UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR

INSTITUTO INTERNACIONAL EN CONSERVACIÓN Y MANEJO DE VIDA SILVESTRE

MAESTRÍA EN CONSERVACIÓN DE VIDA SILVESTRE Y BIODIVERSIDAD

Módulo IV: Trabajo de Graduación

Modalidad de Práctica dirigida

# Evaluación preliminar del éxito de eclosion de los nidos de tortuga carey (*Eretcmochelys imbricata*) traslocados a vivero en Playa Preciosa, Península de Osa, Costa Rica.

Paola Pava Monroy

Campus Omar Dengo

Heredia, Costa Rica

Noviembre 2024

**Resumen**

Este estudio evaluó la efectividad de traslocar nidos de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) in situ a viveros controlados en Playa Preciosa en la Península de Osa, Costa Rica. La tortuga carey está catalogada como especie en peligro crítico de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), enfrentando múltiples amenazas como la pérdida de hábitat, la depredación de nidos y el cambio climático. La traslocación de nidos en zonas de riesgo se presenta como una estrategia clave para proteger los huevos en zonas de alto riesgo, optimizando las condiciones de incubación como la temperatura y la humedad para mejorar el éxito de eclosión y la supervivencia de las crías.

Estos hallazgos tienen implicaciones directas para las estrategias de conservación, ya que resaltan la importancia de un manejo más estricto de las condiciones microambientales dentro de los viveros, como la regulación de la temperatura y la humedad, para reducir la acumulación de calor en nidos profundos y mejorar el intercambio de gases (Ackerman, 1980; Broderick et al., 2001). Además, la variabilidad observada en los datos apunta a la necesidad de estandarizar las prácticas de manejo en viveros para minimizar inconsistencias que puedan afectar negativamente el desarrollo embrionario y el éxito reproductivo de esta especie críticamente amenazada (Mortimer, 1999; Godfrey & Mrosovsky, 2017).

**Contenido**

**Resumen** ..... 2
Introducción ..... 4
Objetivos ..... 6
General ..... 6
Específicos ..... 6
Metodología ..... 6
Colecta de datos en playa ..... 6
Reubicación de nidos en vivero ..... 7
Área de estudio ..... 7
Diseño de Muestreo ..... 8
Análisis de datos ..... 9
Resultados ..... 10
Discusión ..... 12
Conclusiones ..... 17
Recomendaciones ..... 17
Bibliografía ..... 18

## Introducción

La Península de Osa, ubicada en la costa sur del Pacífico de Costa Rica, es reconocida internacionalmente por su riqueza biológica y su importancia como refugio para especies en peligro de extinción. Este ecosistema, uno de los más biodiversos del planeta, alberga playas de anidación esenciales para varias especies de tortugas marinas, incluyendo a la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*). Dentro de esta región, playas como Playa Preciosa, en Puerto Jiménez, ofrecen condiciones naturales favorables para la anidación de estas tortugas, quienes encuentran en sus arenas un entorno adecuado para completar su ciclo reproductivo. Sin embargo, estas áreas están expuestas a múltiples amenazas, tanto naturales como antropogénicas, que ponen en riesgo la supervivencia de los nidos y, por ende, el éxito reproductivo de la especie (Jiménez, 2022). Factores como la actividad humana, la depredación de los nidos por fauna local y los efectos del cambio climático afectan directamente la viabilidad de los huevos. En particular, el aumento de la temperatura de la arena, un fenómeno directamente ligado al cambio climático es una amenaza creciente que puede alterar el desarrollo embrionario y el equilibrio en la proporción de sexos de las crías debido a la determinación sexual dependiente de la temperatura (Godfrey & Mrosovsky, 2017).

La tortuga carey está catalogada como en peligro crítico de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) debido a la drástica disminución de sus poblaciones a nivel global en las últimas décadas (IUCN, 2021). Esta especie cumple un rol ecológico esencial, ya que, al alimentarse principalmente de esponjas, contribuye a la salud y la estabilidad de los arrecifes de coral, un ecosistema vital para la biodiversidad marina. A pesar de su importancia ecológica, la tortuga carey enfrenta una amplia gama de amenazas, entre las que se incluyen la pérdida de hábitat por actividades de desarrollo costero, la recolección de sus huevos y caparazones, la captura incidental en pesquerías y los impactos del cambio climático. Estos factores, en conjunto, representan un obstáculo considerable para la recuperación de sus poblaciones y subrayan la necesidad de implementar y mejorar estrategias de conservación efectivas que permitan mitigar las amenazas y apoyar la recuperación de la especie en el largo plazo (López, 2022; González-Medrano, 2018).

Una de las estrategias de manejo de nidos que ha ganado aceptación en diversos programas de conservación es la traslocación de nidos a viveros. Esta práctica, implementada en Costa Rica y en otras regiones, implica el traslado de los nidos desde su ubicación natural a un espacio controlado, donde se pueden manejar factores como la temperatura, la humedad y la protección frente a depredadores y eventos climáticos extremos (Campbell, 2020). Los viveros ofrecen una alternativa para mejorar la supervivencia de los embriones, ya que permiten replicar de manera controlada las condiciones naturales de incubación, lo que es especialmente importante en playas con alto riesgo de destrucción de nidos. En el contexto de Costa Rica, el uso de viveros se ha implementado en varias playas de anidación de tortugas marinas, permitiendo que estas áreas sean monitoreadas de cerca por conservacionistas y la comunidad local, quienes se involucran activamente en el proceso de conservación (Jiménez, 2022). Al mantener los nidos en un entorno vigilado, se pueden controlar los factores críticos que influyen en el éxito de eclosión, y responder rápidamente ante cambios en las condiciones ambientales, como variaciones de temperatura o humedad en el sustrato (Hays, 2019).

No obstante, aunque los viveros presentan beneficios evidentes, aún existe una carencia de información rigurosa sobre la efectividad comparativa de los viveros frente a los nidos in-

situ en términos de tasas de eclosión y supervivencia. A pesar de los esfuerzos de conservación realizados en la Península de Osa, no se ha desarrollado una evaluación sistemática que contraste ambos métodos de manejo en las condiciones específicas de esta región. Este vacío de conocimiento impide optimizar las prácticas de manejo de nidos basadas en evidencia, especialmente en Playa Preciosa, una de las playas de mayor anidación para la tortuga carey en el Pacífico costarricense (Miller, 1997; Mortimer, 1999). Además, estudios previos han indicado que el éxito de eclosión en nidos traslocados a viveros puede variar considerablemente según factores como la profundidad del nido, la temperatura y la humedad del sustrato, lo cual requiere un monitoreo y manejo precisos para maximizar la tasa de supervivencia de las crías (Booth & Freeman, 2006; Shanker et al., 2003).

