

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE BIOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA MARINA Y LIMNOLOGÍA

Cuantificación de nidada y sobrevivencia de Tortuga Carey, *Eretmochelys imbricata* “Yaug”, Isla Masargandub, Comarca Guna Yala, durante los años 2021-2023.

Presentado por:

DANEIRA BROWN 8-995-1611

Trabajo de graduación presentado a la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, como requisito parcial para optar por el título de licenciada en Biología con Orientación en Biología Marina y Limnología.

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2024

Asesores Universidad de Panamá
Departamento de Biología Marina y Limnología
Dr. Belgis Chial Z.
M.Sc. Edgardo Muñoz.
Lic. Leyson Navarro

Asesores de MarAlliance
M.Sc. Ignacio de Saint Malo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con profunda gratitud y afecto, a mi familia, pilar esencial de mi vida y desarrollo personal.

A, Dixie Brown, Yolaida Brown y Berta Pérez, quienes han sido constantes en su apoyo incondicional y en sus esfuerzos por guiarme hacia el camino del éxito. Sus enseñanzas, su afecto y su dedicación han sido la fuerza motriz que me ha permitido alcanzar esta meta académica.

A mis hermanas, Sahireth y Zharith Brown, por quienes siento un profundo cariño. Su apoyo inquebrantable y su confianza en mis capacidades han sido una fuente constante de motivación para mi superación personal y profesional.

A mis amigos y a todas aquellas personas que han influido significativamente en mi vida: su compañía, sus consejos y su aprecio han sido fundamentales en mi trayectoria.

Este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo. Cada uno de ustedes ha contribuido de manera significativa a mi formación como individuo y como profesional. Este trabajo es un testimonio de su influencia positiva y su dedicación hacia mi persona.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que, de una forma u otra, formaron parte de la mejor etapa de mi vida y contribuyeron a que hoy pueda cumplir un sueño.

A los colaboradores de MarAlliance que me han permitido participar en este proyecto, en especial a Rachel Graham, Arcadio Castillo e Ignacio de Saint Malo, quienes han sido fundamentales en mi orientación para la realización de esta tesis.

Un agradecimiento especial a M.Sc. Megan Chevis, quien dio inició a este proyecto, así como a la Fundación Hurtigruten y a los donantes de MarAlliance, cuyo financiamiento hizo posible la realización de este proyecto.

A todos los voluntarios y trabajadores que han participado en el monitoreo de la anidación de tortugas marinas en la isla de Masargandub, por todo su apoyo, esfuerzo y dedicación en la toma y procesamiento de los datos, con los que se realizó gran parte de esta investigación.

A cada uno de los profesores de la Facultad de Biología, por su ejemplo, dedicación y entrega en cada una de las clases, así como por su valiosa contribución a mi formación profesional.

Gracias a todos por ser parte esencial de este logro.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE GRÁFICAS	8
ÍNDICE DE FOTOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Antecedentes	14
1.1.1. Descripción y generalidades de la especie	15
1.1.2. Amenazas	18
1.1.3. Marco legal	19
1.2. Justificación	22
1.3. Hipótesis	22
1.4. Objetivos	23
1.4.1. Objetivo general	23
1.4.2. Objetivos específicos	23
2. METODOLOGÍA	24
2.1. Área de estudio	25
2.2. Metodología de campo	26
2.2.1. Muestra de estudio	26
2.2.2. Patrullaje de monitoreo	27
2.3. Éxito reproductivo	31
2.4. Análisis estadístico	32
3. RESULTADOS	34
3.1. Abundancia de anidación por año temporadas del 2021 al 2023	35
3.2. Distribución temporal de los nidos	37

3.3. Distribución de los nidos a través del perfil de la playa	38
3.4. Éxito de eclosión	39
3.5. Éxito de emergencia.....	48
4. DISCUSIÓN.....	49
5. CONCLUSIONES	55
6. RECOMENDACIONES.....	57
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía.....	17
Tabla 2. Diferencia entre macho y hembra	17
Tabla 3. Categorías y definiciones del contenido de nidos.....	30
Tabla 4. Resultados del análisis Anova del éxito de eclosión, sector versus la cobertura de vegetación.....	44
Tabla 5. Análisis comparativo para datos no balanceados del éxito de eclosión.	45

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Distribución estadística del número total de huevos desovados durante los años 2021 al 2023.....	36
Gráfica 2. Número de nidadas de tortuga carey, <i>Eretmochelys imbricata</i> , registrados durante el periodo 2021–2023.....	36
Gráfica 3. Distribución mensual de nidos de tortuga Carey en Masargandub y playa Temporadas 2021-2023.....	37
Gráfica 4. Número de nidos por sector de la playa para los tres años de estudio.....	38
Gráfica 5. `total de eclosión desde el 12 de mayo 2021 hasta el 18 de noviembre de 2023.....	40
Gráfica 6. Suma total de huevos depositados de acuerdo con la cobertura vegetal en los años 2021 al 2023	41
Gráfica 7. Porcentaje de éxito de eclosión por zona de cobertura de vegetación....	42
Gráfica 8. Diagrama de similitud de la distancia Euclidiana para las variables, % de éxito de eclosión, cobertura vegetal, huevos depositados y el sector de la playa.....	43
Gráfica 9. Porcentaje de éxito de eclosión por zona de cobertura de vegetación.....	45
Gráfica 10. Distribución del promedio del total promedio de huevos desovados en función de la cobertura vegetal en la Isla.	46
Gráfica 11. Distribución del promedio del éxito de eclosión en función del sector de anidación en la Isla.	47
Gráfica 12. Indicadores del éxito de los nidos para la tortuga carey	48

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Identificación de los sectores estudiados en la Playa Masargandub.....	25
Foto 2. Generación de registros de nidadas.....	28
Foto 3. Reubicación de nidos.....	29
Foto 4. Registro de exhumación.....	31

RESUMEN

La Comarca de Guna Yala en Panamá, alberga importantes áreas de anidación de tortugas marinas, pero enfrenta desafíos en términos de conservación y protección debido a los efectos del cambio climático debido a las actividades antropogénicas como la captura de huevos ya adultos para consumo y venta local, la degradación de hábitat de anidación por la falta de conciencia sobre la importancia de preservar estas especies. Es crucial realizar investigaciones científicas y monitorear las poblaciones para recopilar datos sobre la salud de las poblaciones locales y las amenazas que enfrentan.

Este estudio de investigación se enfoca en evaluar la abundancia de nidos de la tortuga Carey en la Isla de Masargandub, así como analizar cómo las condiciones ambientales como la zona o distancia del nido a la línea del agua afectan la eclosión y emergencia de crías. Durante tres temporadas de anidación en la isla de Masargandub, se registraron un total de 129 nidos. La temporada del 2021, mostró la mayor cantidad de nidos, con una leve disminución en las temporadas siguientes. La distribución temporal de los nidos presentó un patrón evidente, pico de anidación en julio y disminuyendo al llegar el final de la temporada.

ABSTRACT

The Guna Yala Comarca in Panama is home to important sea turtle nesting areas, but faces challenges in terms of conservation and protection due to the effects of climate change due to anthropogenic activities such as the capture of eggs for local consumption and sale, the degradation of nesting habitat due to the lack of awareness about the importance of preserving these species. It is crucial to conduct scientific research and monitor populations to gather data on the health of local populations and the threats they face.

This research study focuses on assessing the abundance of hawksbill nests on Masargandub Island, as well as analyzing how environmental conditions such as nest area or distance from the water line affect hatching and hatchling emergence. During three nesting seasons on Masargandub Island, a total of 129 nests were recorded. The 2021 season showed the highest number of nests, with a slight decrease in the following seasons. The temporal distribution of the nests showed an evident pattern, with nesting peaking in July and decreasing as the season drew to a close.

1. INTRODUCCIÓN

De las siete (7) especies de tortugas marinas en el mundo, cuatro de ellas, *D. coriacea*, *E. imbricata*, *C. mydas* y *C. caretta*, se pueden encontrar en los mares comarcales de Guna Yala. Las diferentes poblaciones de estas cuatro especies se clasifican en la lista roja de la UICN como vulnerables (VU), amenazadas (EN) o incluso en peligro crítico de extinción (CR) según su ubicación geográfica (Mortimer et al., 2008). Sin embargo, en el caso de la tortuga carey - “yaug” en la lengua madre Guna, se encuentra en peligro crítico de extinción en todo su rango a nivel global. En el Caribe panameño, la tortuga carey anida en varias playas aisladas, principalmente en las tres zonas marinas de Bocas del Toro, las costas de la provincia de Colón y en el archipiélago de Guna Yala (Araúz., 2017).

Los impactos antropogénicos han afectado las poblaciones de tortugas a lo largo de los años por las diferentes actividades realizadas en las comunidades, por ejemplo, la extracción de los huevos de tortuga en las playas de anidación o la caza por la carne para sustentó, la degradación de sus habitat. En el pasado existían reglamentos sobre el número de huevos que se podían aprovechar, por ejemplo, solo se permitía tomar la mitad de cada puesta. Inclusive, no se les cazaba, ya que tradicionalmente se creía que la persona que comiera tortuga sería castigada por “Bab Dummad”¹, y corría el riesgo de enfermarse de tuberculosis, pues el espíritu del animal invadía su “burba”². Aún hoy en día, hay gunas de mayor edad que por estas razones no comen tortugas (Ventocilla et al., 1999)

Además de un recurso natural, las tortugas marinas representan también un bien cultural para ciertas sociedades, pues hacen parte de sus tradiciones y creencias. En particular, las poblaciones de “Yaug”³, la tortuga carey, que han sido diezmadas ya que por muchos años han sido aprovechadas tanto como alimento, como cazadas por su caparazón con el cual se realizan artesanías.

¹ Bab Dummad o Baba es conocido como gran padre, ser supremo, hacedor del universo junto a Nandummad (hacedora de todo lo creado junto a Baba).

² Se conoce como el espíritu o alma.

³ En el idioma Guna los meses del año tiene nombres que hacen referencias a eventos que suceden en la naturaleza.

Además de la toma o captura directa, presiones sobre sus hábitats críticos, como arrecifes coralinos donde se alimentan y la degradación de las playas donde depositan sus huevos han aumentado los impactos sobre las mismas y dificultan las medidas tendientes a su recuperación (Chacón-Chaverri, 2004).

Dado a que las tortugas marinas son especies migratorias, significa que no sólo están expuestas a las malas prácticas que pueden darse en la comarca Guna Yala, sino que también en otras regiones dentro de su rango de distribución y/o rutas migratorias. Esto es un problema a nivel internacional con el cual se enfrenta la especie constantemente y es por esto por lo que son protegidas por múltiples acuerdos y convenios internacionales. En consecuencia, es necesario tener un papel activo en nuestra Comarca para la conservación y preservación de estas especies, particularmente en los hábitats críticos como zonas de anidación y forrajeo. Por tanto, nuestro objetivo es contribuir a través de estudios que permitan obtener información de estas tortugas y poder sugerir planes de manejos con el fin de preservar a esta especie.

1.1. Antecedentes

En Panamá, tanto en las costas del Pacífico como en las del Caribe, se han registrado cinco especies de tortugas marinas: Lora o Golfina (*Lepidochelys olivácea*), Carey (*Eretmochelys imbricata*), Canal o Baula (*Dermochelys coriacea*), Caguama o boba (*Caretta caretta*) y Verde o Prieta (*Chelonia mydas*), con una mayor presencia en la costa del Pacífico.

En el Caribe panameño, muchas áreas carecen de suficiente información para determinar el estado de la tortuga carey. No obstante, en los últimos años ha crecido el interés por su estudio, especialmente tras la identificación de sitios de anidación y alimentación, destacándose la Comarca Guna Yala como un área de especial interés. Esta comarca indígena, ubicada en la sección oriental de la vertiente caribeña al noreste

de Panamá, presenta una oportunidad única para la investigación (Díaz, 2005).

Es importante destacar que las aguas de la comarca Guna Yala, al igual que muchas otras áreas marinas, enfrentan desafíos significativos en términos de conservación. Además de los desafíos del cambio climático, la región de Guna Yala enfrenta otros obstáculos en la conservación de la tortuga carey, principalmente relacionados con la falta de información y conciencia sobre la importancia de su preservación.

A pesar de la existencia de áreas de anidación en la comarca Guna Yala, hay una falta generalizada de información y conciencia sobre la importancia de su preservación, lo que ha provocado una reducción en los avistamientos de la especie. Por lo tanto, es crucial llevar a cabo investigaciones científicas y monitoreo de poblaciones para recopilar datos sobre estas tortugas en la región. Estos estudios proporcionarán información valiosa sobre la salud de las poblaciones locales, las amenazas que enfrentan y las medidas de conservación necesarias.

Lamentablemente, la tortuga carey ha experimentado una disminución dramática en su población en las últimas décadas, principalmente debido a la caza furtiva y la destrucción de su hábitat. Aún existen lagunas en nuestro entendimiento sobre su biología y comportamiento, lo que presenta desafíos significativos en los esfuerzos de conservación. La falta de datos precisos sobre las áreas de anidación y la necesidad de investigar la conectividad entre las poblaciones añaden complejidad a estos esfuerzos. Por lo tanto, es urgente avanzar en la conservación de esta especie para evitar su extinción y la pérdida de su papel ecosistémico (Santos et al., 2021).

