura de incubación que define el sexo de embriones ( $T^{\circ}\text{detsex}$ ) y el porcentaje teórico de hembras producido (SR) (Sousa Martins et al., 2012).

Podemos observar que la temperatura adecuada para la producción de machos está entre los 23 y 29°C. Debido al calentamiento global y a la drástica subida de las temperaturas, la probabilidad de producción de hembras aumenta progresivamente en contra de la producción de machos.

Otro factor influyente en el desarrollo del embrión y la supervivencia de las crías es la relación entre el aumento del nivel del mar y el contenido de agua del nido. Martins (2022) muestra resultados en los que las tortugas anidan principalmente en las secciones medias y trasera de la playa de Boa Vista con el objetivo de evitar las zonas más húmedas. Estas zonas de anidación presentan mayor vegetación, menor contenido de agua en la arena y mayor temperatura de la arena, factores que provocan el aumento del calentamiento metabólico de los nidos. Esta preferencia por anidar lejos del mar parece ser eficaz para proteger a los huevos frente a la inundación y maximizar el éxito de eclosión, aunque también se ha informado de un menor éxito de eclosión en los nidos más cercanos a la línea de vegetación que podría deberse a la capacidad de proporcionar sombra y retener humedad, o a la presencia de microorganismos en el suelo.

Tanto el éxito de la eclosión como el de emergencia disminuyen con el aumento del contenido del agua en el nido. Los embriones durante el desarrollo necesitan intercambiar gases respiratorios y agua con el entorno, por lo tanto, el exceso de agua en el nido puede formar una capa protectora que bloquea el intercambio de gases, lo que conduce a la asfixia y a la mortalidad de los embriones (Ackerman, 1997). Un mayor contenido de humedad puede reducir la temperatura de la arena, reduciendo el metabolismo del embrión y el desarrollo en general, prolongando la duración de incubación y disminuyendo la masa corporal de los individuos (Martins, 2022). El tamaño del grupo durante la emergencia también puede tener implicaciones directas en la supervivencia individual durante el arrastre hacia el mar y la dispersión en la costa. Un mayor tamaño del grupo disminuye el riesgo de depredación siendo aún mayor cuando existe una gran distancia entre el nido y el mar. Además, se considera que una menor masa corporal de las crías está asociada a un mayor gasto de las reservas del vitelo residual durante la huida del nido, lo cual tendrá implicaciones en el éxito de dispersión. Por lo tanto, los nidos colocados en la zona húmeda de la playa tienen mayor probabilidad de



fracasar debido a las inundaciones, y porque, aunque puedan tener menor riesgo de depredación o deshidratación, pueden presentar la capacidad de natación comprometida debido a su masa corporal (Silva et al., 2017).

Los escenarios futuros de estos patrones climáticos postulan que algunas poblaciones de *C.caretta* pueden tornarse naturalmente feminizadas y experimentar niveles extremos de mortalidad, volviéndose escasos los machos o incluso llegando a desaparecer (Abella, 2007). A lo largo de la historia las tortugas marinas han sobrevivido a diferentes presiones demostrando un gran nivel de adaptación, en cambio, se piensa que la especie puede no evolucionar lo suficientemente rápido para protegerse de las consecuencias negativas de los rápidos cambios actuales (Sousa Martins et al., 2012). Además, las múltiples amenazas de origen antropogénico ejercidas sobre la especie hoy en día agravan su estado de conservación, aumentando su peligro de extinción.

