

Manejo y protección de la tortuga Lora (*Lepidochelys olivacea*) en el área turística de Playa Santa Clara, Panamá.

Management and protection of the Olive Ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) in the tourist area of Santa Clara beach, Panama.

Cristian Guzmán ¹, Rosalinda Hernández ¹, Ana Herrera ², Iris Gómez ^{1*}

¹ Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Centro Regional Universitario de Coclé, Universidad de Panamá.

• joelguzman2120@gmail.com • rosalindah669@gmail.com

² Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Centro Regional Universitario de Veraguas, Universidad de Panamá.

• analizbeth915@gmail.com

* Autor de correspondencia: iyg0123@gmail.com



RESUMEN

El área turística de playa Santa Clara, ubicada en la provincia de Coclé, Panamá, constituye un sitio clave para la anidación de la tortuga Lora. Sin embargo, a lo largo del tiempo esta playa ha experimentado múltiples cambios en su zona costera debido a factores antropogénicos como la construcción de edificaciones, restaurantes, actividades pesqueras y recreativas, además de la presencia de depredadores naturales. Todos estos factores ponen en riesgo el proceso reproductivo de las tortugas marinas, afectando su anidación y el éxito de eclosión. Por tal motivo, con el objetivo de documentar el manejo y protección de la *Lepidochelys olivacea*, así como los primeros registros de anidación en el área turística de playa Santa Clara, se construyó un vivero cerrado para la reubicación de nidos y asegurar el éxito de nacimiento. Se realizaron monitoreos nocturnos y diurnos, desde septiembre hasta diciembre del 2023 en una franja de playa de 2.8 km. Los nidos localizados fueron trasladados al vivero hasta la emergencia de los neonatos, quienes posteriormente fueron liberados. A través de este proyecto se logró la reubicación de 13 nidos, con un total de 1 265 huevos sembrados, de los cuales emergieron 1 085 neonatos, alcanzando un éxito de eclosión de 75.0%.

Palabras claves: Tortuga lora, impacto antropogénico, criadero de conservación, reubicación de nido, biodiversidad marina de Panamá.

ABSTRACT

The Santa Clara beach tourist area, located in the province of Coclé, Panama, is a key nesting site for the Olive ridley sea turtle. However, over time, this beach has undergone numerous changes to its coastline due to anthropogenic factors, including the construction of buildings and restaurants, fishing and recreational activities, and the presence of natural predators. All of these factors jeopardize sea turtles' reproductive processes, affecting their nesting and hatching success. Therefore, to document the management and protection of *Lepidochelys olivacea*, as well as the first nesting records in the Santa Clara beach tourist area, an enclosed hatchery was built to relocate nests and ensure successful hatching. Nighttime and daytime monitoring was conducted from September to December 2023 along a 2.8 km stretch of beach. The nests located were transferred to the hatchery until the hatchlings emerged, at which point they were released. Through this project, 13 nests were relocated, with a total of 1,265 eggs sown, from which 1,085 neonates emerged, achieving a hatching success of 75.0%.

Keywords: Olive ridley turtle, anthropogenic impact, conservation hatchery, nest relocation, marine biodiversity, Panama

INTRODUCCIÓN

Las tortugas marinas constituyen uno de los linajes de vertebrados más ampliamente distribuidos a nivel global y utilizan una gran variedad de ecosistemas marinos y costeros durante su ciclo de vida¹. Entre sus aportes ecológicos destacan el transporte de nutrientes desde el océano hacia las playas mediante la deposición de huevos, la bioturbación de la arena y la regulación de comunidades bentónicas^{2–4}. Sin embargo, todas las especies de tortugas marinas se encuentran actualmente incluidas en categorías de amenaza a nivel global debido a la presión ejercida por actividades humanas y depredadores naturales⁵.

En el Pacífico oriental tropical, *Lepidochelys olivacea* es la especie de tortuga marina más abundante, pero también una de las más vulnerables a la perturbación costera⁶. Factores como la urbanización acelerada de las zonas de playa, la contaminación lumínica, el tránsito vehicular, la compactación de sustratos y la extracción ilegal de huevos han reducido significativamente la disponibilidad de hábitats adecuados para la anidación^{7–9}. La iluminación artificial nocturna, en particular, altera la selección del sitio de desove e incrementa la desorientación de hembras y neonatos, fenómeno ampliamente documentado en playas turísticas de América, África y Asia^{10–12}.

Ante estas amenazas, la reubicación de nidos hacia viveros o corrales de incubación se ha consolidado como una herramienta de manejo ampliamente utilizada en programas de conservación. Esta estrategia permite proteger los nidos que se encuentran en riesgo por inundación, depredación o actividades humanas, y ha demostrado incrementar las tasas de eclosión en comparación con nidos dejados in situ en playas altamente perturbadas^{13–16}. Estudios recientes reportan tasas de eclosión promedio de 70–90 % en viveros bien manejados, dependiendo de la especie, la calidad del sustrato y la estabilidad térmica del sitio^{16–18}.

En Panamá, las playas del Pacífico albergan importantes sitios de anidación de *L. olivacea*. Sitios como Mata Oscura, Lagarto, Playa Morrillo e Isla Cañas han sido ampliamente monitoreados y presentan programas establecidos de conservación, con registros continuos sobre fenología reproductiva y parámetros de incubación^{19–21}. No obstante, existen playas con actividad turística creciente en las que el esfuerzo de monitoreo ha sido históricamente limitado, lo que deja vacíos significativos en el conocimiento sobre la ecología reproductiva local de la especie.

Playa Santa Clara, en la provincia de Coclé, es un ejemplo de este tipo de sistemas: un destino turístico en expansión, sometido a intensas presiones antrópicas —construcción de infraestructuras, iluminación, actividades recreativas y tránsito vehicular— donde la información científica sobre la anidación de *L. olivacea* ha sido prácticamente inexistente. Documentar la presencia de nidos y evaluar el desempeño reproductivo en un vivero es fundamental para establecer líneas base que permitan implementar estrategias de conservación adaptadas al contexto turístico actual.

En este estudio se describe por primera vez la actividad de anidación de *L. olivacea* en Playa Santa Clara y se evalúan parámetros reproductivos clave —incluyendo número de nidos, tamaño de nidada, tasas de emergencia y resultados de exhumación— mediante la reubicación de nidos en un vivero cerrado durante la temporada 2023–2024. Los resultados proporcionan información esencial para la gestión local y contribuyen al entendimiento regional de la biología reproductiva de la especie en playas sometidas a perturbación turística.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en Playa Santa Clara, localizada en el corregimiento de Río Hato, distrito de Antón, provincia de Coclé, Panamá. La playa presenta una longitud aproximada de 2.8 km y se encuentra delimitada por Playa Sea Cliff al oeste y Playa Farallón al este. El área se caracteriza por una mezcla de arena blanca y

negra, pendiente baja, escasa cobertura vegetal y un régimen climático propio del bosque seco tropical, según la clasificación de Holdridge.

Las coordenadas centrales del sitio son 8°22'53.49" N, 80°06'23.59" O.

Para el monitoreo se dividió la playa en 28 segmentos consecutivos de 100 m cada uno, siguiendo criterios establecidos en estudios previos de la región¹⁻³.