1.1.1. Descripción y generalidades de la especie

El hábitat de esta especie se encuentra en las aguas tropicales y subtropicales del Atlántico, Pacífico e Índico, desplazándose largas distancias entre aguas territoriales de diferentes naciones.

La tortuga carey principalmente carnívora, con una dieta altamente variable dependiendo de su área de distribución. Gracias a su pico angosto puede capturar a sus presas entre las grietas y recovecos de los arrecifes de coral. En el Caribe se consumen principalmente esponjas, siendo el único reptil espongóvoros conocido (Meylan, 1988). Asimismo, a nivel internacional presentan un consumo de corales, tunicados, algas, crustáceos y moluscos (Márquez, 1990).

La tortuga carey como las demás tortugas marinas, desempeñan un significativo rol en los ecosistemas costeros y oceánicos, ya que su presencia y comportamiento producen un impacto positivo en la estructura y función de los hábitats en los que se encuentran; es la especie más asociadas a hábitats de arrecifes de coral; su alimentación se basa en gran medida en esponjas marinas, aunque también puede consumir otros invertebrados marinos, como medusas y anémonas. Esto sustenta la productividad y funcionalidad de arrecifes de coral, al alimentarse de esponjas que crecen sobre ellos y evitando problemas perjudiciales como la sobreproducción de algas (Meylan, 1988; Trujillo-Arias et al., 2014). Además, se ha reconocido que presentan comportamientos de pastoreo que estimulan el crecimiento de praderas marinas al aumentar la disponibilidad de nitrógeno, proporcionando hábitat y alimento para otras especies (Bell, 2013).

La tortuga carey se caracteriza, por poseer un caparazón duro, deprimido dorsalmente, cubierto de escudos queratinosos, cuello con capacidad incompleta de retraerse, cuerpo cubierto por escamas, una o dos uñas

visibles en las extremidades anteriores y mandíbulas fuertemente cubiertas de material córneo (queratinoso) (Marquez 1990).

El periodo de vida de la tortuga carey es aproximadamente de 50 años, alcanzan su madurez sexual entre los 20 a 40 años y pueden llegar a medir un metro de largo.

La cópula entre macho y hembra tiene lugar en el agua, cuando la hembra es fecundada va a las costas y deposita entre 100 a 130 huevos en el hoyo que cava y cubre en la arena.

Tabla No. 1 Taxonomía de la Tortuga Carey

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Reptiliana
Orden	Testunides
Familia	Cheloniidae
Género	Eretmochelys (Fitzinger, 1843)
Especie	<i>E. imbricata</i> (Linnaeus, 1766)

Fuente : (Mortimer & Donnelly, 2008)

Tabla No. 2 Diferencia entre macho y hembra

Macho	Hembra
Cola larga y gruesa	Cola corta
Uñas largas y fuertes	Uñas largas y fuertes
Plastrón de consistencia suave y cóncavo	Plastrón duro y menos cóncavo

Fuente: (Chacón-Chaverri, 2005)

A lo largo de la historia, el caparazón de la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) ha sido altamente valorado por su belleza y se ha utilizado para

crear diversos productos, como joyas, peines y gafas de sol. Esta demanda ha llevado a una caza excesiva y descontrolada de tortugas carey en todo el mundo, poniendo en peligro su supervivencia que ha impactado drásticamente las poblaciones de tortugas carey a nivel global, llevándolas a ser clasificadas como críticamente amenazadas por la IUCN.

1.1.2. Amenazas

En los últimos años, estudios sobre la población de tortugas marinas han señalado y reconocido que, si no se realizan esfuerzos para su conservación y protección, existe una gran probabilidad de extinción. Actualmente, el decrecimiento de la población de tortugas marinas a nivel mundial se ha intensificado, principalmente debido a las actividades humanas en las zonas costeras y los océanos.

Las amenazas son particularmente graves debido a la vulnerabilidad de las tortugas carey en todas las etapas de su ciclo de vida. Son especialmente susceptibles en sus playas de anidación, donde tanto las hembras anidadoras como sus huevos son fácilmente explotados.

En Panamá, la sobreexplotación de tortugas marinas ha sido documentada desde el año 1817 (Ruiz et al., 2007). Históricamente, esta explotación estaba ligada a fines de subsistencia. En la actualidad, ha habido un incremento en la comercialización intensiva de productos derivados de tortugas marinas. Un ejemplo de esto es la tortuga carey, cuya carne ha sido considerada un manjar y cuyo caparazón se utiliza para la elaboración de artesanías y elementos decorativos (Chacón, 2004).

Las prácticas pesqueras también representan un problema significativo. En la comarca Guna Yala, las embarcaciones costeras se han vuelto menos organizadas y comunitarias, lo que ha llevado a la captura oportunista de tortugas carey. Por lo tanto, incluso cuando el número de

tortugas carey es bajo, la presión sobre ellas continúa siendo alta (Castillo, 2012).

Además, la degradación de servicios ecosistémicos debido al desarrollo costero no regulado ha generado la destrucción de sitios de anidación, diezmando muchas poblaciones de tortugas carey. Estas tortugas son vulnerables en todas las etapas de su ciclo de vida, especialmente en sus playas de anidación, donde las hembras anidadoras y sus huevos son fácilmente explotados (Mortimer et al., 2022).

1.1.3. Marco legal

Para combatir estas amenazas, se han implementado diversas acciones legales y de conservación a nivel nacional e internacional. Todas las especies de tortugas marinas están incluidas en la lista roja de animales amenazados por la IUCN (World Conservation Union) y en el apéndice I de la Convención Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES).

En ese sentido, se ha venido desarrollando e implementando acciones conjuntas entre las comunidades, las organizaciones no gubernamentales ambientalistas y el Estado para apoyar la conservación de las tortugas marinas en Panamá. Estas acciones se llevan a cabo a través de proyectos comunitarios y con la participación del Ministerio de Ambiente (MiAmbiente), entidad encargada de administrar los recursos naturales y el ambiente de la República de Panamá.

De esta manera, Panamá se suma a los esfuerzos globales para garantizar la protección, conservación y uso sostenible de los océanos, así como la supervivencia de las tortugas marinas mediante la implementación de normas jurídicas nacionales e internacionales, tales como:

- ❖ La constitución Política.

- ❖ Ley N° 13 de 30 de junio de 1986, en donde se ratifica el Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino para la Región del Gran Caribe. Conocido como Convenio Cartagena.
- ❖ Convención Relativa de los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, aprobada mediante la Ley N° 6 del 3 de enero de 1989.
- ❖ Ley N° 24 de 7 de junio de 1995, Ley de Vida Silvestre, establece que la vida silvestre es patrimonio natural de Panamá y declara de dominio público su protección, conservación, restauración, investigación y manejo de los recursos genéticos, así como especies y salvaguarda de los ecosistemas naturales.
- ❖ Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, aprobada mediante Ley N° 38 de 12 de junio de 1996.
- ❖ Decreto Ley N° 7 de 10 de febrero de 1998. Crea la Autoridad Marítima de Panamá (AMP), se unifican las distintas competencias marítimas de la administración pública y se dictan otras disposiciones. Posteriormente las competencias de la AMP sobre los recursos marinos costeros pasaron a la ARAP en el año 2006.
- ❖ Ley 41 de 1° de julio de 1998, General de Ambiente de la República de Panamá que comprende las reformas aprobadas por la Ley 18 de 2003, la ley 44 de 2006, la ley 65 de 2010 y la ley 8 de 2015.
- ❖ Resolución de Gabinete No. 3 de 28 de enero de 2004, establece la Estrategia Marítima Nacional.
- ❖ Ley N° 44 de 23 de noviembre de 2006, se crea la Autoridad de Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP), unifica las distintas competencias sobre los recursos marinos costeros, la acuicultura, la pesca y las actividades conexas de la administración pública y dicta otras disposiciones.
- ❖ Ley 14 de 18 de mayo de 2007, que adiciona un título denominado Delito Contra el Ambiente y el Ordenamiento Territorial, al Libro II del Código Penal.

- ❖ Convenio Internacional para el Control y la Gestión de Agua Lastre y los Sedimentos de los Bosques, adherido el 19 de octubre de 2016.
- ❖ Decreto Ejecutivo N°431 de 25 de octubre de 2018, se crea la secretaría ejecutiva de la Comisión para la Formulación, Desarrollo y Monitoreo de la Política Nacional de Océanos.

Normas jurídicas nacionales e internacionales sobre las tortugas marinas en Panamá:

- ❖ Decreto Ejecutivo N° 4 de 31 de enero de 1992, por la cual se dictan medidas para reducir la mortalidad incidental de tortugas marinas en las operaciones de pesca de camarones por arrastre.
- ❖ Decreto Ejecutivo N° 82 de 1 de abril de 2005, establece el uso del dispositivo excluidor de tortugas marinas a todas las embarcaciones que se dediquen a la pesca utilizando redes de arrastre en todas las aguas jurisdiccionales de la República de Panamá.
- ❖ Resolución N° 0276 de 2 de diciembre de 2005, por la cual se reglamenta medidas establecidas en el Decreto Ejecutivo N° 82 de 1 de abril de 2005, por medio del cual se establece el uso del dispositivo excluidor de tortugas.
- ❖ La Ley 8 del 4 de enero de 2008 que suscribe la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT).
- ❖ Ley 371 de 1 de marzo de 2023 establece la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas y sus Hábitats en la República de Panamá.

1.2. Justificación

La falta de conocimiento sobre las tortugas carey en Guna Yala es un desafío significativo que requiere acciones concretas, por tanto, la finalidad de este trabajo de investigación es evaluar la frecuencia y abundancia de anidación de la tortuga carey en la Isla de Masargandub. Durante la temporada de anidación del 2021 al 2023, recopilar información sobre las observaciones de los nidos y las exhumaciones del contenido, para así poder determinar la frecuencia de anidaciones e intervalos entre anidaciones de *Eretmochelys imbricata*.

También analizar cómo las condiciones ambientales de la isla, año, zona, distancia del nido a la línea del agua, lluvia, y donde se ubican cada nido, influye o no sobre la frecuencias e intervalos de anidación y sobrevivencia de la tortuga carey, así como estas influyen o no en los parámetros reproductivos.

Con la finalidad de recabar información para poder optimizar su reproducción y sobrevivencia y poder contar con las herramientas para proyectar mediante acciones y actividades propias, el establecimiento de estrategias adecuadas de manejo y conservación de la tortuga carey, en la isla Masargandub, comarca Guna Yala.

1.3. Hipótesis

Ho: La población de nidadas de *Eretmochelys imbricata* en la Isla Masargandub, Comarca Guna Yala, no serán dependientes de las siguientes condiciones ambientales de la isla, año, zona, distancia del nido a la línea del agua; donde cada sitio no presentara diferentes frecuencias e intervalos de anidación.

H₁: La población de nidadas de *Eretmochelys imbricata* en la Isla Masargandub, Comarca Guna Yala serán dependientes de las siguientes condiciones ambientales de la isla, año, zona, distancia del nido a la línea del agua; donde cada sitio presenta diferentes frecuencias e intervalos de anidación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- ❖ Evaluar la frecuencia y abundancia de anidación de la tortuga carey en la Isla de Masargandub, durante la temporada de mayo 2021 a noviembre de 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

- ❖ Recopilar información sobre las observaciones de los nidos y las exhumaciones del contenido de los nidos, con el uso de metodologías estandarizadas para la conservación de la especie *Eretmochelys imbricata* en playa Masargandub.
- ❖ Determinar las áreas o sectores de mayor densidad de nidos de *Eretmochelys imbricata* en la playa Masargandub.
- ❖ Explorar los factores ambientales que influyen el número de nidos y el éxito de eclosión en la isla Masargandub.

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

La zona marina de la Comarca de Guna Yala está compuesta por un archipiélago de alrededor de 365 islas con extensos arrecifes coralinos que son los mejores conservados de Panamá (Colton, 2011).

La Isla Masargandub (1,07 km x 0,46 km) está ubicada al norte del Golfo de Guna Yala, en Cayos Limones y forma parte del Corregimiento No.1 de Narganá. Masargandub tiene una superficie de alrededor de 34 hectáreas con aproximadamente dos kilómetros de costa. El ecosistema arrecifal de Cayos Limones, específicamente en Masargandub e islas aledañas, presentan un sistema ecológico arrecifal muy saludable, sobre todo a partir de los 15 pies de profundidad, con mucha biodiversidad de comunidades coralinas; incluyendo abundantes abanicos de mar y varios tipos de corales (colonias masivas de coral cerebro, solitarios, incrustantes, estrella en cono, lechuga y negros), así como esponjas, gusanos árbol de navidad, estrellas de mar, múltiples crustáceos, moluscos y peces de arrecifes, entre otros (Castillo, 2020).



