



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

---

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo  
Integral Regional CIIDIR – Unidad Oaxaca

**Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos  
Naturales**

**“CARACTERIZACIÓN DE ZONAS DE AGREGACIÓN Y  
ALIMENTACIÓN DE TORTUGA GOLFINA *Lepidochelys olivacea*  
(ESCHSCHOLTZ, 1829) EN LA COSTA DE OAXACA, MÉXICO”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA:**

**Biól. Ruth Itandehui Ramírez Villanueva**

**Asesor:**

**Dr. Gustavo Hinojosa Arango**

---

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, a 20 de mayo de 2020.



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS

Ciudad de México,  de  del

El Colegio de Profesores de Posgrado de  en su Sesión  
(Unidad Académica)

No.  celebrada el día  del mes  de  conoció la solicitud presentada por el (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	Ramírez	Apellido Materno:	Villanueva	Nombre (s):	Ruth Itandehui
-------------------	---------	-------------------	------------	-------------	----------------

Número de registro:

del Programa Académico de Posgrado:

Referente al registro de su tema de tesis; acordando lo siguiente:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

Objetivo general del trabajo de tesis:

2.- Se designa como Directores de Tesis a los profesores:

Director:  2° Director:

3.- El Trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente, hasta la aprobación de la versión completa de la tesis por parte de la Comisión Revisora correspondiente.

Director(a) de Tesis

2° Director de Tesis (en su caso)

Dr. Gustavo Hinojosa Arango  
Aspirante

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez  
Presidente del Colegio

Ramírez Villanueva Ruth Itandehui

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL C.I.I.D.I.R. UNIDAD OAXACA I.P.N.





# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de  siendo las  horas del día  del mes de  del  se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio del  para examinar la tesis titulada:

del (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	Ramírez	Apellido Materno:	Villanueva	Nombre (s):	Ruth Itandehui
-------------------	---------	-------------------	------------	-------------	----------------

Número de registro:

Aspirante del Programa Académico de Posgrado:

de Recursos Naturales.

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 9 % de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo **SI**  **NO**  **SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

**JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN:** *(Por ejemplo, el % de similitud se localiza en metodologías adecuadamente referidas a fuente original)*

El porcentaje de similitud obtenido en el reporte de TURNITIN corresponde principalmente a la sección de referencias, donde las fuentes de información con mayor similitud solo presentan un máximo de 2%, lo cual no implica plagio. El resto de las fuentes presentaron solo un 1% de similitud, principalmente por conjuntos de 2 a 3 palabras que son inherentes a términos de referencia técnicos que no pueden ser modificados o parafraseados.

**\*\*Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.**

Finalmente, y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR**  **SUSPENDER**  **NO APROBAR**  la tesis por **UNANIMIDAD**  o **MAYORÍA**  en virtud de los motivos siguientes:

El trabajo de tesis se encuentra listo para su defensa. La estudiante ha atendido las recomendaciones realizadas por el comité tutorial.

### COMISIÓN REVISORA DE TESIS

Dr. Gustavo Hinojosa Arango  
Director de Tesis  
Nombre completo y firma

Dr. Emilio Martínez Ramírez  
Nombre completo y firma

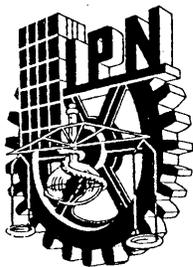
Dra. Edna Leticia González Bernal  
Nombre completo y firma

Dr. Marcelo Ulises García Guerrero  
Nombre completo y firma

M. en C. Graciela Eugenia González Pérez  
Nombre completo y firma

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jimenez  
Nombre completo y firma

**PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES**  
CIIDIR UNIDAD OAXACA  
IPN



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de Santa Cruz Xoxocotlán, Oax., el día 24 del mes de agosto el año 2020, el (la) que suscribe Ramírez Villanueva Ruth Itandehui alumno(a) del Programa de Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales con número de registro A180161, adscrito a Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dr. Gustavo Hinojosa Arango y cede los derechos del trabajo titulado: **“CARACTERIZACIÓN DE ZONAS DE AGREGACIÓN Y ALIMENTACIÓN DE TORTUGA GOLFINA *Lepidochelys olivacea* (ESCHSCHOLTZ, 1829) EN LA COSTA DE OAXACA, MÉXICO”** al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección [pirrophyta08@gmail.com](mailto:pirrophyta08@gmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ramírez Villanueva Ruth Itandehui

