

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
LICENCIATURA DE BIOLOGÍA

Mortalidad embrionaria en nidos de tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en Playa la
Barqueta, Alanje, Provincia de Chiriquí, Panamá.

Autor:

Karina González

C.I.P. 4-796-12

Dianeth Barria

C.I.P 4-786-1922

Asesor:

M.Sc. Juan Blas

Co-asesores responsables:

M.Sc. Osiris Murcia.

M.Sc. Adair Quiroz

Trabajo de graduación para optar por el título de Licenciado en Biología

David, Chiriquí

República de Panamá

2025

Agradecimiento

Agradecemos, en primer lugar, a Dios, por habernos concedido la vida, la salud y la sabiduría necesaria para culminar esta etapa tan importante. Gracias por brindarnos fortaleza en los momentos de dificultad, por darnos paz en medio del cansancio y por iluminar nuestro camino con esperanza cuando sentimos que no podíamos continuar. Sin tu guía y tu presencia constante, este logro no habría sido posible.

Agradecemos hoy y siempre a nuestras familias, porque gracias al esfuerzo que han realizado, nuestros estudios universitarios han sido posibles, por su apoyo incondicional, por el ánimo constante y por la alegría que nos brindan cada día.

A nuestros compañeros y amigos, por todo el ánimo, la paciencia, por confiar y creer en nosotras y sobre todo por su valiosa amistad, ya que con su apoyo hemos logrado superar cada obstáculo a lo largo de estos años de estudio.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestros tutores Juan Blas, Osiris Murcia y Adair Quiroz, quienes, con dedicación y compromiso, nos han guiado con sus conocimientos durante la elaboración de esta investigación. Agradezco profundamente su disposición para apoyarnos en todo momento, sin poner obstáculos y siempre dispuestos a colaborar

Agradecemos al Centro de Investigación CRECOBIAN y a la organización ACOTMAR por el respaldo brindado durante el desarrollo de este trabajo. De igual manera, expresamos nuestra gratitud a los voluntarios, el señor Richard Kemnitz y el señor Alexander Rojas, por su valiosa colaboración y disposición durante el periodo de recolección de datos en el vivero.

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo, primero y, ante todo, a Dios, por permitirme cumplir una meta más en mi vida; por brindarme la fortaleza necesaria para enfrentar cada obstáculo a lo largo de esta carrera, y por poner en mi camino a personas maravillosas que han sido mi soporte, guía y compañía durante todo el periodo de estudio.

Principalmente, dedico esta tesis a mi madre, Leidi Castillo, quien me dio la vida y ha estado a mi lado en cada etapa, tanto en los momentos buenos como en los difíciles. Gracias por tu amor incondicional, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por darme la oportunidad de construir un futuro a través de esta carrera. Tu fuerza, tu ejemplo y tu constante apoyo han sido fundamentales para que hoy pueda alcanzar esta meta.

También dedico este logro a mis hermanos, Leidi González y Esteban Cubilla. Gracias por acompañarme, por sus palabras de aliento y por estar siempre presentes, motivándome a seguir adelante sin rendirme. Cada uno, a su manera, ha sido parte esencial de este camino.

A mis compañeros y amigos, especialmente a Franklin Bernal, Walter Sobenis, Dianeth Barria, gracias por acompañarme en este camino con su amistad, apoyo y solidaridad. Cada conversación, cada consejo y cada momento compartido durante esta etapa hicieron más llevadero el esfuerzo y más valioso el aprendizaje.

Este logro también es de ustedes, porque fueron parte importante de este proceso. Gracias por no soltar mi mano y por darme en los momentos más difíciles, la luz y el impulso para seguir adelante.

Karina González

Dedicatoria

Quiero comenzar dedicando mi tesis a Dios por enseñarme el camino para poder concretar mi carrera. Su guía, sabiduría y fuerza me han permitido superar los desafíos a lo largo de mis estudios y así llegar hasta aquí.

Dedicar este logro a mi madre Ana Contreras por ser ejemplo de perseverancia, por las palabras de ánimo en aquellos momentos de dificultad, por siempre corregirme cuando me equivoco y hacerme recordar que los sueños son posibles si se lucha con fe.

A mi padre Eduardo Barria por ser mi motivación de llegar a estas instancias de mis estudios, para brindarme su apoyo y amor incondicional y por creer en mi

A mi hermana Yarelis Barria, por estar en cada momento de mi carrera y poder brindarme sus consejos.

Y no por último a mi amiga Yaiseth Rodríguez y a mi compañera de tesis Karina González por brindarme su amistad a lo largo de esta linda carrera, por su apoyo incondicional y palabras de aliento para seguir. Gracias a ustedes por acompañarme en este camino con su amistad sincera.

Dianeth Barria

Resumen

En esta investigación se hizo un análisis el estado de la mortalidad embrionaria en nidos de tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en Playa la Barqueta, Chiriquí, Panamá. Tuvo como objetivo principal evaluar la mortalidad durante el desarrollo embrionario y el efecto de la reubicación de nidos *ex situ* y registrando las posibles causas de la mortalidad embrionaria. Se monitorearon 80 nidos en el vivero, seleccionados de manera aleatoria, durante cuatro meses de la temporada reproductiva del año 2023, específicamente de agosto a noviembre. Se recopilaron datos de la temperatura en 10 nidos, a lo largo de los cuatro meses de monitoreo. Concluido el período de incubación y tras la emergencia de las crías vivas de tortuga, se procedió a efectuar las exhumaciones aplicando un conteo exhaustivo de los embriones y neonatos, contribuyendo a un mejor entendimiento del éxito reproductivo y las posibles causas de mortalidad en los nidos.

Para el registro de temperatura de incubación de los nidos se utilizó un sensor Hobo-pendant (MX2201), el cual realizó un control de temperatura semanales en la mañana, tarde y noche. Como resultados se obtuvo una tasa de 85 % de éxito de eclosión lo cual indico un éxito alto a pesar de tener factores ambientales negativos como son la temperatura, la humedad y la compactación de la arena, que son los principales factores que afectan los nidos de tortuga; adicional, los resultados de las exhumaciones realizadas nos permitieron determinar que la mayor parte de la mortalidad embrionaria ocurre durante los estadios I y II del desarrollo, considerados las etapas más vulnerables para los embriones.

Palabras Claves: Tortugas marinas, temperatura. nidos, exhumaciones, neonatos.

Summary

This research analyzed the status of embryonic mortality in Pacific ridley (*Lepidochelys olivacea*) nests at Playa la Barqueta, Chiriquí, Panama. The primary objective was to evaluate mortality during embryonic development and the effect of ex situ nest relocation, recording potential causes of embryonic mortality. Eighty randomly selected nests in the hatchery were monitored for four months during the 2023 breeding season, specifically from August to November. Temperature data were collected in 10 nests throughout the four months of monitoring. After the incubation period concluded and the live hatchlings emerged, exhumations were carried out, and a thorough count of embryos and hatchlings was performed, contributing to a better understanding of reproductive success and the potential causes of nest mortality. To record the incubation temperature of the nests, a Hobo-pendant sensor (MX2201) was used, which carried out weekly temperature monitoring in the morning, afternoon and evening. The results showed an 85% hatching success rate, indicating high success despite negative environmental factors such as temperature, humidity, and sand compaction, which are the main factors affecting turtle nests. Additionally, the results of the exhumations allowed us to determine that most embryonic mortality occurs during stages I and II of development, considered the most vulnerable stages for embryos.

Keywords: Sea turtles, temperature, nests, exhumations, hatchlings.

Índice General

Agradecimiento	ii
Dedicatoria.....	iii
Resumen.....	v
Índice General.....	vii
Índice de Tablas	x
Índice de Figuras.....	xi
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Generalidades de la tortuga lora.....	17
2.1.1 Taxonomía.....	17
2.1.2 Descripción morfológica	17
2.1.3 Distribución Geográfica	18
2.1.4 Reproducción	19
2.1.5 Acciones legales de conservación de la tortuga marina lora (<i>Lepidochelys olivacea</i>)	21
2.2 Hipótesis.....	23

2.3 Objetivos	23
2.3.1 Objetivos Generales	23
2.3.2 Objetivos Específicos.....	23
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOLOGÍA	25
3.1 Descripción del área de estudio.....	25
3.2 Metodología del campo.....	26
3.3 Colecta y traslado de nidos	27
3.4 Toma de muestra y clasificación de fases embrionarias	27
3.5 Criterio para la evaluación de fases embrionarias.....	28
3.6 Temperatura	29
3.7 Estimación del éxito reproductor	30
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Evaluación de la temperatura de incubación.....	31
4.2. Registro de temperatura ambiental.....	34
4.3. Datos de exhumaciones.....	36
4.3.1 Huevos no eclosionados con desarrollo embrionario evidente	36
4.3.2 Huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario evidente	41

4.3.3 Neonatos en superficie	47
4.3.3.1 Neonatos en superficie vivos	47
4.3.3.2 Neonatos en superficie muertos	50
4.3.4 Neonatos dentro del nido	51
4.3.4.1 Neonatos vivos dentro del nido.....	51
4.3.4.2 Neonatos muertos dentro del nido.....	53
4.3.5 Huevos eclosionados con crías en proceso de salida (abiertos).....	55
4.3.5.1 Huevos eclosionados con crías vivas en proceso de salida.....	55
4.3.5.2 Huevos eclosionados con crías muertas en proceso de salida.....	57
4.4 Estimación del éxito reproductor	59
CAPITULO V. CONSIDERACIONES FINALES.....	62
5.1. Conclusiones	62
5.2 Recomendaciones.....	63
BIBIOGRAFIA	64
Anexos	76

Índice de Tablas

Tabla 1. Porcentaje del éxito de eclosión en los nidos evaluados de la tortuga lora (<i>Lepidochelys olivácea</i>).	60
Tabla 2. Registro de exhumación en los nidos de tortuga lora de mes de agosto.....	76
Tabla 3. Evaluación del desarrollo embrionario en los diferentes estadios de los huevos de tortuga lora mes de agosto.....	77
Tabla 4. Registro de exhumación en los nidos de tortuga lora de mes de septiembre.....	78
Tabla 5. Evaluación del desarrollo embrionario en los diferentes estadios de los huevos de tortuga lora del mes de septiembre.....	79
Tabla 6. Registro de exhumación en los nidos de tortuga lora de mes de octubre.....	80
Tabla 7. Evaluación del desarrollo embrionario en los diferentes estadios de los huevos de tortuga lora mes de octubre.....	81
Tabla 8. Registro de exhumación en los nidos de tortuga lora de mes noviembre.....	82
Tabla 9. Evaluación del desarrollo embrionario en los diferentes estadios de los huevos de tortuga lora mes de noviembre.....	83

Índice de Figuras

Figura 1. Tortuga lora, en Playa La Barqueta. Fuente: elaboración propia.....	18
Figura 2. Mapa del área de estudio en la Playa la Barqueta. Fuente: Arcia, J. (2007, June 17).....	25
Figura 3. Sitio de estudio. Tomado de Google Maps (2024).....	25
Figura 4. A. Vivero en Playa La Barqueta. B. Cuadrulado de nidos Fuente: elaboración propia.....	26
Figura 5: Estadios en desarrollo embrionario de 0 al IV de la tortuga lora (<i>Lepidochelys olivacea</i>). Fuente: elaboración propia.....	29
Figura 6. Termómetro que mide la temperatura ambiental con un sensor Hobo-pendant (MX2201). Fuente: elaboración propia.....	29
Figura 7. Termómetro que mide la temperatura dentro de la arena con un sensor Hobo-pendant (MX2201). Fuente: elaboración propia.....	30
Figura 8. Temperatura promedio (°C) dentro de los nidos evaluados. Fuente: elaboración propia.....	31
Figura 9. Temperatura promedio (°C) ambiental en el sitio donde se ubicaban los nidos. Fuente: elaboración propia.....	34
Figura 10. Huevos no eclosionados con desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de agosto; rango de nidos: 21 al 74. Fuente: elaboración propia.....	36

Figura 11. Huevos no eclosionados con desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de septiembre; rango de nido: 92 al 187. Fuente: elaboración propia.....	37
Figura 12. Huevos no eclosionados con desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de octubre; rango de nidos: 195 al 204. Fuente: elaboración propia.....	37
Figura 13. Huevos no eclosionados con desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de noviembre; rango de nido: 205 al 222. Fuente: elaboración propia.....	38
Figura 14. Huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de agosto. Fuente: elaboración propia.....	42
Figura 15. Huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de septiembre. Fuente: elaboración propia.....	42
Figura 16. Huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de octubre. Fuente: elaboración propia.....	43
Figura 17. Huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de noviembre. Fuente: elaboración propia.....	43
Figura 18. Neonatos en superficie vivos. Fuente: elaboración propia.....	48
Figura 19. Neonatos vivos dentro del nido. Fuente: elaboración propia.....	52
Figura 20. Neonatos muertos dentro del nido. Fuente: elaboración propia.....	54
Figura 21. Huevos eclosionados con crías vivas en proceso de salida. Fuente: elaboración propia.....	56

Figura 22. Huevos eclosionados con crías muertas en proceso de salida. Fuente: elaboración propia.....	58
Figura 23. Exhumación de nidos en el vivero.....	85
Figura 24. Toma de datos de exhumaciones.....	85
Figura 25. Voluntarios ayudándonos en las exhumaciones de nidos en el vivero.....	85
Figura 26. Materiales para la recolección de datos.....	85
Figura 27. Neonatos de tortugas vivos dentro del nido.....	85
Figura 28. Selección de muestras.....	85
Figura 29. Embrión de <i>Lepidochelys olivacea</i> en fase III de desarrollo y con la enfermedad genética Leucismo.....	86
Figura 30. Embrión de <i>Lepidochelys olivacea</i> en fase III de desarrollo y con la enfermedad genética Leucismo y malformaciones en el rostro.....	86
Figura 31. Embrión de <i>Lepidochelys olivacea</i> en fase III de desarrollo, comparación de una tortuga que presenta la enfermedad Leucismo y una tortuga sana.....	86
Figura 32. Huevo no fértil de tortugas <i>Lepidochelys olivacea</i>	86
Figura 33. Embrión de <i>Lepidochelys olivacea</i> en fase I del desarrollo.....	86
Figura 34. Embrión de <i>Lepidochelys olivacea</i> en fase II del desarrollo.....	87
Figura 35. Embrión de <i>Lepidochelys olivacea</i> en fase III del desarrollo.....	87

Figura 36. Embrión de <i>Lepidochelys olivácea</i> en fase IV del desarrollo.....	87
Figura 37. Huevos eclosionados con crías en proceso de salida vivos.....	87
Figura 38. Neonatos en superficie vivos con malformación.....	87
Figura 39. Neonatos en superficie vivos.....	87
Figura 40. Las diferentes fases del desarrollo embrionarias de tortugas <i>Lepidochelys olivacea</i>	87

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Las tortugas marinas son reptiles acuáticos que han vivido en la Tierra durante unos 200 millones de años, que derivan de un ancestro en común, clasificado en el suborden Cryptodira, (Pough *et al.*, 1996). Hasta hace un par de siglos, las poblaciones de tortugas marinas eran abundantes, algunas de las cuales se conformaban por millones de individuos (Bjorndal *et al.*, 2000). Entre los años 1950-1980, muchas especies fueron explotadas, lo que provocó que su número disminuyera significativamente (Márquez, 1990). Además, otros factores como la captura incidental, la destrucción de hábitats críticos y la contaminación de los mares también amenazan su supervivencia (Abreu-Grobois y Plotkin, 2008).

Las tortugas marinas juegan un papel muy valioso y fundamental en la estructura ecológica de nuestro ambiente, ya que pueden ser depredadores como presas lo cual logra mantener un equilibrio en el ecosistema marino. Además, son consideradas especies banderas, es decir, que son especies representativas de un ecosistema ya que esta especie ayuda a proteger otras especies e incluso los hábitats donde viven. Igualmente, las acciones que se realizan a nivel mundial para su conservación y protección ayudan a mantener su entorno y así poder conservarlas y mantener el equilibrio en los ecosistemas ecológicos.

Actualmente la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) se encuentra en la lista de especies bajo amenazas de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), debido a la reducción drástica de sus poblaciones en el último siglo, a consecuencia de factores antropogénicos: pesca de hembras anidadoras y rutas migratorias, saqueo de nidos, así como la captura incidental en redes de artesanal de juveniles, subadultos y adultos y pesca industrial (Abreu-Grobois y Plotkin, 2008).

La incubación de los embriones de tortugas marinas se ve afectado por condiciones como: temperatura, porcentaje de humedad, granulometría, etc., que influyen en el crecimiento y desarrollo de los embriones, debido a que este puede afectar el sexo, el tamaño, el comportamiento, la eclosión del nido, la capacidad de almacenamiento y el tiempo de incubación (Rafferty y Reina, 2014). El bajo éxito de eclosión se debe especialmente a la selección del lugar del nido y a la mortalidad embrionaria (Whitmore y Dutton 1985, Bell *et al.* 2004).

El éxito de eclosión de las tortugas marinas está influenciado por numerosos factores tales como, el tipo de substrato, porosidad, temperatura, contenido de humedad, salinidad, pendiente de la playa, elevación del nido, lluvias e inundación por mareas y factores relacionados con el manejo de vivero (Mortimer 1990, Ackerman 1997; Wood y Bjorndal 2000; Foley *et al.* 2006, Rondón *et al.* 2010).

Durante la incubación de los huevos pueden ver diferentes depredadores, como las zarigüeyas, gatos, cangrejos, coyotes, entre otros. Las hormigas pueden llegar a destruir los huevos que se encuentren incubando en el nido, lo que ocasiona que ingresen larvas al huevo. Además, podemos encontrar infecciones por hongos y bacterias que se ocasionan por el manejo inadecuado o falta de experiencia, ocasionando una falta de higiene y manejo al momento de trasladar los huevos al vivero y así ocasionando la destrucción del nido.