Foto No. 1. Ubicación e imagen de la Isla Masargandub en la comarca Guna Yala

Para el pueblo guna las tortugas marinas representan un valor cultural ya que forman parte de la cosmovisión, lo cual son consideradas como seres sagrados y símbolos de la conexión con la naturaleza (Ventocilla et al., 1999). Actualmente, es importante destacar que, al igual que muchas otras áreas marinas, las aguas de la comarca Guna Yala enfrentan desafíos en términos de conservación y protección. Los efectos del cambio climático han sido demasiado notorios en estas aguas, ya que dependen estrechamente de ellos para su subsistencia. El aumento del nivel del mar y la alteración de los patrones de lluvia han tenido un impacto significativo en la seguridad alimentaria y la calidad de vida.

Los lugareños del área indican que la isla alberga una gran actividad de anidación de tortugas Carey, lo cual puede atribuirse a la densa vegetación a lo largo de la costa que brinda protección a los nidos. Para facilitar la estimación de la distribución de la actividad de anidación en toda la isla, la costa se dividió en dos sectores que se conservan en buen estado son excelentes sitios de forrajeo para la tortuga Carey, la cual también anida en las playas de Masargandub.

El área de estudio se delimitó al inicio de la temporada y la playa se dividió en dos sectores para así poder determinar de manera más detallada la distribución espacial de la anidación (Chacón & Sánchez, 2007). Cada segmento se marcó con troncos obtenidos de la misma isla; los cuales se colocaron en la línea de vegetación para así evitar las mareas y el oleaje. **(Foto 1).**

2.2. Metodología de campo

2.2.1. Muestra de estudio

Se basó en la totalidad de la población de nidos registrados en la isla Masargandub, durante las tres temporadas de estudio, del 2021 hasta el 2023, la cual fue de 129 nidos.

2.2.2. Patrullaje de monitoreo

Con el propósito de evaluar la abundancia de anidación de tortugas carey en la isla de Masargandub, se realizaron patrullajes diarios desde el 1 de mayo de 2021 hasta el 31 de octubre de 2023. Los patrullajes diarios se dividieron en patrullajes diurnos y nocturnos. Los patrullajes nocturnos se llevaron a cabo entre las 21:00 h y las 23:00 horas, debido a que las tortugas carey realizan su proceso de anidación durante la noche para reducir el riesgo de depredación. Los patrullajes diurnos se realizaron entre las 06:00 y las 08:00, ya que la incidencia de la luz es menor, permitiendo la identificación de huellas y nidos depositados durante la noche.

Los patrullajes de monitoreo se llevaron a cabo con tres objetivos:

i) Generación de Registros de Anidación

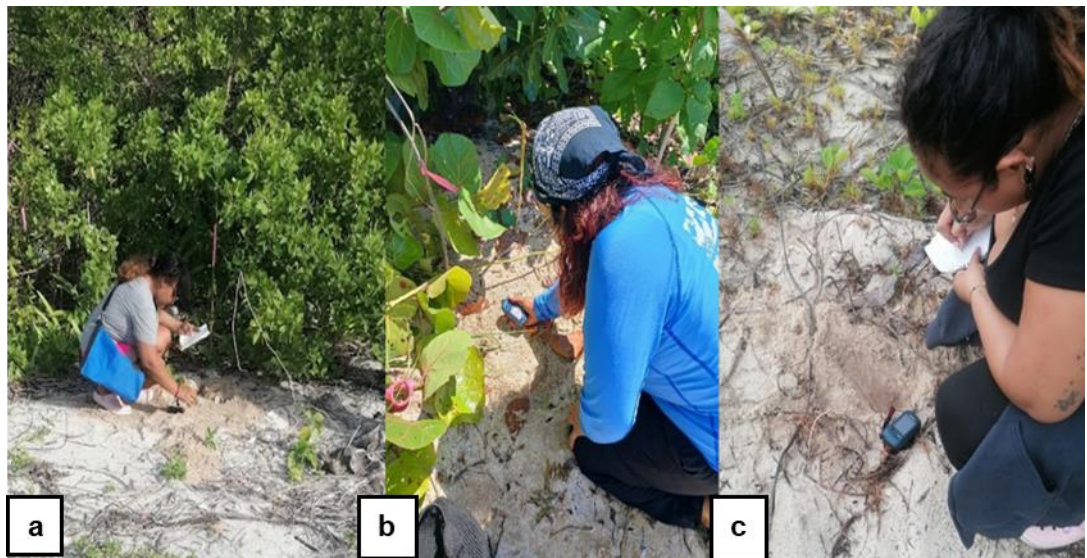
Durante los patrullajes diarios, se generaron registros de anidación ya sea directamente, cuando se observaba a una tortuga carey anidando, o indirectamente, cuando se encontraban huellas en la playa. La ubicación exacta de los nidos identificados en base a las huellas se determinó al pinchar la arena con un palo de madera hasta encontrar la arena más suave y menos compacta, indicativa de la parte superior del nido. Para cada nido, se tomaron registros de la fecha en que se encontró el nido, el sector, zona y las coordenadas espaciales usando el Garmin modelo eTrex 32x.

Las zonas fueron demarcadas de la siguiente manera:

- a) zona de vegetación baja: desde la línea de marea alta hasta donde comienza la primera berma (3 metros aproximadamente).
- b) zona de vegetación media: es a partir de la primera berma hasta donde comienza la vegetación.

- c) la zona de vegetación alta: incluye toda el área de vegetación supra-litoral (Beange & Clift, 2015).

Todos los nidos ubicados fueron triangulados con tres palos de madera, etiquetados con un trozo de cinta adhesiva que contenía el número único de identificación del nido y la fecha del registro, se hizo midiendo la distancia entre cada nido y el poste más cercano, ubicando la dirección de la trayectoria hacia el mar a partir del poste (Meraz & Avila-Barrientos, 2008). Todas las huellas fueron eliminadas después de la identificación del nido para evitar posibles confusiones en el futuro cercano. La condición exterior del nido se verificó en cada recorrido para observar si había sido depredado, saqueado o inundado.



Fotos No.2 Generación de registros de nidadas; a) identificación del nido; b) triangulación y muestra de las coordenadas espaciales; c) recolección de datos.

ii) Reubicación de Nidos

La reubicación de nidos se llevó a cabo durante los patrullajes diarios si se determinaba que algunos nidos recién depositados estaban en áreas de alto riesgo. Esto incluía aquellos que estaban muy erosionados o extremadamente cerca de la playa y con alto riesgo de inundación. Si se

encontraba un nido de alto riesgo, este se excavó evitando el contacto físico directo, y los huevos se reubicaron en una bolsa de transporte cuidadosamente junto con la arena excavada (Chacón & Morales, 2004). Los nidos reubicados se excavaron de manera que imitaban la profundidad y forma de un nido natural (Foto 3a), y los huevos se depositaron cuidadosamente. Aunque los huevos recién puestos no son susceptibles a la mortalidad inducida por el movimiento, se evita sacar la nidada sin girar los huevos (Miller, 2000).

Los nidos solo se reubicaron si se tenía certeza de que se habían depositado como máximo 5 horas antes o en casos de ver cambios en el entorno luego de su puesta los huevos deberán permanecer in situ por lo menos 25 días para reducir el impacto del movimiento que induce a la mortalidad (como se sugiere para evitar problemas de desarrollo perjudiciales) (Parmenter, 1980) y todos se reubicaron en la misma área sombreada y se cubre con la misma arena húmeda que se sacó al momento de construir el mismo (Chacón & Sánchez, 2007).



Foto No.3 Reubicación de nidos; a) medición de la profundidad del nido; b) recolección de datos de reubicación; c) colocación de la nidada.

iii) Exhumación de nidos:

La exhumación de nidos es una metodología común para evaluar las condiciones internas y el éxito relativo de anidación. La duración de la incubación se definió para cada nido como el número de días que transcurrieron desde la puesta de los huevos hasta la aparición de las primeras crías en la superficie de la playa (Quinones et al., 2007). las exhumaciones de nidos se llevaron a cabo 65 días después de que se identificaron los nidos (5 días más de lo que dura el período promedio de incubación) o cuando el nido mostraba signos de emergencia de crías. Este rastro suelen formar una “V” con el vértice en el hundimiento de la emergencia (foto 4a). El contenido de los nidos se examinó dentro de los siguientes parámetros (Tabla No. 3)

Tabla No. 3 Categorías y definiciones del contenido de nidos (Miller, 2000).

CATEGORÍA	DEFINICIONES
C	Número de cascarones vacíos
V	Número de crías vivas en el nido
M	Número de crías muertas fuera de su cascarón
HSDA	Huevos no eclosionados, sin un embrión aparente
HNE	Huevos no eclosionados con embrión evidente

Todas las crías vivas encontradas dentro del nido luego de los 65 fueron liberadas después de la exhumación, y todo el contenido exhumado se volvió a colocar en el nido y se cubrió con la arena original.



Foto No.4 Registro de exhumación; a) nido con signos de emergencia; b) exhumación de nidos.

2.3. Éxito reproductivo

Para el registro de la información se siguieron las categorías propuestas por Miller (2000). El éxito de eclosión en tortugas marinas se refiere al porcentaje de huevos que logran eclosionar con éxito y producir crías viables en comparación con el número total de huevos depositados en un nido y el porcentaje de emergencia de las nidadas. Este indicador es crucial para la supervivencia de las poblaciones de tortugas marinas, ya que garantiza la renovación adecuada de la población y contribuye al equilibrio ecológico en los ecosistemas marinos. Por otro lado, el éxito de emergencia se refiere al porcentaje de crías que logran emerger exitosamente (igual al número de cascarones menos el número de crías vivas y muertas dentro del nido) en comparación con el número total de huevos depositados en el mismo, sumado a los huevos no eclosionados que quedan como resto del nido (tabla 3).

Se calcula de la siguiente manera:

- Éxito de Eclosión (%) = (# de cascarones/ total de huevos) *100.
- Éxito de Eclosión (%) = $\#cascarones / \#total\ de\ huevos * 100$

- **Éxito de Emergencia (%) =**

$$\# \text{ de cascarones} - (\# V + \# M) / \# \text{total de huevos} * 100$$

- #V: Número de crías vivas.
- #M: Número de crías muertas.

Los demás indicadores se calcularon según las fórmulas siguientes:

- **HSDA (%) =** $\text{total de HSDA} / \# \text{total de huevos} * 100$

- **HNE (%) =** $\text{total de HNE} / \# \text{total de huevos} * 100$

- **M (%) =** $\text{total de M} / \# \text{total de huevos} * 100$

2.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico de este estudio se realizó utilizando el lenguaje de programación R, versión R-4.2.3 para Windows en conjunto con el paquete informático Statistica versión 6 para Windows (StatSoft, 2003), abarcando una variedad de métodos para examinar los datos de anidación de tortugas carey. Se emplearon técnicas descriptivas e inferenciales para analizar variables como el número de huevos por nidada, días de incubación, éxito de eclosión y emergencia en diferentes sectores y zonas de la playa.

El análisis descriptivo incluyó el cálculo de promedios, mínimos, máximos y desviaciones estándar para variables clave, así como la creación de gráficos de barras y diagramas de caja para visualizar la distribución del éxito de eclosión en diferentes períodos y el número de huevos desovados. Para explorar las relaciones entre variables como cobertura vegetal, éxito de eclosión, número de huevos desovados y sector de la playa, se utilizó un diagrama de árbol (análisis de clústeres) con el método de distancia euclidiana.

En cuanto al análisis inferencial, se realizaron pruebas paramétricas y no paramétricas. Se empleó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la significancia estadística de las relaciones observadas, considerando el éxito de eclosión como variable dependiente y la cobertura vegetal como variable independiente, con un nivel de significancia de $p=0.05$. Se llevaron a cabo

comparaciones múltiples para evaluar diferencias en el éxito de eclosión entre áreas con distintas coberturas vegetales.

Para los datos ecológicos, se aplicaron pruebas no paramétricas. La normalidad de los datos se comprobó mediante la Prueba de Kolmogórov-Smirnov, especialmente útil para muestras grandes ($n > 50$). La interpretación se basó en el valor p , rechazando la hipótesis nula de distribución normal si este era menor que el nivel de significancia (0.05). Además, se utilizó la prueba de Wilcoxon para comparar el éxito de emergencia entre diferentes sectores de la playa.

Se examinaron las tendencias en el éxito de eclosión en relación con la cobertura vegetal y el sector de la playa mediante gráficos y comparación de promedios basados en el análisis de varianza. También se realizaron análisis adicionales, como ANOVA, para evaluar la relación entre el éxito de eclosión y el sector de la playa, así como entre el total de huevos desovados y la cobertura vegetal.