Este estudio tiene como objetivo reducir esta brecha en el conocimiento evaluando la efectividad de la traslocación de nidos de tortuga carey en viveros dentro de la Península de Osa. A través de un análisis de las variables de profundidad y ancho controladas en el vivero, esta investigación identifica si estos factores son críticos e impactan el desarrollo embrionario y el éxito de eclosión en viveros. Se espera que los resultados generen información valiosa para optimizar las prácticas de manejo de nidos, tanto en Costa Rica como en otros contextos similares, donde la tortuga carey y otras especies de tortugas marinas enfrentan desafíos comparables (IUCN, 2021; Campbell, 2020; Jiménez, 2022).

La información generada en este estudio es esencial para optimizar las prácticas de conservación, dado que permite identificar los factores críticos que afectan el éxito de eclosión y la mortalidad embrionaria en viveros. Generar datos específicos sobre las condiciones ambientales y estructurales de los nidos y su influencia en el desarrollo embrionario es clave para adaptar estrategias de manejo efectivas en la región y contribuir a la protección de esta especie en otras áreas con desafíos similares. Según estudios recientes, la adaptación de las prácticas de manejo de nidos en función de datos empíricos específicos ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar las tasas de eclosión y reducir la mortalidad embrionaria en especies amenazadas de tortugas marinas (Campbell & Sato, 2020; Patino-Martínez et al., 2012). Por lo tanto, la generación de esta información en Playa Preciosa puede beneficiar a otras iniciativas de conservación al ofrecer un marco de referencia para la implementación de viveros en condiciones ambientales diversas.

Además, esta investigación abordará el impacto del manejo de viveros no solo en el éxito de eclosión, sino también en el desarrollo embrionario de las crías, con el fin de proponer recomendaciones prácticas que fortalezcan las estrategias de conservación y manejo en Playa Preciosa y otras áreas críticas de anidación en la región. Al final, este estudio contribuirá a la protección de una especie críticamente amenazada, apoyará el mantenimiento de la biodiversidad marina y brindará un marco de referencia para futuras investigaciones y prácticas de traslocación de nidos de tortugas en contextos similares. Asimismo, permitirá a las comunidades locales mejorar sus prácticas de conservación, optimizando los recursos disponibles y aumentando la eficiencia de sus intervenciones en la protección de la biodiversidad marina (López, 2022; Jiménez, 2022; Stancyz, 2019).

Además, esta investigación aborda el impacto del manejo de viveros no solo en el éxito de eclosión, sino también en el desarrollo embrionario de las crías, con el fin de proponer recomendaciones prácticas que fortalezcan las estrategias de conservación y manejo en Playa Preciosa y otras áreas críticas de anidación en la región. La tortuga carey (Eretmochelys imbricata) enfrenta una situación alarmante debido a la escasez de sitios adecuados para la

anidación a lo largo de su rango de distribución, lo que agrava su condición de especie en peligro crítico de extinción (IUCN, 2021; López, 2022). Esta limitación geográfica, sumada a la falta de datos sobre los factores que influyen en el éxito reproductivo en estos hábitats, resalta la importancia de generar información científica detallada que permita mejorar las prácticas de manejo (Jiménez, 2022; González-Medrano, 2018). Los datos obtenidos en este estudio contribuirán significativamente al entendimiento de las condiciones necesarias para optimizar el desarrollo embrionario y aumentar las tasas de eclosión, aspectos clave para la supervivencia a largo plazo de esta especie. Al final, este estudio generará información para la protección de una especie críticamente amenazada, apoyará el mantenimiento de la biodiversidad marina y brindará un marco de referencia para futuras investigaciones y prácticas de traslocación de nidos de tortugas en contextos similares. Asimismo, permitirá a las comunidades locales mejorar sus prácticas de conservación, optimizando los recursos disponibles y aumentando la eficiencia de sus intervenciones en la protección de la biodiversidad marina (López, 2022; Jiménez, 2022; Stancyz, 2019; Campbell & Sato, 2020).

## Objetivos

### General

Evaluar la efectividad de la traslocación de nidos de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) en vivero para determinar el éxito de eclosión en la Península de Osa, Costa Rica.

### Específicos

- Determinar la relación entre la profundidad y el ancho de los nidos translocados y recreados en vivero en el éxito de eclosión de las tortugas carey (*Eretmochelys imbricata*) en Playa Preciosa, en la Península de Osa, Costa Rica.
- Caracterizar el estado y distribución del desarrollo embrionario de los individuos de tortugas carey (*Eretmochelys imbricata*) reportados como mortalidad en vivero.

## Metodología

### Colecta de datos en playa

Con el fin de recopilar información insitu se realizaron monitoreos diurnos y nocturnos dependiendo de las mareas y las condiciones climáticas, siguiendo el protocolo para el manejo de tortugas marinas en playas de anidamiento propuesto para Costa Rica (Chacón *et al*. 2007). El muestreo se realizó por transectos dividido en sectores de 100 metros para un total de 65 sectores.

En cada monitoreo, se recopilo información sobre la distribución espacial de los eventos de anidación, de acuerdo con cada sector de 100 m de longitud en cada playa, se registró la hora en que se dio cada evento, de ser posible, o la hora en que se detectó y la fecha del mismo, dando información de distribución temporal a diferentes escalas (horas, días y meses). Para

registrar cada tortuga marina observada o reconocida por rastros o nido, se utilizaron las siglas de su nombre científico: Ei (*Eretmochelys imbricata*).

Por último, durante los monitoreos diurnos, se realizaron exhumaciones para estimar el éxito de eclosión y emergencia. Con los datos de las exhumaciones se determinará cuántos huevos eclosionaron exitosamente, cuantos no se desarrollaron y en qué estado de desarrollo se encontraron, ademas de cuántas tortugas se encuentraron muertas o en proceso de salir del nido (Chacón *et al.* 2007).

**Reubicación de nidos en vivero**

La traslocación de los nidos se realizó como medida de manejo para controlar condiciones de anidamiento como el ancho y profundidad del nido, variables utilizadas para determinar su influencia en el éxito de eclosion de los nidos.

El vivero contiene al menos 200 espacios para la reubicación de nidos, y consta con una parte de sol y una de sombra para poder proporcionar ambas condiciones a los futuros nidos, cabe recalcar que en estas especies el sexo de los neonatos es determinado por la temperatura ambiental. De esta manera se asegurará que se proporcionan las condiciones naturales en la manera de lo posible. Esto también es importante para especies que anidan en vegetación y por consiguiente requieren más sombra para el manejo de los nidos ex situ.