### **Contaminación lumínica.**

Por otro lado, no solo los aspectos climáticos tienen un impacto negativo sobre la supervivencia de las tortugas marinas. Existen otros factores antrópicos como la contaminación lumínica que tienen efecto directo sobre estas poblaciones. En un estudio experimental (Silva, 2017) que se llevó a cabo en la isla de Boa Vista, se probaron tres tipos de luz artificial en nidos de tortugas bobas, así como en cangrejos fantasma, su principal depredador. Durante este periodo se registraron cuidadosamente las frecuencias de los intentos de anidación, el tiempo que tardan las tortugas en completar cada fase del proceso de anidación y la abundancia y el comportamiento del cangrejo fantasma. Los resultados mostraron una disminución del 20% en los intentos de anidación cuando había iluminación artificial. Esta presencia de luz aumentó significativamente el tiempo que las tortugas dedicaban al proceso de anidación y les obligó a realizar recorridos más extensos por la playa. Las luces amarillas y anaranjadas perturbaron significativamente el comportamiento de búsqueda del mar para el recorrido de vuelta, por lo que las tortugas a menudo eran incapaces de orientarse hacia el mar bajo estas luces de color. Se observaron tortugas desorientadas arrastrándose por caminos complicados frente a la fuente de luz artificial. Por otro lado, solo la luz amarilla produjo cambios en el número de cangrejos fantasmas, en su comportamiento agresivo y de búsqueda de presas, aumentando la tasa de depredación. La luz roja, por el contrario, no tuvo ningún impacto significativo en el comportamiento de ninguna de las dos especies. Del mismo modo, la luz artificial ocasiona la desorientación de los neonatos cuando salen del nido y buscan el camino al mar (Witherington

y Martin 2003). Los neonatos en las playas iluminadas tienden a caminar en la dirección incorrecta.

Actualmente, en la isla de Boa Vista, la iluminación cercana a las playas es reducida, pero el actual desarrollo turístico podría cambiar esta situación, en ese caso sería recomendable considerar la creación y aplicación de un programa para evitar los efectos nocivos de la contaminación lumínica (Varo Cruz, 2010).

### **5.1.2 Depredadores y factores de amenaza.**

#### **Amenaza humana**

Las principales amenazas en el mar de la tortuga boba son la captura accidental en artes de pesca, la contaminación del mar, la colisión con embarcaciones o la ingestión de plásticos (Marco, 2015).

Se ha estimado que a lo largo del año mueren por captura accidental de pesca una gran proporción de la población y que además pueden reincidir en la ingestión de anzuelos y pueden portarlos en su interior por largos periodos de tiempo. En todo el mediterráneo, se estima una cantidad de 60000 y 80000 tortugas capturadas por pesca accidental en el año 2000 (Lewison et al., 2004). La pesca con redes o de arrastre también pueden ser causas importantes de mortalidad. El impacto podría ser muy elevado debido al gran número de embarcaciones que practican este tipo de pesca.

Por otro lado, la ingestión de basura y plásticos es una gran amenaza para esta especie, sumado a la ingestión de hidrocarburos y aceites industriales, un problema serio tanto en el Mediterráneo como en el Atlántico. En la zona de Canarias se ha detectado un gran número de individuos capturados para su recuperación que han confundido estos contaminantes con comida o se han impregnado al subir a la superficie a respirar (Calabuig y Liria-Loza, 2007).

El petróleo y sus derivados de residuos sólidos no degradables vertidos al mar, pueden circular por los océanos y acumularse en zonas estratégicas de alimentación para esta especie. La ingesta de petróleo y de otros contaminantes pueden provocarles graves intoxicaciones y la muerte. La ingestión de plásticos y basura pueden causar lesiones y obstrucciones graves en el tracto digestivo. Además, las tortugas sufren un grave peligro al enredarse en la basura y los

desechos de los barcos ya que pueden llegar a causar graves lesiones como amputaciones de miembros e incluso la muerte por ahogamiento (Gibson y Smith, 1999).

La exposición a metales persistentes es cada vez mayor, los niveles presentes en los tejidos de individuos de esta especie son anormalmente altos en metales pesados y esta acumulación puede llegar a ser causa de muerte. Especialmente, son abundantes el arsénico, plomo, mercurio y cadmio procedentes de vertidos industriales (Marco, 2015). También han sido detectados en tejidos de tortugas bobas otros compuestos como pesticidas.