Por consiguiente, el presente estudio tiene como finalidad evaluar el desarrollo embrionario de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) y la efectividad del uso del vivero como una herramienta de conservación y protección de nidos y su influencia en el desarrollo embrionario de las tortugas lora.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de la tortuga lora

2.1.1 Taxonomía

REINO: Animalia

PHYLUM: Chordata

SUB PHYLUM: Vertebrata

CLASE: Reptilia

SUBCLASE: Anapsida

ORDEN: Testudines

SUPERFAMILIA: Chelonioidea

FAMILIA: Cheloniidae

GÉNERO: *Lepidochelys*

ESPECIE: *Lepidochelys olivacea*

2.1.2 Descripción morfológica

La tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) es una de las especies más pequeñas de las tortugas marinas, y presenta una serie de rasgos distintivos que la diferencian de otras tortugas marinas, desde su caparazón flexible hasta sus aletas especializadas para la natación.

El cuerpo de la tortuga lora es aerodinámico y delgado, alcanzando una longitud de caparazón curvo de 67 cm a 72 cm en los adultos y presenta un peso de 38 kg, un máximo de 50 kg. Su caparazón, va de un color verde oliva o gris oscuro, es liso y ovalado, sin quillas pronunciadas, lo que facilita su desplazamiento ágil a través del agua. La parte ventral del caparazón es de tono blanco o amarillento y se caracteriza por su tamaño amplio y cóncavo en las

hembras, adaptado para la incubación de los huevos durante el proceso de anidación. Muestra una de las tasas de crecimiento más rápidas, alcanzando una madurez sexual de aproximadamente 62 cm, y 10 años (Márquez, 1996).

Es una de las cinco especies de tortuga marinas reportadas en Panamá, que presenta un comportamiento gregario, y se ubican en un estado vulnerable, por la extracción indiscriminada de sus huevos en las playas del Pacífico (Ministerio de Ambiente Panamá, 2017) y el alto número de muertes accidentales por los barcos pesqueros (Orego, 2005).

La cabeza de la tortuga lora es pequeña en proporción al cuerpo, con un pico córneo puntiagudo y ojos grandes adaptados para la visión submarina. Sus aletas delanteras son largas y estrechas, con dos garras bien desarrolladas, mientras que las aletas traseras son más grandes y anchas, proporcionándole impulso y maniobrabilidad mientras nada (Pritchard, & Mortimer 1999).



Figura 1. Tortuga lora, en Playa La Barqueta. Fuente: elaboración propia.

2.1.3 Distribución Geográfica

La tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) se encuentra ampliamente distribuida en el área circumtropical, es decir se encuentra en aguas tropicales y subtropicales de varios océanos, siendo

una de las especies conocidas por sus migraciones significativas y sus grandes arribadas para anidar en Costa Rica y zonas de Panamá (Meylan, 1999).

La podemos encontrar en el Océano Atlántico, desde el sur de Estados Unidos hasta Brasil, y anidan en playas importantes en los países de Centroamérica. En el océano Pacífico e Índico, se registran avistamientos y anidaciones donde se encuentran las principales áreas de desove y son también las principales zonas de alimentación (Pritchard, 1999).

La tortuga lora es conocida por sus migraciones largas a través de los océanos y su habilidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas y oceánicas. Estas características la convierten en una especie emblemática para la conservación marina global, enfrentándose a amenazas como la pesca incidental, la contaminación marina y la pérdida de hábitat costero.

Según Córdoba (2000), las playas del Pacífico panameño que sirven como sitios de anidación para las tortugas lora se distribuyen a lo largo de diversas costas del país. Entre estas playas se incluyen Isla Caña, Playa Farallón, San Carlos, Gorgona, Punta Chame, La Marinera, Morro de Puerco, Puerto Armuelles, Isla Sevilla, Boca Brava, Las Lajas, Boca Vieja, Cambutal y La Barqueta, entre otras.

2.1.4 Reproducción

Las tortugas lora (*Lepidochelys olivacea*) son organismos heterosexuales que presentan fecundación interna. Ellas alcanzan la madurez sexual a diferentes edades dependiendo del entorno y las condiciones, generalmente, esto ocurre entre los 10 y 15 años. Durante esta etapa, el apareamiento ocurre en el mar, y sus ciclos reproductivos están influenciados por factores fisiológicos y cambios ambientales (Márquez-Millán, 1996). El período reproductivo se refiere al

intervalo de días entre eventos consecutivos de anidación. Durante este tiempo, las hembras pueden regresar a la playa para depositar sus huevos, un comportamiento que puede repetirse en temporadas sucesivas. Sin embargo, la frecuencia y éxito de este proceso dependen en gran medida de las condiciones ambientales, como la temperatura del agua, la disponibilidad de alimento, y la calidad del hábitat de anidación. Factores como el cambio climático, la contaminación y la intervención humana también pueden influir en la capacidad de las especies para completar su ciclo reproductivo de manera efectiva, afectando su supervivencia y la sostenibilidad de sus poblaciones (Carr y Carr, 1970; Broderick et al. 2001; Tripathy y Pandav, 2008; Matos et al. 2012).

Esta especie se reproduce mediante arribadas, es decir, que tienen un comportamiento de anidación sincrónica y masiva que involucra a cientos e incluso miles, de hembras congregándose durante varios días para depositar sus huevos en las playas. (Bernardo y Plotkin 2007).

Según Bernardo y Plotkin (2007) las arribadas de esta especie de tortuga marina, solo se observa en menos de una docena de lugares en todo el mundo como son las siguientes playas: Nancite y Ostional, en Costa Rica; La Escobilla, en México; Gahirmatha, Devi River, Rushikula, en India; Isla Cañas y Marinera, en Panamá y Chacocente y La Flor, en Nicaragua.

Además, la sincronización reproductiva en las tortugas marinas, como ocurre en las arribadas, son considerada un mecanismo evolutivo que contribuye a la preservación de la especie. Esta estrategia permite que miles de hembras aniden simultáneamente en un mismo lugar, lo que satura la capacidad de los depredadores y reduce la probabilidad de que cada nido o cría sea atacado. De esta forma, se incrementan las posibilidades de que un mayor número de neonatos logren llegar al mar, en comparación con los nidos depositados por hembras solitarias (Eckrich & Owens, 1995).

Su fase reproductiva está íntimamente ligada a las playas arenosas, que proporcionan un entorno crucial para el desarrollo de los embriones. Las hembras depositan sus huevos en nidos cavados en la arena, donde estos permanecen enterrados durante un período de incubación que varía entre 45 y 60 días, dependiendo de factores como la temperatura y otras condiciones ambientales. La temperatura de incubación no solo afecta la duración del desarrollo embrionario, sino que también influye directamente en la determinación del sexo de las crías; temperaturas de 28 °C o menos producirán más machos y los incubados a 32 °C o más altas tienden a producir más hembras (McCoy et al., 1983). Además, el éxito de la incubación y la supervivencia de las crías pueden verse impactados por factores como la humedad de la arena, la presencia de depredadores, y la perturbación humana (Briceño-Dueñas y Abreu-Grobois, 1998).

2.1.5 Acciones legales de conservación de la tortuga marina lora (*Lepidochelys olivacea*)

La mayoría de las iniciativas de conservación sobre las tortugas marinas en especial la tortuga lora, tanto a nivel nacional como internacional, se han centrado en su inclusión en la categoría de "En Peligro de Extinción" de la Lista Roja de la UICN. Además, instrumentos internacionales clave como la Convención sobre las Especies Migratorias (CMS) y la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CAI) reconocen a la tortuga lora como una especie amenazada, imponiendo la responsabilidad de implementarla en sus estrategias de conservación. (Abreu-Grobois y Plotkin, 2008).

El éxito en la protección de la tortuga lora ha dependido de la implementación de programas nacionales bien coordinados, en combinación con el trabajo de organizaciones locales y no gubernamentales. Estas colaboraciones a menudo incluyen actividades de divulgación pública para fomentar una mayor conciencia y apoyo para la conservación de la especie.

En Panamá las tortugas marinas, actualmente están respaldada por varias leyes y regulaciones que son fundamentales para la protección de las tortugas marinas, debido a que, estas especies están en la actualidad en peligro de extinción y tienen un gran papel fundamental en los ecosistemas marinos. Algunas de las leyes clave son las siguientes:

La Ley 371 del 1 de marzo de 2023, esta ley establece las medidas más estrictas para la protección y conservación de todas las especies de tortugas marinas y sus hábitats en Panamá, que nos incluyen la prohibición de actividades que puedan poner en riesgo a estas especies, como la posesión, captura, comercialización, transporte, y consumo de tortugas marinas y sus productos. Además, reconoce a estas especies como seres vivos y se le otorga derechos, como vivir en un ambiente libre de contaminación e impactos antropogénicos.

La Ley No. 8 del 4 de enero de 2008, se le conoce como "Ley de Vida Silvestre," esta ley establece las medidas para la protección y conservación de la biodiversidad, incluyendo las áreas marinas protegidas donde las tortugas marinas encuentran refugio y protección. Además, establece el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), esta ley establece sanciones para la captura, posesión, transporte, comercialización y consumo de tortugas marinas y sus productos derivados.

Decreto Ejecutivo No 5 del 2017, establece medidas para la protección y conservación de las tortugas marinas en el territorio nacional. Se prohíbe estrictamente la caza, captura, consumo, posesión, venta y cualquier forma de comercialización de tortugas marinas, así como de sus huevos y carnes. Además de proteger las áreas de anidación de las tortugas marinas, como las playas donde depositan sus huevos. Esto incluye medidas para restringir actividades que puedan afectar negativamente estos ecosistemas, como la construcción o el turismo no regulado. Y se establece

multas hasta 2,000.00 balboas por tenencia o posesión para el comercio o consumo de los productos o subproductos de tortugas marinas.

Decreto Ejecutivo No. 25 de 2009, prohíbe la recolección de huevos de tortugas marinas en todo el territorio nacional, con excepción de proyectos de conservación debidamente autorizados. También se busca regular las actividades de turismo que afecten el proceso de desove.

Resoluciones de la Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP AG-0022-2003): esta resolución prohíbe el uso de redes de arrastre en zonas de anidación de tortugas marinas con el fin de reducir la captura incidental y proteger a las tortugas durante su temporada de anidación. También se promueven el uso de dispositivos excluidores de tortugas (TEDs, por sus siglas en inglés) en las redes de pescas para reducir la captura accidental.

2.2 Hipótesis

La reubicación de nidos puede afectar el desarrollo embrionario de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*), depositados en Playa La Barqueta, Chiriquí.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivos Generales

Evaluar la mortalidad durante el desarrollo embrionario de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en Playa La Barqueta y el efecto de la reubicación de nidos *ex situ*.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar los estadios de desarrollo embrionario en los cuales se presenta la mortalidad embrionaria, en nidos de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*).

- Registrar las posibles causas de la mortalidad embrionaria de los nidos de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*), en el vivero de Playa La Barqueta.
- Determinar el éxito reproductivo de los nidos de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) incubados en el vivero de Playa La Barqueta.

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

Playa La Barqueta se encuentra ubicada en el sector de Guarumal, distrito de Alanje, en la provincia de Chiriquí, Panamá ($8^{\circ}18'16''N$ y $82^{\circ}34'46''W$) (Fig.1); la misma consta con una extensión de 12 Km. El muestreo se llevó a cabo en el vivero de tortugas marinas que se encuentra situado al lado de la propiedad de la Familia Rojas; este consta de una superficie de 6716.3 m^2 . El clima de la zona costera de Guarumal es tropical de sabana, con una precipitación anual que oscila entre 2,000 mm a 2,500 mm.



Figura 2. Mapa del área de estudio en la Playa la Barqueta. Fuente: Arcia, J. (2007, June 17).



Figura 3. Sitio de estudio. Tomado de Google Maps (2024).

3.2 Metodología del campo

Este trabajo se llevó a cabo durante la temporada de anidación del 2023 (agosto a noviembre). El vivero se construyó en un área alta y alejada de la costa, dentro de una zona de vegetación. El área donde se ubica el vivero se limpió y se descartó la vegetación antes de la temporada de anidación; además, se realizó un tamizado dentro del área a una profundidad de 50 cm, esto con el propósito de darle aireación al sistema de incubación y para impedir que las raíces o desechos orgánicos e inorgánicos pudiesen afectar el proceso de incubación los huevos.

Las dimensiones del vivero son de 11 x 11 m. Se utilizó el método de matriz (columnas y líneas). Se construyó sobre la arena del vivero con cuerdas de plástico resistente a la luz, de color naranja claro. Cada línea de cuerdas se extiende a una distancia de 50 cm, y cada columna se cruza sobre las líneas, dejando la misma distancia y formando las cuadrículas disponible para los nidos, con un espacio intermedio, es decir, respetando un espacio vacío entre ellos para evitar la contaminación entre los nidos. Luego, se colocó una malla plástica para la protección de cada nidada y prevención de posibles depredadores presentes en la zona. También se le colocó un sarán del 35 % de sombreado, de color negro, sobre todo el vivero, ya que este permite regular la intensidad de la luz solar, evitando que un aumento de temperatura dentro de los nidos influya en el sexo de los neonatos o causar mortalidad embrionaria.



Figura 4. A. Vivero en Playa La Barqueta. B. Cuadrículado de nidos Fuente: elaboración propia.

3.3 Colecta y traslado de nidos

La identificación y reubicación de nidos se llevó a cabo a través de monitoreos nocturnos y diurnos que se realizarán utilizando una bicicleta eléctrica y realizando caminatas de 5 km, con la colaboración del grupo ACOTMAR y voluntarios, tres veces a la semana (nocturno de 9:00-12:00 pm, y el diurno 5:00-7:00 am) entre el mes de agosto y noviembre 2023. Los huevos de los nidos naturales de las tortugas lora fueron recolectados y contabilizados, para luego ser trasladados en bolsas de plástico al vivero, alejándolos de la presencia de saqueadores ilegales y de la erosión del mar. Este traslado se realizó en un tiempo menor a 4 horas, con el fin de evitar la mortalidad embrionaria inducida por el movimiento y la manipulación, lo que podría reducir el número de nacimientos. Para la reubicación de los nidos en el vivero, se excavaron huecos a una profundidad de 40 a 45 cm para cada uno. Los huevos fueron colocados con precaución y cubiertos nuevamente con arena.

3.4 Toma de muestra y clasificación de fases embrionarias

El muestreo se realizó durante la revisión de 10 nidos de tortuga lora, durante los meses de agosto a noviembre de la temporada 2023. El total, de nidos revisados seleccionados al azar fue de 80 nidos, los cuales se encontraban ubicados en el vivero en Playa La Barqueta.

Una vez concluido el período de incubación y tras la emergencia de las crías vivas de tortuga del nido, se procedió a efectuar las exhumaciones. Este proceso se llevó a cabo tres días después del registro del nacimiento. El propósito de las exhumaciones fue recolectar tanto los embriones como las crías muertas o vivas que permanecieron en el nido.

Para realizar la exhumación, primero se extrajeron cuidadosamente los neonatos vivos. A continuación, se retiraron las cáscaras de huevo, los huevos no eclosionados y los neonatos muertos que quedaron en el nido. Cada uno de estos elementos fue inspeccionado y registrado minuciosamente.

Posteriormente, se llevó a cabo un conteo exhaustivo de los embriones y neonatos, siguiendo los criterios previamente establecidos. Este procedimiento permitió obtener datos precisos sobre la tasa de eclosión y la viabilidad de las crías, contribuyendo a un mejor entendimiento del éxito reproductivo y las posibles causas de mortalidad en el nido.

1. Neonatos dentro del nido vivos
2. Neonatos dentro del nido muertos
3. Huevos eclosionados con crías en proceso de salida (abiertos) vivos
4. Huevos eclosionados con crías en procesos de salida (abiertos) muertos
5. Huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario
6. Huevos no eclosionados con desarrollo embrionario evidente (embriones en Estadio I, II, III, IV).

3.5 Criterio para la evaluación de fases embrionarias

Para efectuar la clasificación de las diferentes fases embrionarias, se utilizó la siguiente clasificación (Chacón *et al*, 2008):

Estadio 0: No hay desarrollo del embrión evidente

Estadio 1: Embrión cubre de 0 a 25 % de la cavidad amniótica del huevo.

Estadio II: Embrión cubre del 26 % al 50 % de la cavidad amniótica del huevo.

Estadio III: Embrión cubre del 51 % al 75 % de la cavidad amniótica del huevo.

Estadio IV: Embrión cubre del 76 % al 100 % de la cavidad amniótica del huevo.



Figura 5. Estadios en desarrollo embrionario de 0 al IV de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*). Fuente: elaboración propia.

3.6 Temperatura

Para el registro de temperatura de incubación de los nidos utilizó un sensor Hobo-pendant (MX2201), el cual se colocó a una profundidad entre 40 y 45 cm, dentro de cada nido; la temperatura ambiental fue registrada con el mismo tipo de equipo, pero ubicando los sensores a una altura de 2 m de la arena. Se realizó un control de temperatura realizando mediciones semanales en la mañana (12:00 a.m. - 11:45 a.m.), tarde (12:00 m.d - 6:45 p.m) y noche (7:00 p.m - 11:45 p.m).



Figura 6. Termómetro que mide la temperatura ambiental con un sensor Hobo-pendant (MX2201). Fuente: elaboración propia.



Figura 7. Termómetro que mide la temperatura dentro de la arena con un sensor Hobo-pendant (MX2201). Fuente: elaboración propia.

3.7 Estimación del éxito reproductor

Cuando las crías fueron liberadas se realizó la exhumación de cada nido al tercer día de su liberación. Se tomaron en cuenta cinco parámetros, los cuales se calcularon de la siguiente manera:

1. **Éxito de eclosión:** $\frac{\text{Crías muertas} + \text{crías vivas}}{\text{Tamaño de nidada}} \times 100$
2. **Huevos sin desarrollo aparente:** $\frac{\text{No. de huevos sin desarrollo aparente}}{\text{Tamaño de nidada}} \times 100$
3. **Crías muertas:** $\frac{\text{No. de crías muertas al nacer}}{\text{Tamaño de nidada}} \times 100$
4. **Mortalidad embrionaria:** $\frac{\text{No. de huevos con desarrollo aparente}}{\text{Tamaño de nidada}} \times 100$
5. **Periodo de incubación (días):** Periodo que abarca desde el momento de la ovoposición hasta la eclosión

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la temperatura de incubación

Durante un periodo de cuatro meses en el año 2023, se evaluó la mortalidad embrionaria de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*), en los nidos ubicados dentro del vivero en Playa la Barqueta, Chiriquí, Panamá. Este análisis incluyó la observación y registro meticuloso de factores ambientales como la temperatura, los cuales nos indican las condiciones en la que se encontraba la incubación de los nidos y cualquier otro aspecto relevante que pudiera influir en la mortalidad de los embriones de tortugas marinas. Los resultados obtenidos son fundamentales para entender y mejorar las prácticas de manejo en nuestro esfuerzo por conservar esta especie vulnerable.