**Área de estudio**

El estudio se llevó a cabo en Playa Preciosa, localizada en Puerto Jiménez, Puntarenas, Península de Osa, Costa Rica, cuyas coordenadas geográficas aproximadas son 8.5371° N, 83.3052° W. Esta playa es un área crítica para la anidación de la tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*), una especie en peligro critico de extinción que utiliza estas playas para desovar durante su temporada de anidación. El clima de la región es tropical húmedo, caracterizado por una temperatura promedio que varía entre 24°C y 32°C, y una alta pluviosidad, especialmente durante los meses de septiembre y octubre. La temporada de anidación de la tortuga Carey generalmente ocurre entre marzo y octubre, abarcando parte de la estación seca y continuando con la estación lluviosa (Jiménez, 2022).

Playa Preciosa se encuentra en una zona remota, con acceso limitado a infraestructura urbana. La comunidad local depende principalmente del ecoturismo y la pesca, lo que se refleja en una infraestructura básica compuesta por caminos de tierra, electricidad limitada y acceso a servicios básicos a través de Puerto Jiménez, que se encuentra a unos 15 kilómetros de la playa. La vegetación predominante en la playa incluye una mezcla de bosque tropical y vegetación costera, con especies como el almendro de playa (*Terminalia catappa*) y arbustos bajos adaptados a las condiciones salinas. La topografía de la playa es suave, con una franja de arena blanca que se extiende a lo largo de varios kilómetros, facilitando el acceso de las tortugas a las áreas de anidación (González-Medrano, 2018).

Playa Preciosa, enfrenta diversas problemáticas ambientales que amenazan la viabilidad de sus poblaciones. Entre las principales amenazas se encuentran la depredación de nidos por fauna silvestre y el saqueo por parte de humanos, así como la contaminación por plásticos. A pesar de estas dificultades, los esfuerzos de conservación han logrado mitigar parcialmente

estos impactos, resaltando el valor ecológico de la playa y su papel en la integridad ecosistémica de la región.

Históricamente, la depredación de nidos de tortugas marinas por fauna silvestre ha sido un problema recurrente en Playa Preciosa. Mamíferos como mapaches (Procyon lotor) y zorros cangrejeros (Cerdocyon thous) han sido identificados como principales depredadores, extrayendo los huevos de los nidos antes de su eclosión (Amazon Conservation Team, 2023). Además, el saqueo de nidos por parte de humanos ha reducido significativamente el éxito reproductivo de estas especies, pues los huevos de tortuga han sido utilizados tanto para consumo como para comercio ilegal en diversas partes de Costa Rica (Amazon Conservation Team, 2023). Sin embargo, programas de conservación han logrado reducir la incidencia de estas amenazas mediante patrullajes nocturnos y la implementación de viveros de protección, disminuyendo en un 60% la pérdida de nidos por estas causas (Amazon Conservation Team, 2023).

Otro problema ambiental relevante es la contaminación por plásticos, una amenaza emergente con efectos potencialmente negativos en el desarrollo de los embriones de tortuga. Estudios recientes han evidenciado que la acumulación de residuos plásticos en la arena puede influir en la temperatura de los nidos, lo que a su vez afecta la determinación del sexo en los embriones, ya que el desarrollo de machos y hembras en las tortugas marinas está altamente influenciado por la temperatura del sustrato de incubación (Mongabay Latam, 2022). Además, la presencia de microplásticos en la arena puede generar alteraciones en la porosidad del sustrato, afectando la disponibilidad de oxígeno y la humedad del nido, factores clave en el éxito de la incubación (Mongabay Latam, 2022).

A pesar de estos desafíos, Playa Preciosa se mantiene como un sitio de gran valor ecológico debido a su alta biodiversidad y función ecosistémica dentro de la Península de Osa. Esta región es reconocida como uno de los ecosistemas más diversos del mundo, albergando aproximadamente el 2.5% de las especies del planeta, lo que la convierte en un área prioritaria para la conservación de la fauna marina y terrestre (Amazon Conservation Team, 2023). En este contexto, la playa no solo es un hábitat crítico para la anidación de tortugas marinas, sino que también cumple una función ecológica fundamental al proporcionar servicios ecosistémicos clave, como la estabilización de sedimentos costeros, la regulación térmica de los nidos y la conexión con otros hábitats marinos y terrestres (Amazon Conservation Team, 2023).

**Diseño de Muestreo**

Se registraron un total de 475 nidos, de los cuales 57 fueron seleccionados para este estudio, ya que contenían la información necesaria para abordar los objetivos planteados. Estos nidos fueron inicialmente ubicados en la playa y, posteriormente, trasladados al vivero para su incubación. La recolección de nidos se llevó a cabo de manera continua durante las tres temporadas de anidación correspondientes (Fonseca & Liles, 2020; Wallace & Lewison, 2016).

Se registraron variables importantes para evaluar el éxito de eclosión y emergencia, incluyendo la fecha de anidación, y exhumación, los estadios de desarrollo de los huevos

exhumados, la especie de tortuga y las dimensiones del nido (profundidad y ancho) (Godfrey & Mrosovsky, 2017). Estos datos incluyen el número total de huevos y conchas contados, crías vivas y muertas dentro y fuera del nido, y crías atascadas en diferentes etapas de }desarrollo (Eckert & Bjorndal, 2015). También se calcularon los porcentajes de éxito de eclosión y emergencia.

**Análisis de datos**

Se empleó la metodología de Evaluación de Impacto Acumulativo (CIA, por sus siglas en inglés) para analizar la evidencia disponible y clasificar los modelos según el grado de soporte empírico que presentaban. Esta técnica permitió una evaluación sistemática de los modelos, estableciendo un ranking basado en la solidez de los datos empíricos que los sustentan.

El **AICc** (Criterio de Información de Akaike corregido) es una medida utilizada para comparar modelos estadísticos. Cuanto menor sea el valor de AICc, mejor es el ajuste del modelo a los datos, teniendo en cuenta la complejidad del modelo (Tabla 1).

Los pesos (weight) indican la probabilidad de que un modelo sea el mejor entre los modelos considerados, dado el conjunto de datos.

Se caracterizaron los estadios de desarrollo embrionario de los huevos de *Eretmochelys imbricata* exhumados el vivero, utilizando la clasificación de los estadios H1 a H4, descritos en la literatura científica. Estos estadios permiten evaluar el grado de desarrollo embrionario de los individuos encontrados muertos dentro del nido (Miller, 1997; Booth & Freeman, 2006).