3. RESULTADOS

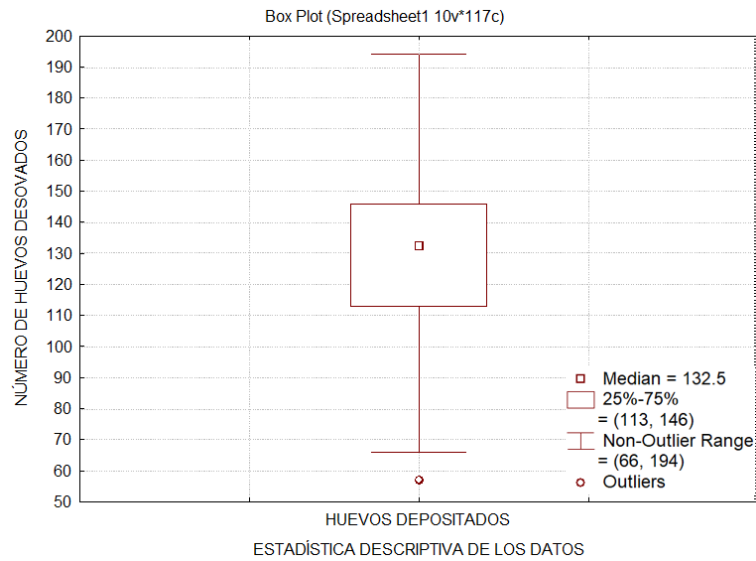
Durante el periodo de anidación de la tortuga *Eretmochelys imbricata*, desde la temporada 2021 hasta 2023, se llevó a cabo un estudio sobre la presencia de esta especie. Aunque hubo variaciones en la cobertura temporal del monitoreo según los estándares de calidad del SWOT (State of the World's Sea Turtles, 2012), se considera que los datos son de mayor calidad (nivel 1). En 2021, el monitoreo se realizó de mayo a octubre, mientras que en 2022 y 2023 se extendió de mayo a noviembre. La calidad de los datos se debe a que se realizaron patrullajes diarios, lo que proporcionó un índice confiable de la abundancia estacional.

3.1. Abundancia de anidación por año temporadas del 2021 al 2023

Durante el período de estudio de la tortuga carey en la isla Masargandub, se documentaron un total de 129 nidos. La temporada de 2021 registró la mayor cantidad de nidos puestos en la playa por hembras anidantes, en comparación con 2022 y 2023. Considerando los tres años estudiados, se aplicó un análisis descriptivo utilizando un diagrama de caja (Box plot) presentado en el Gráfico 1, que ilustra la distribución del número de huevos desovados por las tortugas.

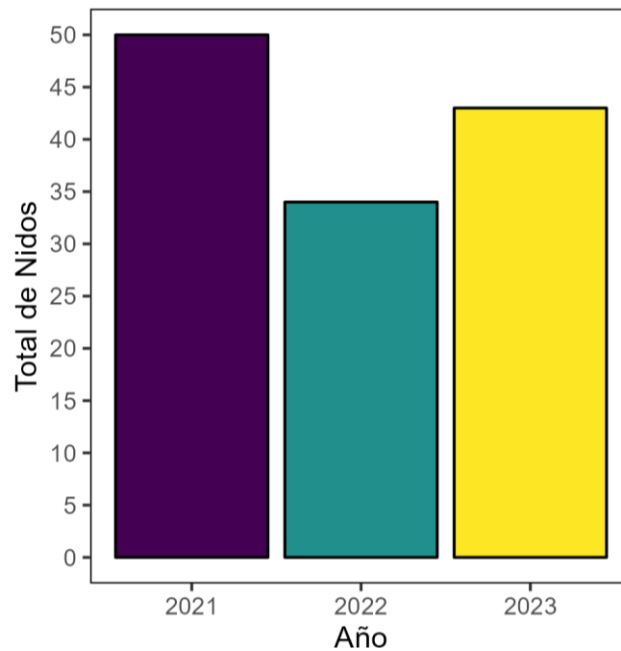
El elemento central del diagrama de caja representa el 50% de los datos y se extiende desde 113 hasta 146 huevos, con una mediana de 13,5 huevos. Los bigotes, que indican los valores máximos y mínimos, muestran que el número de huevos fluctuó entre 66,0 y 194,0, revelando la dispersión de la mayoría de los datos. También se observa un valor atípico (outlier), es decir, un dato que se encuentra fuera de este rango.

La mediana de 132,5 huevos divide el conjunto de datos en dos mitades iguales. El rango intercuartil de 113 a 146 huevos contiene el 50% central de los datos, mientras que el rango completo de 66 a 194 huevos abarca la gran mayoría de las observaciones, excluyendo el valor atípico.



Gráfica No. 1 Distribución estadística del número total de huevos desovados durante los años 2021 al 2023.

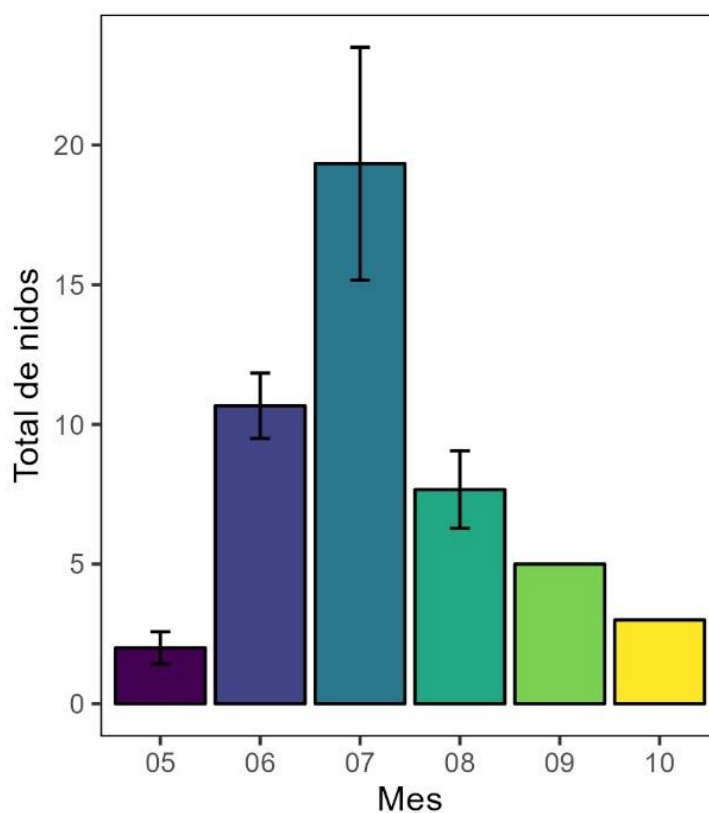
En cuanto a la tendencia en el número de nidos, se observó una leve disminución en las últimas dos temporadas, aunque la cantidad general se ha mantenido relativamente estable (Gráfica No. 2).



Gráfica No. 2 Número de nidadas de tortuga Carey, *Eretmochelys imbricata*, registrados durante el periodo 2021 – 2023

3.2. Distribución temporal de los nidos

La Gráfica 3 presenta información sobre la cantidad de nidadas de la tortuga carey en relación con las tres temporadas de anidación estudiadas en esta investigación. Se observa una notable variabilidad en el número de nidos por mes en toda la isla a lo largo de los tres años estudiados. La curva de la gráfica muestra una marcada fluctuación, siendo el mes de mayo el período con la menor cantidad de nidos observados durante los tres años. En contraste, el punto máximo de anidación se registra en el mes de julio, evidenciando una mayor actividad durante este período. A medida que nos acercamos al final de las temporadas, se aprecia una disminución significativa en el número de anidaciones.

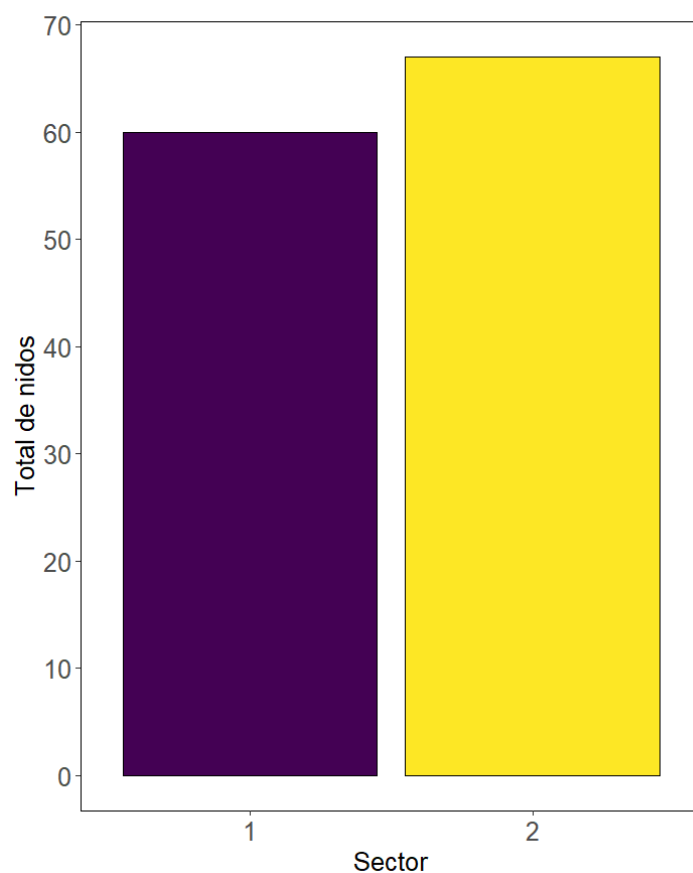


Gráfica No. 3 Distribución mensual de nidos de tortuga Carey en Masargandub y playa Temporadas 2021-2023. En cada barra se muestra el porcentaje de nidos por

mes, considerando 100% el número total de nidos. Las líneas verticales representan desviación estándar.

3.3. Distribución de los nidos a través del perfil de la playa

En la playa, se observaron áreas de mayor densidad de anidación, con una distribución espacial de los nidos a lo largo de dos sectores. Esto coincide con la mínima diferencia en la cantidad de nidos entre el sector 1 y el sector 2, como se muestra en la Gráfica 4.



Gráfica No. 4 Número de nidos por sector de la playa para los tres años de estudio.

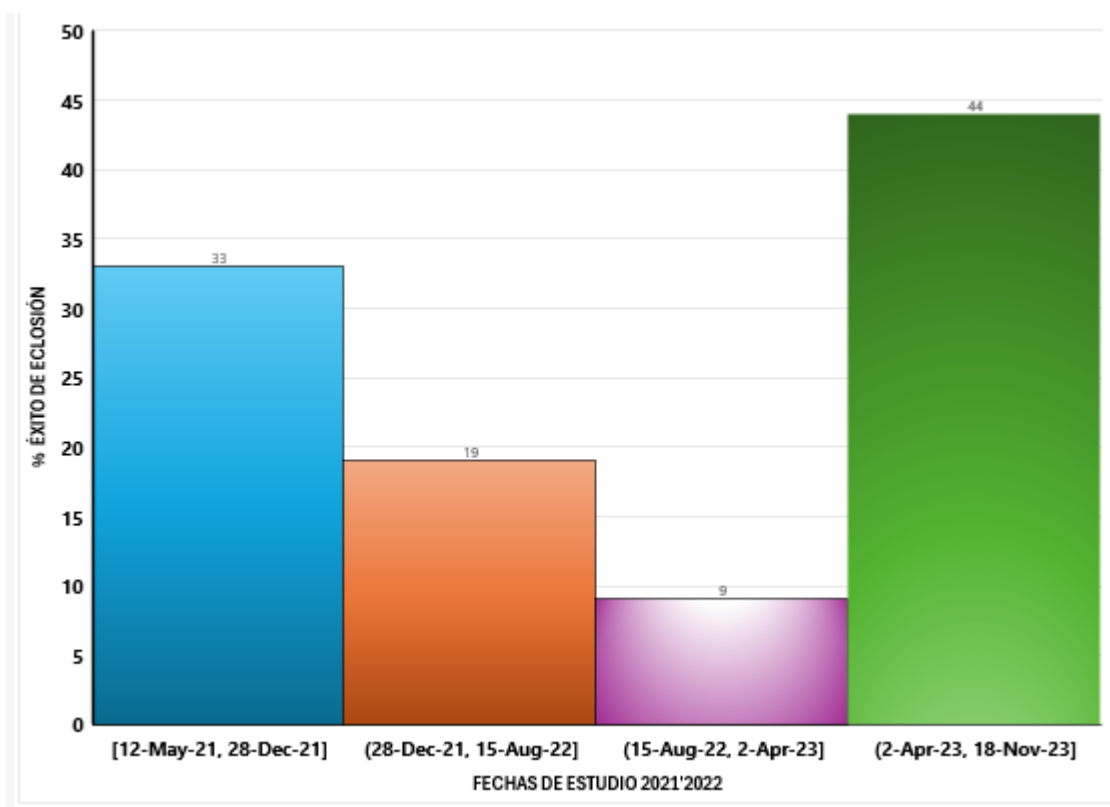
En la selección del sector de anidación de *E. imbricata* influye en la selección del sitio de anidación (Foto 4). Al comparar las anidaciones en cada una de las zonas de la playa no se encuentran diferencias significativas entre ellas.

3.4. Éxito de eclosión

La distribución del éxito de eclosión de tortugas carey desde el 12 de mayo de 2021 hasta el 18 de noviembre de 2023 se muestra en el Gráfico 6. Los datos se agruparon en cuatro períodos específicos de intervalos de fechas de estudio.

En el primer período, del 12 de mayo de 2021 al 28 de diciembre de 2021, el éxito de eclosión fue del 33%, representado por la barra azul. En el segundo período, del 28 de diciembre de 2021 al 15 de agosto de 2022, el éxito de eclosión disminuyó al 19%, indicado por la barra naranja. El tercer período, del 15 de agosto de 2022 al 2 de abril de 2023, mostró el éxito de eclosión más bajo, con un 9%, visualizado en la barra morada. Finalmente, en el cuarto período, del 2 de abril de 2023 al 18 de noviembre de 2023, el éxito de eclosión fue el más alto, alcanzando el 44%, como se observa en la barra verde.