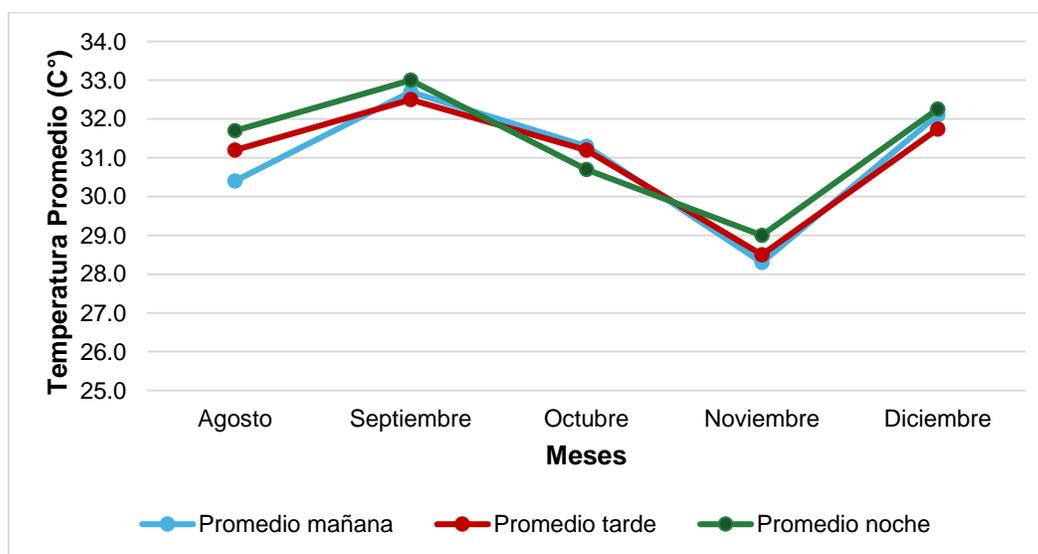


Figura 8. Temperatura promedio (°C) dentro de los nidos evaluados. Fuente: elaboración propia.

En la **Figura 8** se observa el comportamiento de temperatura (°C) registrada dentro de los nidos durante el periodo de incubación, a partir del mes de agosto hasta diciembre, y en función de tres franjas horarias (mañana, tarde y noche). Según Márquez (1996), la incubación de los huevos en el nido debe de tener una temperatura óptima entre los 30 y 32 °C, puesto que al acercarse o excederse de los límites entre 27 y 34 °C, se puede incrementar la mortalidad

embrionaria. Dentro de los límites térmicos óptimos, la incubación se completa de modo general entre 45 y 46 días.

Se realizó un análisis comparativo de los promedios de temperatura registrados durante los meses en cuestión, lo que permitió identificar algunas tendencias relevantes. En particular, el mes de septiembre mostró un ascenso notable en las temperaturas nocturnas, alcanzando un promedio de 33.0 °C, superior al de los otros meses. En contraste, durante el mes de noviembre, se observó un descenso en las temperaturas promedio. En las mañanas y tardes de este mes, las temperaturas rondaron los 28 °C, mientras que en las noches el promedio fue de 29.0 °C.

El resto de los meses presentó temperaturas óptimas que oscilaron entre los 30 y 32 °C, lo que sugiere una mayor estabilidad térmica en comparación con los meses de septiembre y noviembre. Estos datos reflejan una variación clara en las condiciones climáticas a lo largo de los meses analizados, evidenciando diferencias tanto en los patrones diurnos como nocturnos. Se puede decir que si es posible que la temperatura llegó a influir en ciertas medidas en el desarrollo embrionario en los nidos evaluados. Ya que durante el periodo de incubación se registraron temperaturas en el rango óptimo para la fecundación, debido a que no son extremas, pero estas pueden llegar a influir por la baja humedad de la arena ya que se tuvo meses con pocas lluvias, y es posible que por estos motivos se haya ralentizado el metabolismo embrionario, prolongando el periodo de incubación.

Morreale *et al.* (1982) sugieren que, a mayor profundidad, las variaciones de temperatura están influenciadas por una capa más gruesa de arena. Esta capa actúa como un aislante térmico natural, amortiguando las fluctuaciones de temperatura en el fondo. Como resultado, se logra una

temperatura de incubación más homogénea y estable, lo que podría ser crucial para procesos del desarrollo embrionario.

Brenes (2011) evidenció que los descensos bruscos en la temperatura de incubación y la interrupción del desarrollo embrionario en las nidadas son efectos directos de eventos extremos de precipitación. Según Godfrey y Mrosovsky (2000), las lluvias intensas pueden alterar la temperatura de la arena incluso a la profundidad donde se encuentra la cámara de incubación.

Las temperaturas elevadas, particularmente aquellas superiores a los 34 °C, han demostrado reducir significativamente las tasas de eclosión y emergencia, al mismo tiempo que incrementan la mortalidad embrionaria tanto en etapas tempranas como tardías del desarrollo (Maulany *et al.*, 2012; Santridrián-Tomillo *et al.*, 2015; Kobayashi *et al.*, 2017). La temperatura de incubación es un factor determinante en múltiples aspectos del desarrollo embrionario, debido a que esta variable puede influir en el sexo, tamaño, forma, coloración, comportamiento, capacidad de emergencia, reservas energéticas, duración del periodo de incubación y rendimiento locomotor de las crías (Hewavisenti y Parmenter, 2002; Matsuzawa *et al.*, 2002; Booth, 2006; Fisher *et al.*, 2014).

Unas de las principales estrategias para mitigar las altas temperatura, es decir, el sobrecalentamiento de la arena dentro del vivero es el sombreado artificial, el cual puede disminuir la temperatura del sustrato de forma significativa, no obstante, su eficacia puede variar dependiendo de factores locales como el tipo de sombra, la ubicación del nido y las condiciones ambientales específicas. (Morreale *et al.*, 1982; Patiño-Martínez *et al.*, 2012; Wood *et al.*, 2014). Un estudio realizado por Carrasco-Aguilar (2000) en México con la especie *Lepidochelys kempii*, se observó que la supervivencia de los nidos sombreados fue menor (79 %) en comparación con

los no sombreados (84 %). En contraste, Hasbún *et al.* (1997), en un estudio llevado a cabo en El Salvador con *Lepidochelys olivacea*, reportaron una mayor tasa de supervivencia en nidos ubicados en áreas completamente sombreadas frente a aquellos expuestos directamente al sol.

4.2. Registro de temperatura ambiental

Los huevos se mantienen en incubación durante aproximadamente dos meses en condiciones ambientales, enfrentándose a variaciones climáticas, eventos meteorológicos, ataques de depredadores y parásitos. El factor que más perjudica a las tortugas es un descenso brusco en la temperatura, una caída rápida de 15 o 20 °C a 5 o 6 °C, que se vuelve letal si se mantienen a estas temperaturas bajas durante un tiempo extenso. En cambio, las temperaturas que superan los 35 °C generan dificultades para todas las especies de tortugas marinas, llevándolas a la debilidad, y ninguna puede soportar períodos prolongados por encima de los 40 °C sin sufrir afectaciones fisiológicas, lo que incluso podría resultar en la muerte. (Márquez, R., & del Carmen Farías, M. 2000).

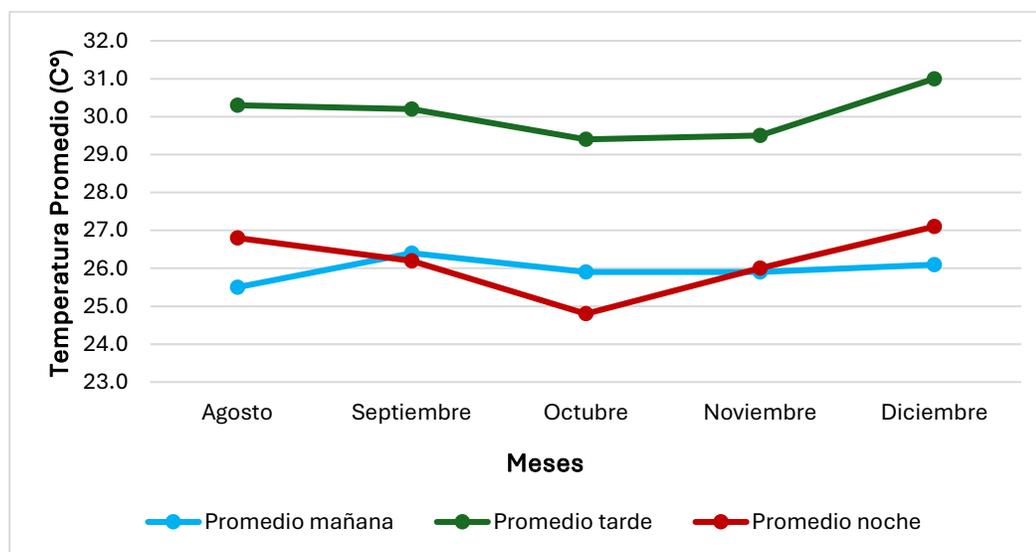


Figura 9. Temperatura promedio (°C) ambiental en el sitio donde se ubicaban los nidos. Fuente: elaboración propia.

La **Figura 9** muestra el comportamiento de las temperaturas ambientales ($^{\circ}\text{C}$), durante los meses de agosto a diciembre. Las temperaturas de la tarde se mantienen estables alrededor de los 31°C , con una ligera caída en octubre y un ascenso en diciembre. Por su parte, las temperaturas matutinas fluctúan levemente entre los 26.5°C , alcanzando su punto más bajo en agosto. En contraste, las temperaturas nocturnas presentan una mayor variabilidad, con un descenso notable en septiembre, donde se registran valores por debajo de 25°C , seguido de un aumento progresivo en noviembre y diciembre, cerrando cerca de los 27.0°C . Los registros de temperatura ambiental documentados en este estudio no representan una temperatura crítica, ya que el desarrollo embrionario se ve afectado principalmente por la temperatura de incubación dentro del nido; sin embargo, las bajas temperaturas que se presentaron en la noche durante los meses considerados en esta investigación podrían provocar que la arena estuviese más seca, lo cual a su vez afectaría el desarrollo embrionario.

Según Van Lohuizen *et al.* (2016), la temperatura media del nido durante todo el periodo de incubación influye en el desarrollo embrionario en un rango de entre el 37.15 % y el 39.15 %. Por ejemplo, Godley *et al.* (2001) sugieren que la temperatura ambiental es un factor clave para determinar el momento adecuado de la temporada de anidación. Después de la oviposición, esta temperatura influye significativamente en la tasa de desarrollo y el éxito de los embriones, como señalan otros estudios (Read *et al.*, 2012; Rafferty y Reina, 2014; Kobayashi *et al.*, 2017).

Además, la temperatura y la humedad del sustrato, aunque son factores ambientales independientes, están estrechamente relacionados. Su efecto combinado comienza a actuar sobre los huevos desde el momento de la oviposición, según Arzola-González (2007).

4.3. Datos de exhumaciones

4.3.1 Huevos no eclosionados con desarrollo embrionario evidente

Algunos factores que influyen en la mortalidad embrionaria son la ubicación del nido en la playa (exposición solar), el color de la arena (albedo), la profundidad del nido y la disposición de los huevos dentro de la cámara de incubación y el calor metabólico generado por los embriones en desarrollo (Hill *et al.*, 2015; Patiño-Martínez *et al.*, 2012). Estos elementos, en conjunto, pueden crear un entorno térmico dinámico que puede afectar significativamente la tasa de supervivencia y ocasionar que los embriones no se desarrollen y así se afecte el éxito reproductivo de estas especies que dependen de la incubación en la arena.

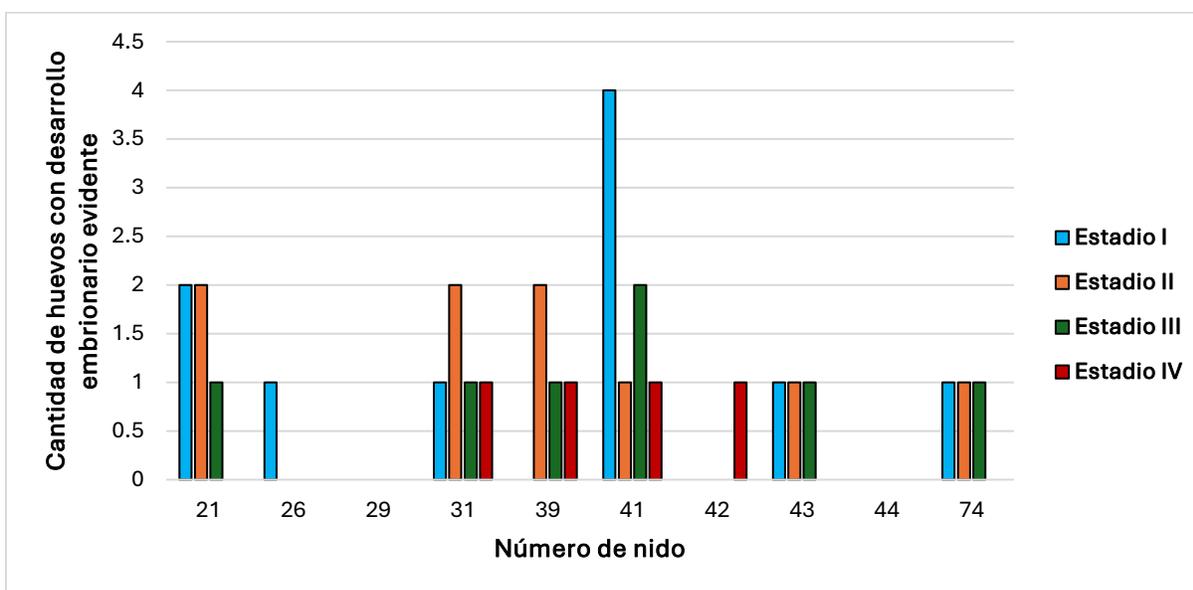


Figura 10. Huevos no eclosionados con desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de agosto; rango de nidos: 21 al 74. Fuente: elaboración propia.

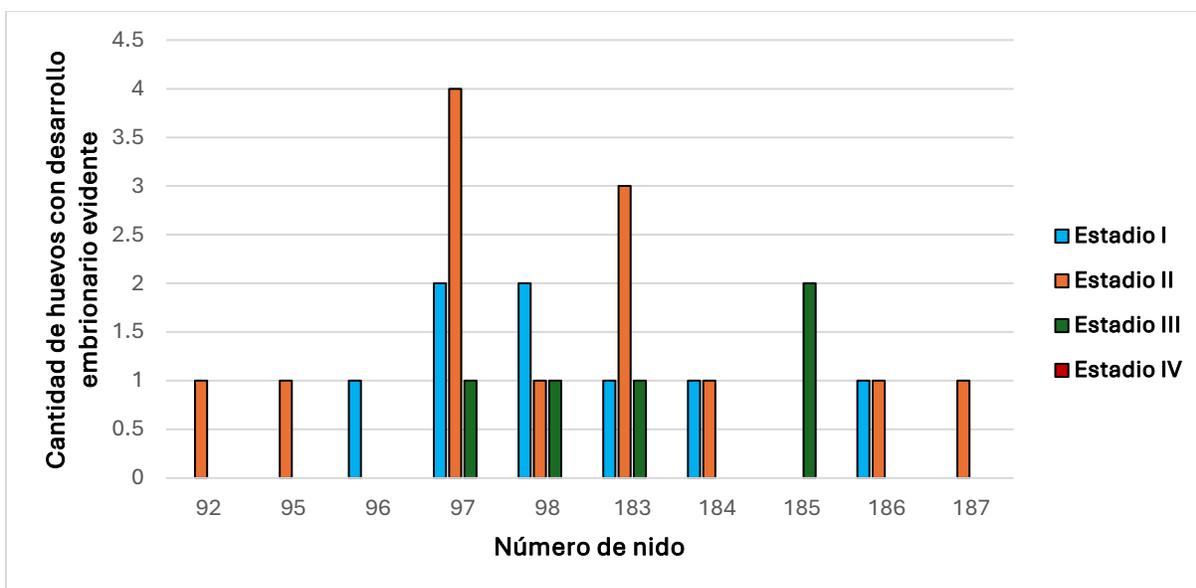


Figura 11. Huevos no eclosionados con desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de septiembre; rango de nido: 92 al 187. Fuente: elaboración propia.