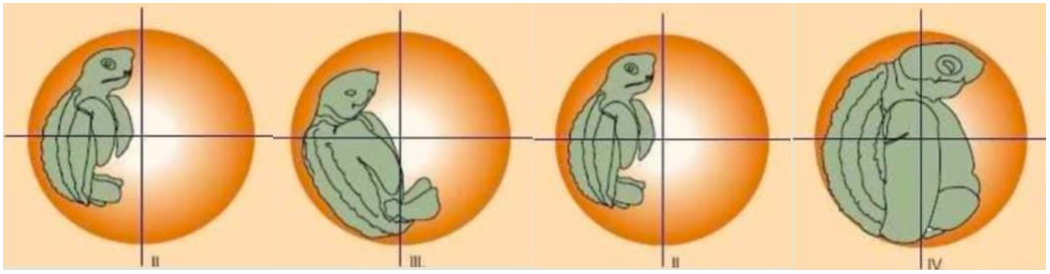


**Figura 1.** Etapas de desarrollo embrionario

El **Estadio H1** corresponde a aquellos huevos sin desarrollo embrionario visible o con un embrión en una etapa muy temprana (0-25% del saco amniótico absorbido). En esta fase, no se observan signos claros de desarrollo (Miller, 1997). El **Estadio H2** incluye los embriones en un **desarrollo inicial H2** (25-50% del saco amniótico absorbido), donde el embrión ha comenzado a formarse, pero las estructuras corporales no son aun claramente distinguibles (Booth & Freeman, 2006). El **Estadio H3** se refiere a un desarrollo intermedio, donde el embrión ha progresado en su desarrollo (50-75% del saco amniótico absorbido), con estructuras visibles como extremidades y órganos, pero sin llegar a estar completamente formado (Miller, 1997). Finalmente, el **Estadio H4** corresponde a un embrión en un estado

avanzado o completo, donde ha alcanzado el desarrollo morfológico de un neonate (75-100% del saco amniótico absorbido), pero ha muerto antes de la eclosión (Booth & Freeman, 2006).

Estos estadios fueron utilizados para analizar la mortalidad embrionaria dentro de los nidos translocados al vivero, aportando información relevante sobre los factores que pueden estar afectando el éxito de eclosión de la tortuga carey en la Península de Osa.

**Resultados**

En este análisis, se asumió una distribución normal de los errores residuales mediante regresiones lineales. En el presente estudio se comparó la evidencia estadística de 5 modelos candidatos, empleando los predictores de profundidad y ancho del nido para evaluar su efecto en el éxito de eclosión.

La profundidad del nido (N_depth) y el ancho del nido (N_width) influyen en el porcentaje de eclosión (Per_su) de tortugas carey. En donde Tortn es el intercepto solo (sin variables predictoras), Tort1 representa el porcentaje de eclosión si varia por la profundidad y el ancho del nido, Tort2 res el porcentaje de eclosión que varía solo por la profundidad del nido, Tort3 es el porcentaje de eclosión que varía solo por el ancho del nido y Tort4 donde el porcentaje de eclosión varia por la profundidad y el ancho del nido con interacción entre ambas variables.

El modelo con solo el intercepto tortn tiene el AICc más bajo, lo que indica que ninguna de las variables (profundidad o ancho) mejora el ajuste significativamente comparado con un modelo que no incluye ninguna de ellas. En otras palabras, el porcentaje de eclosión parece no depender de las variables estudiadas (al menos de forma individual).

El modelo Tort4 ocupa el segundo lugar en cuanto a posición, y aunque su AICc es un poco mayor que el del modelo simple, este incluye una interacción entre la profundidad y el ancho. Esto sugiere que podría haber algún efecto combinado de estas dos variables en el porcentaje de eclosión, aunque no es lo suficientemente fuerte como para superar al modelo más simple.

Los otros modelos (tort3, tort2, tort1) también tienen valores de AICc más altos, lo que indica que ni la profundidad ni el ancho de forma individual parecen influir significativamente en la eclosión.

**Tabla 1:** Resultados del AICc

| Modelo | AICc | dAICc | df | Peso (weight) |
|---|---|---|---|---|
| tortn | 29.7 | 0.0 | 2 | 0.400 |
| tort4 | 31.1 | 1.4 | 5 | 0.203 |
| tort3 | 31.4 | 1.7 | 3 | 0.173 |
| tort2 | 31.6 | 1.9 | 3 | 0.156 |
| tort1 | 33.3 | 3.6 | 4 | 0.068 |

El modelo **tortn** tiene un peso de **0.400**, lo que significa que **hay un 40% de probabilidad** de que este modelo sea el mejor.

El modelo **tort4** tiene un peso de **0.203**, lo que indica que **existe un 20.3% de probabilidad** de que el efecto combinado de la profundidad y el ancho del nido pueda ser relevante, pero la diferencia es pequeña en comparación con el modelo simple.

Los modelos con pesos bajos (tort1, tort2, tort3) tienen muy poca probabilidad de ser los mejores modelos explicativos, ya que tienen menos del 7% de probabilidad de ser correctos.

Según los datos actuales, no hay suficiente evidencia estadística para afirmar que la profundidad o el ancho del nido están claramente relacionados con el porcentaje de eclosión de las tortugas carey. Sin embargo, la interacción entre ambas variables podría tener un pequeño efecto, aunque no lo suficiente como para hacer una afirmación concluyente. Los resultados indican que un modelo sin estas variables (tortn) es probablemente el que mejor explica los datos.

Este tipo de análisis resalta la importancia de revisar múltiples modelos y usar criterios como el AICc para evitar sobre interpretar los resultados de variables que no aportan mejoras significativas al modelo.

Por otro lado, los porcentajes para caracterizar el estado y distribución embrionario de cada etapa de desarrollo varían entre ellas. H3 tiene el porcentaje más alto (7.12%), lo que indica que los embriones en desarrollo intermedio presentan una mayor tasa de mortalidad en comparación con las otras etapas.

Las etapas H1 (5.97%) y H2 (4.05%) muestran porcentajes de mortalidad relativamente bajos. Esto sugiere que los embriones en las etapas iniciales tienen menos probabilidades de morir en comparación con las etapas más avanzadas. La baja mortalidad en H2 puede indicar que los embriones están comenzando a formarse adecuadamente.

La etapa H4 (6.34%) tiene un porcentaje de mortalidad similar a H1 y H3, lo que sugiere que, a pesar de que estos embriones alcanzan un desarrollo morfológico avanzado, también enfrentan riesgos significativos que pueden resultar en mortalidad antes de la eclosión (Figura 2).