La transformación del hábitat influye negativamente de forma directa sobre el ciclo de vida de las tortugas marinas. El creciente desarrollo urbanístico en las zonas costeras, donde se lleva a cabo el proceso de nidificación, puede impedir o reducir la anidación o el éxito de eclosión. Las edificaciones y otras estructuras pueden afectar a la dinámica de playa alterando la erosión y el aporte natural de arena. El uso de vehículos cercanos a las playas, las sombrillas, la presencia de perros y en general la presencia del hombre y todo lo que este conlleva, pueden afectar al éxito de eclosión debido a las alteraciones en el estado de la arena y las temperaturas de incubación o destrucción de puestas (Varo Cruz, 2010).

Las principales amenazas a las que están expuestas las tortugas marinas en Cabo Verde son la degradación y pérdida de hábitats críticos de los que ya hemos hablado y la depredación humana. Desde el siglo XV los primeros Navegantes en llegar al archipiélago de Cabo Verde utilizaron a las tortugas marinas como fuente de alimento (López-Jurado, 2007). Todas las especies presentes en esta isla han sido utilizadas como fuente de alimento, concretamente los ejemplares de carey y verde han sido utilizados para la fabricación de elementos decorativos y objetos turísticos. La captura de tortugas marinas se lleva a cabo tanto en las playas de anidación como en el mar con buceadores y pescadores que las encuentran en zonas de alimentación y desarrollo. Tanto machos como hembras son capturados por las supuestas propiedades afrodisiacas de ciertas partes del animal. El saqueo de los nidos es una actividad muy frecuente que ha llegado a evolucionar hasta tal punto que tenían mayor valor los huevos extraídos directamente del interior de la tortuga (Varo Cruz, 2010).

Cuando se iniciaron las actividades de estudio y conservación de las tortugas marinas en Boa Vista en el año 1998, las playas estaban repletas de restos de tortugas muertas. Posteriormente, aumentó la concienciación sobre la legislación nacional vigente que prohibía las capturas entre los meses de julio y febrero. Se comenzó a llevar a cabo un servicio de vigilancia más

exhaustivo y control de la caza que evitaba que se practicara impunemente (López -Jurado, 2000).

### **Cangrejo fantasma (*Ocypode cursor*)**

El principal depredador natural de huevos y crías dentro del nido en la isla de Boa Vista es el cangrejo fantasma *Ocypode cursor* (Webwer, 1975). El género *Ocypode* es principalmente terrestre, y esta especie en concreto se encuentra en las playas de arena a lo largo de las costas del océano Atlántico y el mar Mediterráneo oriental. Los cangrejos fantasmas son carroñeros oportunistas, se alimentan de la materia orgánica que se encuentra entre los granos de arena y depredan huevos y crías de muchos animales, y concretamente de tortugas marinas, convirtiéndose en una de sus principales amenazas (Hitchins et al., 2004). La falta de grandes depredadores en Cabo Verde y en muchas otras islas oceánicas puede dar lugar a una alta densidad de cangrejos en sus playas.

Las tortugas marinas salen de sus huevos antes de emerger del nido (Miller, 2003), lo que proporciona señales táctiles que pueden llegar a ser detectadas por cangrejos fantasmas a través del órgano mitocondrial de Barth (Popper et al., 2001). Esta especie puede sentir vibraciones desde una distancia de hasta 10 m y pueden sentir la eclosión de las tortugas por debajo de la superficie. Según Cronin (1986), los cangrejos tienen mala vista tanto a corta como larga distancia por lo que es muy poco probable que puedan detectar un nido de tortuga marina mediante la vista. Tampoco se conoce si son capaces de detectar los olores emitidos por estos. Los cangrejos fantasmas tienen la habilidad de depredar crías durante el tránsito al agua y tienen la capacidad de excavar en los nidos formando galerías y alimentarse de los huevos (Foto 6). Sin embargo, la causa principal de depredación de crías de tortugas es el tránsito desde el nido hasta llegar al mar.