Figura 1. Ubicación del área de estudio en Playa Santa Clara, provincia de Coclé, Panamá. El panel A muestra la localización de Panamá en el contexto regional. El panel B presenta la provincia de Coclé y el distrito de Antón. El panel C detalla la extensión de la playa monitoreada (2.8 km), los segmentos establecidos para el estudio (1–28) y la ubicación del vivero de incubación.

Construcción y preparación del vivero

El vivero de incubación fue construido el 24 de septiembre de 2023 en un área estable, alejada de la zona de marea alta, dentro de una propiedad privada autorizada para el estudio. Se utilizó un cercado perimetral de alambre ciclón y postes de madera para impedir el ingreso de depredadores y animales domésticos, siguiendo los estándares operativos para viveros de tortugas marinas⁴⁻⁶.

La arena fue excavada, tamizada y redistribuida para homogenizar la textura del sustrato. Se estableció una matriz ordenada de 60 cuadrantes de 50 × 50 cm, utilizada para asignar los nidos reubicados. Este procedimiento es consistente con los protocolos regionales de manejo de corrales de incubación⁴.

Monitoreo de playa y registro de anidaciones

El equipo realizó monitoreos nocturnos y diurnos desde septiembre hasta diciembre de 2023, cubriendo diariamente los 2.8 km del transecto. Los recorridos se efectuaron durante 2–3 horas por sesión, utilizando

linternas con luz roja para minimizar la perturbación a las tortugas, tal como recomiendan los lineamientos internacionales^{7,8}.

Durante los recorridos se identificaron rastros frescos y hembras anidantes. Para cada evento se registró:

- Fecha y hora
- Segmento de playa
- Tipo de rastro (simétrico/ asimétrico)
- Medidas de Largo Curvo del Caparazón (LCC) y Ancho Curvo del Caparazón (ACC) cuando fue posible
- Condiciones del sitio de anidación
- Nivel de iluminación artificial
- Presencia de obstáculos o perturbación humana

Cuando una tortuga fue encontrada en proceso de desove, se midió el LCC y ACC utilizando cinta métrica flexible, siguiendo protocolos estandarizados para mediciones biométricas en tortugas marinas^{1,9}.

Rescate y reubicación de nidos

Los nidos localizados en zonas de riesgo (inundación, compactación, saqueo o iluminación artificial intensa) fueron reubicados al vivero. Para ello:

1. Se palpó el sustrato con una varilla delgada para localizar la cámara de incubación.
2. Se extrajeron cuidadosamente los huevos, manteniendo su orientación original⁴, y se colocaron en bolsas plásticas limpias.
3. Se excavó un nido artificial tipo embudo (profundidad 40–45 cm), replicando las dimensiones aproximadas del nido natural.
4. Los huevos se depositaron inmediatamente para minimizar el tiempo de manipulación.
5. Cada cuadrante recibió una estaca con etiqueta PVC indicando:
 - Fecha de colecta
 - Número de huevos
 - Segmento original
 - Fecha estimada de emergencia
 - Código de especie (*Lo* para *Lepidochelys olivacea*)

Este procedimiento siguió guías ampliamente utilizadas en Latinoamérica^{4,5}.

Protección, emergencia, liberación y exhumación

Quince días antes de la fecha estimada de emergencia se colocó un cilindro con malla antiáfidos sobre cada nido para evitar la salida descontrolada de neonatos y reducir el ingreso de depredadores pequeños, siguiendo protocolos de control microambiental^{4,10}.

Cuando emergían los neonatos, estos eran contabilizados y trasladados en contenedores limpios hacia la zona media de la playa, donde se realizó la liberación en las primeras horas de la mañana o en horas nocturnas para reducir depredación y estrés térmico.

Cinco días después de la emergencia, se realizó la exhumación de cada nido para determinar:

- Número de cascarones vacíos
- Huevos sin desarrollo aparente (HSD)
- Huevos con desarrollo aparente (HCDA)
- Embrión a término no eclosionado (ETNE)
- Número de neonatos muertos en el nido (NMN)

• Estado de las membranas y presencia de hongos o insectos

Los estadios embrionarios se clasificaron de acuerdo con la proporción de la cavidad amniótica ocupada por el embrión⁽¹¹⁾:

- **Estadio I:** 0–25 %
- **Estadio II:** 26–50 %
- **Estadio III:** 51–75 %
- **Estadio IV:** 76–100 %

Cálculo de la tasa de eclosión

La tasa de eclosión se determinó mediante la fórmula estandarizada para tortugas marinas^{7, 11}:

$$\text{Tasa de eclosión} = \frac{\text{Cascarones} - \text{HSDA} - \text{HNE} - \text{ETNE} - \text{D}}{\text{Total de huevos sembrados}} \times 100$$

donde HSDA = huevos sin desarrollo aparente; HNE = huevos no eclosionados; D = huevos depredados.

RESULTADOS

Distribución temporal de anidaciones

Durante la temporada 2023–2024 se reubicaron 13 nidos de *Lepidochelys olivacea* en Playa Santa Clara. La mayor actividad de anidación ocurrió en los meses de septiembre (4 nidos) y octubre (5 nidos), mientras que en noviembre y diciembre se registraron 2 nidos en cada mes (Tabla 1).

La distribución mensual se representa gráficamente en la Figura 2.

Mes	Nidos reubicados
Septiembre	4
Octubre	5
Noviembre	2
Diciembre	2
Total	13

Nota: Datos obtenidos mediante monitoreo nocturno y diurno en un tramo de 2.8 km.

Tabla 1. Número de nidos de *Lepidochelys olivacea* reubicados por mes en Playa Santa Clara (temporada 2023–2024)

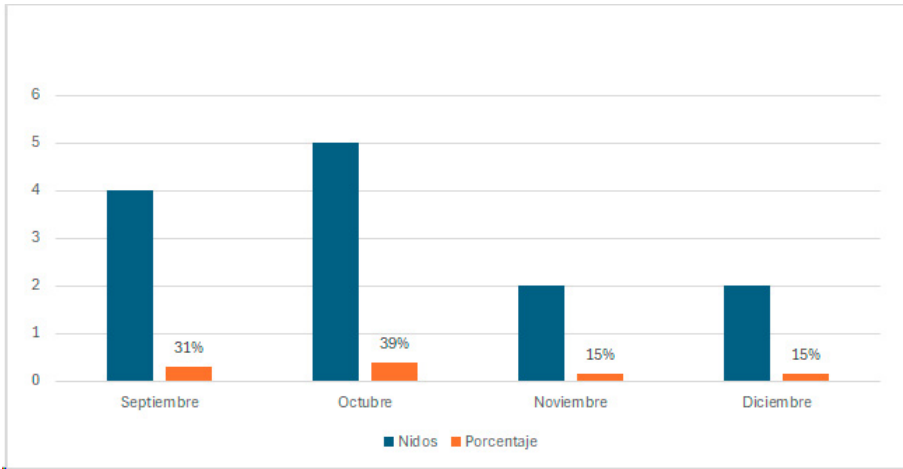


Figura 2. Número de nidos de *Lepidochelys olivacea* reubicados por mes durante la temporada 2023–2024 en Playa Santa Clara. Octubre registró la mayor actividad con 5 nidos (39%), seguido de septiembre con 4 nidos (31%). Noviembre y diciembre presentaron 2 nidos cada uno (15%).