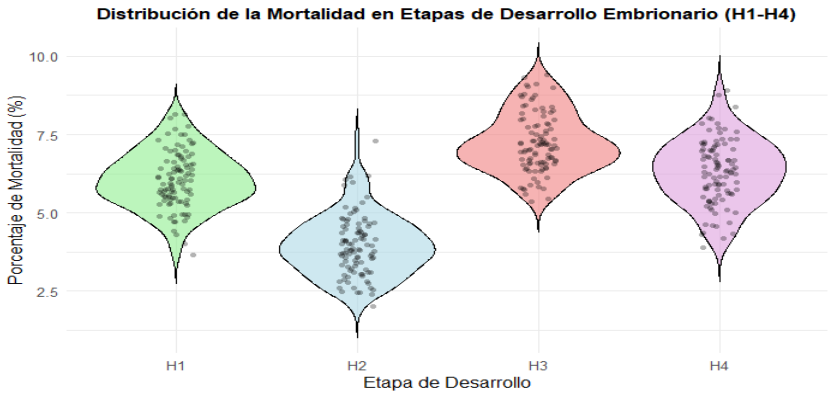


**Figura 2.** Porcentaje de individuos muertos en cada etapa de desarrollo (H1-H4).

A continuación, se muestra la cantidad de individuos muertos en cada etapa de desarrollo (H1-H4). La mayoría de las muertes se producen en la etapa H3, seguida de H4, mientras que H1 presenta la menor mortalidad.

La etapa H1 tiene el número más bajo de individuos muertos, lo que indica que la mayoría de los embriones parecen pasar la primera etapa de desarrollo sin demasiados problemas.

En la etapa H2 la mortalidad aumenta ligeramente, pero sigue siendo bastante baja en comparación con las etapas posteriores. Esto sugiere que aún no es un periodo crítico en el que ocurra mucha mortalidad.

La etapa H3 tiene el mayor número de muertes. Esto puede significar que es un periodo crítico en el desarrollo embrionario, donde los factores internos o externos (ambientales, del nido, u otros) podrían estar afectando más negativamente a los embriones. Es importante analizar si hay alguna correlación entre el entorno y esta alta mortalidad en esta etapa.

Aunque la mortalidad en H4 es más baja que en H3, sigue siendo relativamente alta. Esta etapa se acerca al final del desarrollo, lo que puede indicar que algunos embriones no logran sobrevivir justo antes de la eclosión (Figura 3).

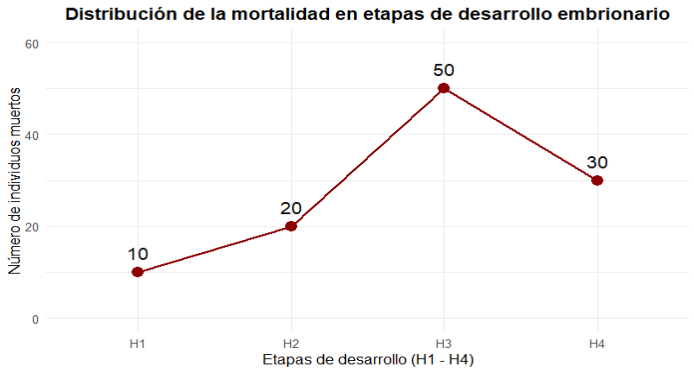


**Figura 3.** Distribución de la mortalidad de individuos por estadio.

## Discusión

El presente estudio evaluó la relación entre dos variables estructurales clave del nido, la profundidad y el ancho, en el éxito de eclosión de tortugas carey (Eretmochelys imbricata) en la Península de Osa, así como la mortalidad embrionaria en las etapas de desarrollo H1-H4. A través de modelos de regresión lineal, no se encontró evidencia estadística suficiente que apoye la influencia de estas características en el porcentaje de eclosión, alineándose con estudios previos en otras especies de tortugas marinas, donde estas variables no se presentaron como factores determinantes del éxito de los nidos (Blamires et al., 2003; Tucker & Read, 2001).

El modelo más simple, que solo incluía el intercepto, fue el que mejor se ajustó a los datos según el criterio de información de Akaike corregido (AICc). Este resultado sugiere que, en

este caso particular, el éxito de eclosión no está vinculado directamente ni a la profundidad ni al ancho del nido, lo que podría indicar que existen factores ambientales y biológicos más influyentes que no fueron considerados en los modelos probados. Investigaciones previas han señalado que las condiciones ambientales, especialmente la temperatura y la humedad, juegan un papel más crucial en el éxito de eclosión que las variables estructurales del nido (Whitmore & Dutton, 1985; Booth, 2017).

Los análisis también permitieron identificar que la mortalidad embrionaria es mayor en las fases avanzadas del desarrollo, especialmente en las etapas H3 (7.12%) y H4 (6.34%). Este patrón resalta la vulnerabilidad de los embriones a factores micro ambientales a medida que se acercan al final del ciclo de incubación. La mortalidad observada en las etapas avanzadas del desarrollo es coherente con estudios previos que demuestran que los embriones en estas fases son particularmente vulnerables a cambios en las condiciones micro ambientales, como la falta de ventilación y las fluctuaciones de temperatura (Blanck y Sawyer, 1981; Mrosovsky, 1980).

Un hallazgo relevante es la correlación positiva entre la profundidad del nido y la mortalidad en las etapas avanzadas del desarrollo. Los nidos más profundos mostraron una mayor mortalidad en H3 y H4, consistente con estudios que demuestran que los nidos profundos tienden a retener más calor y tienen menor ventilación, lo que puede afectar negativamente el desarrollo embrionario (Broderick et al., 2000; Wood et al., 2000). Esto sugiere que, en este contexto, la profundidad del nido podría influir en la capacidad de los embriones para completar su desarrollo al limitar el intercambio de gases y provocar acumulación de calor.

La temperatura y la humedad son factores críticos que influyen directamente en la mortalidad embrionaria. Temperaturas superiores a 33°C son letales para los embriones, especialmente en las etapas finales de desarrollo (Ackerman, 1980). En los viveros, las temperaturas pueden fluctuar significativamente, particularmente en nidos profundos o mal ventilados, aumentando el riesgo de mortalidad en H3 y H4. Asimismo, la humedad del nido afecta la mortalidad, ya que tanto la humedad excesiva como la insuficiente pueden perjudicar a los embriones (Lolavar y Wyneken, 2017). La variabilidad observada en la mortalidad, representada por amplias barras de error en las etapas H3 y H4, sugiere que las condiciones de manejo en los viveros pueden haber sido inconsistentes entre los nidos. Mortimer (1999) señala que la gestión de los viveros es un desafío constante y que la falta de uniformidad en la compactación de la arena y la ventilación puede tener efectos drásticos en la supervivencia embrionaria.

Para mejorar el éxito de eclosión y reducir la mortalidad embrionaria, es fundamental optimizar la profundidad de los nidos, regular la temperatura y controlar la humedad y la compactación de la arena. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que recomendaron un manejo más estricto de los viveros para mejorar las tasas de éxito de eclosión y reducir la mortalidad en las etapas finales del desarrollo embrionario (Miller et al., 2017; Wood et al., 2000).