La combinación de una gran abundancia de granjeros y playas más anchas y de poca pendiente aumenta el riesgo de depredación de cangrejos fantasmas sobre crías de tortugas marinas. A mayor pendiente, mayor velocidad de la cría para llegar al mar (Marschhauser, 2010). Cuando se observan cadáveres de tortugas marinas en la playa, las únicas heridas visibles son la extracción de los ojos de las crías. Algunos estudios documentan que los cangrejos fantasmas solo consumen globos oculares de tortugas y dejan el resto de las crías en la playa (Diamond,

1976). Esto puede deberse a que el caparazón y los apéndices de las crías evitan que los cangrejos lo rompan para consumir el resto del cuerpo (Marschhauser, 2010).



*Foto 6. Nido de Caretta caretta atacado por cangrejos fantasma. (Foto: Paloma Macías Roselló)*

## **6. PERSPECTIVAS FUTURAS**

Las tortugas marinas están en peligro de extinción a nivel mundial y se enfrentan a múltiples amenazas antropogénicas. Para mitigar los impactos negativos en las poblaciones de tortugas en el mar, se han desarrollado e implementado diferentes estrategias de conservación. Por ejemplo, cuando una población en peligro de extinción sufre una alta mortalidad por depredación, caza furtiva humana, inundación de playas, erosión o alguno de los problemas discutidos anteriormente, la reubicación de nidadas en áreas más seguras y controladas puede llegar a reducir estas amenazas. Además, los escenarios futuros postulan que algunas poblaciones de *C. caretta* podrían verse naturalmente feminizados debido al calentamiento global y experimentar niveles extremos de mortalidad, pudiendo los machos volverse escasos o incluso desaparecer a largo término (Abella, 2007).

Mientras las poblaciones de tortugas marinas están en peligro y el éxito de eclosión es bajo, los programas de reubicación de nidadas están diseñados como una herramienta útil que contribuye a su recuperación (Foto 7).



*Foto 7. Neonatos de un nido protegido en un criadero del campamento "BIOS". (Foto: Paloma Macías Roselló)*

La reubicación de los nidos en zonas de riesgo a criaderos protegidos es una práctica común implementada en muchas colonias de tortugas marinas alrededor del mundo. Esta herramienta de gestión se utiliza para reducir las amenazas contra los huevos y crías y puede, por lo tanto, aumentar el reclutamiento de crías en el mar (Martins, 2021). Nidadas ubicadas en áreas conocidas por tener un alto riesgo de depredación, caza ilegal, inundación o erosión son reubicadas en zonas protegidas como criaderos. El traslado a las zonas de bajo riesgo sigue un procedimiento estandarizado en el que se evita la vibración o la rotación de los huevos, garantizando que la nueva cámara de huevos replique el nido natural en forma y profundidad (Abella, 2007b).

Sin embargo, la reubicación de nidos a los criaderos está polémicamente discutido sobre si es una herramienta efectiva o no, ya que estudios previos han mostrado resultados negativos sobre la reubicación de nidos, como un bajo éxito de eclosión, sex-ratio sesgado, diferencias morfológicas y cambios en la duración del tiempo de incubación. En cambio, según Martins (2021), se muestra un éxito de eclosión mayor en el criadero que en las nidadas in situ en la Reserva Natural de Tortugas Marinas en la isla de Boa Vista durante las temporadas de 2013-2018. Destaca la importancia de los criaderos como una poderosa herramienta para la conservación de esta colonia de tortugas marinas. El éxito de eclosión en el criadero aumentó durante toda la temporada, lo cual puede deberse al clima de la localización de este. Es una zona más seca que la playa y además es un área más segura contra las inundaciones en las épocas más húmedas del año (agosto-octubre). Por todo lo dicho, el uso de criaderos debe incluir una importante consideración de las condiciones ecológicas locales y las prioridades de conservación, adaptándolas a cada colonia y sus necesidades.