Parámetros reproductivos generales

Los 13 nidos reubicados contenían un total de 1 265 huevos. El tamaño de nidada osciló entre 76 y 117 huevos, con 1 085 neonatos emergidos. La tasa global de eclosión fue de 75.0 %, calculada según la metodología estandarizada para tortugas marinas (Tabla 2).

Parámetro	Valor
Total de nidos reubicados	13
Total de huevos sembrados	1 265
Nidada mínima (huevos)	76
Nidada máxima (huevos)	117
Neonatos emergidos	1 085
Porcentaje general de eclosión ¹	75.0 %

¹ Calculado según fórmula estandarizada para tortugas marinas: [(cascarones – HSDA – HNE – ETNE – D) / total de huevos sembrados] × 100.

Tabla 2. Parámetros reproductivos generales de *Lepidochelys olivacea* reubicados en el vivero de Playa Santa Clara

Distribución espacial de nidos por segmento de playa

El análisis espacial reveló que la distribución de anidaciones no fue homogénea. El segmento 13 presentó la mayor concentración de nidos (4 eventos), seguido de los segmentos 9, 11, 12 y 14, cada uno con 2 nidos. El segmento 10 registró un único nido. Los demás segmentos (1–8, 15–28) no mostraron actividad de anidación (Figura 3).

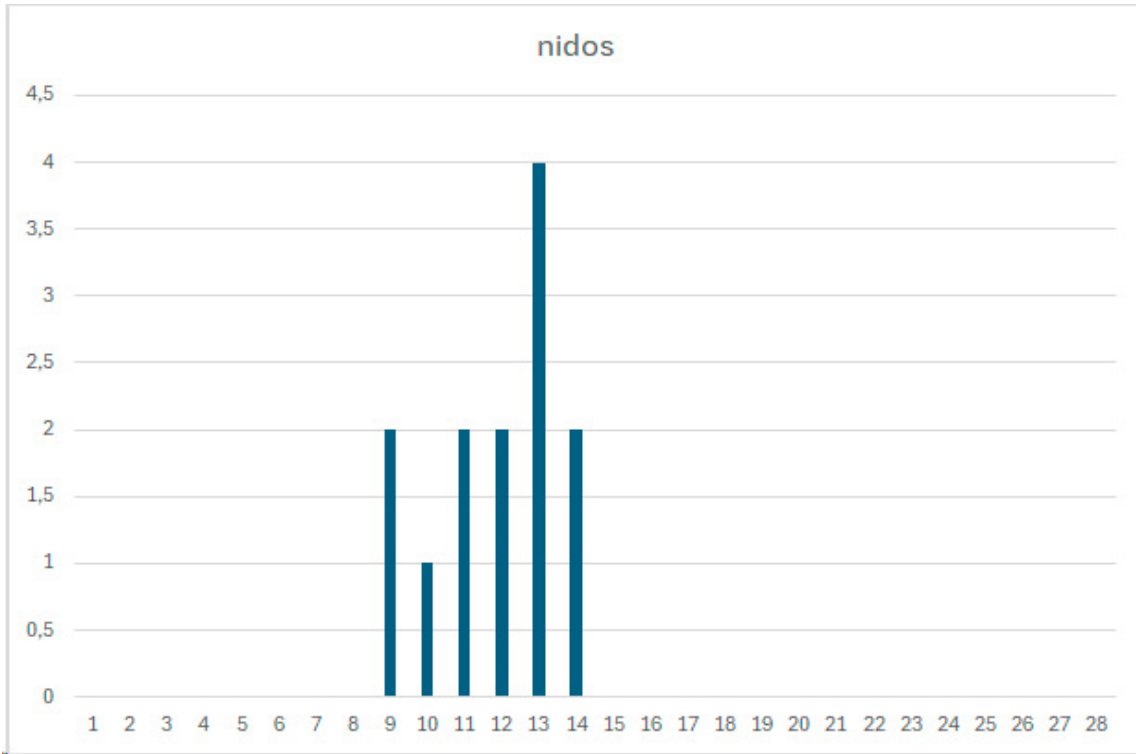


Figura 3. Número de nidos de *Lepidochelys olivacea* registrados por segmento de playa en Playa Santa Clara durante la temporada 2023–2024. El segmento 13 concentró el mayor número de eventos de anidación (4 nidos), seguido por los segmentos 9, 11, 12 y 14 con 2 nidos cada uno. El resto de los segmentos no presentó registros.

Resultados de exhumación

Durante la exhumación se identificaron diferencias en los estadios embrionarios de los huevos, así como en el número de neonatos no emergidos. De los 1 265 huevos sembrados, se contabilizaron:

- 1 085 neonatos emergidos,
- 19 huevos sin desarrollo aparente (HSD),
- 147 huevos con desarrollo parcial en estadios I–IV,
- 2 neonatos muertos en el nido,
- 0 margen de error, confirmando exactitud en el recuento (Tabla 3).

Categoría	Cantidad
Huevos sembrados (HS)	1 265
Neonatos liberados al mar (NLM)	1 085
Huevos sin desarrollo aparente (HSD)	19
Estadio I (0–25 % de cavidad amniótica)	114
Estadio II (26–50 %)	4
Estadio III (51–75 %)	14
Estadio IV (76–100 %)	15
Neonatos muertos en el nido (NMN)	2
Margen de error (ME)	0

Nota: La clasificación embrionaria sigue los criterios establecidos por Chacón et al. (2007) y protocolos regionales de viveros.

Tabla 3. Resultados de exhumación de nidos reubicados en el vivero de Playa Santa Clara

Medidas biométricas de hembras anidantes

Durante el periodo de estudio solo fue observada una hembra anidando. El ejemplar presentó un Largo Curvo del Caparazón (LCC) de 69.0 cm y un Ancho Curvo del Caparazón (ACC) de 73.5 cm, valores dentro del rango reportado para la especie en el Pacífico oriental (Tabla 4).

Especie	Largo curvo del caparazón (LCC)	Ancho curvo del caparazón (ACC)
<i>Lepidochelys olivacea</i>	69.0 cm	73.5 cm

Nota: Medición realizada durante un evento de desove observado in situ.

Tabla 4. Medidas biométricas de la tortuga *Lepidochelys olivacea* registrada durante la temporada 2023–2024

Medidas del rastro

Se documentaron 5 rastros, correspondientes a *L. olivacea*. El ancho promedio del rastro fue de 47.26 cm, con patrón asimétrico, característico de la especie (Tabla 5).

Especie	Rastros registrados (n)	Ancho promedio del rastro	Tipo de simetría
<i>Lepidochelys olivacea</i>	5	47.26 cm	Asimétrica

Tabla 5. Medidas de rastro de *Lepidochelys olivacea* registradas en Playa Santa Clara

DISCUSIÓN

Anidaciones mensuales en Playa Santa Clara

Las playas del Pacífico panameño presentan un incremento en los eventos de anidación a partir del inicio de la temporada, que suele extenderse de mayo a noviembre²⁴. En el caso de *Lepidochelys olivacea*, la temporada de anidación regional se concentra entre julio y diciembre²⁰, patrón que coincide con lo reportado en sitios como el Playón de Mismaloya, México, donde se observa un periodo de actividad similar²⁵.