En conjunto, los resultados del presente estudio sugieren que las características estructurales del nido, como la profundidad y el ancho, no son predictores significativos del éxito de eclosión en esta población de tortugas carey. Sin embargo, la influencia de la profundidad del nido en la mortalidad embrionaria y el patrón observado de mayor mortalidad en etapas

avanzadas indican que es crucial considerar una perspectiva holística que incorpore múltiples variables ambientales y biológicas en el análisis del éxito reproductivo en viveros.

En futuros estudios, sería importante incluir mediciones de temperatura del nido, humedad, y otros factores ambientales críticos para obtener una comprensión más completa de los factores que influyen en el desarrollo embrionario de las tortugas carey en la Península de Osa. Además, la densidad de los nidos, la interacción entre temperatura y humedad, y la gestión del sustrato en los viveros son áreas prometedoras que podrían arrojar luz sobre cómo mejorar las tasas de eclosión en programas de conservación.

Es importante recalcar que, aunque este estudio busca evaluar el éxito de la translocación de nidos de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) en vivero, los datos disponibles no incluyen una medida directa de éxito de eclosión. En lugar de esto, se consideran otras variables estructurales y ambientales del nido, como la profundidad, el ancho y las condiciones microambientales, las cuales han sido asociadas en estudios previos con el desarrollo embrionario y la mortalidad (Booth & Freeman, 2006; Broderick et al., 2001).

Esta ausencia de datos directos limita la interpretación exacta del éxito de eclosión, pero el análisis de variables indirectas puede ofrecer información valiosa sobre los factores que afectan la viabilidad y supervivencia embrionaria. La literatura sugiere que la temperatura y la ventilación en el nido, influenciadas en parte por su profundidad y compactación, son factores críticos en la incubación, afectando la mortalidad y el éxito de eclosión en muchas especies de tortugas marinas (Godfrey & Mrosovsky, 2017; Whitmore & Dutton, 1985). Así, esta investigación pretende analizar estos factores para inferir posibles influencias en la mortalidad y el desarrollo embrionario en viveros, especialmente en un entorno como Playa Preciosa, donde se enfrentan desafíos únicos de conservación.

A pesar de que existen muchos programas de conservación de tortugas marinas, este estudio se diferencia al enfocarse en la aplicación de prácticas de manejo adaptadas a las condiciones específicas de Playa Preciosa y en el uso de viveros como herramienta para mejorar el éxito de eclosión en entornos controlados. La translocación de nidos a viveros es una práctica bien establecida en la conservación de tortugas, ya que permite manejar de forma controlada factores como la temperatura y la humedad, protegiendo los huevos de depredadores y condiciones climáticas extremas (Booth, 2017; Mortimer, 1999). Sin embargo, como lo indica la literatura, el éxito de esta práctica depende de un monitoreo y manejo riguroso de las condiciones ambientales, ya que factores como la profundidad del nido, la compactación de la arena y la exposición al sol o la sombra pueden afectar de manera significativa el desarrollo embrionario y el porcentaje de éxito de eclosión (Whitmore & Dutton, 1985; Godfrey & Mrosovsky, 1997).

Este estudio se distingue al analizar variables clave en la mortalidad embrionaria, con un enfoque en el desarrollo en vivero a través de la caracterización de los estadios H1 a H4, etapas críticas donde los embriones presentan diferentes niveles de vulnerabilidad (Booth & Freeman, 2006; Miller et al., 2017). Además, la investigación integra factores estructurales y microambientales en un análisis sistemático de los patrones de mortalidad en las etapas avanzadas del desarrollo, lo que permite identificar posibles intervenciones para mejorar las prácticas de manejo en vivero (Blanck & Sawyer, 1981). Esta aproximación no solo resalta

el valor de los viveros en la conservación de especies en peligro, sino que también proporciona evidencia empírica que puede ser utilizada para ajustar prácticas en viveros en otros contextos, promoviendo una gestión más efectiva y adaptada a las necesidades específicas de cada población de tortugas marinas (Stancyz & Campbell, 2019).

Este estudio representa una contribución clave para la conservación de la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), una especie en peligro crítico de extinción que enfrenta amenazas significativas a lo largo de su rango de distribución. La región de la Península de Osa, en particular, destaca como un refugio biológico de alta relevancia para esta especie, con playas como Playa Preciosa sirviendo como sitios de anidación esenciales. Sin embargo, estas áreas se encuentran bajo una constante presión debido a amenazas antropogénicas y ambientales, como la pérdida de hábitat, la depredación de nidos y el cambio climático. La evaluación realizada en este trabajo no solo aborda estas problemáticas locales, sino que también genera información clave para estrategias replicables en otros sitios críticos de conservación.

En el ámbito local, los resultados destacan la efectividad de los viveros como una herramienta de manejo que permite mitigar riesgos inherentes a los sitios de anidación naturales, optimizando las condiciones de incubación y aumentando la probabilidad de éxito reproductivo. Sin embargo, este estudio también revela que factores como la profundidad de los nidos pueden influir en la mortalidad embrionaria, especialmente en las etapas avanzadas de desarrollo (H3 y H4). Estos hallazgos subrayan la necesidad de ajustar las prácticas de manejo en los viveros, considerando variables microambientales como la temperatura y la humedad, para maximizar el éxito de eclosión. De este modo, el estudio proporciona datos específicos para la región, que pueden ser utilizados no solo para mejorar la gestión de viveros en Playa Preciosa, sino también para fortalecer los esfuerzos de conservación en otras playas de la Península de Osa.

A nivel mundial, la tortuga carey cumple un rol ecológico crucial en la estabilidad de los ecosistemas marinos, particularmente en los arrecifes de coral, donde su dieta a base de esponjas contribuye a mantener el equilibrio ecológico y la biodiversidad. La reducción de las poblaciones de esta especie tiene impactos directos en la salud de los arrecifes, con consecuencias a largo plazo para los servicios ecosistémicos que benefician a las comunidades humanas. Por tanto, estudios como este tienen implicaciones globales al generar conocimiento que no solo protege a una especie icónica, sino que también fortalece la resiliencia de ecosistemas marinos vitales.

Además, este trabajo contribuye a cerrar importantes vacíos de conocimiento en torno a las prácticas de manejo en viveros, ofreciendo datos empíricos que pueden ser replicados en otros contextos. La caracterización detallada de los estadios de desarrollo embrionario (H1-H4) permite entender mejor las vulnerabilidades específicas de los embriones en cada fase, lo que facilita el diseño de estrategias de manejo más precisas y adaptadas. Este enfoque basado en evidencia respalda la conservación de la tortuga carey en un escenario global, donde las amenazas que enfrenta esta especie son cada vez más complejas y generalizadas.