Nombre y firma



## Resumen

Las tortugas marinas han disminuido de manera crítica en varias zonas donde históricamente se distribuían tanto en México como en el resto del mundo. Esta disminución ha sido observada en las siete especies de tortugas marinas que actualmente existen, pero ha llegado a niveles alarmantes para *Dermochelys coriacea* y *Eretmochelys imbricata*, ambas consideradas en *peligro crítico* de extinción en la Lista Roja de Especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Las causas principales de dicho decrecimiento son impactos antropogénicos, como la pérdida de zonas de anidación, la extracción de los huevos y adultos para su consumo e interacciones negativas en zonas marítimas, como la pesca incidental, enmallamiento en redes fantasma e incluso muerte por ingestión de basura. Hasta la fecha, las estrategias de manejo, monitoreo e investigación de las tortugas marinas se han centrado en playas de anidación debido a la importancia de este proceso en su ciclo de vida. Sin embargo, algunas etapas cruciales que pasan en el océano han sido poco atendidas. En el Pacífico sur de México, la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) es una de las más importantes, debido a que es ahí donde se encuentran sus principales playas de anidación. En ellas se presenta el fenómeno denominado “arribadas”, donde miles de hembras salen a anidar de manera sincrónica en una misma noche. El objetivo de este trabajo fue identificar y caracterizar las zonas de agregación y alimentación de *L. olivacea* frente a las playas de cuatro localidades de Oaxaca, incluidas dos zonas de anidación importantes de la región: La Ventanilla y Playa Morro Ayuta. Se realizaron 27 recorridos perpendiculares a la línea de costa en lanchas, entre 2017 y 2018 para registrar la ubicación de las tortugas marinas mediante su posición geográfica, las actividades principales que realizaban (alimentación, apareamiento, desplazamiento o reposo) y de ser posible su sexo. Se capturaron tres individuos en cada recorrido para tomar datos morfométricos (medidas estandar y peso), establecer su sexo y tomar muestras de contenido esofágico para determinar su alimentación. Se registraron un total 2,394 individuos durante los recorridos y se capturaron 40 tortugas golfinas. La localidad con mayor número de registros fue playa Morro Ayuta con un total de 898 individuos. Se observaron 82 eventos de apareamiento durante el periodo del estudio. El análisis de los 40 contenidos estomacales obtenidos muestra que *L. olivacea* consume: crustáceos (*Portunus xantusii*), tunicados (*Pegea confoederata*), peces (*Coryphaena equiselis*, *C. hippurus*, *Sarda orientalis* y *Harengula* sp.), medusas (*Aurelia* sp., *Pelagia* sp. y *Stomolophus meleagris*) y algas marinas (Chlorophytas). Este estudio resalta la importancia de la zona marítima frente a las playas de anidación para la tortuga golfina al ser esencial para su apareamiento, alimentación y agregación durante el periodo reproductivo; siendo la productividad primaria (concentración de clorofila a) un factor importante para la agregación de las tortugas. La información recabada puede apoyar el planteamiento de estrategias de manejo integrales para la tortuga golfina, que incluya no solo las playas de anidación, sino también los ambientes marinos para la conservación de esta especie.