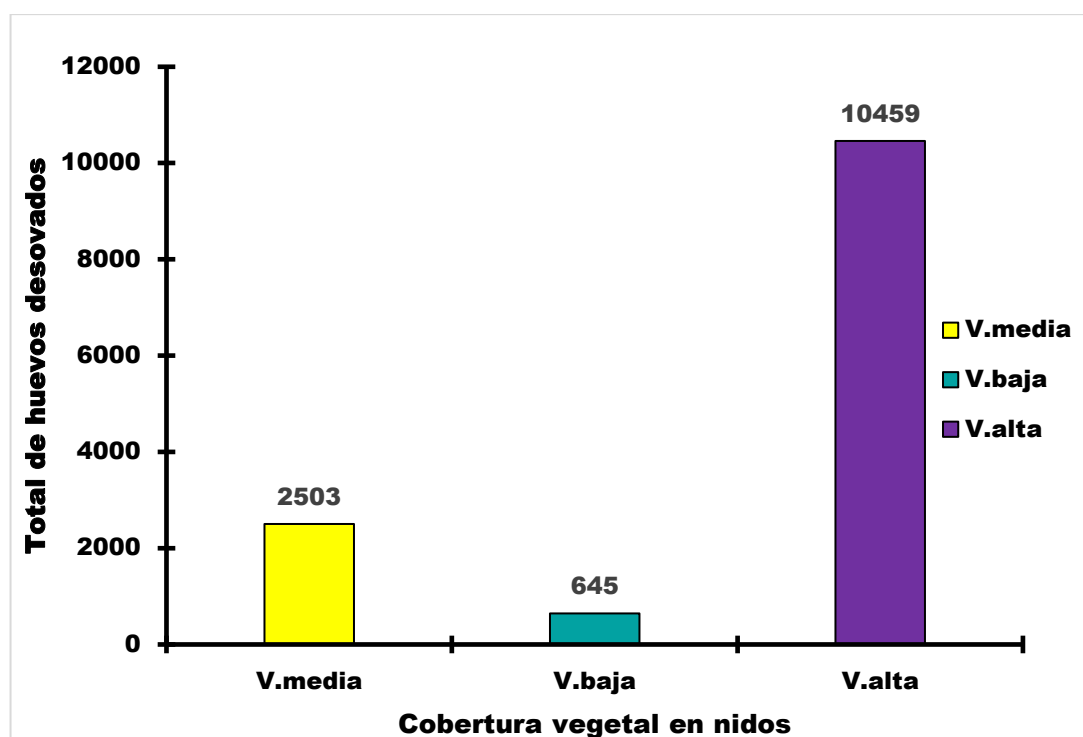
La temporada de anidación de la tortuga carey se extiende de mayo a noviembre, lo que coincide con los períodos de monitoreo en la gráfica. La variación en los porcentajes de éxito de eclosión podría deberse a diversos factores, como cambios en las condiciones ambientales, la implementación de medidas de conservación y otros factores humanos.



Gráfica No. 5 Distribución del éxito total de eclosión desde el 12 de mayo de 2021 hasta el 18 de noviembre de 2023.

Porcentaje de éxito de eclosión por cobertura de vegetación.

En el análisis descriptivo de las Gráficas 6 y 7, se observa la relación entre la cobertura vegetal y el éxito de eclosión de los huevos de tortuga. La Gráfica 6 ilustra la cantidad de huevos desovados en función de la cobertura vegetal, categorizando las zonas en tres niveles: baja (V. baja), media (V. media) y alta (V. alta). Se observa que, en total, los mayores desoves ocurren en la zona con Vegetación alta (10459), seguido por la zona de vegetación media (2503) y vegetación baja (645).



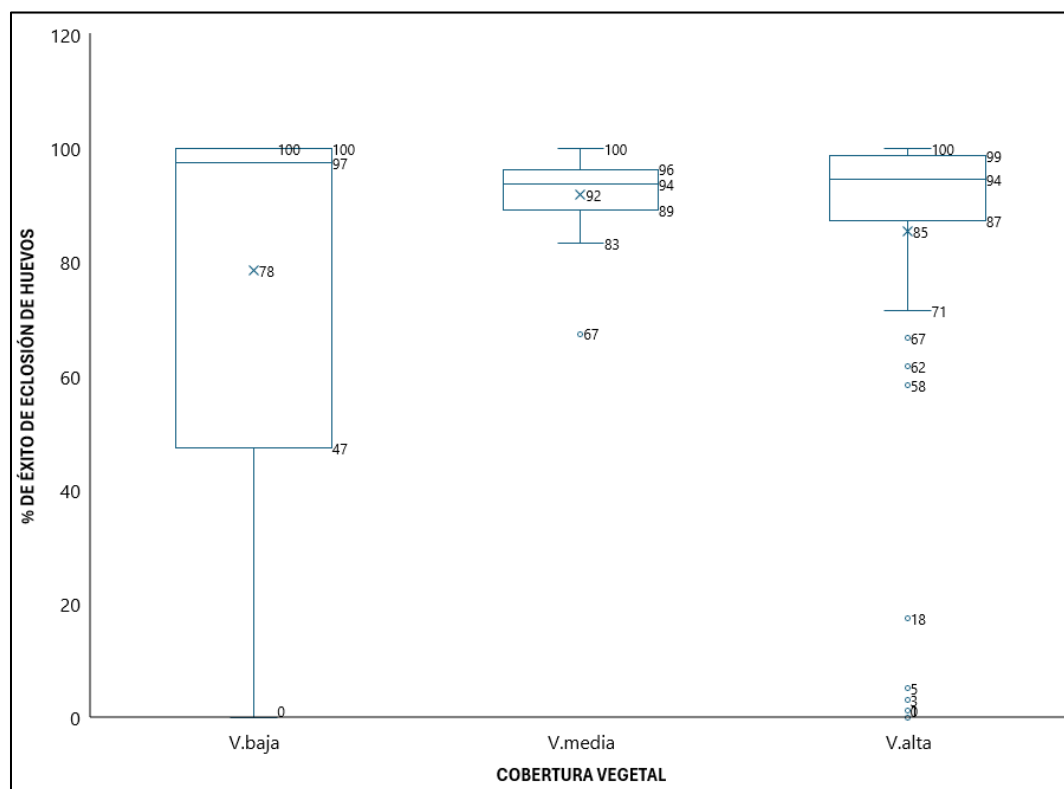
Gráfica No. 6 Suma total de huevos depositados de acuerdo con la cobertura vegetal en los años 2021 al 2023.

Por su parte, el Gráfico 8 muestra cómo esta variación en la cobertura vegetal afecta el porcentaje de éxito de eclosión.

Para la cobertura vegetal baja, se observa una gran variabilidad en el éxito de eclosión. El rango intercuartil se extiende del 47% al 100%, con una mediana aproximada del 78%. Los bigotes alcanzan el 0%, indicando la presencia de valores atípicos en el extremo inferior. Esta dispersión sugiere que las áreas con baja cobertura vegetal presentan resultados menos predecibles en cuanto al éxito de eclosión.

En la cobertura vegetal media, los datos muestran mayor consistencia. El rango intercuartil es más estrecho, abarcando del 89% al 96%, con una mediana cercana al 92%. Los bigotes se extienden del 83% al 100%, con un único valor atípico en el 67%. Estos resultados indican un éxito de eclosión más estable en zonas con cobertura vegetal media.

En la cobertura vegetal alta, se mantiene una tendencia de consistencia similar a la categoría media. El rango intercuartil va del 87% al 99%, con una mediana aproximada del 85%. Los bigotes se extienden del 71% al 100%, presentando algunos valores atípicos en el extremo inferior (58%, 62%, 67%). A pesar de estos valores atípicos, el éxito de eclosión en áreas de alta cobertura vegetal tiende a ser elevado y relativamente constante.

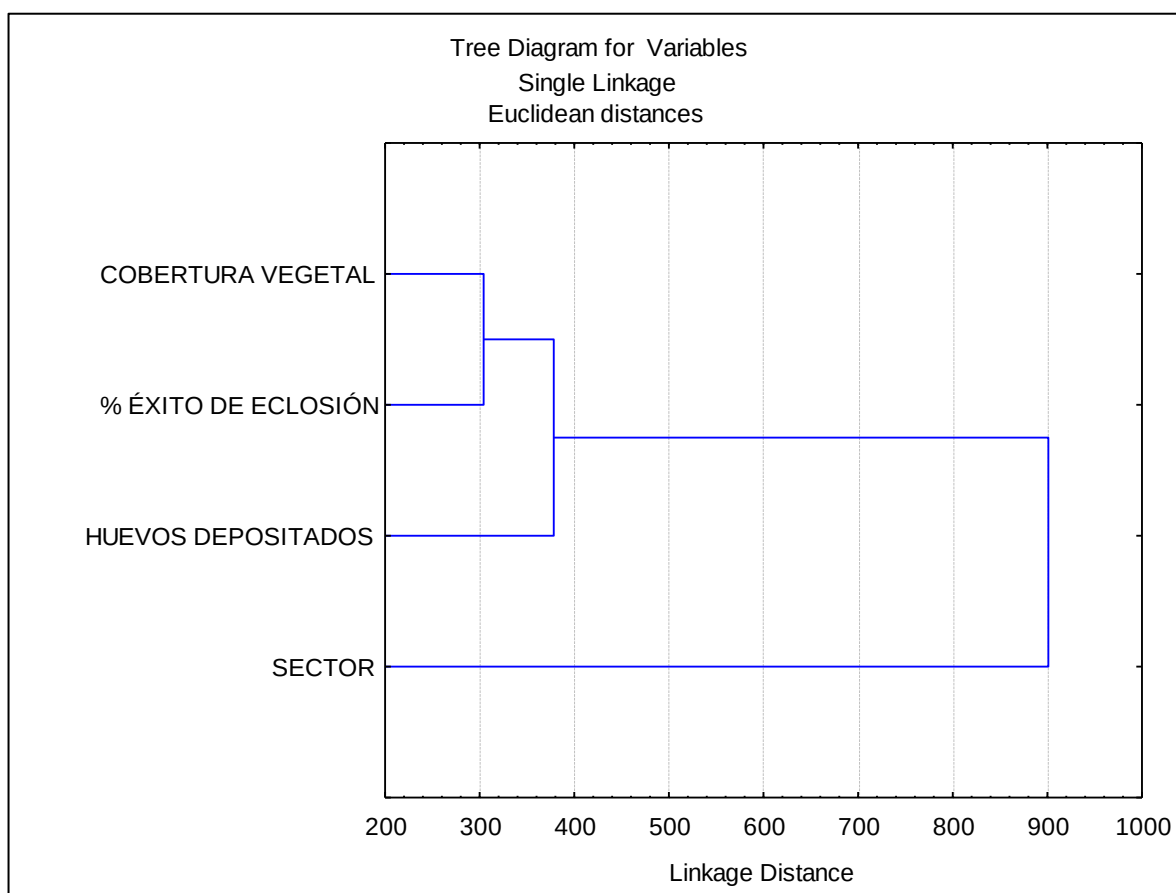


Gráfica No. 7 Porcentaje de éxito de eclosión por zona de cobertura de vegetación.

Éxito de eclosión, Cobertura vegetal, sector de anidación en la Isla, y número de huevos desovados.

Para identificar las posibles relaciones ambientales con el éxito de eclosión, se aplicó un análisis exploratorio mediante un Diagrama de Árbol (también conocido como Cluster en el idioma inglés) utilizando el método de la distancia Euclidiana (Gráfica 8) para todas las variables estudiadas. Los resultados muestran una similitud o relación equivalente entre la cobertura vegetal y el porcentaje de éxito de

eclosión. En un segundo nivel de similitud, ocurre con el número de huevos desovados, y en un tercer nivel, con el sector de la playa.



Gráfica No. 8 Diagrama de similitud de la distancia Euclidiana para las variables, % de éxito de eclosión, cobertura vegetal, huevos depositados y el sector de la playa.

La significancia estadística de estas relaciones observadas se determinó a través de un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $p=0,05$. Se consideró como variable dependiente el éxito de eclosión y como variable independiente la cobertura de vegetación. Los resultados indican que no existe una diferencia significativa entre ambas variables ($F=1,1212$, $p=0,33 > 0,05$).

Tabla No. 4. Resultados del análisis Anova del éxito de eclosión, sector versus la cobertura de vegetación.