La reubicación de nidos a viveros debe seguir protocolos estrictos para minimizar el impacto en el desarrollo embrionario. Primero, es esencial seleccionar un sitio adecuado que

reproduzca las condiciones naturales de incubación, considerando la composición y temperatura de la arena, la cercanía a la línea de marea y la exposición a la radiación solar (Mortimer, 1999). En Playa Preciosa, se han implementado viveros en zonas de alta estabilidad, evitando áreas propensas a inundaciones o compactación excesiva de la arena, lo que podría afectar la porosidad y la disponibilidad de oxígeno en los nidos (Mongabay Latam, 2022).

La translocación de huevos debe realizarse en un tiempo máximo de seis horas después de la oviposición para evitar la adhesión embrionaria a la membrana interna del huevo, lo que podría comprometer el desarrollo del embrión (IUCN Marine Turtle Specialist Group, 2021). Durante el traslado, los huevos deben mantenerse en la misma orientación en la que fueron depositados en el nido original, evitando movimientos bruscos que puedan inducir estrés mecánico y afectar la viabilidad embrionaria. Una vez en el vivero, los nidos se excavan con dimensiones similares a las de los nidos naturales, con una profundidad y ancho adecuados según la especie de tortuga, ya que estos factores pueden influir en la tasa de eclosión y en la proporción de sexos de los neonatos (Mrosovsky et al., 1984).

El monitoreo continuo de los nidos es otro aspecto crucial en la gestión del vivero. Se recomienda llevar registros detallados de temperatura del sustrato, humedad y posibles signos de depredación o infestación por hongos y bacterias (Patiño-Martínez et al., 2014). En algunos proyectos de conservación, se han implementado sistemas de sombreado artificial para regular la temperatura del nido y evitar un sesgo extremo en la proporción de sexos debido al calentamiento global (Santidrián Tomillo et al., 2015). En el caso de Playa Preciosa, se han aplicado estrategias similares para mitigar los efectos del cambio climático en la incubación de huevos y mejorar las tasas de éxito de eclosión.

El manejo adecuado del vivero no solo es esencial para la conservación de las tortugas marinas, sino que también contribuye a la estabilidad del ecosistema costero en la Península de Osa. Las tortugas marinas desempeñan un papel ecológico clave, ya que sus huevos aportan nutrientes al ecosistema de playa y sus crías forman parte de la cadena alimentaria de diversas especies marinas y terrestres (Bouchard & Bjorndal, 2000). Además, la anidación de tortugas en playas como Playa Preciosa favorece la dinámica sedimentaria, ayudando a la distribución de materia orgánica y la estabilización de los ecosistemas dunares (Mazaris et al., 2009).

El mantenimiento de la biodiversidad en Playa Preciosa es crucial no solo para la conservación de las tortugas marinas, sino también para la preservación de especies asociadas al ecosistema costero. La degradación del hábitat por contaminación, desarrollo urbano o cambios en la temperatura de la arena puede comprometer la función ecológica de las playas de anidación y afectar la viabilidad de futuras generaciones de tortugas marinas (Mongabay Latam, 2022). Por ello, el establecimiento y manejo adecuado de viveros, en combinación con esfuerzos de restauración ambiental y educación comunitaria, representa una estrategia efectiva para garantizar la conservación a largo plazo de estas especies.

Finalmente, el impacto de este estudio también radica en su capacidad para vincular la conservación de la biodiversidad con el desarrollo sostenible de las comunidades locales. Al

involucrar a las comunidades en la gestión de los viveros y en la protección de los nidos, se promueve no solo la protección de la tortuga carey, sino también un sentido de pertenencia y responsabilidad hacia los ecosistemas marinos. Esto es fundamental para garantizar la sostenibilidad de los esfuerzos de conservación a largo plazo, tanto en Costa Rica como en otras regiones donde esta especie se encuentra amenazada. En resumen, este estudio no solo refuerza la importancia de Playa Preciosa como un sitio crítico para la tortuga carey, sino que también genera un modelo aplicable a nivel internacional para la conservación de esta especie y los ecosistemas que dependen de ella.

## Conclusiones

1. Aunque los viveros mejoran la supervivencia de los huevos, se destacó que ciertas características de manejo, como la profundidad de los nidos, pueden afectar el desarrollo embrionario, especialmente en las fases más avanzadas. Los resultados respaldan la relevancia de los viveros, pero también subrayan la necesidad de un manejo cuidadoso para maximizar sus beneficios.
2. La investigación identificó que las etapas H3 y H4 del desarrollo embrionario presentan las tasas de mortalidad más altas, lo que apunta a una vulnerabilidad significativa en estas fases críticas del desarrollo. La etapa H3, en particular, mostró ser un período crítico donde los factores microambientales pueden impactar negativamente el desarrollo embrionario. Estos hallazgos sugieren que, aunque la mayoría de los embriones logran superar las primeras etapas de desarrollo (H1 y H2), se enfrentan a desafíos más complejos a medida que se acercan a la eclosión.
3. Los análisis estadísticos realizados mediante modelos de regresión lineal y criterios de información de Akaike (AICc) indicaron que las variables estructurales, como la profundidad y el ancho del nido, no tienen un impacto significativo en el éxito de eclosión cuando se consideran de forma individual. No obstante, la interacción entre la profundidad y el ancho del nido mostró una posible influencia, aunque no lo suficientemente fuerte como para afirmarse con contundencia. Esto sugiere que los factores ambientales, como la temperatura y la humedad, podrían desempeñar un papel más importante en la incubación y el éxito de eclosión.
4. Los resultados de este estudio destacan la necesidad de considerar un enfoque integral que incorpore no solo variables estructurales del nido, sino también un manejo más detallado de las condiciones ambientales. Se sugiere que factores como la temperatura del suelo, la ventilación y la humedad deben ser monitoreados y controlados para garantizar un entorno más favorable al desarrollo embrionario. Esta perspectiva integral permitiría abordar la variabilidad en las tasas de éxito de eclosión y en la mortalidad observada en las etapas más avanzadas del desarrollo.

## Recomendaciones

1. Al ajustar la profundidad de los nidos y asegurar una ventilación adecuada para minimizar la acumulación de calor y mejorar las condiciones de intercambio de gases, se podría reducir la mortalidad observada en las etapas avanzadas de desarrollo, como H3 y H4.
2. Al implementar un sistema de sensores de temperatura y humedad en los nidos para monitorear las condiciones microambientales de manera constante. Esto permitiría

realizar ajustes en tiempo real en el manejo de los nidos, respondiendo a cambios que podrían afectar el desarrollo embrionario y el éxito de eclosión.