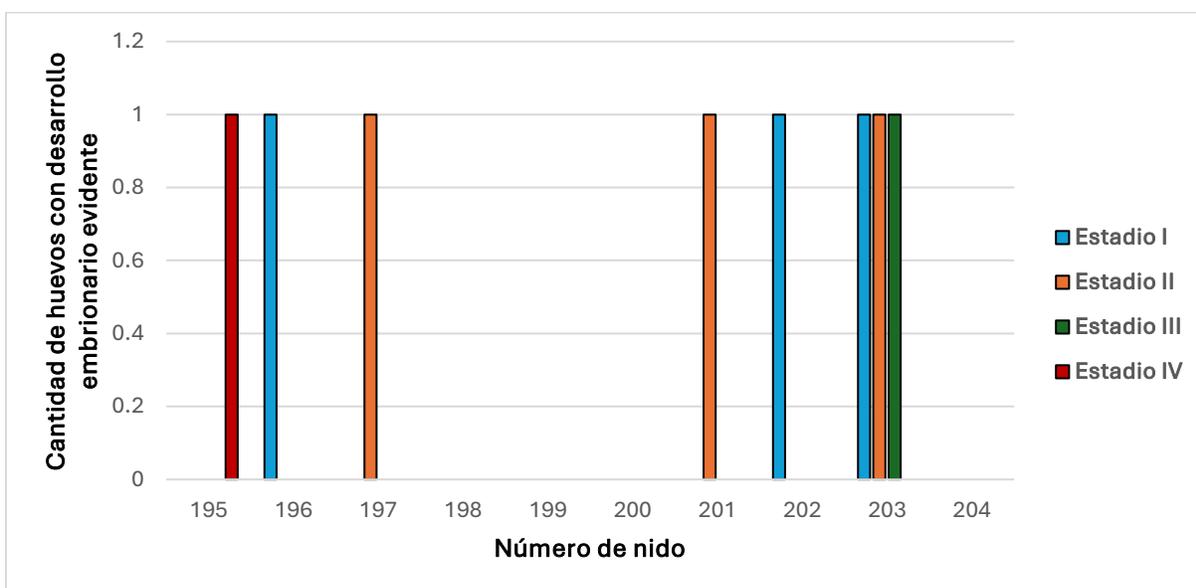


Figura 12. Huevos no eclosionados con desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de octubre; rango de nidos: 195 al 204. Fuente: elaboración propia.

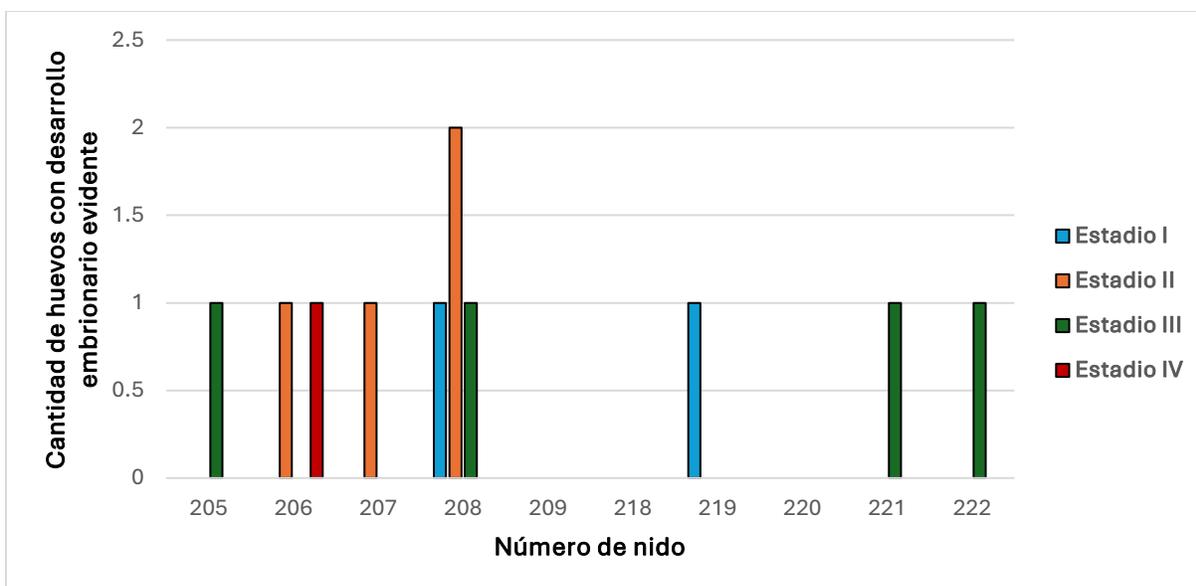


Figura 13. Huevos no eclosionados con desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de noviembre; rango de nido: 205 al 222. Fuente: elaboración propia.

En la **Figura 10** se presenta la cantidad de huevos en desarrollo con un estado embrionario evidente en distintos nidos. La mayoría de los nidos contiene entre 1 y 2 huevos en diversos estadios de desarrollo, excepto el nido 41, que destaca por tener una cantidad mayor: aproximadamente 4 huevos en Estadio I. Los nidos 21, 31, 39 y 41 presentan huevos en diferentes estadios, aunque en cantidades menores a 2. Por otro lado, los nidos 21, 43 y 74 se caracterizan por una menor cantidad de huevos, distribuidos en distintos estadios. El nido 26 contiene un único huevo en Estadio I, mientras que el nido 42 cuenta con un huevo en Estadio IV. Finalmente, los nidos 29 y 44 no muestran ningún huevo en desarrollo o estadio visible.

En la **Figura 11**, se observa nuevamente la cantidad de huevos en desarrollo con un estado embrionario evidente en distintos nidos. Los nidos 97 y 183 se destacan por contener la mayor cantidad de huevos en desarrollo: aproximadamente 4 y 3 huevos en Estadio II. Además, los nidos 97, 98 y 183 albergan huevos en diferentes estadios, predominando los Estadios I y II. En contraste, los nidos 92, 95 y 187 muestran solo un huevo en Estadio I. Los nidos 184 y 186 presentan

cantidades más reducidas, con huevos en Estadios I y II. Por su parte, el nido 96 contiene una pequeña cantidad de huevos en Estadio I, mientras que el nido 185 presenta 2 huevos en Estadio III.

En la **Figura 12**, se observa que la mayoría de los nidos contiene un solo huevo en distintos estadios de desarrollo. Sin embargo, los nidos 198, 199 y 200 no muestran huevos en ningún estadio identificado.

En la **Figura 13**, la mayoría de los nidos alberga entre 1 y 2 huevos en diferentes estadios de desarrollo. Destaca el nido 208, que presenta una cantidad superior, con aproximadamente 2 huevos en Estadio II. En contraste, los nidos 209, 218 y 220 no contienen huevos en ningún estadio. Por otro lado, los nidos 205, 208, 221 y 222 presentan huevos en Estadio III, mientras que el nido 206 destaca por contener un huevo en Estadio IV. Además, los nidos 206, 207 y 208 presentan huevos en Estadio II, y los nidos 208 y 219 contienen huevos en Estadio I.

Las exhumaciones que realizamos confirmaron la pérdida de los huevos que se encontraban incubados, lo cual revela que un gran porcentaje murió durante en el Estadio I y II del desarrollo embrionario, esta es una de las etapas que se considera como las más sensible para los embriones.

La temperatura es uno de los factores ambientales que influye en el desarrollo de los huevos de tortuga, ya que durante el 2023 se presentó el fenómeno del niño, lo que ocasionó altas temperaturas, además se obtuvo como resultado que el mes de septiembre tenía una temperatura de 33 °C y en el mes de noviembre una temperatura de 28 °C; también en el mes de septiembre estuvo el fenómeno de mar de fondo que ocasionó un gran impactó en el vivero, ya que las inundaciones consiguieron alterar la temperatura de la arena, lo cual es un factor crítico para el desarrollo de los embriones y la determinación del sexo de las crías.

El fenómeno de “El Niño” se desarrolla en el océano Pacífico y se distingue por un inusual aumento de la temperatura del agua, consecuencia de alteraciones en la atmósfera del Pacífico tropical. Suele manifestarse entre noviembre y diciembre, con una duración de seis a ocho meses, aunque su frecuencia varía con los años (Bitrán, 1998).

Molleda & Serra (2024) señala que, los eventos del Niño/Oscilación del sur (ENSO) es un fenómeno climático que modula la variabilidad del clima a nivel global y nacional a escala de tiempo interanual, donde el Niño se produce por el calentamiento anormal del agua del Océano Pacífico. Durante el Niño, las costas occidentales y el extremo sur de América experimentan lluvias intensas lo que provocan niveles de agua más altos, mientras que al norte del subcontinente y gran parte de Centroamérica y el Caribe experimentan falta de precipitaciones con alta probabilidad de que ocurran sequías y un alto riesgo de incendios forestales.

Diversos estudios indican que la mortalidad embrionaria se debe principalmente al aumento de temperatura en los nidos, especialmente durante las primeras y últimas etapas del periodo de incubación. Este problema se agrava debido al calor metabólico generado por los embriones durante su desarrollo, lo que incrementa aún más la temperatura y, en ocasiones, provoca la muerte embrionaria (Wood *et al.*, 2014). Este aumento de temperatura puede llegar a superar el límite viable para la supervivencia de los embriones (Miller, 1997).

A medida que avanza el periodo de incubación, la temperatura media de la masa de huevos aumenta progresivamente por efecto del metabolismo, iniciando en 26-27 °C y alcanzando un máximo promedio de 34-35 °C cerca del momento de la eclosión (Azanza-Ricardo, 2009). Este incremento de calor metabólico varía según la cantidad de embriones vivos en desarrollo dentro del nido (Booth y Astill, 2001; Godley *et al.*, 2001).

Durante el periodo de incubación, las temperaturas internas de los nidos suelen oscilar entre 25 y 35 °C. Sin embargo, el éxito de la eclosión disminuye considerablemente cuando la temperatura de la arena supera el límite máximo de tolerancia térmica de los embriones (Ackerman, 1997; Laloë *et al.*, 2017; Matsuzawa *et al.*, 2002).

En palabras de Maulany *et al.*, 2012 y Sandoval-Espinoza, 2008, los viveros son criticados debido a que representan pequeñas áreas congestionadas, y los nidos que se encuentran incubados están cerca unos de otros y lo que pueden ocasionar es el aumento de la temperatura en los nidos a causa del tamaño de las nidadas reubicadas dentro del vivero.

4.3.2 Huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario evidente

En el caso de los huevos no eclosionados que carecen de embriones en su interior, una de las principales causas puede estar relacionada con la manipulación previa a la polarización del disco germinal en el embrión (Bustard, 1973). Durante este proceso, los embriones comienzan a fijarse a la cáscara del huevo, por lo que cualquier movimiento brusco o el cambio de posición durante el traslado puede provocar su desprendimiento y, en consecuencia, su muerte (Garduño-Andrade y Cervantes, 1996).

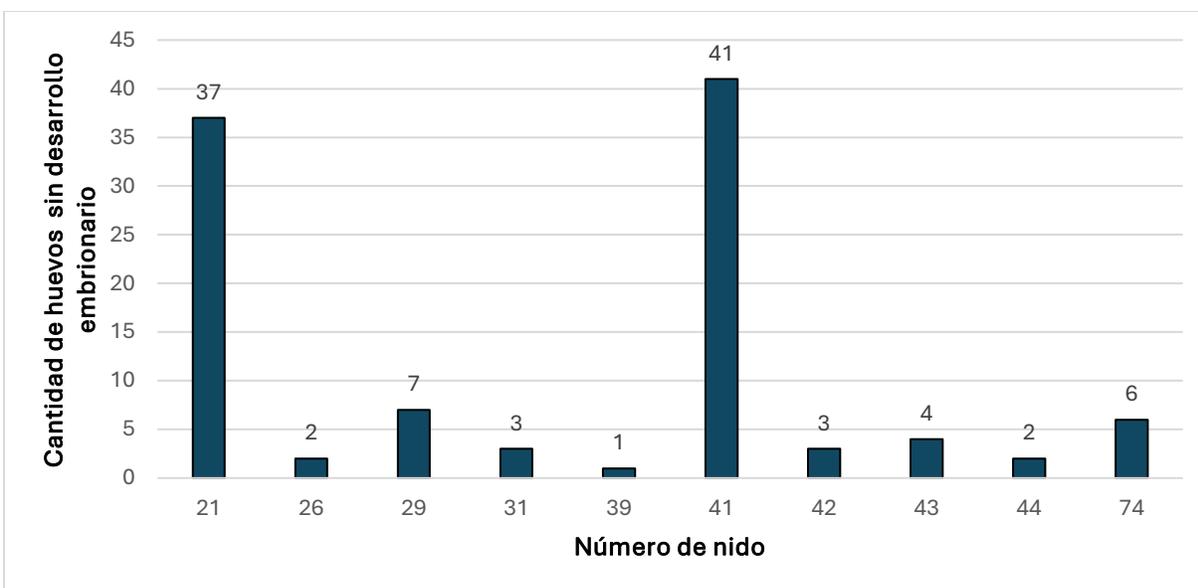


Figura 14. Huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de agosto. Fuente: elaboración propia.

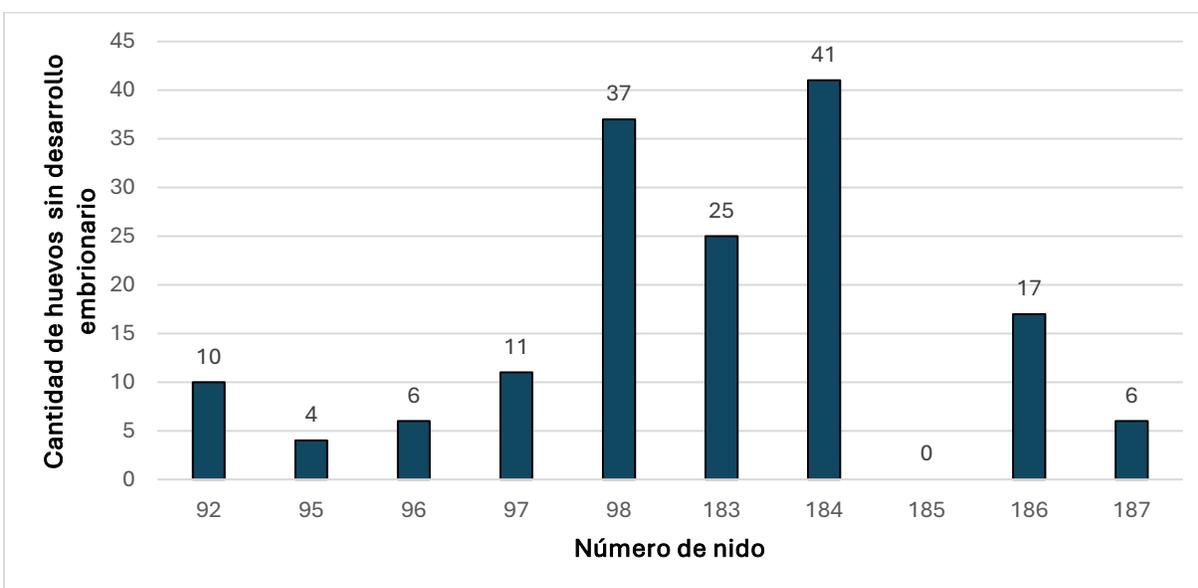


Figura 15. Huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de septiembre. Fuente: elaboración propia.

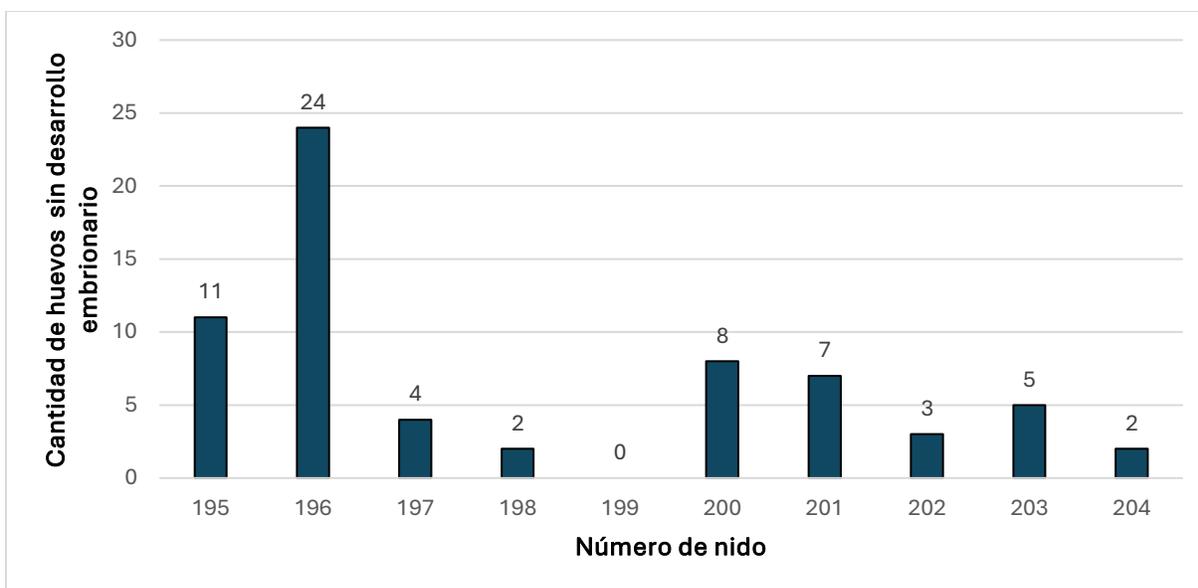


Figura 16. Huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de octubre. Fuente: elaboración propia.

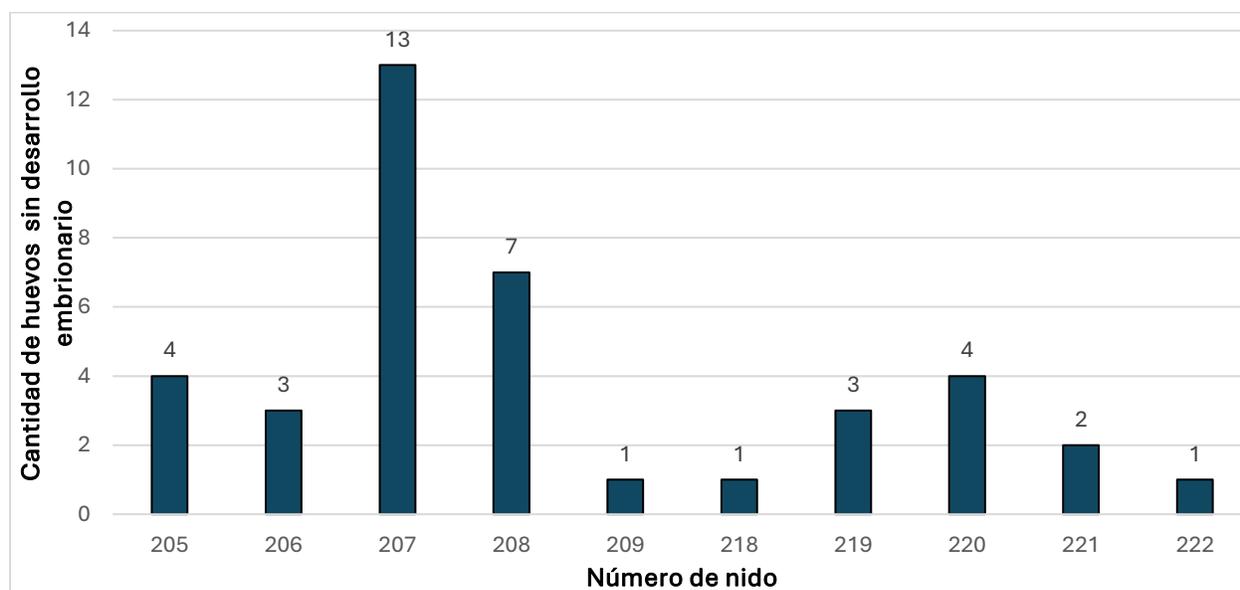


Figura 17. Huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario evidente evaluados del mes de noviembre. Fuente: elaboración propia.