En este estudio, aun cuando el monitoreo no inició al comienzo de la temporada, se evidenció que los meses de septiembre y octubre concentraron la mayor cantidad de nidos reubicados. Este comportamiento concuerda con lo reportado en Playa Morrillo, Veraguas, Panamá, donde el pico de anidación de *L. olivacea* se presenta en septiembre²⁶, y con los datos de Playa Tortuga, Costa Rica, donde la especie registra mayores eventos entre agosto y septiembre²⁷.

En Panamá, septiembre y octubre se caracterizan por mayores precipitaciones en la vertiente del Pacífico²⁸. La época lluviosa favorece la humedad de la arena, condición que facilita la construcción de los nidos y reduce el riesgo de colapso de la cámara de incubación, lo que podría explicar el incremento observado en los eventos de anidación durante esos meses en Playa Santa Clara²⁹.

No obstante, al analizar las características de las nidadas, los resultados muestran diferencias respecto a otros sitios de la región. En Playa Santa Clara se registró una nidada máxima de 117 huevos, mientras que en Playa Lagarto, Los Santos, se reporta una nidada máxima de 177 huevos para *L. olivacea*³⁰. Aun así, ambos valores son menores al promedio descrito en algunos estudios internacionales. En Lobito, Angola, por ejemplo, se documentó un promedio de 127 huevos por nido entre 2020 y 2023³¹. Estas diferencias sugieren variación geográfica en el tamaño de nidada, posiblemente asociada a condiciones ambientales y al estado nutricional de las hembras.

Es importante reconocer que el esfuerzo de muestreo en este trabajo fue limitado (13 nidos en cuatro meses), por lo que estas estimaciones deben considerarse como una línea base preliminar. Un monitoreo multianual y con mayor número de nidos permitirá obtener valores más representativos y comparar con mayor robustez las tendencias regionales.

Tortugas anidantes por segmentos de playa

Los segmentos con mayor número de nidos en Playa Santa Clara se caracterizaron por ser sectores abiertos, amplios y con arena suelta, condiciones que favorecen la excavación del nido y la estabilidad de la cámara de incubación. *L. olivacea* suele preferir playas de arena fina, poca pendiente y escasa vegetación en la zona de anidación²⁶.

En contraste, los segmentos sin registros de nidos presentaban limitaciones notorias: exceso de luz artificial, presencia de muros y estructuras, compactación del sustrato y alta actividad turística nocturna. Este patrón coincide con lo observado en la costa noreste de Australia, donde la contaminación lumínica en zonas costeras se identifica como uno de los principales factores que disuaden a las hembras de salir a anidar³².

Diversos estudios han demostrado que la iluminación artificial altera las señales naturales de orientación que utilizan las tortugas marinas para seleccionar sus sitios de anidación. Luces intensas o de espectros fríos (blanco/azul) pueden modificar la conducta de aproximación, provocando que las hembras eviten playas iluminadas o se desplacen hacia sectores más oscuros³³. En Playa Santa Clara, los segmentos inmediatos a residencias y restaurantes con luminarias directas mostraron ausencia de rastros o intentos de anidación, lo que sugiere una respuesta conductual similar a la descrita para *L. olivacea* en Rushikulya, India³⁴.

Además, la selección del sitio de anidación depende de parámetros físicos del sustrato —temperatura y humedad de la arena— que influyen en la incubación y en la determinación sexual de los embriones ³⁵. Estudios recientes en playas de arribada han demostrado que *L. olivacea* muestra cierta plasticidad para seleccionar microhábitats con condiciones térmicas más favorables, pero esta capacidad no compensa totalmente el efecto negativo de la alteración del hábitat ³¹.

La distribución espacial observada en Playa Santa Clara refleja, por tanto, una combinación de preferencias naturales y restricciones impuestas por el desarrollo costero. Sectores con iluminación intensa y alta actividad humana actúan como áreas de exclusión para las tortugas, limitando el espacio disponible para anidar. Este patrón refuerza la necesidad de implementar medidas de manejo como el control de luminarias orientadas hacia la playa y la creación de zonas de amortiguamiento sin acceso turístico durante la temporada reproductiva ³³.

Desde el punto de vista novedoso, este trabajo evidencia por primera vez en el Pacífico panameño una segmentación fina dentro de una playa turística de solo 2,8 km, donde la anidación se concentra en unos pocos segmentos relativamente menos perturbados.

Liberación de neonatos

Durante el periodo de estudio se reubicaron 13 nidos, con un total de 1 265 huevos sembrados y 1 085 neonatos liberados. Este número de nidos y ejemplares es menor al reportado para otras playas del Pacífico panameño. En Playa Lagarto se han descrito hasta 91 nidos reubicados por temporada, con 6 517 neonatos liberados ³⁰. A nivel regional, en tres playas del Pacífico Oriental Tropical de Costa Rica se registraron, durante la temporada 2021–2022, 256 nidos reubicados de *L. olivacea*, con 26 175 huevos sembrados y 20 349 neonatos liberados ³⁶. Estos valores reflejan programas de conservación consolidados, con esfuerzos de monitoreo intensivo. En comparación, el programa de Santa Clara opera aún a una escala local y con datos limitados, pero representa un primer esfuerzo documentado de conservación en una playa turística poco estudiada.

Aunque el tamaño de muestra sea reducido, los resultados demuestran que la implementación de un vivero permite liberar un número considerable de neonatos que, de otro modo, se habrían perdido por inundación, saqueo o perturbación humana.

Exhumación de nidos

Los resultados de exhumación permitieron identificar factores que afectan el desarrollo embrionario y el porcentaje de eclosión. Se observaron huevos con signos de descomposición temprana y compactación de arena, lo que sugiere una oxigenación deficiente dentro de la cámara de incubación. Situaciones similares se han descrito en poblaciones de *Caretta caretta* en la costa este de Australia, donde el intercambio gaseoso limitado y la humedad excesiva se asocian a mortalidad embrionaria temprana ³⁷.

La pérdida de embriones en estadios I y II podría estar relacionada con fluctuaciones térmicas o de humedad en el vivero, especialmente durante periodos de lluvia intensa o insolación prolongada. En la costa del Pacífico sureste de Guatemala se ha documentado que variaciones superiores a ± 2 °C en la temperatura de incubación pueden interrumpir la embriogénesis o inducir deformidades en los neonatos ³⁵. La compactación excesiva de la arena, además, reduce la conductividad térmica y podría alterar la determinación sexual.

También se observó la posible intrusión de insectos y la presencia de hongos en algunos nidos, lo que coincide con lo descrito en Lobito, Angola, donde se ha demostrado que las condiciones microambientales de los viveros pueden favorecer el desarrollo microbiano si no se renueva la arena o si no se mantiene un drenaje adecuado ³¹.