Gracias a estas herramientas de conservación, es posible estimar el tiempo de eclosión, por lo que las crías podrían estar disponibles para programas de concienciación y actividades de observación de tortugas por parte de los turistas. Se considera una experiencia especial que puede contribuir a la cercanía o empatía hacia las tortugas y aumentar así la disposición de las personas para apoyar su protección y ser además una fuente de ingresos económicos para su conservación.

Sin embargo, existen problemas asociados a la translocación de los nidos como la disminución del éxito de eclosión, ya que se ha descrito la mortalidad embrionaria inducida por el movimiento de los huevos y el mayor riesgo de contagio por hongos y microorganismos debido a la gran densidad de huevos en el criadero (Patiño-Martínez, 2013).

El uso de los criaderos podría desajustar la proporción de sexos debido a las condiciones que se reproducen en estas zonas. Para conocer la razón de sexos de los neonatos en la población de Cabo Verde sería necesario muestrear el resto de las playas de Boa Vista y de otras islas, durante toda la temporada y durante varios años para poder conocer así la tendencia. Además, los nuevos estudios sobre la proporción de sexos que se lleven a cabo en esta isla deberían tener en cuenta los diferentes factores que podrían afectar a la estima del sexo en las playas de anidación, como pueden ser: distribución estacional del éxito de incubación, efectos de la depredación de huevos y neonatos, profundidad de los nidos, patrón de emergencia y el tamaño de las puestas (Varo-Cruz, 2010).

Una propuesta que aún está en estudio y que podría solucionar el desequilibrio en la proporción de machos es el uso de herramientas que puedan llegar a igualar las condiciones ambientales de temperatura específica para la producción de hembras y machos. En el campamento de “Bios” en la playa de Joao Barrosa se está implementando una nueva técnica aún en estudio para disminuir la tasa de hembras. Esta nueva propuesta se basa en el uso de un toldo que proporciona sombra al menos a la mitad de los nidos del criadero, de esta forma se



*Foto 8. Parte del criadero del campamento “BIOS” con sombra proporcionada por un toldo. (Foto: Paloma Macías Roselló)*

consigue disminuir la temperatura de la arena varios grados aumentando la probabilidad de producción de machos durante el primer tercio del periodo de incubación (Patiño-Martínez et al., 2012). Esta propuesta está aún en estudio y no se han mostrado resultados significativos por el momento, pero podría llegar a solucionar, o al menos disminuir en gran proporción, el principal daño causado por el cambio climático y en gran parte por el hombre.

Por otro lado, las redes de enmalle son uno de los componentes más importantes en la pesca a pequeña escala para muchos países. Este tipo de pesca presenta una alta tasa de captura incidental de especies marinas amenazadas como son las tortugas, los pequeños cetáceos y las aves marinas. Contra esta amenaza se han desarrollado recientes tecnologías que utilizan señales sensoriales para alertar a las especies que no son objetivo sobre la presencia de las artes de pesca. Se utilizan diodos emisores de luz (LED), una señal visual que se dispone en las líneas flotantes de redes de enmalle. Nuevas técnicas como estas muestran resultados prometedores dada la ubicuidad mundial de la pesca con red, el costo relativamente bajo de los LED y la falta actual de soluciones alternativas para la captura incidental (Bielli et al., 2020).

Las acciones de conservación dirigidas a esta especie (*C.caretta*) son objetivos fundamentales para la protección y recuperación de las poblaciones de tortugas marinas. La reubicación de nidos a zonas más seguras y la protección de estos hace que disminuya el acceso de los depredadores sin llegar a interferir en las cadenas tróficas. Es por ello que todas las medidas de conservación deben ser evaluadas a mayor escala para evitar consecuencias no deseables en los hábitats tanto terrestres como marinos (Varo- Cruz, 2010).