La **Figura 14** muestra la cantidad en diferentes nidos. Se observa que los nidos 41 y 21 presentan las mayores cantidades, con 41 y 37 huevos, respectivamente. En contraste, el nido 39 tiene solo 1 huevo, siendo el de menor cantidad. Otros nidos, como los números 26 y 44, contienen 2 huevos, mientras que los nidos intermedios, como los 29, 31, 42, 43 y 74, tienen entre 3 y 7

huevos. Esta distribución resalta una variabilidad considerable en la cantidad de huevos sin desarrollo embrionario entre los nidos, con los nidos 41 y 21 destacándose por sus cifras más altas.

La **Figura 15** presenta la cantidad de huevos sin desarrollo embrionario en distintos nidos. Los nidos 98 y 184 destacan con las mayores cantidades, alcanzando 37 y 41 huevos, respectivamente. A estos les siguen los nidos 183, con 25 huevos, y 186, con 17 huevos. Por otro lado, el nido 92 tiene 10 huevos, mientras que el nido 95 solo cuenta con 4 huevos. El nido 185 no presenta huevos, y los nidos 96 y 187 tienen cantidades menores, con 6 huevos cada uno. Esta distribución también muestra una gran variabilidad, con los nidos 98 y 184 destacándose por sus cifras más altas.

En la **Figura 16**, se presenta la cantidad de huevos sin desarrollo embrionario en varios nidos. El nido 196 sobresale con 24 huevos, seguido por los nidos 195, con 11 huevos, y 200, con 8 huevos. Los nidos 201, 203 y 197 tienen cantidades más bajas, con 7, 5 y 4 huevos, respectivamente. El nido 198 tiene 4 huevos, y los nidos 202 y 204 presentan las menores cantidades, con solo 2 huevos cada uno. El nido 199 no tiene huevos. Esta distribución muestra una variabilidad significativa en la cantidad de huevos sin desarrollo embrionario entre los nidos, destacando al nido 196 por su cifra más alta.

La **Figura 17** muestra la cantidad de huevos sin desarrollo embrionario evidente en varios nidos. El nido 207 tiene la mayor cantidad, con 13 huevos. Le siguen los nidos 208, con 7 huevos, y los nidos 209, 218 y 222, que tienen 1 huevo cada uno, siendo los de menor cantidad. Otros nidos, como los 204 y 220, tienen 4 huevos, mientras que los nidos 206 y 219 cuentan con 3 huevos. El nido 220 tiene 2 huevos. Esta distribución también refleja una variabilidad considerable, destacando al nido 207 con la mayor cantidad de huevos sin desarrollo embrionario.

Uno de los principales factores que afectan la incubación y el crecimiento embrionario es la temperatura inadecuada, ya que esta resulta crucial para el desarrollo adecuado de los embriones. Tanto temperaturas excesivamente altas como demasiado bajas interrumpen el proceso, impidiendo un desarrollo óptimo. Además, el cambio climático y las alteraciones en las condiciones naturales de los nidos, como la pérdida de cobertura vegetal o la modificación del suelo, pueden comprometer el equilibrio térmico necesario para garantizar un desarrollo exitoso. Estas variaciones no solo afectan la tasa de supervivencia, sino que también pueden influir en la calidad biológica y la viabilidad a largo plazo de estas especies.

Otro factor implicado en la aparición de huevos no eclosionados sin desarrollo embrionario evidente podría ser que los huevos en sí son infértiles, es decir, son huevos no fecundados. Ya sea por estrés ambiental, la contaminación u otros factores que afectan la producción y la calidad del esperma en el macho, disminuyendo así las posibilidades de tener una fecundación exitosa (Keller *et al.*, 2004; Oros *et al.*, 2005).

Según Hamann *et al.*, (2002) la principal causa que los huevos no presente una cópula efectiva se debe a que las hembras pueden almacenar esperma de varias cópulas para poder fecundar múltiples nidadas, pero si el esperma almacenado es escaso y no viable, puede llegar a que los huevos no sean fecundados.

En las especies que carecen de cuidado parental, la selección del sitio de anidación es fundamental, ya que las características de estos lugares influyen directamente en el desarrollo y la supervivencia de los embriones. (Kamel & Mrosovsky, 2004; Quiñones *et al.*, 2007; Booth *et al.*, 2020).

Según Garcés *et al.* (2020) y Garcés & Royo (2017), las condiciones ambientales del nido, como la humedad, la profundidad y la ubicación, juegan un papel crucial en la viabilidad embrionaria. En este sentido, el lugar donde la tortuga deposita sus huevos es esencial para garantizar un desarrollo exitoso. Si el nido es excavado en el vivero sin la profundidad adecuada, los huevos podrían quedar expuestos a temperaturas extremas o a una humedad insuficiente, lo que podría provocar su descomposición. (Mortimer 1990, Ackerman 1997, Marco *et al.* 2005)

Además, las malas prácticas en la manipulación de los nidos, como el uso de herramientas inapropiadas o la alteración excesiva del entorno, pueden comprometer el equilibrio del microclima necesario para el desarrollo embrionario. Por tanto, es indispensable replicar en la mayor medida posible las condiciones naturales del nido para maximizar las tasas de éxito en la incubación y contribuir a la conservación de estas especies. Esto incluye asegurar un manejo cuidadoso de los nidos, evitando alteraciones que puedan impactar negativamente el ambiente necesario para el desarrollo de los embriones (Kamel & Mrosovsky, 2004; Quiñones *et al.*, 2007; Booth *et al.*, 2020).

Miller (1985) señala que, si los huevos no son fertilizados correctamente, ya sea por problemas en la calidad del esperma o en la salud reproductiva de la tortuga macho, no se producirá desarrollo embrionario. Un huevo sin fertilizar no mostrará ningún signo de desarrollo.

Por otro lado, la presencia de parásitos o enfermedades puede causar infecciones que afectan el desarrollo de los huevos (Ebani, V. V. 2023). Se sabe que las larvas de moscas se alimentan de neonatos debilitadas o muertas de cáscaras de huevo vacías y de yema. En algunos casos, incluso pueden llegar a atacar a crías viables y dañar huevos intactos (Lopes, 1982;

McGowan *et al.*, 2001a; Gatreau, 2007, Hall y Parmenter, 2006; Hall y Parmenter, 2008, Bolton *et al.*, 2008; Urhan *et al.*, 2010) (Fowler, 1979; Lopes, 1982; Urhan *et al.*, 2010).

En este estudio se observó larvas de parásitos en los nidos durante los meses de agosto y octubre; este hallazgo puede estar relacionado con la detención temprana del proceso embrionario y consecuentemente la muerte de los embriones; ya que agentes parasitarios como hongos, bacterias y protozoos, tienen la capacidad de ingresar a los huevos y destruir el embrión

Asimismo, enfermedades virales o bacterianas pueden debilitar al embrión, impidiendo su desarrollo normal. Estas infecciones pueden ser transmitidas por otros animales marinos, como aves, crustáceos, o bien originarse en las condiciones insalubres del propio nido, como exceso de humedad, acumulación de desechos o falta de ventilación adecuada (Cornelius, 1986).

4.3.3 Neonatos en superficie

4.3.3.1 Neonatos en superficie vivos

Las condiciones ambientales, especialmente la temperatura y la humedad, desempeñan un papel crucial en el éxito de eclosión de los huevos, ya que pueden reducir significativamente las tasas de supervivencia embrionaria (Miller, 1985; Matsuzawa *et al.*, 2002). La viabilidad de las nidadas depende, en gran medida, de su capacidad para adaptarse o resistir las variaciones constantes de los factores abióticos a lo largo de la temporada de anidación (Miller, 2000).

Uno de los elementos que puede influir negativamente en este proceso son los gradientes térmicos dentro del nido, los cuales afectan la sincronización de la eclosión y, por ende, la emergencia de las crías (Houghton *et al.*, 2001). A esto se suman los cambios en la composición gaseosa del nido durante el desarrollo embrionario, donde se libera dióxido de carbono (CO₂) y se

consumen oxígeno (O_2) y vapor de agua (H_2O). Estas variaciones en los niveles de gases pueden generar microambientes desfavorables que impactan tanto la eclosión como la capacidad de los neonatos para emerger con éxito a la superficie (Ralph *et al.*, 2005). Además, las condiciones subóptimas pueden provocar un desarrollo desigual entre los embriones del mismo nido, afectando la coordinación de la salida

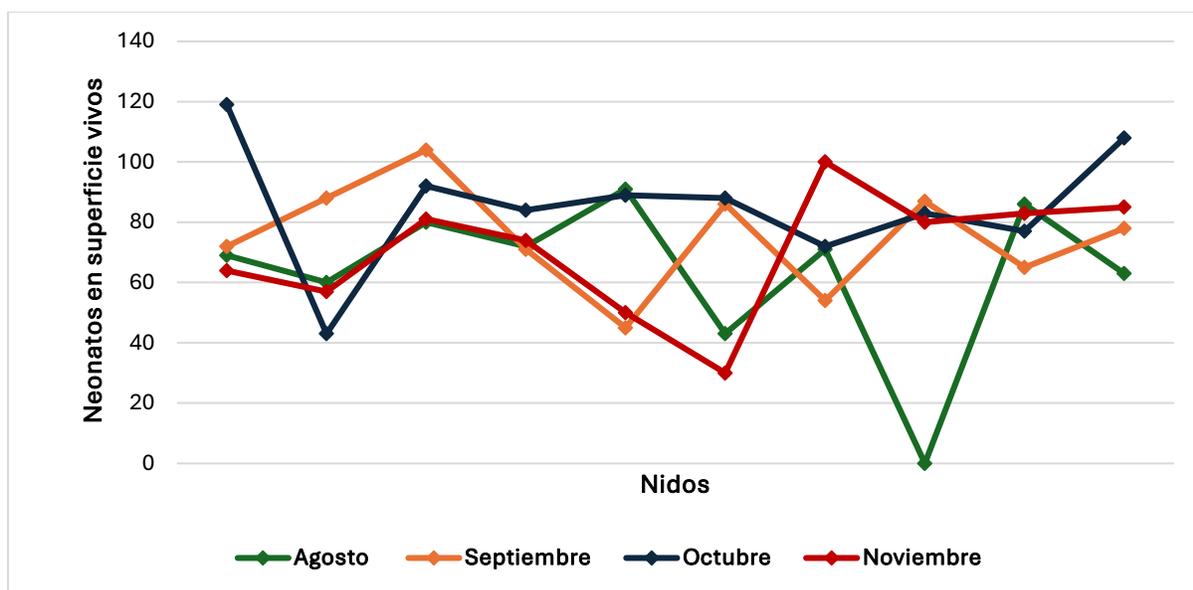


Figura 18. Neonatos en superficie vivos. Fuente: elaboración propia.

La **Figura 18** muestra la cantidad de neonatos vivos encontrados en la superficie, durante los cuatro meses monitoreados, evidenciando variaciones significativas en la actividad reproductiva. En octubre, los valores oscilan entre 43 y 119 neonatos por nido, consolidándose como el mes con mayor actividad. En septiembre, las cifras se mantienen en un rango intermedio, con la mayoría de los nidos registrando entre 45 y 104 neonatos vivos. Por su parte, agosto muestra una ligera disminución en comparación con los meses anteriores, con valores que varían entre 15 y 91 neonatos. Finalmente, noviembre se posiciona como el segundo mes más activo, con la

mayoría de los nidos reportando entre 30 y 100 neonatos vivos, lo que lo convierte en otro período destacado de actividad en la superficie.

Este patrón sugiere que los meses de octubre y noviembre presentaron una mayor actividad en comparación con agosto y septiembre, posiblemente influenciada por factores ambientales y biológicos. Durante agosto y septiembre, las temperaturas se incrementaron, lo que pudo haber afectado la incubación y formación de los embriones, resultando en una ligera disminución en el número de neonatos vivos. En octubre, las condiciones de temperatura parecen haber sido ideales para la incubación, lo que explica el pico de actividad observado en este mes. En noviembre, a pesar de las temperaturas más bajas registradas debido a las intensas lluvias, se obtuvo un registro positivo de neonatos vivos, reflejando la capacidad de adaptación de las especies a estas condiciones climáticas.

El éxito o fracaso en la eclosión de los nidos, y por ende el aporte de nuevos organismos a la población (es decir, nuevos individuos de tortuga liberados a la naturaleza), depende en gran medida del cuidado y manejo que reciben los huevos durante las etapas de colecta, transporte y siembra al vivero, ya que un movimiento brusco o alguna caída puede provocar que el embrión se desprenda y ya no se formen. Enciso (1991) nos señala que el movimiento de los huevos es una de las principales causas de inhibición en el desarrollo embrionario, lo que puede llevar a una mayor mortalidad.

Un estudio realizado por Garduño y Cervantes (1996) en México comparó la supervivencia de los nidos *in situ* con aquellos trasladados a viveros. Aunque no encontraron diferencias significativas en temperatura y humedad entre ambos escenarios, el porcentaje de supervivencia fue mayor en los nidos *in situ*, probablemente porque estos no fueron manipulados.

El éxito de eclosión de las tortugas marinas está influenciado por numerosos factores tales como el tipo de sustrato, porosidad, temperatura, contenido de humedad, salinidad, pendiente de la playa, elevación del nido, lluvias e inundación por mareas y factores relacionados con el manejo de vivero (Mortimer 1990, Ackerman 1997, Wood & Bjorndal 2000, Foley *et al.* 2006, Rondón *et al.* 2010). En muchos reptiles ovíparos, sin embargo, los factores ambientales no solo influyen la supervivencia embrionaria, sino también la talla de las crías, rendimiento, crecimiento, conducta y la determinación de su sexo (Packard & Packard 1988, Burger 1991, Horrocks & Scott 1991, Spotila *et al.* 1994).

Además, la presencia de huevos infértiles dentro del nido puede afectar negativamente la viabilidad de los huevos fértiles. Los huevos infértiles tienden a descomponerse, favoreciendo la proliferación de microorganismos que pueden invadir los huevos fértiles y reducir el éxito de la emergencia (Blanck & Sawyer, 1981; Phillot & Parmenter, 2001). Esto subraya la importancia de minimizar la manipulación y monitorear las condiciones internas de los nidos para maximizar la tasa de eclosión y asegurar el éxito reproductivo.

4.3.3.2 Neonatos en superficie muertos

Durante los meses evaluados agosto, septiembre, octubre y noviembre, no se registraron neonatos muertos en la superficie de los nidos. Esto sugiere un manejo adecuado de las condiciones de los nidos y una tasa de supervivencia favorable en esta etapa inicial

La ausencia de registros de neonatos muertos en superficie puede deberse a diversas razones. Entre ellas, destacan unas condiciones óptimas en los nidos, que favorecen la supervivencia de las crías recién nacidas, así como un manejo adecuado. Además, un monitoreo constante podría haber permitido identificar y mitigar posibles riesgos antes de que afectaran a los

neonatos. También es posible que la metodología de recolección de datos no haya detectado muertes en superficie, lo que podría sugerir la necesidad de complementar estos datos con otros indicadores, como el número total de nacimientos y la supervivencia a largo plazo.

4.3.4 Neonatos dentro del nido

4.3.4.1 Neonatos vivos dentro del nido

Las crías de tortuga marina que permanecen vivas dentro del nido, pero que no logran emerger por debilidad u otros factores, corren un alto riesgo de morir si no son asistidas a tiempo. Por esta razón, realizar la exhumación de los nidos de manera oportuna permite detectar a estos neonatos y liberarlos al mar, aumentando sus posibilidades de supervivencia.

Es común encontrar neonatos vivos dentro de la cámara de incubación que, aunque lograron eclosionar exitosamente, no pudieron salir por sí mismos del nido. Sin embargo, estos individuos no deben ser contabilizados dentro del porcentaje de éxito de emergencia, incluso si posteriormente son liberados al océano (MAATE, WildAid, GIZ, 2021).

Durante las primeras horas posteriores a la eclosión, los neonatos atraviesan una etapa crítica de su desarrollo. Después de romper el cascarón, permanecen agrupados en el fondo del nido mientras esperan que la temperatura de la arena disminuya, generalmente al anochecer, lo cual les permite salir en grupo. Esta sincronización colectiva no solo favorece la termorregulación, sino que también incrementa sus probabilidades de sobrevivir frente a depredadores (Márquez & del Carmen Farías, 2000).

En los casos donde la emergencia no ocurre de forma natural, y se detectan crías vivas durante la exhumación, estas deben ser asistidas y liberadas cuidadosamente. Esta acción, aunque

no modifica las métricas de éxito reproductivo, es fundamental como medida de manejo para maximizar la supervivencia de las crías.