La proporción de huevos sin desarrollo en Playa Santa Clara (1,5 %) es relativamente baja respecto a otros sitios con incubación artificial de *L. olivacea*, como Playa Mata Oscura, donde se reportó 2,4 % de huevos sin desarrollo aparente ¹⁸. Esto sugiere que, en términos generales, las condiciones del vivero fueron adecuadas, aunque aún susceptibles de optimización —especialmente en lo relativo al control de humedad y aireación del sustrato—.

En conjunto, la exhumación se confirma como una herramienta fundamental para evaluar la efectividad del manejo reproductivo, identificar patrones de mortalidad y ajustar las técnicas de reubicación y mantenimiento del vivero ³⁸. Futuros trabajos deberían incorporar el monitoreo sistemático de temperatura y humedad en cada cuadrante para correlacionar estos parámetros con el éxito de eclosión.

Éxito de eclosión en el vivero “Mr. Larry Foshee”

En Playa Santa Clara, el porcentaje de eclosión fue de 75,0 %, valor moderado dentro del rango esperado para viveros artificiales. Resultados similares se reportan en Playa Mata Oscura (73,7–86,4 % según la temporada) ^{18,39}, mientras que en Isla Caña se ha documentado un éxito de eclosión aún mayor (85,4 %) para *L. olivacea* ²⁰.

La variación en el éxito de eclosión entre viveros puede atribuirse a factores físicos y biológicos, entre ellos la temperatura de incubación, el contenido de humedad y la compactación del sustrato, que afectan directamente el desarrollo embrionario y la tasa de emergencia ^{32,35}. En Guatemala se ha demostrado que fluctuaciones térmicas mayores a ± 2 °C reducen el porcentaje de eclosión y generan sesgos en la proporción sexual ³⁵.

El manejo durante la reubicación también es crucial: movimientos bruscos o cambios en la orientación original de los huevos pueden ocasionar ruptura de membranas internas. En la costa de Odisha, India, se ha señalado el transporte inadecuado como una de las causas más frecuentes de mortalidad embrionaria temprana en viveros ³⁸.

La diferencia entre el éxito de eclosión de Santa Clara y los valores superiores registrados en Mata Oscura o Isla Caña podría estar relacionada con condiciones microambientales locales (mayor exposición al sol, compactación natural de la arena, menor cobertura vegetal). Esto sugiere que el vivero podría beneficiarse de prácticas complementarias como sombreado parcial, manejo periódico del sustrato y seguimiento continuo de variables microclimáticas ^{18,20,31}.

Aun así, un éxito del 75 % indica una incubación funcionalmente efectiva y demuestra que un vivero cerrado puede ser una herramienta válida en playas turísticas. Investigaciones recientes señalan que un manejo más fino de humedad y temperatura puede incrementar el éxito de eclosión entre un 10 y 15 % ³¹, por lo que la evaluación continua del vivero podría traducirse en mejoras sustanciales en la producción de neonatos viables.

Datos morfométricos de tortugas anidantes

La hembra observada durante el estudio fue identificada como *Lepidochelys olivacea* de acuerdo con su morfología y coloración característica, con un LCC de 69,0 cm y un ACC de 73,5 cm ¹. Estas dimensiones superan los promedios registrados en otras playas del país: Playa Lagarto (LCC 67,9 cm; ACC 70,26 cm) y Playa Morrillo (LCC 65,2 cm; ACC 69,5 cm) ^{26,30}.

A escala internacional, el LCC registrado en Santa Clara también se sitúa por encima del promedio de 65,11 cm descrito para La Escobilla, Oaxaca, México ⁴⁰, y de los valores medios obtenidos en playas de Costa Rica como Playa Hermosa ³⁶. Aunque se trata de un solo individuo, su mayor talla sugiere que las hembras que utilizan Playa Santa Clara pueden alcanzar dimensiones corporales relevantes dentro del Pacífico oriental, lo que refuerza el valor potencial de esta playa como hábitat de anidación para hembras de gran tamaño.

Medidas del rastro

El ancho promedio del rastro registrado para *L. olivacea* en Playa Santa Clara fue de 47,26 cm, con un patrón asimétrico, consistente con la descripción clásica de la especie²³. El número de rastros fue bajo, posiblemente porque en varias ocasiones la acción de la marea borró las huellas antes de los recorridos de monitoreo. Esto limita la estimación del número real de eventos de anidación y sugiere que el monitoreo debería complementarse con patrullajes más frecuentes o con registros automatizados mediante cámaras o sensores.

Perspectivas y recomendaciones futuras

La experiencia en Playa Santa Clara demuestra que la creación de viveros cerrados es un modelo de manejo de emergencia replicable en playas turísticas del Pacífico panameño, especialmente en zonas donde la incubación in situ resulta inviable por el desarrollo costero, la circulación de vehículos y la perturbación humana constante.

Nuestros resultados ponen de relieve un potencial de anidación previamente no documentado y subrayan la necesidad de una reevaluación urgente de las playas en desarrollo, con el fin de proteger el hábitat de anidación y frenar la expansión de infraestructuras que reducen el espacio disponible. Se recomienda seleccionar sitios de vivero alejados de vegetación densa para evitar problemas por raíces, e incorporar mediciones sistemáticas de temperatura y humedad para minimizar sesgos en la determinación sexual y asegurar la viabilidad genética³⁵.

La sostenibilidad a largo plazo de estos esfuerzos depende de alianzas formales no solo con la comunidad local, sino también con el sector hotelero y otros actores del turismo, quienes deben comprometerse a controlar amenazas tales como iluminación de alto impacto, ruido excesivo y generación de residuos.

CONCLUSIONES

Playa Santa Clara, pese al intenso desarrollo costero reciente, conserva condiciones que permiten la anidación de *Lepidochelys olivacea*. Durante la temporada 2023–2024 se reubicaron 13 nidos, con 1 265 huevos sembrados y un éxito de eclosión del 75 %.

La mayoría de los eventos de anidación se concentraron en septiembre y octubre, en segmentos de playa con menor perturbación humana y baja iluminación artificial, lo que evidencia la influencia de los factores antropogénicos sobre el comportamiento reproductivo de la especie.

Los resultados demuestran que la implementación de un vivero cerrado es una estrategia viable para asegurar la incubación de nidos y aumentar la supervivencia de neonatos en playas turísticas. No obstante, existe margen de mejora mediante el ajuste de variables microambientales (temperatura, humedad, compactación de la arena) y la optimización de las prácticas de reubicación.

Se recomienda fortalecer la vigilancia, ampliar el vivero, aplicar medidas de manejo lumínico y desarrollar programas de educación ambiental dirigidos a residentes, turistas y operadores turísticos, con el fin de reducir amenazas y mejorar el éxito de eclosión de la especie en el Pacífico panameño central.

Este estudio constituye la primera línea base científica de anidación para Playa Santa Clara y establece los fundamentos para futuros programas de conservación en playas turísticas del Pacífico panameño.

Contribución de los autores

Conceptualización: Ana Herrera, Cristian Guzmán, Alejandra González, Ariel Márquez.