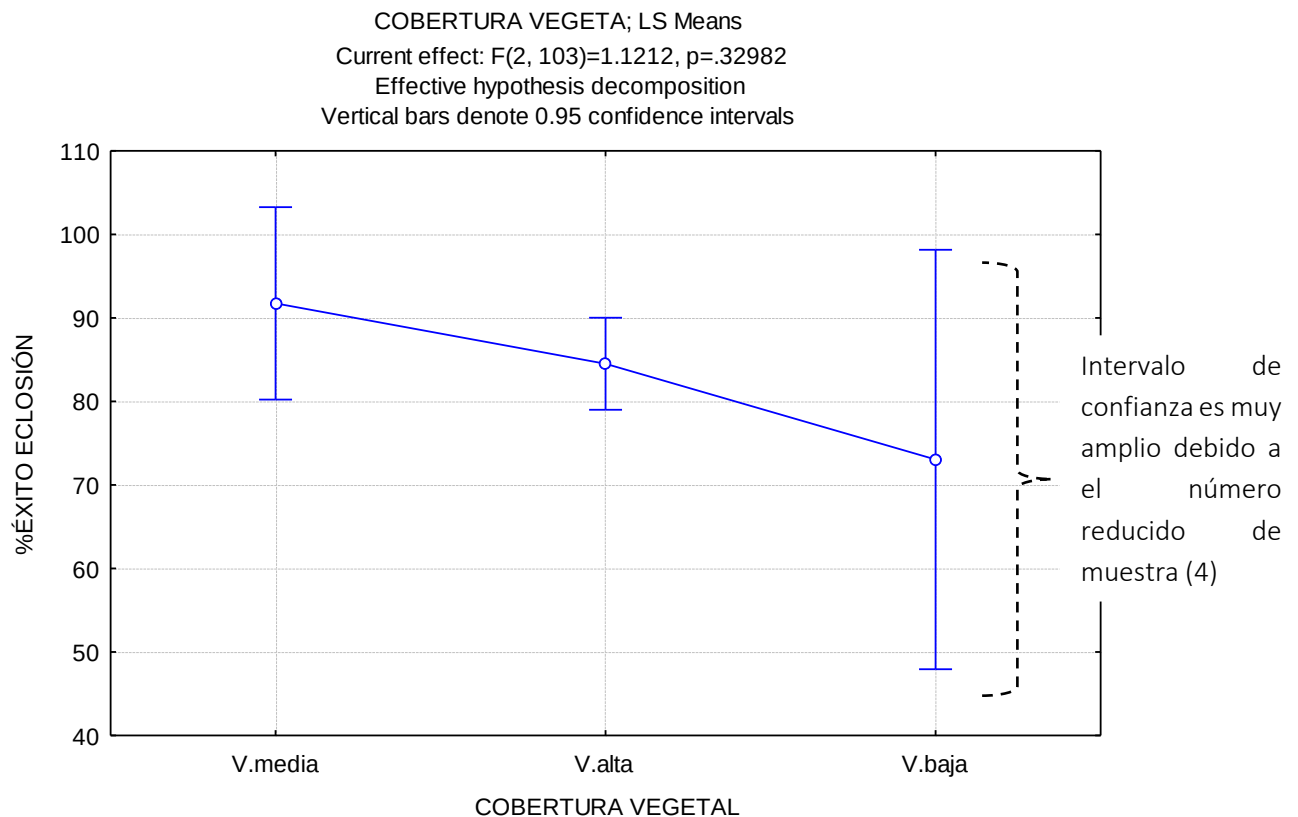
	SS	Degr. Of freedom	MS	F	P
Cobertura	1438.6	2	719.3	1.1212	0.329825
vegetal	66078.0	103	641.5		
Error					
Sector	1169.0	1	1169.0	1.832	0.178776
Error	66347.6	104	638.0		

El análisis de comparación múltiple (Tabla 6), realizado con un nivel de significancia de $p=0,05$, no reveló diferencias estadísticamente significativas en el éxito de eclosión entre las áreas con cobertura de vegetación baja, media y alta. Esto se confirma por el valor $F=1,1212$ y $p=0,32982$, que es mayor que el nivel de significancia establecido de $0,05$.

Sin embargo, la Gráfica 9 muestra una tendencia en la disminución de los valores promedios del porcentaje de éxito de eclosión en relación con la cobertura vegetal: la cobertura vegetal media presenta el mayor porcentaje de éxito de eclosión, con un promedio aproximado del 92%. La cobertura vegetal alta muestra un éxito de eclosión ligeramente menor, con un promedio cercano al 85% y la cobertura vegetal baja exhibe el menor porcentaje de éxito de eclosión, con un promedio alrededor del 73%. Es necesario destacar que el intervalo de confianza para la categoría de cobertura vegetal baja es notablemente amplio, extendiéndose aproximadamente desde el 48% hasta el 98%. Este amplio intervalo se atribuye al reducido tamaño de la muestra ($n=4$).

Tabla No. 5 Análisis comparativo para datos no balanceados del éxito de eclosión. Todos los valores son superiores al nivel de significancia de $p:0.05$.

ZONA.	Cobertura vegetal	(1) 91.742	(2) 84.515	(3) 73.057
1	cobertura vegetal media		0.654477	0.551511
2	cobertura vegetal alta	0.654477		0.798645
3	cobertura vegetal baja	0.551511	0.798645	

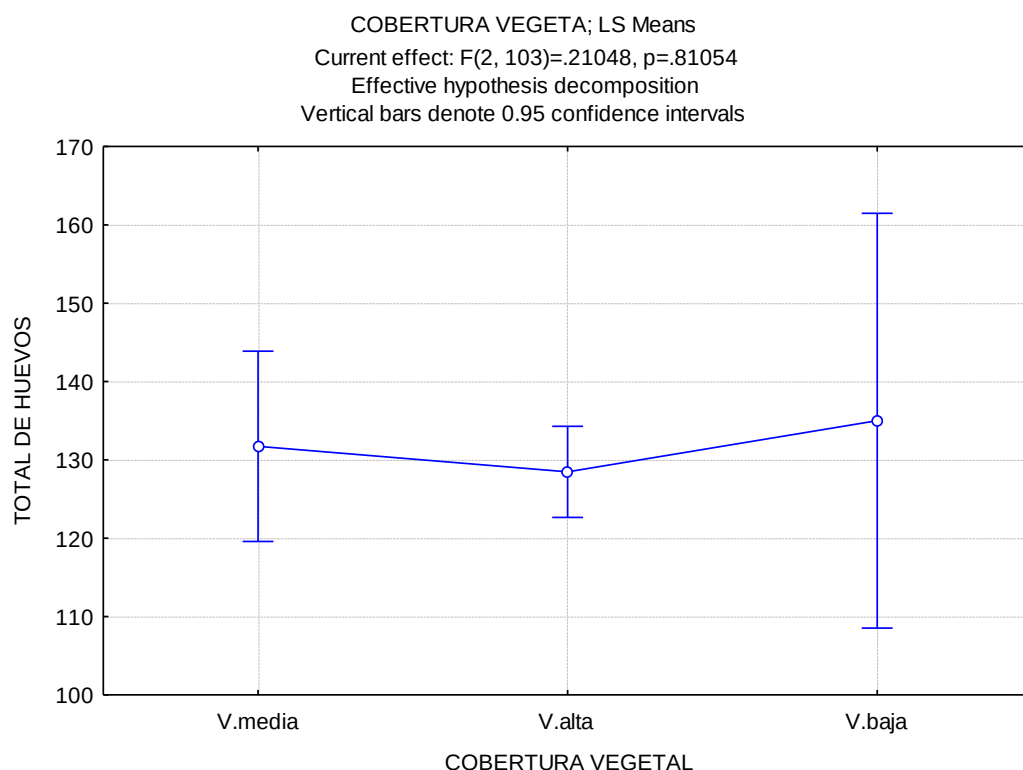


Gráfica No. 9 Porcentaje de éxito de eclosión por zona de cobertura de vegetación. Las barras indican el nivel de confianza de los datos, más no la desviación estándar. Representan el intervalo de confianza (número de muestra), por lo que mientras

menor es el número de datos que representa el promedio, entonces mayor será el tamaño de la barra de confianza.

El análisis de varianza para el total de huevos desovados en relación con la cobertura vegetal indica que no hay una diferencia significativa ($F=0,2105$, $p=0,810542 > p 0,05$).

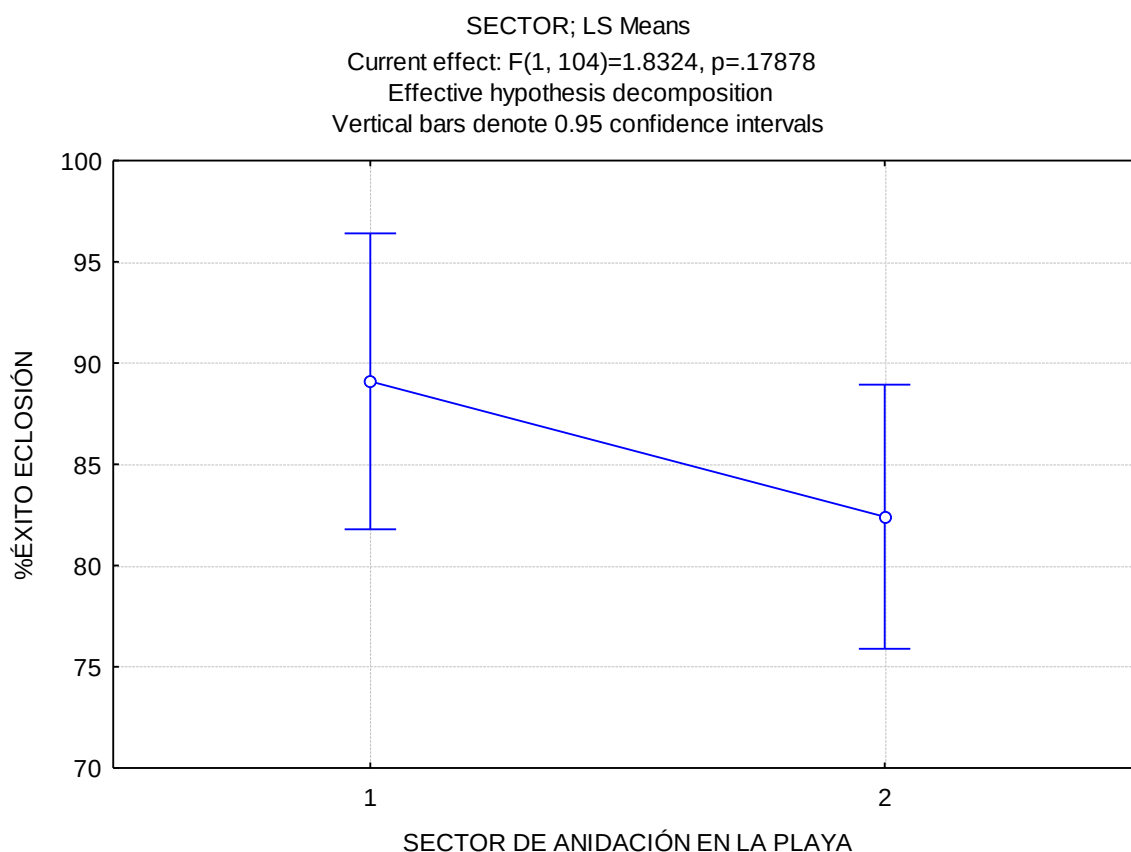
Adicionalmente, se observa que el promedio total de huevos desovados no muestra una relación clara con la cobertura vegetal (Gráfica 10), a diferencia de lo observado con el porcentaje del éxito de eclosión y el sector de anidación en la isla. Estos resultados parecen estar influenciados por el número reducido de datos, lo que dificulta identificar el patrón real de las relaciones. Esto se evidencia en la gran amplitud de las barras de significancia, que reflejan el tamaño limitado de las muestras analizadas, especialmente para los valores promedios obtenidos en las zonas de baja y media cobertura.



Gráfica No. 10 Distribución del promedio total de huevos desovados en función de la cobertura vegetal en la Isla. Las barras indican el nivel de confianza de los datos, más no la desviación estándar. Representan el intervalo de confianza (número de

muestra), por lo que mientras menor es el número de datos que representa el promedio, entonces mayor será el tamaño de la barra de confianza.

El análisis de significancia $p=0,05$ (Tabla 4), indica que no hay diferencia significativa entre el porcentaje de éxito de eclosión y el sector de la playa de anidación ($F=1,832$, $p=0,178776 > p 0,05$). Sin embargo, la distribución del promedio del éxito de eclosión en función del sector (Gráfica 11) muestra una tendencia a la disminución del valor promedio en el sector 2.