En cuanto a las medidas de aplicación para controlar la extinción de numerosas especies como las tortugas marinas, aún existen muchas líneas de investigación abiertas y multitud de frentes por estudiar. Cabe destacar que los programas de manejo y conservación son solo planes de emergencia contra los impactos reales y severos, como la contaminación y el cambio climático, que deben ser revertidos para garantizar la estabilidad de las poblaciones de tortugas marinas.



## 7. CONCLUSIONES

En conclusión, podemos afirmar que la actividad antrópica y el cambio climático derivado de ella influye negativa y notablemente en el proceso de nidificación de *C.caretta*, especialmente en la isla de Boa Vista. Se trata de una especie en peligro de extinción y se encuentra protegida en todo el mundo, es por ello por lo que es indispensable aplicar medidas de conservación, como las mencionadas anteriormente, que se adapten a la naturaleza de los distintos retos a superar.

El acelerado cambio y alteración del entorno implica que las medidas en aplicación estén en evaluación continua de su eficacia, así como la búsqueda de nuevas estrategias que permitan facilitar el proceso de adaptación de esta especie. El apoyo gubernamental y la actividad de diferentes asociaciones es fundamental para la conservación de esta especie. Por otro lado, la conciencia ciudadana puede resultar determinante para impedir la extinción de *C.caretta* en este entorno natural.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Abella, E., Marco, A. y López Jurado, L. F. (2007). Climate change and evolution of loggerhead sex-ratio in Cabo Verde, in: Book of Programme & Abstracts of the 14th European Congress of Herpetology. Societas Europaea Herpetologica, Porto (Portugal), 42pp.
- Abella, E., Marco, A. and López-Jurado, L.F. (2007b) “Success of delayed translocation of loggerhead turtle nests,” *Journal of Wildlife Management*, 71(7), p. 2290. Available at: <https://doi.org/10.2193/2006-512>.
- Ackerman, R. A. (1997). “The Nest Environment and the Embryonic Development of Sea Turtles,” In: P. L. Lutz and J. A. Musick, Eds, *The Biology of Sea Turtles*, Vol. 1, CRC Press, Boca Raton. 83-106pp.
- Báez, J. C., Camiñas, J. A., Sagarminaga, R., Torreblanca, D., Real, R. (2007). Capturas no dirigidas de tortuga boba (*Caretta caretta*, Linnaeus, 1758) en aguas de Andalucía y Murcia durante 2004. 196-201 pp. En: Gosá, A., Egaña-Callejo, A., Rubio, X. (Eds.). *Herpetologia iberiarraren egoera = Estado actual da Herpetologia Ibérica = Estado actual de la Herpetología Ibérica: Lehen Herpetologia Kongressua Euskal Herrian, IX Congresso Luso-Espanhol, XIII Congreso Español de Herpetología*. Munibe. Suplemento, nº 25. 303 pp.
- Baker, J. D., Littnan, C. L., Johnson, D. W. (2006). Potential effects of sea level rise on the terrestrial habitats of endangered and endemic megafauna in the Northwestern Hawaiian Islands. *Species Res.* 2:21-30.
- Bielli, A. *et al.* (2020) “An illuminating idea to reduce bycatch in the Peruvian small-scale gillnet fishery,” *Biological Conservation*, 241, p. 108277. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108277>.
- Calabuig, P., Liria-Loza, A. (2007). Recovery of marine turtles injured in the waters of the Canary Island archipelago (Spain) between 1998 and 2003. 113-123 pp. En: López-Jurado, L.F., Liria-Loza, A. (Eds.). *Marine Turtles. Recovery of Extinct Populations*. Monografías del Instituto Canario de Ciencias Marinas, 5. Las Palmas, España