3. Ofrecer formación especializada a los encargados de la gestión de viveros en temas como el manejo de las condiciones ambientales y la identificación de factores críticos que influyen en el éxito de la incubación.
4. Participación activa de las comunidades locales e integración de sus conocimientos y prácticas pueden enriquecer los esfuerzos de conservación y promover un sentido de pertenencia y sostenibilidad a largo plazo.
5. Se deben considerar estudios adicionales que incluyan mediciones precisas de temperatura, humedad, compactación del sustrato y otros factores ambientales.
6. Crear protocolos claros y uniformes para la construcción y manejo de los viveros contribuiría a la replicación y la consistencia de las mejores prácticas en diferentes regiones específicos para la tortuga carey.
7. Dado el estatus crítico de la tortuga carey, es importante fomentar la colaboración entre proyectos de conservación de diferentes países y regiones. Compartir datos, estrategias exitosas y lecciones aprendidas puede mejorar la efectividad de las intervenciones y ayudar a desarrollar soluciones innovadoras que aborden los desafíos globales de conservación de la especie.

**Bibliografía**


- Ackerman, R. A. (1980). Physiological and ecological aspects of gas exchange by sea turtle embryos. American Zoologist, 20(3), 575–583.
- Ackerman, R. A. (1997). The nest environment and the embryonic development of sea turtles. In P. L. Lutz & J. A. Musick (Eds.), The Biology of Sea Turtles Volume I (pp. 83–106). CRC Press.
- Agresti, A. (2018). Statistical methods for the social sciences (5th ed.). Pearson.
- Amazon Conservation Team. (2023). Tortugas preciosas de Osa: Saving the sea turtles of the Osa Peninsula. Recuperado de https://www.amazonteam.org/tortugas-preciosas-de-osa
- Blamires, S. J., Guinea, M. L., & Prince, R. I. T. (2003). Influence of nest site selection on predation of hawksbill turtle eggs by varanid lizards in northern Australia. Chelonian Conservation and Biology.
- Blanck, C. E., & Sawyer, R. H. (1981). Hatchery practices in relation to early embryonic development in loggerhead sea turtles (Caretta caretta). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 49(2–3), 163–177.
- Booth, D. T. (2017). Influence of incubation temperature on sea turtle hatchling quality. Integrative and Comparative Biology.
- Booth, D. T., & Freeman, C. (2006). Sand and nest temperatures and an estimate of hatchling sex ratio from loggerhead sea turtle nests incubated in relocated and in situ nests. Herpetological Conservation and Biology, 1(3), 127–132.
- Bouchard, S. S., & Bjorndal, K. A. (2000). Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. Ecology, 81(8), 2305-2313. https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[2305:STABTO]2.0.CO;2

- Broderick, A. C., Glen, F., Godley, B. J., & Hays, G. C. (2001). Metabolic heating and the prediction of sex ratios for green turtles (Chelonia mydas). Physiological and Biochemical Zoology, 74(2), 161–170.
- Campbell, C. L. (2020). Marine turtle conservation strategies: From global priorities to local actions. Conservation Science and Practice, 2(10), e247.
- Campbell, S., & Sato, K. (2020). Hatchery success and conservation efforts for sea turtles: A global perspective. Journal of Marine Conservation, 48, 65–80.
- Chacón, D., Sánchez, J., Calvo, J., & Ash, J. (2007). 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. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Gobierno de Costa Rica.
- Cochran, W. G. (1977). Sampling techniques. Wiley.
- Cressie, N. (1993). Statistics for spatial data. Wiley.
- Eckert, K. L., & Bjorndal, K. A. (2015). Research and management techniques for the conservation of sea turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group.
- Fisher, L. R., Godfrey, M. H., & Owens, D. W. (2014). Incubation temperature effects on hatchling phenotype in loggerhead sea turtles (Caretta caretta). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 451, 105–114.
- Fonseca, C., & Liles, C. (2020). Marine turtle conservation in Costa Rica: A review of 30 years of efforts. Marine Turtle Newsletter, 159, 1–15.
- Glen, F., Broderick, A. C., Godley, B. J., & Hays, G. C. (2003). Incubation environment affects phenotype of naturally incubated green turtle hatchlings. Journal of the Marine Biological Association of the UK.
- Godfrey, M. H., & Mrosovsky, N. (1997). Estimating hatchling success of sea turtles: Laboratory and field studies. Copeia, 1997(2), 349–355.
- Godfrey, M. H., & Mrosovsky, N. (2017). Temperature-dependent sex determination and nesting success in sea turtles. Ecological Applications, 27(5), 1041–1052.
- González-Medrano, F. (2018). Biodiversity and conservation of the Osa Peninsula, Costa Rica. Tropical Ecology, 59(1), 37–45.
- Hays, G. C. (2019). Monitoring sea turtles in a changing world. Frontiers in Marine Science, 6, 317.
- Hirth, H. F. (1980). Some aspects of the nesting behavior and reproductive biology of sea turtles. American Zoologist, 20(3), 507–523.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2021). Eretmochelys imbricata (Critically Endangered). The IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado de https://www.iucnredlist.org
- IUCN Marine Turtle Specialist Group. (2021). Guidelines for the translocation and headstarting of marine turtles. International Union for Conservation of Nature (IUCN). Recuperado de https://www.iucn.org
- Jiménez, C. (2022). Impacto del cambio climático en la reproducción de tortugas marinas en la Península de Osa. Revista de Conservación Marina, 35(2), 78–92.
- López, E. (2022). Conservation management in critical nesting areas for endangered species: A case study of sea turtles in the Osa Peninsula. Environmental Conservation, 49(3), 216–225.

- Mazaris, A. D., Matsinos, G., & Pantis, J. D. (2009). Evaluating the impacts of coastal squeeze on sea turtle nesting. Ocean & Coastal Management, 52(2), 139–145. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2008.10.005
- Mongabay Latam. (2022). Contaminación por plástico podría afectar a tortugas marinas en Costa Rica. Recuperado de https://es.mongabay.com/2022/06/contaminacion-por-plastico-podria-afectar-a-tortugas-marinas-en-costa-rica
- Mortimer, J. A. (1999). Reducing threats to eggs and hatchlings: Hatcheries. In K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, & M. Donnelly (Eds.), Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles (pp. 175–178). IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group.
- Mrosovsky, N., Bass, A., Corliss, L. A., & Richardson, J. I. (1984). Pivotal temperatures for loggerhead turtles (Caretta caretta) from northern and southern nesting beaches. Canadian Journal of Zoology, 62(6), 1133–1139.
- Patiño-Martínez, J., Marco, A., Quiñones, L., & Hawkes, L. A. (2014). The potential future influence of sea level rise on leatherback turtle nests. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 461, 116–123.
- Santidrián Tomillo, P., et al. (2015). Secondary sex ratio of leatherback turtles at a temperate foraging area. Endangered Species Research, 26(3), 263–269.