Metodología: Jade Arias, Jason Cherigo, Ruth Delgado, Alejandra González, Cristian Guzmán, Rosalinda

Hernández, Mirna Hernández, Ana Herrera, Carolina López, Ariel Márquez, Marlenys Mendoza, Nelson Mendoza, Angelo Navarro, Carlos Navas, Alicia Rodríguez, Milagros Rodríguez, Sofía Rodríguez, Dayanis Torrero, Iliana Troya, Zurisadai Tuñón, Alexandra Way.

Software: Ana Herrera, Cristian Guzmán.

Validación: Ana Herrera, Cristian Guzmán, Rosalinda Hernández, Iris Gómez.

Análisis formal: Ana Herrera, Cristian Guzmán, Rosalinda Hernández.

Investigación: Ana Herrera, Cristian Guzmán, Rosalinda Hernández.

Recursos: Zelika Espinosa.

Curación de datos: Ana Herrera, Cristian Guzmán, Rosalinda Hernández.

Redacción – borrador original: Ana Herrera.

Redacción – revisión y edición: Ana Herrera, Cristian Guzmán, Rosalinda Hernández, Iris Gómez.

Visualización: Ana Herrera, Cristian Guzmán, Rosalinda Hernández.

Supervisión: Iris Gómez.

Administración del proyecto: Ana Herrera, Iris Gómez.

Todos los autores han leído y aprobado la versión final del manuscrito.

Declaración del comité de revisión institucional

El proyecto “Manejo y protección de la tortuga Lora (*Lepidochelys olivacea*) en el área turística de Playa Santa Clara, Panamá” se desarrolló en el marco del proyecto de servicio social “Registro de una base de datos sobre el manejo, protección y conservación de las tortugas marinas en el área turística hotelera de Playa Santa Clara, provincia de Coclé” (ID 3479).

Las actividades fueron observacionales y descriptivas, centradas en el recuento y registro de datos sobre la presencia y comportamiento de tortugas marinas. No se realizó manipulación invasiva, extracción de muestras ni experimentación con los animales, por lo que no fue necesario solicitar aprobación a un comité de bioética. El proyecto fue supervisado por MiAmbiente Región de Coclé.

Agradecimientos

Se agradece a la Sra. Zelika Espinosa, propietaria del sitio donde se localizó el vivero “Mr. Larry Foshee”, por su apoyo y colaboración. Se reconoce el esfuerzo de los estudiantes de tercer año de la Licenciatura en Biología del Centro Regional Universitario de Coclé, así como el acompañamiento de las profesoras Saily González, Doris Pinzón, Yelissa Zambrano y Viodelda Pérez. Se agradece a la Comisión de Ambiente del CRU Coclé, CIDETE y VIEEX.

Se agradece igualmente a Jacinto Rodríguez y Víctor Ibarra, de la Fundación Agua y Tierra, por la capacitación brindada, y a Rafaela Camargo por su participación como voluntaria. Finalmente, se reconoce el apoyo de la Lic. Evelyn Jaén, del Ministerio de Ambiente (Costa y Mares de Coclé), en la gestión de los permisos requeridos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Declaración de Uso de Datos y Herramientas de Inteligencia Artificial (AI Data and AI Disclosure)

Todas las figuras y tablas de este manuscrito fueron elaboradas por los autores utilizando datos obtenidos mediante los muestreos de campo y los procedimientos descritos en la sección de Materiales y Métodos.

Las Figuras 1–3 fueron generadas, editadas o rediseñadas mediante flujos de trabajo asistidos por inteligencia artificial (OpenAI) bajo supervisión directa de los autores, exclusivamente para fines de visualización, diseño gráfico y estandarización del formato. Ningún sistema de IA generó datos científicos, procesó mediciones en bruto ni produjo interpretaciones científicas originales.

La inteligencia artificial generativa se utilizó únicamente para la corrección de redacción, mejoras gramaticales y armonización de estilo, siempre bajo control humano completo.

Los autores verificaron de manera independiente todos los resultados científicos, análisis, interpretaciones y conclusiones, en conformidad con la política de BioNatura Journal sobre el uso de IA en manuscritos científicos: <https://bionaturajournal.com/artificial-intelligence--ai-.html>

REFERENCIAS

1. Eckert KL, Bjorndal KA, Abreu-Grobois FA, Donnelly M, editores. Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Trad. esp. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE; 2000. Publicación No. 4. p. 1–260. Disponible en: [https://www.widecast.org/Resources/Docs/Eckert%20KL%20et%20al%20\(1999\)%20MTSG%20Techniques%20Manual%20\(Esp\).pdf](https://www.widecast.org/Resources/Docs/Eckert%20KL%20et%20al%20(1999)%20MTSG%20Techniques%20Manual%20(Esp).pdf)
2. Asociación Chelonia. Tortugas marinas: importancia ecológica. Disponible en: <https://www.tortugasmarinasespana.org/tortugas-marinas/biolog%C3%ADa-general/importancia-ecol%C3%B3gica/>. Consultado 26 jun 2025.
3. Meylan A. Nesting of *Dermochelys coriacea* in Caribbean Panama. J Herpetol. 1985;19(2):293–7. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/1564186>
4. Meylan A. Spongivory in hawksbill turtles: a diet of glass. Science. 1988;239(4838):393–5. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/1700236>
5. Gardner S, Nichols W. Assessment of sea turtle mortality rates in the Bahía Magdalena region, Baja California Sur, México. Chelonian Conserv Biol. 2001;4:1–4. Disponible en: [https://chelonian.org/wp-content/uploads/file/CCBVol_4_Nos1-4\(2001%202005\)/Gardner_and_Nichols_2001.pdf](https://chelonian.org/wp-content/uploads/file/CCBVol_4_Nos1-4(2001%202005)/Gardner_and_Nichols_2001.pdf)
6. Frazier J. Prehistoric and ancient historic interactions between humans and marine turtles. In: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J, editors. The biology of sea turtles. Vol. II. Boca Raton (FL): CRC Press; 2003. p. 1–38. Disponible en: https://www.academia.edu/1975159/Prehistoric_and_ancient_historic_interactions_between_humans_and_marine_turtles
7. Dawson TM, Formia A, Agamboué PD, Asseko GM, Boussamba F, Cardiec F, et al. Informing marine protected area designation and management for nesting olive ridley sea turtles using satellite tracking. Front Mar Sci. 2017;4:312. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00312>
8. Heithaus MR, Wirsing AJ, Thomson JA, Burkholder DA. A review of lethal and non-lethal effects of predators on adult marine turtles. J Exp Mar Biol Ecol. 2008;356(1–2):43–51. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.12.013>
9. Marcovaldi M, Thomé J. Reducción de las amenazas a las tortugas. En: Eckert KL, Bjorndal KA, Abreu-Grobois FA, Donnelly M, editores. Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Pennsylvania: IUCN Marine Turtle Specialist Group; 2000. p. 187–91. Disponible en: [https://www.widecast.org/Resources/Docs/Eckert%20KL%20et%20al%20\(1999\)%20MTSG%20Techniques%20Manual%20\(Esp\).pdf](https://www.widecast.org/Resources/Docs/Eckert%20KL%20et%20al%20(1999)%20MTSG%20Techniques%20Manual%20(Esp).pdf)