- Carreras, C., Pascual, M., Cardona, L., Aguilar, A., Margaritoulis, D., Rees, A., Turkozan, O., Levy, Y., Gasith, A., Aureggi, M. y Khalil, M. (2007). The genetic structure of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) in the Mediterranean as revealed by nuclear and mitochondrial DNA and its conservation implications. *Conserv. Gen.*, 8: 761-775.
- Cronin, T. W. (1986). Optical design and evolutionary adaptation in crustacean compound eyes. *Journal of Crustacean Biology* 6:1-23
- Diamond, A. W. (1976). Breeding biology and conservation of hawksbill turtles, *Eretmochelys imbricata* L., on Cousin Island, Seychelles. *Biological Conservation* 9:199-215.
- Dodd Jr, C.K. (1988). Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). Washington, DC: Fish and Wildlife Service, U. S. Department of the Interior, 111 pp.
- Fuentes, M. M. P. B., Maynard, J. A., Guinea, M. L., Bell, L. 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.
- García, R. C. (2008). Desarrollo embrionario de *Caretta caretta*: análisis descriptivo de su evolución morfológica. Departamento de Biología Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Gibson, J. y Smith, G. (1999). Reducing threats to foraging habitats. En: Eckert, K.L., Bjorndal, K.A., Abreu-Grobois, F. A. y Donnelly, M. (Eds.), *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. 184-188 pp. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication.
- Godley, B. J., Broderick, A. C. y Mrosovsky, N. (2001). Estimating hatchling sex ratios of loggerhead turtles in Cyprus from incubation durations. *Marine Ecology Progress Series*, 210, 195–201.
- Hamann, M., Limpus, C.J. y Owens, D.W. (2003). Reproductive cycles of males and females. En: Lutz, P.L., Musick, J.A. y Wyneken, J. (Eds.), *The Biology of Sea Turtles II*, 135-162 pp. CRC Pres, Boca Raton.
- 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. *Change Biol.* 9:642-646.

- Hitchins, P.M., Bourquin, O. y, Hitchins, S. (2004). Nesting success of hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) on Cousine Island, Seychelles. *Journal of Zoology*, 264: 383-389.
- Hughes, G.R. (1974). The sea turtles of southeast Africa. I. Status, morphology and distributions. Oceanographic Research Institute Investigational Report, Durban, 35: 1-144.
- Lanyon, J. M., Limpus, C. J. y Marsh, H. (1989). Dugongs and turtles: grazers in the seagrass system. *Biology of Seagrasses*. Alemania. Elsevier, 610 pp
- Lewison, R. L., Freeman, S. A., Crowder, L. B. (2004). Quantifying the effects of fisheries on threatened species: the impact of pelagic longlines on loggerhead and leatherback sea turtles. *Ecol. Lett.*, 7: 221-231.
- López-Jurado, L.F., Évora, C., Cabrera, I., Cejudo, D. y Alfama, P. (2000). Proposals for the conservation of marine turtles on the island of Boavista (Republic of Cabo Verde, Western Africa). Proceedings of the 19th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. South Padre Island, Texas, U.S.A. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-443, 204-205 pp.
- López-Jurado, L.F. (2007). Historical review of the Archipelagos of Macaronesia and the marine turtles. En: López-Jurado, L.F. y Liria Loza, A. (Eds.), *Marine turtles. Recovery of extinct populations*, Monografía del Instituto Canario de Ciencias Marinas, nº 5, 55-76 pp. Pérez-Galdós, S.L.U., Gran Canaria.
- Lutz, P.L, Musick, J.A. (1997). *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press LLC, New York, NY.
- Marco, A. *et al.* (2012) “Abundance and exploitation of loggerhead turtles nesting in Boa Vista Island, Cape Verde: The only substantial rookery in the Eastern Atlantic,” *Animal Conservation*, 15(4), pp. 351–360. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2012.00547.x>.
- Marco, A., Carreras, C., Abella, E. (2015). Tortuga boba – *Caretta caretta*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Mad