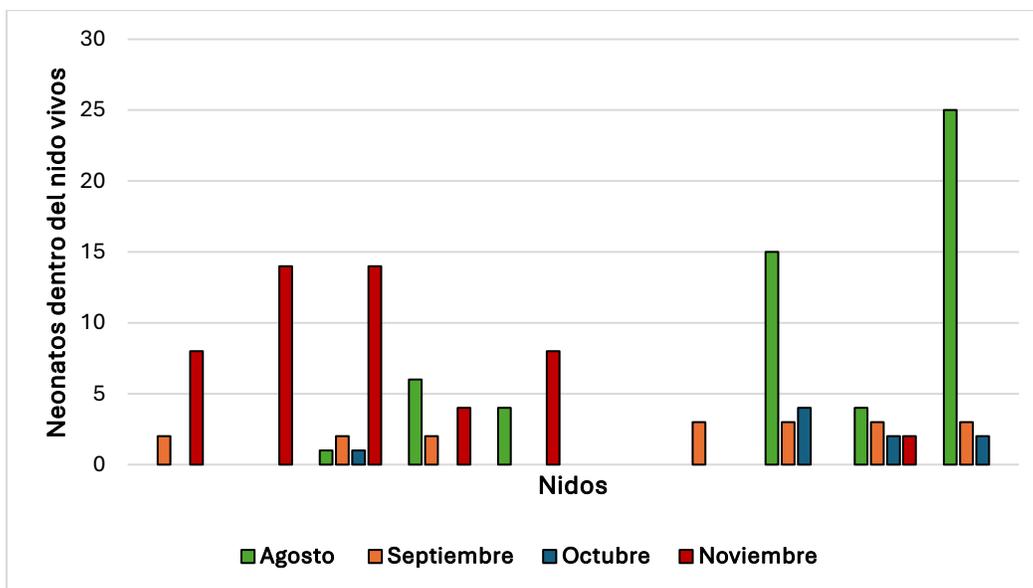


Figura 19. Neonatos vivos dentro del nido. Fuente: elaboración propia.

La **Figura 19** presenta la cantidad de neonatos vivos en los nidos durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, destacando variaciones significativas en la actividad reproductiva a lo largo de este periodo. En agosto, los valores fluctúan entre 1 y 25 neonatos por nido, reflejando un inicio prometedor de la temporada reproductiva. En contraste, durante septiembre y octubre, se evidencia una marcada disminución en la actividad, con la mayoría de los nidos registrando entre 0 y 3 neonatos vivos. Este descenso podría estar relacionado con factores ambientales, como las altas temperaturas registradas en septiembre, que posiblemente impactaron la disponibilidad de recursos o redujeron el éxito en la eclosión de los huevos.

En noviembre se registra un notable incremento en la actividad reproductiva, alcanzando hasta 14 neonatos vivos en algunos nidos, especialmente en el segundo y tercer nido analizados. Este comportamiento posiciona a noviembre como el mes con la mayor cantidad de neonatos vivos

dentro de los nidos durante el período estudiado. Los resultados destacan la influencia de factores ambientales, como la temperatura, que en este mes presentaron sus valores más bajos. Estas condiciones parecen haber favorecido un entorno más propicio para la incubación y desarrollo embrionario, reduciendo significativamente la mortalidad en los nidos.

Si los neonatos permanecen vivos dentro del nido incluso después del periodo de incubación, esto puede deberse a varias condiciones. Los neonatos pueden retrasar su salida debido a temperaturas extrema. También podría estar relacionado con una sincronización incompleta en la eclosión, donde algunos huevos tardan más en romperse, haciendo que los neonatos esperen para emerger en grupo, lo cual es una estrategia natural de supervivencia. Los neonatos que cuentan con reservas energéticas suficientes en su saco vitelino pueden sobrevivir dentro del nido mientras se preparan para emerger, y la sincronización en la eclosión, que les permite remover la arena en grupo, aumenta aún más sus posibilidades de éxito (García-Romero, 2007; Barrientos-Muñoz *et al.* 2014).

Además, factores como la compactación del suelo que cubre el nido o una baja energía en algunos individuos pueden dificultar la salida inmediata. Sin embargo, si las condiciones internas del nido, como temperatura, humedad y oxígeno, se mantienen adecuadas, los neonatos pueden sobrevivir temporalmente dentro del nido hasta que las condiciones sean propicias para salir (Sandoval Ramírez, 2017).

4.3.4.2 Neonatos muertos dentro del nido

El desarrollo embrionario de los huevos de tortuga marina se encuentra estrechamente condicionado por la temperatura del entorno. Existen límites térmicos críticos que, al ser superados, interrumpen el desarrollo y provocan la muerte del embrión. Según Ackerman (1997),

este rango se sitúa entre los 24 °C como mínimo y los 34 °C como máximo; fuera de estos valores, la viabilidad del embrión se ve seriamente comprometida.

Durante la exhumación de los nidos es frecuente encontrar neonatos que, aunque lograron eclosionar, es decir, rompieron el cascarón, no consiguieron salir completamente del nido y fallecieron en la cámara de incubación. En muchos casos, se observa a las crías con la cabeza o incluso medio cuerpo fuera del huevo, lo que indica que completaron la eclosión, pero no la emergida (MAATE, WildAid, GIZ, 2021).

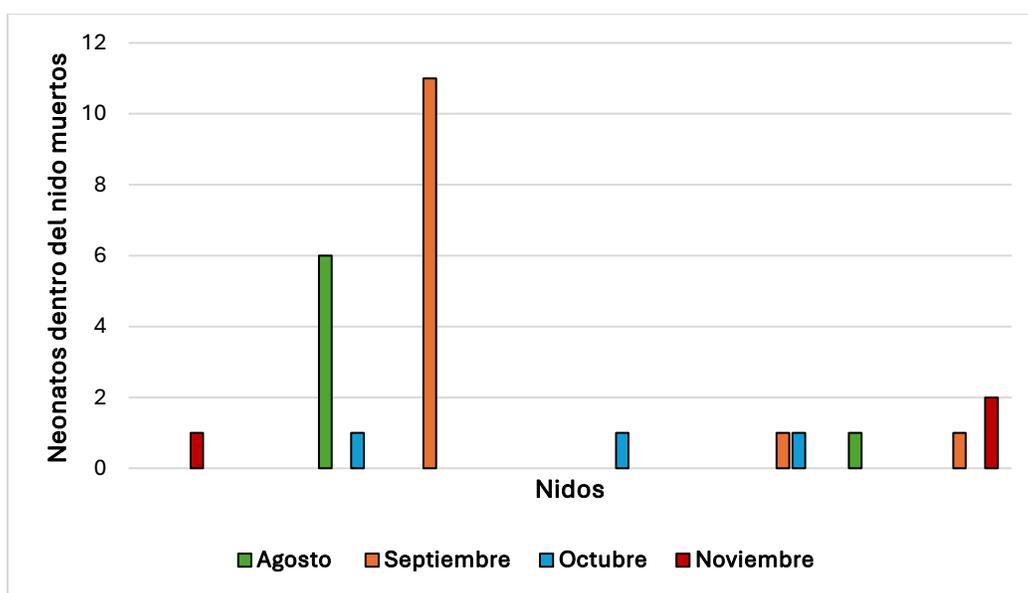


Figura 20. Neonatos nuevos dentro del nido. Fuente: elaboración propia.

La **Figura 20** muestra la cantidad de neonatos muerto dentro del nido durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. Los datos revelan que septiembre registra el mayor número de muertes en un nido, con aproximadamente 11 neonatos muertos, seguido por agosto, que también muestra un número considerable, aunque menor. Por otro lado, octubre y noviembre presentan valores más bajos, con barras significativamente más pequeñas.

De acuerdo con Annelisse & Adrián (2009), la muerte de neonatos de tortuga dentro del nido puede deberse a una combinación de factores naturales y externos que afectan su desarrollo o su capacidad para emerger. Uno de los factores que podemos notar en el vivero es la humedad que puede tener un efecto negativo en los nidos debido a que un exceso de esta puede provocar asfixia por falta de oxígeno, además de deshidratar los embriones (Packard *et al.* 1987).

Según Garduño (2021), nos dice que la falta de humedad puede causar deshidratación en los huevos, lo que coacciona que los embriones se sequen y deterioren. Además, de alterar el equilibrio hídrico interno, lo que resulta en efectos negativos en su estructura y funcionalidad.

Mau *et al.*, (2024) nos indica que al a ver muchos huevos, también puede haber competencia entre los neonatos, y así dejando a los más débiles a bajo de ellos; además si los neonatos llegan a presentar malformaciones pueden afectar la emergida del nido.

4.3.5 Huevos eclosionados con crías en proceso de salida (abiertos)

4.3.5.1 Huevos eclosionados con crías vivas en proceso de salida

El éxito de emergencia se refiere al número de crías de tortuga marina que lograron salir del nido por sí mismas luego de eclosionar. Esta medida se calcula restando del total de cascarones encontrados en el nido el número de neonatos, vivos o muertos, que permanecen dentro de la cámara de incubación al momento de la exhumación (MAATE, WildAid, GIZ, 2021). Esta métrica es clave para evaluar la eficacia reproductiva y las condiciones ambientales del sitio de anidación.

Durante el segundo tercio del periodo de incubación, los embriones son particularmente sensibles a las temperaturas del entorno, ya que es en esta etapa donde se determina su sexo. En medios donde la temperatura es superior al punto de pivote, se desarrollarán embriones femeninos;

en cambio, si la temperatura es inferior a este umbral, se formarán individuos masculinos (Ackerman, 1997).

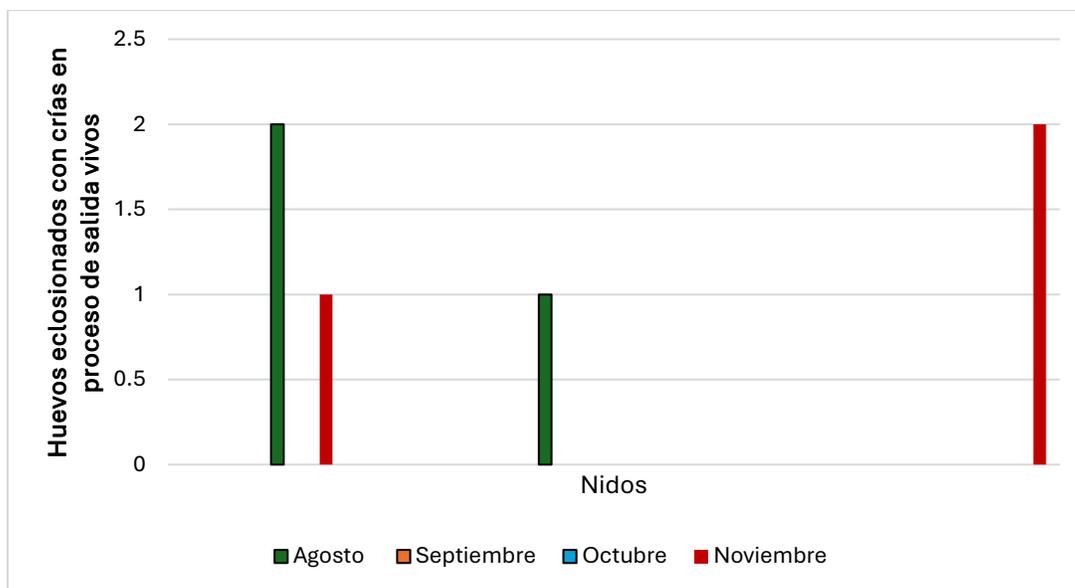


Figura 21. Huevos eclosionados con crías vivas en proceso de salida. Fuente: elaboración propia.

La **Figura 21** presenta la cantidad de huevos eclosionados con crías vivas en proceso de salida durante los meses monitoreados. Los datos revelan que solo en 2 nidos existe un aumento de huevos eclosionados con crías en proceso de salida en los meses de agosto y noviembre. A diferencia de otros meses, durante septiembre y octubre no se obtuvieron datos registrados. No obstante, esta ausencia de información no necesariamente representa un factor negativo, ya que podría indicar que la totalidad de los huevos eclosionaron exitosamente, con neonatos que emergieron de forma natural sin intervención humana.

Por otro lado, es importante considerar que las condiciones climáticas de estos meses, caracterizados por ser los más lluviosos y fríos del año, también pudieron influir en el proceso de eclosión. Si bien la lluvia y las temperaturas más bajas pueden ser beneficiosas al evitar el sobrecalentamiento de los nidos, niveles excesivos de humedad podrían afectar negativamente el desarrollo embrionario, dificultando la correcta eclosión de los huevos o provocando fallos en la

emergencia de las crías. Además, estos eventos extremos modifican la temperatura de la arena, lo que puede influir en el desarrollo embrionario y en la proporción de sexos de las crías, afectando así el equilibrio de las poblaciones a largo plazo (OCEANA, 2018).

Otro factor es la temperatura y humedad del nido manteniendo la arena húmeda pero no demasiado. ya que esto ayuda a que las tortugas salgan del cascarón sin que la arena esté muy dura o seca y así obtener más crías en proceso de salida vivas en los meses de mayor anidación. (Ortiz Garzón, 2022).

4.3.5.2 Huevos eclosionados con crías muertas en proceso de salida

Es común observar durante la exhumación de los nidos a neonatos que han logrado romper el cascarón y sacar parcialmente la cabeza o el cuerpo, pero que lamentablemente han fallecido antes de completar su salida. En estos casos, los individuos se encuentran con parte de su anatomía aún dentro del huevo y el resto fuera, lo cual indica que la eclosión ocurrió, pero la emergencia del nido no se logró de manera exitosa.

Este fenómeno representa una dificultad significativa en el proceso reproductivo, ya que muchas crías mueren durante una etapa crítica de transición. Una de las causas principales suele ser la debilidad del embrión, lo que impide que algunos neonatos tengan la fuerza necesaria para romper completamente la cáscara o desplazarse hacia la superficie. Esta debilidad puede estar relacionada con factores genéticos, estrés térmico, deficiencias nutricionales del vitelo o condiciones subóptimas durante la incubación, como la falta de oxígeno o la compactación excesiva del sustrato (Márquez, 1996; Chacón & Araúz, 2001).

Además, en el interior de los nidos puede desarrollarse una microfauna que interactúa con el ambiente embrionario. Las larvas de algunas especies de insectos actúan como descomponedores de materia orgánica, pero en ocasiones pueden comportarse como depredadores oportunistas, alimentándose de crías vivas que no logran emerger (Hall & Parmenter, 2006).

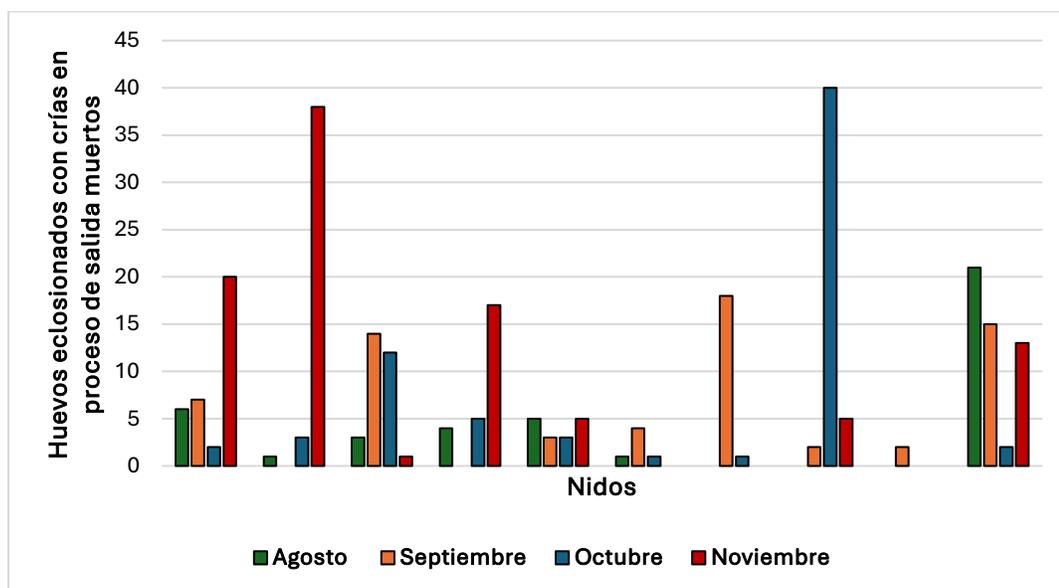


Figura 22. Huevos eclosionados con crías muertas en proceso de salida. Fuente: elaboración propia.

La **Figura 22** presenta la cantidad de huevos eclosionados con crías muertas en proceso de salida durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. Los datos obtenidos indican que octubre presentó un incremento de huevos con crías en proceso de salida muertas, seguido el mes de noviembre con 37 huevos; septiembre y agosto fueron los meses con menor incremento de huevos con crías en proceso de salida muertas.

Durante el proceso de eclosión, las tortugas rompen el cascarón usando un pequeño diente temporal llamado "carúncula". Esto ocurre casi simultáneamente entre los huevos de un mismo nido para maximizar las probabilidades de supervivencia, aunque en su proceso puede ocurrir factores negativos que ocasionan las muertes como lo es la compactación del sustrato ya que el

suelo duro o compacto hace difícil para las tortugas al romper el cascarón y salir a la superficie. (Márquez, R., & del Carmen Farías, M., 2000).

Otro factor son las inundaciones o agua acumulada son muy pocas las tortugas que sobreviven después de la incubación y llegan a ser adultas. Si el nido está en un lugar demasiado bajo en la playa, los huevos pueden ser destruidos por mareas altas o lluvias fuertes (Seaturtle-World, 2015). Y si hay muchos huevos en un lugar pequeño o si el nido no tiene suficiente aire, los neonatos pueden morir porque no pueden respirar.

4.4 Estimación del éxito reproductor

La estimación del éxito reproductor en tortugas marinas es de suma importancia debido a que se obtiene información que es fundamental para la conservación y manejo de esta, ya que es importante identificar cuáles son los factores que influyen en dicho proceso al momento de adaptar una alternativa a la incubación de huevos (Millar, 2000).

La mortalidad embrionaria en los huevos y la muerte de los neonatos en los primeros momentos de vida es muy elevada, en lo cual estadísticamente se estima que sólo una tortuga marina de cada 1000 neonatos llega a la madurez sexual, es decir, a la etapa adulta, aunque esta baja supervivencia podría contrarrestarse en condiciones naturales por la longevidad y alta fertilidad de la especie (Vega *et al.* 2024).

Según Vega *et al.* (2024) el éxito de la reproducción y de emergencia de las crías depende en gran medida de un conjunto de factores externos; dígame hábitat, depredadores, nivel del mar, temperatura y humedad.