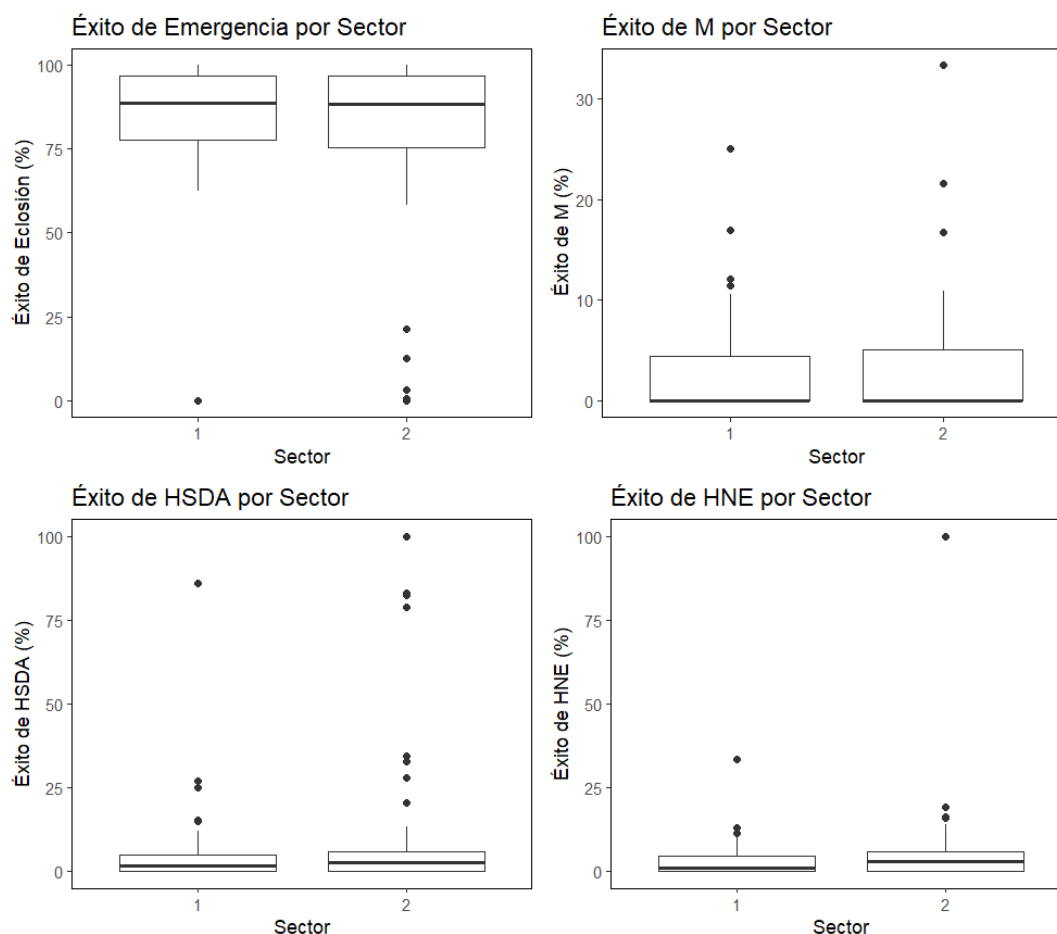


Gráfica No. 11 Distribución del promedio del éxito de eclosión en función del sector de anidación en la Isla. Las barras indican el nivel de confianza de los datos, más no la desviación estándar. Representan el intervalo de confianza (número de muestra), por lo que mientras menor es el número de datos que representa el promedio, entonces mayor será el tamaño de la barra de confianza.

3.5. Éxito de emergencia

Para evaluar la normalidad de los datos, se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov, la cual indicó que los datos de la variable de éxito de emergencia no se ajustan a una distribución normal. Para corroborar si hubo diferencias significativas en el éxito de emergencia entre sectores, se realizó la prueba de Wilcoxon, que osciló entre el 87 % y el 97 % (Gráfica No. 6); no obstante, no se encontraron diferencias significativas entre las temporadas reproductivas ($p > 0,05$).

El indicador de crías muertas (M) puede afectar el éxito de emergencia, aunque solo se observa un leve incremento en el sector 2 (Gráfica 12), no representa un resultado significativo. Estos indicadores son muy similares en el HSDA y HNE, los cuales no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$).



Gráfica No. 12 Indicadores del éxito de los nidos para la tortuga carey.

4. DISCUSIÓN

Abundancia de anidación por temporadas de los años del 2021 al 2023

Se conoce que la frecuencia reproductiva de las tortugas marinas está relacionada con la productividad del océano (Wallace & Saba, 2009). En Panamá, se ha reconocido a Masargandub como una de las playas de anidación fuera de las áreas protegidas marino costeras del Caribe panameño (Araúz Ábrego & Pacheco Rovira, 2017). Sin embargo, existe desconocimiento sobre el estado de su población.

El número de nidadas de tortuga carey en playa Masargandub comenzó a evaluarse en el año 2021 con un enfoque científico. Por lo tanto, no se puede evaluar la tendencia de la población durante el período de estudio, debido a que se desconocen los datos de un trabajo previo de monitoreo. A pesar de la baja anidación registrada en comparación con otros lugares del mundo este estudio proporcionará las primeras bases para un seguimiento del monitoreo de anidación en la isla de Masargandub.

En 2021, se registró una mayor tasa de anidamiento en comparación con 2022-2023. Esto podría atribuirse a que las condiciones de anidación afectaron directamente la capacidad para obtener la energía necesaria tanto para la migración como para el proceso de anidamiento, como lo demuestra Hawkes et al. (2009). También se debe considerar que el intervalo entre temporadas de anidación puede variar ampliamente, desde unos pocos meses hasta varios años (Álvarez-Rodríguez et al., 2021). Teniendo en cuenta que algunas tortugas regresan para anidar después de sólo seis meses y otras lo hacen después de siete años como mínimo (Pilcher y Ali, 1999).

Esto podría haber contribuido al aumento en la tasa de anidación de ese año, como lo demuestra Schroeder-Murphy (2000). Además, es posible que las tortugas que regresaron para anidar en 2021 tuvieran una mayor fecundidad, debido a que presentaran un mayor periodo reproductivo de su ciclo de vida o condiciones ambientales más favorables. Se debe tener en cuenta que, en 2021, a nivel mundial, se presentó la pandemia de COVID-19, lo que dejó a la isla totalmente alejada de

visitantes externos (Mkare & Katana, 2022). (Bjorndal et al., 1999) sugiere que, si la frecuencia de anidación varía entre años, un aumento en anidación no necesariamente refleja un aumento en el número de hembras.

Distribución temporal de los nidos

La tortuga carey presenta una marcada periodicidad en Masargandub durante las tres temporadas estudiadas. El comienzo de la temporada de anidación inicia en mayo y culmina en octubre de acuerdo con Meylan (1983) quien estableció que la temporada en el Caribe centroamericano comienza entre mayo y noviembre, lo cual concuerda con diversos autores que encuentran que la temporada de anidación inicia en mayo y finaliza en octubre, tomando en cuenta que algunos nidos llegan a eclosionar en noviembre (Troëng et al., 2005). A medida que nos acercamos al mes de junio, se observa un incremento en la cantidad de nidos, hasta llegar al pico que se presenta en el mes de julio, disminuyendo significativamente en agosto observándose que esta especie puede presentar un patrón de anidación con dos picos: el primero ocurre entre junio y julio, y el segundo en octubre (Beggs et al., 2007; Bjorndal et al., 1985).

Distribución de los nidos a través del perfil de la playa

Durante las tres temporadas estudiadas, los cambios observados en la morfología de la playa se detectaron gradualmente durante el periodo de anidación de 2021 a 2023. Los signos evidentes de erosión en la playa dificultan el ingreso al sector 1 y a las zonas de vegetación alta, obligando a las hembras a ovopositar en las zonas medias o buscar otras playas. No obstante, es necesario tomar en cuenta que esta especie utiliza tanto playas de anidación de baja como de alta energía, y gracias al tamaño mediano de su cuerpo, pueden atravesar zonas de difícil acceso para otras especies (NOAA, 2004).

Las condiciones en el sector 2 de la isla son menos desafiantes para las hembras y presentan un menor riesgo de quedar varadas o bloqueadas por obstáculos en la playa, como troncos de árboles caídos o arrastrados por las mareas, y la vegetación (Beange & Clift, 2015). De igual manera, la abundancia de ovoposición en el sector

2 no presenta una diferencia marcada en la abundancia de nidos en comparación con otros sectores. A pesar de las posibles diferencias presentes en el sector 2 en las proporciones de los elementos de su dieta u otros servicios, como refugio o descanso, en dicho sector se encuentran abundantes arrecifes coralinos (Guzmán et al., 2002).

Éxito de eclosión

El análisis exploratorio mediante el Diagrama de Árbol (Cluster) utilizando el método de la distancia Euclidiana proporciona información valiosa sobre las relaciones entre las variables ambientales y el éxito de eclosión de las tortugas marinas en el área de estudio.

La estrecha similitud entre la cobertura vegetal y el porcentaje de éxito de eclosión sugiere que la vegetación en las playas de anidación juega un papel crucial en el éxito reproductivo de las tortugas, posiblemente influyendo en la regulación de la temperatura, la retención de humedad y la protección contra la erosión. Lo anterior señala una relación estrecha entre la cobertura vegetal y el éxito de eclosión, lo que puede estar indicando que la alta cobertura vegetal podría estar ofreciendo las condiciones ambientales más propicias para el desarrollo embrionario como es la humedad y temperatura. Otros estudios (Carrasco, P. et al., 2004; Márquez & del Carmen, 2000) han indicado que estas variables sugieren que el éxito de eclosión puede estar relacionado con el porcentaje de humedad y temperatura porque permite la transferencia de oxígeno hacia el interior del huevo.

Para profundizar en estas relaciones, se realizó un análisis de varianza. A pesar de las tendencias observadas en los datos descriptivos, los análisis no respaldan una relación estadísticamente significativa entre estas variables. Nuestro estudio reveló una tendencia interesante en la relación entre la cobertura vegetal y el éxito de eclosión. Así se observa que la cobertura vegetal media presenta el mayor porcentaje de éxito de eclosión (92%), seguida por la cobertura alta (85%) y la baja (73%). Sin embargo, el análisis de comparación múltiple no reveló diferencias estadísticamente significativas ($F=1,1212$, $p=0,32982 > 0,05$). Asimismo, el análisis

de varianza para el total de huevos desovados en relación con la cobertura vegetal tampoco mostró una diferencia significativa ($F=0,2105$, $p=0,810542 > 0,05$).

Es crucial notar que la ausencia de significancia estadística no implica necesariamente la ausencia de una relación biológicamente relevante (Ackerman, 1997). La sombra proporcionada por la vegetación, que afecta directamente la temperatura del nido, podría jugar un papel importante en el éxito de eclosión de los neonatos (Carrasco P., 2024; Kamel & Mrosovsky, 2006). Estos hallazgos sobre la influencia de la cobertura vegetal en el éxito de eclosión de los nidos de tortugas marinas son complejos. Aunque nuestros análisis estadísticos coinciden con los estudios de Horrocks y Scott (1991), quienes concluyeron que el grado de sombra no tiene un impacto significativo en el éxito de eclosión de las tortugas carey (*Eretmochelys imbricata*) en Barbados las tendencias observadas sugieren que podría haber una relación biológicamente relevante que merece más investigación.

En cuanto al éxito de eclosión, no se encontraron diferencias significativas entre el Sector 1 y el Sector 2, dados los valores encontrados de $p > 0.1639$ y de la prueba W 1520. En otros artículos se reportan una relación positiva entre la posición de los nidos en las playas y el éxito de eclosión (Horrocks & Scott, 1991; Medina-Cruz, 2010), sin embargo, el análisis estadístico comparativo basado en el análisis de anova indica un bajo nivel de confianza $p=0,05$, lo que está relacionado al reducido número de muestras analizadas. Los autores señalan que la presencia de vegetación influye positivamente en el éxito de emergencia de las crías de tortugas marinas, ya que, en las zonas con vegetación, el terreno tiende a estar menos compactado que en las zonas desprovistas de vegetación (Cabrera et al., 2021; Carrasco, P. et al., 2004; Richardson et al., 1999), lo que puede ser el resultado de la ausencia de humedad causado por la excesiva exposición a la radiación solar. Por otra parte, tanto Richardson et al. (1999), como Witzell (1983) indican que los nidos in situ tienen un índice de eclosión promedio superior al 80%, estudios adicionales, como los de Ware & Fuentes (2018), también han observado que los nidos reubicados en otros lugares tienden a tener menores índices de eclosión. Al

examinar los datos del éxito de eclosión de ambos sectores, se evidencia que el índice de eclosión logra alcanzar hasta un 80%, lo que sugiere que el éxito de ambos sectores presenta una población anidadora saludable de acuerdo con Mortimer (2000) ya que se alcanza un éxito de eclosión igual o superior al 70%

Éxito de emergencia

Los valores medios del éxito de emergencia por sector oscilaron alrededor del 90% en cada uno, lo cual demuestra que, independientemente del sector, este no parece ser un obstáculo para la emergencia de las crías, contrariamente a lo que se pensaba debido a las condiciones encontradas en el sector 1, como la erosión y la dificultad para acceder a la zona. Aunque este último muestra signos de erosión, se reconoce que esto puede influir negativamente en el éxito de emergencia, como se ha señalado en estudios anteriores (Heidemeyer et al., 2015). A pesar de que la presencia de embriones muertos (M) afecta directamente al éxito de emergencia de las crías, se observa un leve incremento en el sector 2 en comparación con el sector 1, aunque esta diferencia no resulta significativa ($p > 0.7954$). Esto puede relacionarse con el hecho de que el desarrollo de los embriones, en general, está influenciado por las variaciones de humedad en el microambiente donde se encuentran (Carrasco P., 2024; Hawkes et al., 2009).