- Marine Turtle Specialist Group (1996). *Caretta caretta*. En: The IUCN Red List of Threatened Species 1996. e.T3897A10159448.
- Márquez, R. (1996). Las tortugas marinas y nuestro tiempo. Fondo de Cultura Económica. Méjico, D.F., 104 pp. <[www.omega.ilce.edu.mx](http://www.omega.ilce.edu.mx)>.
- Marschhauser, R. S. (2010). Ghost crab (*Ocypode quadrata*) abundance and depredation on Loggerhead Sea turtle (*Caretta caretta*) hatchlings on Onslow Beach, North California. College of Natural Resources, North Carolina State University.
- Martins, S. *et al.* (2021) “Hatchery efficiency as a conservation tool in threatened sea turtle rookeries with high embryonic mortality,” *Ocean & Coastal Management*, 212, p. 105807. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105807>.
- Martins, S. *et al.* (2022) “Potential impacts of sea level rise and beach flooding on reproduction of sea turtles,” *Climate Change Ecology*, 3, p. 100053. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecochg.2022.100053>.
- Miller, J.D. (1997). Reproduction in sea turtles. En: Lutz, P.L., Musick, J.A. y Wyneken, J. (Eds.), *The Biology of Sea Turtles II*, 51-82 pp. CRC Pres, Boca Raton.
- Miller, J. D., Limpus, C. J. y Godfrey, M. H. (2003). Nest site selection, oviposition, eggs, development, hatching, and emergence of loggerhead turtles. In A. B. Bolten and B. E. Witherington, editors. *Loggerhead sea turtles*. Smithsonian Press: Washington, DC. 125-143 pp.
- Patiño-Martínez, J., Marco, A., Quiñones, L., Abella, E., Abad, R.M., Diéguez- Uribeondo, J. (2012). How do hatcheries influence embryonic development of sea turtle eggs? Experimental analysis and isolation of microorganisms in leatherback turtle eggs. *J. Exp. Zool. A Ecol. Genet. Physiol.* 317 (A), 47–54. <https://doi.org/10.1002/jez.719>.
- Patiño-Martínez, J., Zientzia, A. E. (2013). Las tortugas marinas y el cambio global. *Munibe Monographs. Nature Series*, 1. 99-105 pp.
- Pike, D. A., Stiner, J. C. (2007). Sea turtle species vary in their susceptibility to tropical cyclones. *Oecologia* 153: 471-478.
- Popper, A. N., Salmon, M. y Horch, K. W. (2001). Acoustic detection and communication by decapod crustaceans. *Journal of Comparative Physiology*. 187:83–89.

- Silva, E. *et al.* (2017) "Light pollution affects nesting behavior of loggerhead turtles and predation risk of nests and hatchlings," *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*,173:240-249. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.06.006>.
- Sousa, M. M., Alvarez, I., Marco, A. (2012). Impacto del cambio climático en la incubación de *Caretta caretta* en Cabo Verde: estimaciones actuales y proyecciones futuras. 3:75-94.
- Spotila, J.R. (2004). Sea turtles. A complete guide to their biology, behavior, and conservation. Baltimore, USA. The Johns Hopkins University Press, 228 pp.
- Varo Cruz, N. (2010). Biología reproductora de la tortuga boba (*Caretta caretta* Linneo, 1758) en la isla de Boa Vista, archipiélago de Cabo Verde. [tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canarias].
- Wibbels, T. (2003). Critical approaches to sex determination in sea turtles, in: *The Biology of Sea Turtles* (eds Lutz PL, Musick JA y WynekenJ), CRC Press, Boca Raton, Florida (EEUU). 103–134pp.
- Witherington, B. E. y Martin, R. E. (2003). Entendiendo, evaluando y solucionando los problemas de contaminación de luz en playas de anidamiento de tortugas marinas. Florida Marine Research Institute Technical Report TR-2, traducción de la Tercera Edición inglesa, revisada. 75 pp.