Tabla 1. Porcentaje del éxito de eclosión en los nidos evaluados de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en los meses de agosto a noviembre.

Estimación del éxito reproductor	Porcentaje
Éxito de eclosión	85 %
Huevos sin desarrollo aparente	9.5 %
Crías muertas	8.2 %
Mortalidad embrionaria	1.9 %
Periodo de incubación (días)	46 días

En la **Tabla 1**, se observan los resultados del éxito reproductivo durante el periodo de reubicación de nidos. Este estudio, se realizó con un total de 80 nidos *ex situ* durante la temporada de anidación en los meses de agosto a noviembre 2023. Con estos datos fue posible evaluar la salud de la población de neonatos de tortugas marinas que se encuentra en nuestro vivero y así poder identificar los posibles problemas que puedan existir en nuestro vivero.

De acuerdo con el trabajo de García-Grajales (2017) en la Playa San Juan Chacahua, Oaxaca, México se evaluaron nidos en viveros para la especie de tortuga marina *L. olivacea* registrando un periodo de incubación de 46 días, mientras que el porcentaje de éxito de eclosión fue de 86.6 %. En cuanto a la mortalidad embrionaria, se presentó 5.3 %, huevos con desarrollo evidente 32 % y huevos sin desarrollo aparente 48 %.

Según el estudio publicado por Sandoval-Ramírez *et al.* (2021), quienes evaluaron nidos en viveros para la especie *L. olivacea* en el estado de Guerrero (suroeste de México), el periodo de incubación varia de 44 a 46 días, mientras que el porcentaje de éxito de eclosión resultó ser de 77 %. En cuanto a la mortalidad embrionaria, los autores reportaron una mortalidad del 13.7 %, un 9.2 % de huevos con desarrollo evidente, un 9.2 % de huevos sin desarrollo aparente y un 0.04 % de crías muertas.

Tal como se muestra en la **Tabla 1**, en nuestro estudio se obtuvo un alto éxito en los nidos estudiados, con un 85 % los que nos señala que los huevos de tortugas lograron eclosionar exitosamente, lo cual indica que se presentaron buenas condiciones de incubación. El 9.5 % de los huevos no mostraron signos de desarrollo embrionario, en tanto que, solo el 1.9 % de los embriones que comenzaron a formarse murieron durante la incubación, antes de eclosionar. Es decir que los porcentajes de huevos sin desarrollo y de mortalidad embrionaria son relativamente bajos. Se determinó que un 8.2 % de las crías murieron después de la eclosión; esto muestra que, aunque el embrión logró desarrollarse y salir del huevo, no sobrevivió mucho tiempo después. El periodo de incubación documentado en nuestro estudio fue de aproximadamente 46 días, valor que corresponde al tiempo promedio que transcurre desde que los huevos son puestos hasta que ocurra la eclosión de estos.

Nuestro estudio muestra condiciones favorables, ya que se obtuvo un alto porcentaje de éxito de eclosión y una baja mortalidad embrionaria. Sin embargo, el porcentaje de crías muertas es un aspecto que merece atención, posiblemente debido a las altas temperaturas registradas en algunos meses o a la escasez de lluvias durante el periodo, lo que pudo haber provocado un aumento en la temperatura del sustrato.

Al comparar estos resultados con los de García-Grajales (2017), nuestro estudio presenta mejores resultados en cuanto al desarrollo embrionario, aunque ambos comparten un éxito de eclosión similar. En cambio, al compararlos con Sandoval-Ramírez *et al.* (2021), nuestros datos reflejan un mayor éxito de eclosión y una menor mortalidad embrionaria; no obstante, en cuanto a la mortalidad de crías después de la eclosión, nuestro porcentaje es considerablemente más alto.

CAPITULO V. CONSIDERACIONES FINALES

5.1. Conclusiones

Finalmente, esta investigación se llevó a cabo mediante las exhumaciones de distintos nidos a lo largo de la temporada de anidación 2023. Los resultados nos mostraron una alta tasa de éxito en la eclosión, a pesar de la presencia de factores ambientales desfavorables como la temperatura, la humedad y la compactación de la arena, los cuales suelen influir significativamente en la mortalidad embrionaria de las tortugas.

Las exhumaciones realizadas permitieron confirmar que la mayor parte de la mortalidad embrionaria ocurre durante los estadios I y II del desarrollo, considerados las etapas más vulnerables para los embriones. Durante este periodo inicial, los embriones son altamente sensibles a las condiciones externas, y cualquier alteración puede comprometer seriamente su viabilidad.

El alto porcentaje de eclosión registrado fue resultado de una adecuada metodología de manejo en el vivero, lo que convierte esta práctica en una herramienta eficaz para la conservación y protección de los nidos.

Una de las principales causas identificadas en este estudio fue la elevada temperatura de la arena, atribuida en gran medida a los efectos del fenómeno de El Niño. Este evento climático redujo considerablemente la frecuencia de lluvias durante los meses de anidación, provocando un aumento en la temperatura del sustrato, lo cual puede ser letal para los embriones en sus primeras fases de desarrollo.

Adicionalmente, otro factor que pudo haber influido es la manipulación y el traslado de los huevos desde el sitio de anidación natural hasta el vivero. Este proceso, si no se realiza con extremo

cuidado, puede ocasionar el desprendimiento del embrión de la membrana interna del huevo, especialmente si ocurre antes de la fijación del disco germinal a la cáscara, lo cual sucede en las primeras horas o días posteriores a la oviposición. Este tipo de daño suele derivar en fallas en el desarrollo embrionario durante las primeras semanas de incubación.

5.2 Recomendaciones

Para reducir la mortalidad embrionaria en tortugas marinas, es fundamental realizar análisis periódicos que permitan identificar las causas específicas de las pérdidas. Un aspecto clave es el estudio de microorganismos como bacterias, hongos y parásitos, los cuales pueden encontrarse dentro de los nidos y afectar el desarrollo embrionario, provocando incluso la muerte de los embriones.

Hacer un estudio sobre la embriogénesis en nidos *in situ* y *ex situ* ya que puede aportar excelente información para mejorar técnicas experimentales de incubación en el vivero y también incrementar la natalidad de esta especie de tortuga y disminuir la mortalidad embrionaria y así contribuir de forma efectiva a la conservación de especies de tortuga marinas.

Se propone realizar investigaciones a largo plazo sobre las malformaciones embrionarias en huevos que no lograron eclosionar, con el fin de identificar patrones, causas ambientales o genéticas, y posibles vínculos con factores como la temperatura, la humedad o la contaminación.

Incorporar en los protocolos de evaluación de nidos el estudio de individuos con leucismo (una condición genética que provoca la pérdida parcial o total de pigmentación), ya que el análisis de estos casos podría aportar datos valiosos sobre la variabilidad genética, la adaptación de la especie a cambios ambientales y posibles riesgos para su supervivencia.

BIBIOGRAFIA

Abreu-Grobois, A y Plotkin, P. (Grupo de especialistas en tortugas marinas de la CSE de la UICN). 2008. *Lepidochelys olivacea*. *Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2008*: e.T11534A3292503. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T11534A3292503.en>. Consultado el 1 de agosto de 2024.

Abreu-Grobois, A. & Plotkin, P. (2008). *Lepidochelys olivacea*. In *IUCN Red List of Threatened Species 2013* (Version 2013.2.). Retrived from <http://www.iucnredlist.org>

Ackerman R. 1997. The nest environment and the embryonic development of sea turtles. *In*: Lutz PL, Musick JA(Eds.). *The biology of sea turtles*. CRC Marine Science Series, CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA, pp. 83-106.

Ackerman, R. 1997. The Nest environment and the embryonic development of Sea Turtles. *En*: Lutz, P y J. Musick (editors). *The biology of Sea Turtles*. CRC marine science series. 83-107 p.

Andrew S. Maurer, Matthew W. Johnson, "Anidación de tortugas bobas en el norte del Golfo de México: Importancia de la pendiente de la playa para la selección del sitio de anidación en las Islas de la Barrera del Misisipi", *Conservación y Biología de Chelonian*, 16(2), 250-254 (20 de septiembre de 2017) <https://doi.org/10.2744/CCB-1256.1>

Annelisse, B. I., & Adrián, M. G. (2009, September 3). *Malformaciones en embriones y neonatos de tortuga golfina (Lepidochelys olivacea) en Nuevo Vallarta, Nayarit, México*. Retrieved March 9, 2025, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-50922009000400003&script=sci_arttext&utm_source

Arcia, J. (2007, June 17). *Investigan destrucción ambiental y corrupción en Playa Barqueta*. Burica Press. Retrieved July 31, 2024, from <https://burica.wordpress.com/2007/06/17/investigacion-destruccion-ambiental-y-corrupcion-en-playa-barqueta/>

Barrientos-Muñoz, K. G., Ramírez-Gallego, C., Páez, V. 2014. Nesting ecology of the olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) (cheloniidae) at el valle beach, northern pacific, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 19(3), 437-445

Bell B, Spotila J, Paladino F, Reina R. 2004. Low reproductive success of leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*, is due to high embryonic mortality. *Bio. Conserv.* 115(1):131-138.

Bernardo, J. y P.T. Plotkin. 2007. An evolutionary Perspective on the Arribada Phenomenon and Reproductive Behavioral Polymorphism of Olive Ridley Sea Turtles (*Lepidochelys olivacea*). In: P.T. Plotkin (Ed.). *Biology and Conservation of Ridelys Sea Turtles*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. pp. 59-87.

Bitrán, D. (1998, enero 28). El fenómeno el niño: su naturaleza y los riesgos asociados a su presencia recurrente. Cepal. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/313f1398-62f3-44dc-95b4-fa7030282c47/content>

Bjorndal, K. A. (2000). Prioridades para la investigación en hábitats de alimentación. *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*, 13-15.

Bolton, R. M. (2008). Opportunistic exploitation of turtle eggs by *Tripanurga importuna* (Walker) (Diptera: Sarcophagidae). *Canadian Journal of Zoology*, 86, 151-160.

Booth, D. T., Archibald-Binge, A. & Limpus, C. J. (2020). The effect of respiratory gases and incubation temperature on early stage embryonic development in sea turtles. *PLoS One* 15(12): pp. 1–12. DOI:10.1371/journal.pone.0233580.

Boulon, R.H. (2000): Reducción de las Amenazas a los Huevos y las Crías. Protección in situ. En: Research and management techniques for the conservation of sea turtles (K.L. Eckert, K.A. Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois y M. Donnelly, eds.), IUCN/SSC Marine turtles specialist group publication No. 4, 235 pp.

Bustard, R. 1973. *Sea Turtles: Natural History and Conservation*. Taplinger Publishing Company. New York.

Carrasco-Aguilar 2000. Estudio de los parámetros físicos que afectan el avivamiento en nidos de tortuga lora (*Lepidochelys kempi*, Garman, 1880). Tesis de Maestría en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México. 91 pp.

Chacón, D., Dick, B., Harrison, E., Sarti, L., & Solano, M. (2008). Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica. Secretaría Pro Tempore de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT), San José, Costa Rica.

Cornelius, S. E. & Robinson, D. C. (1985). *Abundance, distribution, and movement of olive ridley sea turtles in Costa Rica* (V. Final Report to USFWS). Albuquerque, New Mexico.

Cornelius, S. E., Alvarado, M., Castro, J. C., Mata, M., & Robinson, D. C. (1992). Management of olive ridley sea turtles (*Lepidochelys olivacea*) nesting at Playas Nancite and

Ostional, Costa Rica. In J. G. Robinson & K. H. Redford (Eds.), *Neotropical Wildlife Use and Conservation* (pp. 111-135). Chicago IL: The University of Chicago Press.

Ebani, V. V. (2023). Bacterial infections in sea turtles. *Veterinary sciences*, 10(5), 333.

Eckrich, C.E. y D.W. Owens. 1995. Solitary versus arribada nesting in the olive ridley sea turtles (*Lepidochelys olivacea*): a test of the predator-satiation hypothesis. *Herpetologica* 51: 349-354.

Foley A, Peck S, Harman G. 2006. Effects of sand characteristics and inundation on the hatching success of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) clutches on low-relief mangrove islands in southwest Florida. *Chelonian Conserv. Biol.* 5(1):32-41.

Foley, A. M., Peck, S. A., Harman, G. R. 2006. Effects of sand characteristics and inundation on the hatching success of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) clutches on low-relief mangrove islands in southwest Florida. *Chelonian Conservation and Biology*, 5(1), 32-41.

Fowler. (1979). Hatching success and nest predation in the green sea turtle, *Chelonia mydas*, at tortuguero, Costa Rica. *Ecology*, 60 (5), 946-955

Garcés, H. & Royo, P. (2017). Éxito de Incubación en vivero de Tortuga Lora en Playa Mata Oscura, Provincia de Veraguas, Panamá. *Rev. Científica la Univ. Marítima Int. Panamá* 3(1): pp. 18–22.

Garcés, H., Batista, A. B. & Sánchez, N. (2020). Caracterización de sitios de anidación de tortugas marinas en Playa Lagarto, Pedasí, Provincia de Los Santos, Panamá. *Tecnociencia* 22(2): pp. 259–277. DOI:10.48204/j.tecno.v22n2a14.

García-Grajales, J. (2017). Temperaturas de incubación y proporción sexual en nidos de tortugas marinas de la Playa San Juan Chacahua, Oaxaca, México. *Agro Productividad*, 10(5). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1019>

García-Romero, M. E., Hernández, D. L. M., García, C. B., Santos, S. A., Meyer, W. A. O. 2007. Protección y conservación de tortugas marinas de la zona costera de Michoacán, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 11(2), 15-22.

Garduño, M. E. (2021). Ecología de anidación de *Lepidochelys olivacea*, *in situ* vs. *ex situ*, en el área natural protegida Parque Nacional Cabo Pulmo, Baja California Sur, México. Ensenada.

Garduño-Andrade, M. & E. Cervantes, 1996. Influencia de la temperatura y la humedad en la sobrevivencia en nidos *in situ* y en corral de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) en Las Coloradas, Yuc. México. INP.SEMARNAP: Ciencias Pesquera No. 12.

Gatreau, S. (2007). Dipteran larvae infestation of leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) nests on Gandoca Beach, Costa Rica. Tesis de Doctorado. University of Guelph. Ontario, Canada.

Hall, S. C., & Parmenter, C. J. (2006). Larvae of two signal fly species (Diptera: Platystomatidae), *Duomyia foliata* McAlpine and *Plagiostenopterina enderleini* Hendel, are scavengers of sea turtle eggs. *Australian Journal of Zoology*, 54(4), 245-252.

Hall, S., & Parmenter, J. (2008). Necrotic egg and hatchling remains are key factors attracting dipterans to sea turtle (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Natator depressus*) nests in Central Queensland, Australia. *Copeia*, 75-81.

Hamann, M., Jessop, T., Limpus, C., & Whittier, J. (2002). Interactions among endocrinology, seasonal reproductive cycles and the nesting biology of the female green sea turtle. *Marine Biology*, 140, 823-830.

Hammer, Ø., Harper, D.A., & Ryan, P.D. (2001). PAST: PALEONTOLOGICAL STATISTICAL SOFTWARE PACKAGE FOR EDUCATION AND DATA ANALYSIS. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1-9. Retrieved from http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Hasbún, C. R., Vázquez M., León E., y Thomas C. 1997. The use of shade over olive ridley, *Lepidochelys olivacea*, hatcheries. Memoria de resúmenes. 18 th International Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. Mazatlán, Sin. México.

Hill J.E., Paladino F.V., Spotila J.R., Santidrian P. 2015. Shading and watering as a tool to mitigate the impacts of climate change in sea turtle nests. *Plos One*, 10(6): e0129528. DOI:10.1371/ journal.pone.01295528

Hinestroza, L., & Páez, V. P. (2001). *Anidación y manejo de la tortuga golfiná (Lepidochelys olivacea) en la playa La Cueva, Bahía Solano, Chocó, Colombia.* <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/6341>

Houghton JD, Hays GC. Asynchronous emergence by loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings. *Naturwissenschaften*. 2001 Mar;88(3):133-6. doi: 10.1007/s001140100212. PMID: 11402844.

James, R., Melero D. 2015. Anidación y conservación de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en playa Drake, península de Osa, Costa Rica (2006 a 2012). *Revista de Biología*

Tropical, 63(1), 117-129. Limpus, C. J. (1995). Global overview of the status of marine turtles: a 1995 viewpoint. In K. A. Bjorndal (Ed.), *Biology and Conservation of Sea Turtles, Revised edition* (pp. 605-609). Washington D.C.: Smithsonian Institution Press.

Jéssica, D. a. J. (2023, August 4). Éxito de eclosión, malformaciones en neonatos de tortuga Golfina *Lepidochelys olivacea* y temperatura en nidos ex situ en la reserva de producción de fauna marino-costera Puntilla de Santa Elena durante el periodo de noviembre del 2022 a marzo del 2023. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10108>

Kamel, S. J. & Mrosovsky, N. (2004). Nest site selection in Leatherbacks, *Dermochelys coriacea*: Individual patterns and their consequences. *Anim. Behav.* 68(2): pp. 357–366. DOI:10.1016/J.ANBEHAV.2003.07.021.

Keller JM, Kucklick JR, Stamper MA, Harms CA, McClellan-Green PD. Associations between organochlorine contaminant concentrations and clinical health parameters in loggerhead sea turtles from North Carolina, USA. *Environ Health Perspect.* 2004 Jul;112(10):1074-9. doi: 10.1289/ehp.6923. PMID: 15238280; PMCID: PMC1247380.

Lombardo, R. C., & Saavedra, D. Y. (2023). Características de la anidación de tortugas marinas: *Lepidochelys olivacea* y *Chelonia mydas*, en playa lagarto, Los Santos, Panamá. *Tecnociencia*, 25(1), 63-88.

Lopes, H.S. (1982). *Eumacronychia sternalis* (Diptera: Sarcophagidae) with larve living on eggs and hatchlings of the east pacific Green turtle. *Brasileira biologia*, 424-429.

López, R.M and Harfush, M. (2000). Determination of the percentage of olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) in situ nests that are affected by beetles at Escobilla Beach (Mexico). In 20th Sea Turtle Symposium (Vol. 29).