10. Troëng S, Rankin E. Long-term conservation efforts contribute to positive green turtle (*Chelonia mydas*) nesting trend at Tortuguero, Costa Rica. Biol Conserv. 2005;121(1):111–6. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.04.014>
11. Robles Y, Vega A. Determinación del porcentaje de emergencia de neonatos en tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) en Isla Cañas, Pacífico panameño. Tecnociencia. 2007;9(2). Disponible en: <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/808/689>
12. Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT). Una introducción. Secretaría Pro Tempore CIT; San José, Costa Rica; 2007. p. 9–109. Disponible en: http://www.iacseaturtle.org/docs/publicaciones/3.2Convencion_Interamericana_Introduccion_alta_res.pdf
13. Baillie J, Groombridge B. 1996 IUCN red list of threatened animals. Gland (Switzerland): International Union for Conservation of Nature and Natural Resources; 1996. 452 p. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-1996-001.pdf>
14. Chacón D. La tortuga carey del Caribe: introducción a su biología y estado de conservación. 2004. p. 7–70. Disponible en: https://bvearmb.do/bitstream/handle/123456789/2921/monographcaribbe-anhawksbills_es.pdf
15. García A, Ceballos G, Adaya R. Intensive beach management as an improved sea turtle conservation strategy in Mexico. Biol Conserv. 2003;111(2):253–61. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00300-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00300-2)
16. Troëng S, Rankin E. Long-term conservation efforts contribute to positive green turtle *Chelonia mydas* nesting trend at Tortuguero, Costa Rica. Biol Conserv. 2005;121(1):111–6. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.04.014> (referencia duplicada en el original; mantengo el formato unificado por si decides conservarla)
17. Tanabe L, Steenacker M, Rusli M, Berumen ML. Implications of nest relocation for morphology and locomotor performance of green turtle (*Chelonia mydas*) hatchlings. Ocean Coast Manag. 2021;207:105591. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105591>
18. Gárce H. Éxito de incubación en vivero de tortuga lora en playa Mata Oscura, provincia de Veraguas, Panamá. Rev Cient Investig Desarro Marit Portuaria (RCIDIM). 2017;3(2):1–5. Disponible en: <https://revistas.umip.ac.pa/index.php/RCIDIM/article/download/48/12>
19. Dueñas C. Manual para el manejo de corrales de incubación de huevos de tortugas marinas. 2010. p. 1–25. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/146061480/Manual-Para-El-Manejo-de-Corrales-de-Incubacion-de-Huevos-de-Tortugas-Marinas>
20. Corella G, Castillo C. Determinar el éxito de eclosión y emergencia de neonatos de la tortuga *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) en Isla Caña, provincia de Los Santos. [Trabajo de grado]. Universidad de Panamá; 2022. Disponible en: https://up-rid.up.ac.pa/7966/1/gabriel_corella.pdf
21. Bhuyan S, Islam S. In-situ and ex situ hatching of olive ridley turtles in Cox's Bazar coast for conservation. Indian J Mar Sci. [datos bibliográficos incompletos en el original; completar si se dispone de la referencia completa].
22. Chacón D, Sánchez J, Calvo J, Ash J. Manual para el manejo y la conservación de las tortugas marinas en Costa Rica, con énfasis en la operación de proyectos en playa y viveros. 2007. p. 9–90.
23. Chacón D, Dick B, Harrison E, Sarti L, Solano M. Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica. Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT); 2008. p. 5–48. Disponible en: <http://www.iacseaturtle.org/docs/publicaciones/15-manualcipt.pdf>

24. Carrión J. Tortugas marinas en Panamá. Órgano Informativo de la Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables, Educación Ambiental. Depto. Parques Nacionales y Vida Silvestre. MIDA-RENARE. 1984;1:34–5.
25. Filonov A, Godínez-Domínguez E, Tereshchenko I, Monzón CO, Avalos-Cueva D, Barba-López MR. Hydrometeorological variability of olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) nesting beaches: implications for conservation practices. Geosciences. 2025;15(1):11. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/geosciences15010011>
26. Castillero R, López L, Jiménez S. Caracterización de la actividad de anidación de tortugas marinas en Playa Morrillo, Veraguas, Panamá. Tecnociencia. 2024;26(1):1–22. Disponible en: <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/download/4649/3787/7445>
27. Bonilla O, Bonilla L, Vega A. Características de la anidación de *Lepidochelys olivacea* (Testudinata: Cheloniidae) entre 2010 y 2012 en Playa Tortuga Ojochal de Osa, Puntarenas, Costa Rica. Rev Biol Trop. 2015;63(1):339–49. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v63i1.23113>
28. Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA). Pronóstico de precipitación para los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2023. Monitoreo de los eventos de variabilidad climática. 2023;1:1–12. Disponible en: https://www.imhpa.gob.pa/uploads/documentos/BOLETN_DE_PRON-STICO_CLIMTICO_SEPTIEMBRE_2023-16759214.pdf
29. Guzmán A. Ecología de anidación de la tortuga marina *Chelonia mydas*, Tortuguero, Costa Rica. 2005;1–33. Disponible en: <https://hdl.handle.net/1992/22194>
30. Lombardo R, Saavedra D. Características de la anidación de tortugas marinas *Lepidochelys olivacea* y *Chelonia mydas* en Playa Lagarto, Los Santos, Panamá. Tecnociencia. 2023;25(1):63–88. Disponible en: <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/3436/3077>
31. Ferreira IM, Murillo L, Le-Corre JM, Correia M, Anastácio R, Pereira MJ. Nesting ecology of *Lepidochelys olivacea* in Lobito, Angola. Methods Protoc. 2023;7(1):2. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/mps7010002>
32. Kamrowski RL, Limpus CJ, Moloney J, Hamann M. Temporal changes in artificial light exposure of marine turtle nesting areas. Wildl Res. 2014;41(2):1–10. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/259387952_Temporal_changes_in_artificial_light_exposure_of_marine_turtle_nesting_areas
33. Gomez-Isaza DF, Hall M, Simpfendorfer C. The effect of artificial light at night on sea turtle hatchling early dispersal: a systematic review. Mar Environ Res. 2025;198:107632.
34. Karnad D, Isvaran K, Kar CS, Shanker K. Lighting the way: towards reducing misorientation of olive ridley hatchlings due to artificial lighting at Rushikulya, India. Biol Conserv. 2009;142(10):2083–8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320709001748>
35. Ellgutter C, Da Silva AR, et al. Temperature conditions in artificial sea turtle nests: implications for sex ratios and hatching success. Animals. 2024;14(8):1122. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12240679/>
36. Brenes O. Informe de temporada 2021–2022: Proyecto de conservación de tortugas marinas, Playa Tortuga, Playa Hermosa y Playa Dominical de Osa. Ojochal, Costa Rica: Reserva Playa Tortuga; 2022. Disponible en: <https://reservaplayatortuga.org/wp-content/uploads/2023/09/Informe-2021-2022-Tortugas-1.pdf>
37. Pike DA, Antworth RL, Stiner JC. Earlier nesting contributes to shorter nesting seasons for the loggerhead sea turtle *Caretta caretta*. J Herpetol. 2006;40(1):91–4. Disponible en: [https://doi.org/10.1670/0022-1511\(2006\)040\[0091:ENCTSN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1670/0022-1511(2006)040[0091:ENCTSN]2.0.CO;2)