Aunque los indicadores HSDA y HNE no mostraron diferencias significativas, se sabe que el desarrollo de los embriones de tortuga marina está determinado por las condiciones dentro del nido. Factores ambientales como la temperatura, la humedad, el tamaño de grano y la salinidad influyen en la supervivencia de las crías (Carrasco P., 2024; Hitchins et al., 2004). Actualmente, no se conoce el impacto preciso de estas condiciones en los nidos de la región, pero la Comarca Guna Yala enfrenta una crisis climática. Los efectos del calentamiento global se hacen evidentes en forma de aumento del nivel del mar, mayor frecuencia de tormentas y huracanes, y el fenómeno del Sargazo (Prensa, 2022).

5. CONCLUSIONES

Se logró establecer las bases para un registro de anidación en el sector 1 de la Comarca Guna Yala, en la isla Masargandub, a lo largo de tres temporadas de anidación.

Durante el periodo 2021-2023, se documentaron 129 nidos en la isla Masargandub, con una mayor cantidad en 2021 y un tiempo de incubación promedio de 61 días. La leve disminución en el número de nidos en 2022 y 2023 puede estar relacionada con variaciones en la capacidad de las tortugas para adquirir energía para la migración y anidación, así como con intervalos de anidación que pueden variar ampliamente.

Aunque los nidos de tortugas marinas en la isla Masargandub no son particularmente abundantes, esta isla demuestra ser un área de anidación óptima para la especie *Eretmochelys imbricata*.

La actividad de anidación muestra una marcada estacionalidad, comenzando en mayo y disminuyendo hacia el final de la temporada de anidación en octubre. Esto coincide con estudios previos que establecen patrones similares en otras áreas del Caribe centroamericano.

El éxito de eclosión y emergencia demostró que no existen diferencias significativas en la distribución de nidos a lo largo de la isla. Además, la distribución de los nidos a lo largo del perfil de la playa reveló una mayor densidad en la zona de vegetación alta (85%) y media (92%). Esto resalta la preferencia de las tortugas por zonas con vegetación más densa, que proporcionan condiciones más favorables para la anidación.

No se encontraron diferencias significativas en el éxito de eclosión entre los sectores de la playa ($p > 0.1639$). Ambos sectores presentaron un éxito de eclosión superior al 80%, lo que indica una población anidadora saludable en la isla Masargandub.

6. RECOMENDACIONES

- Es fundamental mantener un monitoreo continuo de las poblaciones de tortugas marinas en la isla Masargandub para comprender mejor sus hábitos de anidación y detectar cualquier cambio en su comportamiento o en el entorno que pueda afectar su supervivencia.
- Se deben tomar medidas para abordar la erosión en el sector 1 y otras áreas vulnerables de la isla.
- Se deben realizar estudios e investigaciones sobre las condiciones ambientales como, temperatura, humedad, continuas para seguir profundizando en el conocimiento de las tortugas marinas y su hábitat, así como para evaluar el impacto de las medidas de conservación implementadas.
- Implementar la marcación y medidas morfométricas a las hembras anidantes, para tener un registro poblacional de tortugas que anidan en la playa.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araúz Ábrego, E. A. (2017). Diagnóstico de la situación de las tortugas marinas en Panamá y Plan de Acción Nacional para su Conservación.
- Araúz Ábrego, E. A., & Pacheco Rovira, L. R. (2017). Diagnóstico de la situación de las tortugas marinas en Panamá y Plan de Acción Nacional para su Conservación.
- Azanza Ricardo, J., Calderón Peña, R., Cabrera Guerra, C., Martínez González, Y., Betancourt Avila, R., & Pérez Álvarez, P. (2023). Vulnerabilidad de las áreas de anidación de tortugas marinas ante el cambio climático. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 13(2).
- Beange, M., Clift, A., & Arauz, R. (2015). CREMA 2015 Reporte: Proyectos de Conservación de Playas de Anidación de Tortugas Marinas en el Sureste de la Península de Nicoya. CREMA. Consultado el, 2.
- Beggs, J. A., Horrocks, J. A., & Krueger, B. H. (2007). Increase in hawksbill sea turtle *Eretmochelys imbricata* nesting in Barbados, West Indies. *Endangered Species Research*, 3(2), 159-168.
- Bjorndal, K. A., Carr, A., Meylan, A. B., & Mortimer, J. A. (1985). Reproductive biology of the hawksbill *Eretmochelys imbricata* at Tortuguero, Costa Rica, with notes on the ecology of the species in the Caribbean. *Biological Conservation*, 34(4), 353-368.
- Bjorndal, K. A., Wetherall, J. A., Bolten, A. B., & Mortimer, J. A. (1999). Twenty-six years of green turtle nesting at Tortuguero, Costa Rica: an encouraging trend. *Conservation Biology*, 13(1), 126-134.
- Botha, M. (2010). Nest site fidelity and nest site selection of loggerhead, *Caretta caretta*, and leatherback, *Dermochelys coriacea*, turtles in KwaZulu-Natal, South Africa (Doctoral dissertation).
- Cabrera Guerra, C., Azanza Ricardo, J., Betancourt Ávila, R., Calderón Peña, R., Bretos, F. y Pérez Álvarez, P. 2021. El manejo de sombra: una alternativa para mitigar el efecto de las altas temperaturas en nidos de tortugas marinas en Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 41(2)
- Cabrera-Guerra, C., Azanza-Ricardo, J., Betancourt-Ávila, R., Bretos, F y Pérez-Álvarez, P. (2021). Influence of sandy coast vegetation in the

reproductive success of green turtles in Cuban nesting beaches. *Chel. Conser. Biol.* 20(2)

- Carrasco, P., & Berroa, D. (2022). Influencia de factores ambientales que determinan el éxito de la eclosión de los huevos de la tortuga lora-golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829), en la playa La Marinera, durante la temporada 2022-2023: Una aplicación del análisis de componentes principales.
- Castillo, G. (2012). Tradiciones pesqueras. Gubiler
- Castillo, G. (2020). Observaciones de campo sobre blanqueamiento de Aggwamar (coral) (coral bleaching) en Masargandub, Archipiélago Guna, Comarca Guna Yala, Panamá.
- Chacón, D. (2004). La tortuga carey del Caribe: Introducción a su biología y estado de conservación. WWF-Programa Regional para América Latina y el Caribe, San José, Costa Rica, 38.
- 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.
- Chacón, D., Sánchez, J., Calvo, J. J., & Ash, J. (2007). Manual para el manejo y la conservación de las tortugas marinas en Costa Rica; con énfasis en la operación de proyectos en playa y viveros. Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Ministerio de Ambiente y Energía, San José.
- Chacón-Chaverri, D. (2004). Tortugas carey del Caribe; biología, distribución y estado de conservación. Programa de Conservación de las tortugas marinas de América Latina y el Caribe, del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). Asociación ANAI/WIDECAST. Costa Rica.
- Chacón-Chaverri, D. (2005). La tortuga carey del Caribe: Introducción a su biología y estado de conservación.
- Colton, H. M. (2011). El Manejo de Recursos Marinos en el Área de Yandub-Narganá, Kuna Yala: Estrategias, Objetivos y Dificultades.

- Eckert, K. L., Bjorndal, K. A., Abreu-Grobois, F. A., & Donnelly, M. (2000). Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Grupo especialista en tortugas marinas UICN/CSE Publicación, 4, 260.
- Fonseca, L. G., Alguera, H., Vanegas, B., & Chacón, D. (2012). Reporte final de la anidación de tortugas marinas, Parque Nacional Cahuita, Costa Rica (Temporada 2012). Informe Técnico. WIDECAST.
- Guzmán, H., Andréfouët, S., Guevara, C. A., & Akl, J. (2002). Distribución, Estructura, y Estado de Conservación de los Arrecifes Coralinos de Kuna Yala (San Blas), República de Panamá. Smithsonian Tropical Research Institute, Panama, Report to Pemaski and Natura, 44.
- Hawkes, L. A., Broderick, A. C., Godfrey, M. H., & Godley, B. J. (2009). Climate change and marine turtles. *Endangered Species Research*, 7(2), 137-154.
- Heidemeyer, M., Arauz-Vargas, R., & López-Agüero, E. (2014). New foraging grounds for hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) and green turtles (*Chelonia mydas*) along the northern Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 109-118
- Horrocks, J. A., & Scott, N. M. (1991). Nest site location and nest success in the hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* in Barbados, West Indies. *Marine Ecology Progress Series*, 1-8.
- Kamel, S. J., & Mrosovsky, N. (2006). Deforestation: risk of sex ratio distortion in hawksbill sea turtles. *Ecological Applications*, 16(3), 923-931.
- Limpus, C. J. (1992). The hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Queensland: population structure within a southern Great Barrier Reef feeding ground. *Wildlife Research*, 19(4), 489-505.
- Marinas. Grupo especialista en tortugas marinas UICN/CSE Publicación, 4.
- Márquez, R., & del Carmen Farías, M. (2000). Las tortugas marinas y nuestro tiempo (pp. 197-197). México^ eDF DF: Fondo de cultura económica.
- Maylan, A. B. (1983). Marine turtles of the Leeward Islands, Lesser Antilles. *Atoll Research Bulletin*.

- Medina Cruz, Y., Moncada Gavilán, F., & Nodarse Abreu, G. (2010). Selección del sitio de anidación y éxito de eclosión en nidos de tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*).
- Meraz, J., & Avila-Barrientos, J. (2008). Metodología de una Marcación de Nidos In situ de *Lepidochelys olivacea* en La Escobilla Oaxaca. Ciencia y Mar, 12, 25-28.
- 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.
- Mkare, T., & Katana, D. M. (2022). Unusual high sea turtle mortality in Marereni, Kenya: Impact of COVID-19 pandemic on conservatory measures. A Scientific Journal of Kenya Marine and Fisheries Research Institute.
- Mortimer, J. A. (2000). Reducción de las amenazas a los huevos y a las crías: los viveros. Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. UICN/CSE Grupo especialista en tortugas marinas. Publicación, 4, 199-203.
- Mortimer, J. A., & Donnelly, M. (2008). *Eretmochelys imbricata*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2008, e-T8005A12881238.
- Mortimer, J. A., Diaz, C., Esteban, N., FitzSimmons, N., Gaos, A., Hays, G., & Whiting, S. (2022). Hawksbills-the most beautiful of sea turtles. In The State of the World's Sea Turtles SWOT: Report 17. (pp. 22-32). Oceanic Society.
- Nahill, B. (2021). Fundraising for Sea Turtle Conservation. In Sea Turtle Research and Conservation (pp. 201-218). Academic Press.
- Nahill, B. (Ed.). (2020). Sea turtle research and conservation: lessons from working in the field. Academic Press.
- NOAA. 2004. Hawksbill Sea Turtle. Endangered Species. Office of Protected Resources. National Marine Fisheries Service
- Parmenter, C. J. (1980). Incubation of the eggs of the green sea turtle, *Chelonia mydas*, in Torres Strait, Australia: the effect of movement on hatchability. Wildlife Research, 7(3), 487-491.

- Pihen12, E., Nielsen, V., & Espinoza, M. (2006). TORTUGAS MARINAS. Ambientes Marino Costeros de Costa Rica, 149.
- Pleguezuelos, J. M., Márquez, R., & Lizana, M. (Eds.). (2002). Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España (pp. 501-532). Spain: Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- Prensa. (2022, febrero 7). Pobladores de la Comara Guna Yala son capacitados en adaptación y mitigación del cambio climático MiAmbiente. <https://www.miambiente.gob.pa/pobladores-de-la-comara-guna-yala-son-capacitados-en-adaptacion-y-mitigacion-del-cambio-climatico/>
- Quiñones, L., Patiño-Martínez, J. U. A. N., & 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. Esp. Herp, 21, 5-17.
- Ruelas, E., Santana, E., & Urbán, J. (2009). Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas. Capital natural de México, 2, 461-515.
- Ruiz, A., Díaz, M., & Merel, R. (2007). Plan de Acción para la Recuperación de las Tortugas Marinas de Panamá—Informe Técnico del PAC No. 47, 135.
- Schipper, J., Chanson, J. S., Chiozza, F., Cox, N. A., Hoffmann, M., Katariya, V., & Young, B. E. (2008). The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. Science, 322(5899), 225-230.
- Schoreder, B., & Murphy, S. (2000). Prospecciones poblacionales (terrestres y aéreas) en playas de anidación. En KL Eckert, KA Bjorndal, FA
- STATSOFT INC. 2001. Statistica (Data Analysis Software System), version 06. www.statsoft.com
- Troëng, S., H. Dutton, P., & Evans, D. (2005). Migration of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* from Tortuguero, Costa Rica. Ecography, 28(3), 394-402.
- Ventocilla, J., Herrera, H., & Núñez, V. (1999). El espíritu de la tierra: plantas y animales en la vida del pueblo Kuna (No. 51-52). Editorial Abya Yala.

- Wallace, B. P., & Saba, V. S. (2009). Environmental and anthropogenic impacts on intra-specific variation in leatherback turtles: opportunities for targeted research and conservation. *Endangered Species Research*, 7(1), 11-21.
- Ware, M., & Fuentes, M. M. (2018). Potential for relocation to alter the incubation environment and productivity of sea turtle nests in the northern Gulf of Mexico. *Chelonian Conservation and Biology*, 17(2), 252-262.
- Witzeil, W. N. (1983). Synopsis of biological data on the hawksbill turtle. *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766). *FAO Fish. Synop.*, (137).