Lutcavage, M. E., & Lutz, P. L. (1991). Diving physiology and the distribution of sea turtles. In P. L. Lutz & J. A. Musick (Eds.), *The biology of sea turtles* (pp. 273-298). CRC Press.

MAATE, WildAid, GIZ. (2021). Protocolo Operativo Estándar para la Protección, Manejo y Monitoreo de Nidos de Tortugas Marinas en la Costa Continental del Ecuador, WildAid Inc., Cooperación Técnica Alemana – GIZ. Proyecto Conservación de Tortugas Marinas en la Costa de Ecuador. Guayaquil, Ecuador

Márquez, M. R. (1994). Spatial and temporal patterns in the distribution of sea turtle species. In K. A. Bjorndal (Ed.), *Biology and conservation of sea turtles* (pp. 43-78). Smithsonian Institution Press.

Márquez, M.R. 1990. FAO species catalogue. Vol.11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Fisheries Synopsis No. 125, Vol. 11. Rome, FAO. 81 pp.

Márquez, R., & del Carmen Farías, M. (2000). *Las tortugas marinas y nuestro tiempo* (pp. 197-197). México^ eDF DF: Fondo de cultura económica.

Matsuzawa, Y., Sato, K., Sakamoto, W., y Bjorndal, K. 2002. Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) preemergent hatchlings in Minabe, Japan. *Marine Biology*, 140(3), 639-646.

Mau A, Sotomayor Rodríguez P, Picknell A, Tepedino A, Capaldo D, Fenton H, Pemberton L, Stewart KM, Dennis MM. In-nest mortality and pathology of hawksbill sea turtle (*Eretmochelys imbricata*) embryos and hatchlings in St. Kitts and Nevis. *J Comp Pathol*. 2024 Feb;209:13-21. doi: 10.1016/j.jcpa.2024.01.004. Epub 2024 Feb 9. PMID: 38335915.

Meylan, A. B. (1999). *Lepidochelys olivacea* – Olive Ridley sea turtle. En K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, & M. Donnelly (Eds.), *Research and management techniques for the conservation of sea turtles* (pp. 141-145). IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4.

Miller, J. D. 1985. Embryology of marine turtles. En: Gans C. (Ed.), *Biology of reptilia*, New York. 14, 269- 328.

Miller, J. D. 2000. Determinación del tamaño de la nidada y el éxito de eclosión. *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE, Publicación, (4), 143-149.

Ministerio de Ambiente Panamá (2017). Diagnóstico de la situación de tortugas marinas en Panamá y Plan de Acción 2017-2021. http://marviva.net/sites/default/files/documentos/diagnostico_situacion_tortugas_marinas_pana_y_pan_conservacion_17-04.pdf

Molleda, P., & Serra, G. V. (2024). El Fenómeno del Niño y la prevalencia de enfermedades infecciosas: revisión. *La Granja*, 40(2), 9–36. <https://doi.org/10.17163/lgr.n40.2024.01>

Morreale, S. J., Ruiz, G. J., Standora, E. A. 1982. Temperature-dependent sex determination: current practices threaten conservation of sea turtles. *Science*, 216(4551), 1245-1247.

Mortimer, J. A. 1990. The influence of beach sand characteristics on the nesting behavior and clutch survival of green turtles (*Chelonia mydas*). *Copeia*, 1990(3), 802-817.

OCEANA. (2018). OCEANA Protegiendo los mares del mundo.

Orego, C., 2005. Causas antrópicas y naturales en la mortalidad de las tortugas baula (*Dermochelys coriacea*), lora (*Lepidochelys olivacea*) y verde (*Chelonia mydas agassizi*), en la costa Pacífica de Costa Rica. Tesis Ms. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 29 pp.

Orós J, Torrent A, Calabuig P, Déniz S. Diseases and causes of mortality among sea turtles stranded in the Canary Islands, Spain (1998-2001). *Dis Aquat Organ*. 2005 Jan 25;63(1):13-24. doi: 10.3354/dao063013. PMID: 15759796.

ORTEGA, D. & Instituto del Agua de Nuevo León (IANL). (2013). Sequía: causas y efectos de un fenómeno global. In *CIENCIA UANL: Vol. AÑO 16* (Issue No. 61). http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/2085/OT_228.pdf?sequence=1&isAlloved=y

Ortiz Garzón, D. (2022). Estrategia de conservación y principales amenazas de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en la localidad de Puerto Arista, Tonalá, Chiapas.

Patiño-Martínez J., Marco A., Quiñones L., Hawkes L. 2012. A potential tool to mitigate the impacts of climate change to the caribbean leatherback sea turtle. *Global Change Biology*, 18: 401-411.

Pritchard, P. C. H., & Mortimer, J. A. (1999). Taxonomy, external morphology, and species identification. En K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, & M. Donnelly (Eds.), *Research and management techniques for the conservation of sea turtles* (pp. 21-38). IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4.

Pritchard, P., Bacon, F., Berry, A., Carr, J., Fletmeyer, R., Gallagher, S., Witham, R. (1983). Manual sobre técnicas de investigación y conservación de las tortugas marinas. Washington, D.C., USA: Center for Environmental Education.

Quiñones, L., Patiño-Martínez, J. & Marco, A. (2007). Factores que influyen en la puesta, la incubación y el éxito de eclosión de la Tortuga Laúd, *Dermochelys coriacea*, en La Playona, Chocó, Colombia. *Rev. española Herpetol.* (21): pp. 5–17.

Rafferty, A. R., y Reina, R. D. 2014. The influence of temperature on embryonic developmental arrest in marine and freshwater turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 450(2014), 91-97.

Ralph. C. R. et al., (2005). Effect of egg location and respiratory gas concentrations on developmental success in nests of the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*. *Australian Journal of zoology*:53 : 289-294.

Robles P, Y. A., & Vega, A. J. (2007). Determinación del porcentaje de emergencia de neonatos en tortuga golfinia *Lepidochelys olivacea* (ESCHSCHOLTZ, 1829) en Isla Cañas, Pacífico Panameño. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/808>

Sandoval Ramírez, J. L. (2017). Influencia de factores ambientales sobre el éxito de incubación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en condiciones de vivero en el estado de Guerrero, México. In V. Ferreira Bartrina, M. Hernández Rodríguez, M. L. D. C. Lares Reyes, & R. Hernández Martínez, *Maestría en Ciencias en Ecología Marina*.

Sandoval-Ramírez, J. L., Solana-Arellano, E., Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S., & Castro-Mondragón, H. (2021). Efecto de la reubicación de nidos en el éxito reproductivo de la tortuga marina *Lepidochelys olivacea* (Testudinata: Cheloniidae). *Revista de Biología Tropical*, 69(4), 1233-1241.

Seaturtle-World. (2015). Reproducción de las tortugas marinas. <https://www.seaturtle-world.com/es/reproduccion-de-las-tortugas-marinas/>

Spotila, J. R. (2004). *Sea Turtles: A Complete Guide to Their Biology, Behavior, and Conservation*. Johns Hopkins University Press.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Consultado el 19 de agosto 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. Retrieved from www.iucnredlist.org

Urhan, R., Katılmış, Y., & Yüksel, M. (2010). invertebrate infestation in loggerhead turtle (*Caretta caretta*) nests, in dalyan, turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 982-985

Vega, M. F. G., & García, J. L. (2024). Tesis de Diploma. Retrieved from https://accesoabierto.uh.cu/files/original/2163583/Garciga_Vega_Maria_Fernanda_2021.pdf

Anexos

Tabla 2. Registro de exhumación en los nidos de tortuga lora de mes de agosto.

	N° de Nido: 21	N° de Nido: 26	N° de Nido: 29	N° de Nido: 31	N° de Nido: 39	N° de Nido: 41	N° de Nido: 42	N° de Nido: 43	N° de Nido: 44	N° de Nido: 14
Fecha:	19/9/2023	23/9/223	23/9/2023	23/9/2023	28/9/2023	28/9/2023	28/9/2023	28/9/2023	28/9/2023	7/10/2023
Hora de inicio:	10:30 AM	9:41 AM	9:41 AM	10:30 AM	9:30 AM	9:15 AM	8:30 AM	8:30 AM	9:15 AM	10:00 AM
Total de huevos:	117	66	97	90	106	93	75	22	93	118
Neonatos en superficie										
Vivos:	69	60	80	72	91	43	71	0	86	63
Muertos:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neonatos dentro del nido										
Vivos:	0	0	1	6	4	0	0	15	4	25
Muertos:	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0
Huevos eclosionados con crías en proceso de salida (abiertos)										
Vivos:	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
Muertos:	6	1	3	4	5	1	0	0	0	21

Tabla 3. Evaluación del desarrollo embrionario en los diferentes estadios de los huevos de tortuga lora mes de agosto.

Huevos no eclosionados (cerrados)										
	N° de Nido: 21	N° de Nido: 26	N° de Nido: 29	N° de Nido: 31	N° de Nido: 39	N° de Nido: 41	N° de Nido: 42	N° de Nido: 43	N° de Nido: 44	N° de Nido: 74
Sin desarrollo embrionario o aparente										
Sin estadio	37	2	7	3	1	41	3	4	2	6
Con desarrollo embrionario evidente:										
Estadio I:	2	1	0	1	0	4	0	1	0	1
Estadio II:	2	0	0	2	2	1	0	1	0	1
Estadio III:	1	0	0	1	1	2	0	1	0	1
Estadio IV:	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Total	5	1	0	5	4	8	1	3	0	3

Tabla 4. Registro de exhumación en los nidos de tortuga lora de mes de septiembre.

	N° de Nido: 92	N° de Nido: 95	N° de Nido: 96	N° de Nido: 97	N° de Nido: 98	N° de Nido: 183	N° de Nido: 184	N° de Nido: 185	N° de Nido: 186	N° de Nido: 187
Fecha:	2/10/23	21/10/23	21/10/2023	21/10/2023	21/10/23	30/11/23	30/11/23	30/9/2023	30/11/23	30/11/23
Hora de inicio:	10:00 AM	10:00 AM	10:41 AM	10:41 AM	10:30 AM	9:17 AM	8:54 AM	8:19 AM	8:54 AM	8:10 AM
Total de huevos:	92	93	127	102	86	120	118	95	89	104
Neonatos en superficie										
Vivos:	72	88	104	71	45	86	54	87	65	78
Muertos:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neonatos dentro del nido										
Vivos:	2	0	2	2	0	0	3	3	3	3
Muertos:	0	0	0	11	0	0	0	1	0	1
Huevos eclosionados con crías en proceso de salida (abiertos)										
Vivos:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muertos:	7	0	14	0	3	4	18	2	2	15

Tabla 5. Evaluación del desarrollo embrionario en los diferentes estadios de los huevos de tortuga lora del mes de septiembre.

Huevos no eclosionados (cerrados)										
	N° de Nido: 92	N° de Nido: 95	N° de Nido: 96	N° de Nido: 97	N° de Nido: 98	N° de Nido: 183	N° de Nido: 184	N° de Nido: 185	N° de Nido: 186	N° de Nido: 187
Sin desarrollo embrionario o aparente										
Sin estadio	10	4	6	11	37	25	41	0	17	6
Con desarrollo embrionario evidente:										
Estadio I:	0	0	1	2	2	1	1	0	1	0
Estadio II:	1	1	0	4	1	3	1	0	1	1 sin esqueleto
Estadio III:	0	0	0	1	1	1	0	2	0	0
Estadio IV:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1	1	1	7	4	0	2	3	2	1

Tabla 6. Registro de exhumación en los nidos de tortuga lora de mes de octubre.

	N° de Nido: 195	N° de Nido: 196	N° de Nido: 197	N° de Nido: 198	N° de Nido: 199	N° de Nido: 200	N° de Nido: 201	N° de Nido: 202	N° de Nido: 203	N° de Nido: 204
Fecha:	21/12/2023	21/12/2023	21/12/2023	21/12/2023	21/12/2023	21/12/2023	21/12/2023	21/12/2023	21/12/2023	21/12/2023
Hora de inicio:	1:00 pm	1:00 pm	1:30 pm	1:30 pm	2:00 pm	2:00 pm	2:30 pm	2:30 pm	3:00 pm	3:00 pm
Total de huevos:	133	71	111	91	92	98	81	132	87	114
Neonatos en superficie										
Vivos:	119	43	92	84	89	88	72	83	77	108
Muertos:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neonatos dentro del nido										
Vivos:	0	0	1	0	0	0	0	4	2	2
Muertos:	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
Huevos eclosionados con crías en proceso de salida (abiertos)										
Vivos:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muertos:	2	3	12	5	3	1	1	40	0	2

Tabla 7. Evaluación del desarrollo embrionario en los diferentes estadios de los huevos de tortuga lora mes de octubre.

Huevos no eclosionados (cerrados)										
	N° de Nido: 195	N° de Nido: 196	N° de Nido: 197	N° de Nido: 198	N° de Nido: 199	N° de Nido: 200	N° de Nido: 201	N° de Nido: 202	N° de Nido: 203	N° de Nido: 204
Sin desarrollo embrionario o aparente										
Sin estadio	11	24	4	2	0	8	7	3	5	2
Con desarrollo embrionario evidente:										
Estadio I:	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
Estadio II:	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
Estadio III:	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Estadio IV:	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1	1	1	0	0	0	1	1	3	0

Tabla 8. Registro de exhumación en los nidos de tortuga lora de mes noviembre.

	N° de Nido: 205	N° de Nido: 206	N° de Nido: 207	N° de Nido: 208	N° de Nido: 209	N° de Nido: 218	N° de Nido: 219	N° de Nido: 220	N° de Nido: 221	N° de Nido: 222
Fecha:	21/12/2023	21/12/2023	21/12/2023	21/12/2023	21/12/2023	13/1/24	13/1/24	13/1/24	13/1/24	13/1/24
Hora de inicio:	3:30 pm	3:30 pm	4:00 pm	4:00 pm	4:30 pm	10:00 am	10:00 am	10:30 am	11:51 AM	11:51 AM
Total de huevos:	98	115	110	105	64	31	119	89	88	104
Neonatos en superficie										
Vivos:	64	57	81	74	50	30	100	80	83	85
Muertos:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neonatos dentro del nido										
Vivos:	8	14	14	4	8	0	0	0	2	0
Muertos:	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Huevos eclosionados con crías en proceso de salida (abiertos)										
Vivos:	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Muertos:	20	38	1	17	5	0	0	5	0	13

Tabla 9. Evaluación del desarrollo embrionario en los diferentes estadios de los huevos de tortuga lora mes de noviembre.

Huevos no eclosionados (cerrados)										
	N° de Nido: 205	N° de Nido: 206	N° de Nido: 207	N° de Nido: 208	N° de Nido: 209	N° de Nido: 218	N° de Nido: 219	N° de Nido: 220	N° de Nido: 221	N° de Nido: 222
Sin desarrollo embrionario o aparente										
Sin estadio	4	3	13	7	1	1	3	4	2	1
Con desarrollo embrionario evidente:										
Estadio I:	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Estadio II:	0	1	1	1 (gemelas)	0	0	0	0	0	0
Estadio III:	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Estadio IV:	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1	2	1	3	0	0	1	0	1	1

MEMORIA FOTOGRAFICA



Actividades de exhumaciones de nidos de tortuga marina (*Lepidochelys olivacea*) en el vivero en Playa La Barqueta.



Figura 23. Exhumación de nidos en el vivero.



Figura 24. Toma de datos de exhumaciones.



Figura 25. Voluntarios ayudándonos en las exhumaciones de nidos en el vivero.



Figura 26. Materiales para la recolección de datos.



Figura 27. Neonatos de tortugas vivos dentro del nido.



Figura 28. Selección de muestras.



Figura 29. Embrión de *Lepidochelys olivacea* en fase III de desarrollo y con la enfermedad genética Leucismo.



Figura 30. Embrión de *Lepidochelys olivacea* en fase III de desarrollo y con la enfermedad genética Leucismo y malformaciones en el rostro.



Figura 31. Embrión de *Lepidochelys olivacea* en fase III de desarrollo, comparación de una tortuga que presenta la enfermedad Leucismo y una tortuga sana.



Figura 32. Huevo no fértil de tortugas *Lepidochelys olivacea*.



Figura 33. Embrión de *Lepidochelys olivacea* en fase I del desarrollo.



Figura 34. Embrión de *Lepidochelys olivacea* en fase II del desarrollo.



Figura 35. Embrión de *Lepidochelys olivacea* en fase III del desarrollo.



Figura 36. Embrión de *Lepidochelys olivacea* en fase IV del desarrollo.



Figura 37. Huevos eclosionados con crías en proceso de salida vivos.



Figura 38. Neonatos en superficie vivos con malformación.



Figura 39. Neonatos en superficie vivos.



Figura 40. Las diferentes fases del desarrollo embrionarias de tortugas *Lepidochelys olivacea*.



Universidad Autónoma de Chiriquí
Vicerrectoría Académica
Sistema de Bibliotecas e Información
Certificado de originalidad



Fecha: **16/7/2025**

Facultad: **Ciencias Naturales y Exactas.**

Escuela: **Biología.**

Se certifica que, tras llevar a cabo el proceso de análisis de originalidad y detección de similitudes en el trabajo de investigación titulado "**Mortalidad embrionaria en nidos de tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en Playa la Barqueta, Alanje, Provincia de Chiriquí, Panamá.**" presentado por el/la estudiante **Karina González/Dianeth Barria** con número de cédula N.º **4-796-12/4-786-1922**, con la asesoría del profesor **M.Sc. Juan Blas**, el trabajo cumple con el **100%** de originalidad, de acuerdo con el informe emitido por el profesor asesor.

Es importante señalar que el proceso de análisis de plagio se ha realizado utilizando la herramienta Turnitin y siguiendo procedimientos estandarizados para asegurar la precisión de los resultados.

Nota: El uso de la herramienta Turnitin fue aprobada por el Consejo Académico #5 - Sesión extraordinaria - 22 de mayo de 2023 y modificada el 6 de octubre de 2023

Eibar Amaya
Responsable de
departamentco



Ada Chávez
Directora del
SIBIUNACHI