38. Tiwari M, Bhatnagar A, Pandav B. Post-hatching evaluation of relocated nests of olive ridley sea turtles along the Odisha coast, India. *Chelonian Conserv Biol.* 2021;20(2):255–63. Disponible en: <https://doi.org/10.2744/CCB-1477.1>
39. Rodríguez B, Contreras M. Conservación de tortugas lora (*Lepidochelys olivacea*) en Playa Mata Oscura, Veraguas, Pacífico de Panamá. *Saberes Apudep.* 2020;3(2):1–5. Disponible en: https://revistas.up.ac.pa/index.php/saberes_apudep/article/view/1427/1712
40. Buenrostro-Silva A, Sánchez-Nava P, García-Grajales J, Ruiz-Gómez G. An update on female sizes and body condition of nesting olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) in La Escobilla beach sanctuary, Mexico. *Lat Am J Aquat Res.* 2024;52(4):605–17. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2024000400605

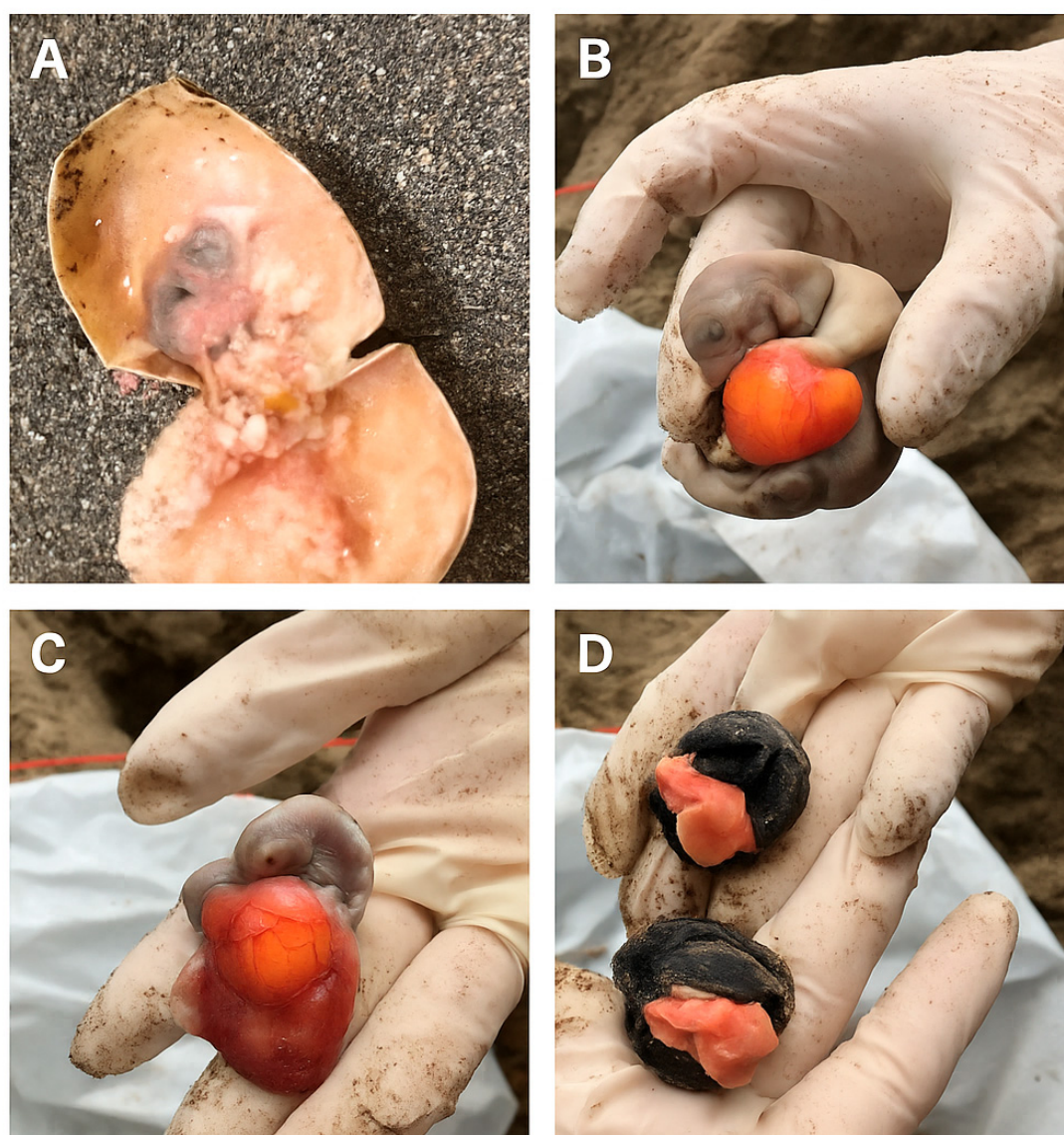


Figura S1. Estadios embrionarios observados durante la exhumación de nidos de *Lepidochelys olivacea* en Playa Santa Clara (temporada 2023–2024). Se presentan ejemplos representativos de huevos en estadios I–IV según la clasificación de Chacón et al. (2007). Las imágenes ilustran variaciones en desarrollo embrionario, necrosis y fallas de eclosión.

Received: 22 Sep 2025 / **Accepted:** 30 Nov 2025 / **Published (online):** 15 Dec 2025 (Europe/Madrid)

Citation:

Guzmán C, Hernández R, Herrera A, Gómez I. Nesting patterns and hatching outcomes of *Lepidochelys olivacea* in a high-tourism beach of the Panamanian Pacific: first reproductive assessment in Playa Santa Clara. **BioNatura Journal**. 2025; 2(4): 4. <https://doi.org/10.70099/BJ/2025.02.04.4>

Additional Information

Correspondence should be addressed to:

iyg0123@gmail.com (I. Gómez)

Peer Review Information

BioNatura Journal thanks the anonymous reviewers for their valuable contribution to the peer-review process.

Regional peer-review coordination was conducted under the **BioNatura Institutional Publishing Consortium (BIPC)**, involving:

- Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)
- Universidad de Panamá (UP)
- RELATIC (Panama)

with reviewer support via:

<https://reviewerlocator.webofscience.com/>

Publisher Information

Published by **Clinical Biotec S.L. (Madrid, Spain)** as the publisher of record under the BioNatura Institutional Publishing Consortium (BIPC).

Institutional co-publishers:

- UNAH (Honduras)
- Universidad de Panamá (Panama)
- RELATIC (Panama)

Places of publication:

Madrid (Spain); Tegucigalpa (Honduras); Panama City (Panama)

Online ISSN: 3020-7886

Open Access Statement

All articles published in **BioNatura Journal** are freely and permanently available online immediately upon publication, without subscription charges or registration barriers.

Publisher's Note

BioNatura Journal remains neutral regarding jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright and License

© 2025 by the authors.

This article is published under the terms of the **Creative Commons Attribution (CC BY 4.0)** license, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

License details: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Governance

For editorial governance, co-publisher responsibilities, and transparency statements, see the **BIPC Governance Framework (PDF)**:

<https://clinicalbiotec.com/bipc>