**Palabras claves:** Análisis espacial, conservación, densidad, dieta, especie en peligro.

**Abstract:**

Sea turtles have declined critically in several areas where they are historically distributed both in Mexico and in the rest of the world. This decrease has been observed in the seven species of sea turtles that currently exist, but has reached alarming levels for *Dermochelys coriacea* and *Eretmochelys imbricata*, both considered *critically endangered* by the International Union for Conservation Red List of Species. Nature (IUCN). The main causes of this decrease are anthropogenic blows, such as the loss of nesting areas, the extraction of eggs and adults for consumption, and negative interactions in maritime areas, such as bycatch, entanglement in ghost nets and even death from ingestion of litter. To date, sea turtle management, monitoring and research strategies have focused on nesting beaches due to the importance of this process in their life cycle. However, some crucial stages that pass in the ocean have been poorly attended. In the southern Pacific of Mexico, the olive ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) is one of the most important, because it is there where its main nesting beaches are located. They present the phenomenon called "arribadas", where thousands of females leave in a synchronous way in the same night. The objective of this work was to identify and characterize the areas of aggregation and feeding of *L. olivacea* in front of the beaches of four localities of Oaxaca, including two important nesting areas of the region: La Ventanilla and Playa Morro Ayuta. 27 perpendicular transects to the coastline were registered in boats, between 2017 and 2018 to record the location of sea turtles by their geographical position, the main activities they carry out (feeding, mating, moving or resting) and, if possible, their sex. Three individuals were captured in each walk to take morphometric data (standard measurements and weight), establish their sex and take samples of esophageal content to determine their diet. A total of 2,394 individuals were recorded during the records and 40 olive ridley turtles were captured. The town with the highest number of records was Morro Ayuta beach with a total of 898 people. 82 occurrence events were observed during the study period. The analysis of the 40 stomach contents contains a sample that *L. olivacea* consumes: crustaceans (*Portunus xantusii*), tunicates (*Pegea confoederata*), fish (*Coryphaena equiselis*, *C. hippurus*, *Sarda orientalis* and *Harengula* sp.), jellyfish (*Aurelia* sp., *Pelagia* sp. and *Stomolophus meleagris*) and seaweed (Chlorophytas). This study highlights the importance of the maritime zone in front of the nesting beaches for the olive ridley turtle as it is essential for its appearance, feeding and aggregation during the reproductive period; being the primary productivity (concentration of chlorophyll a) an important factor for the aggregation of the turtles. The information collected can support the proposal of comprehensive management strategies for the olive ridley turtle, which do not only involve nesting beaches, but also marine environments for the conservation of this species.

**Keywords:** Spatial analysis, conservation, density, diet, endangered species.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>II. MÉTODOS</b>	<b>15</b>
2.1 Sitio de estudio	15
2.2 Colecta de datos	17
2.2.1 Identificación de las zonas de agregación de <i>L. olivacea</i>	17
2.2.2 Caracterización de la dieta de tortuga golfina	18
2.2.3 Caracterización de las zonas de agregación de tortugas marinas	20
2.3 Análisis de datos	21
<b>III. RESULTADOS</b>	<b>22</b>
3.1 Agregación costera de tortugas marinas	22
3.2 Análisis de la dieta de <i>L. olivacea</i>	26
3.3 Características de las zonas de agregación de la tortuga golfina <i>L. olivacea</i>	29
<b>IV. DISCUSIÓN</b>	<b>29</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>34</b>
<b>VI. REFERENCIAS</b>	<b>35</b>
<b>VII. ANEXOS</b>	<b>41</b>
Anexo 1. Relación entre el índice de condición corporal (ICC) objetivo y la interpretación de la evaluación del estado físico de la tortuga marina (Tomado de Norton & Wyneken, 2015).	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Localización de las cuatro zonas costeras frente a las cuales se realizó el presente estudio. Playa Morro Ayuta y Puerto Escondido son las zonas más importantes para la anidación de la tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea* (Fuente: Elaboración propia). ...16
- Figura 2. Diagrama de las medidas morfométricas registradas para los 40 individuos de *L. olivacea* capturados mediante la técnica de “rodeo” (Modificado de Pritchard & Mortier, 2000). .....18
- Figura 3. Avistamientos por unidad de esfuerzo (APUE) de la tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea*, frente a cuatro playas importantes de la costa de Oaxaca. Los datos correspondientes a *C. mydas* y *E. imbricata* no fueron considerados para los análisis debido a sus bajas abundancias y APUE.....23
- Figura 4. Distribución espacial de *Lepidochelys olivacea* en la costa de Oaxaca. El mapa muestra la ubicación de individuos de tortuga golfina frente a cuatro playas en Oaxaca, México.....24
- Figura 5. Número de machos, hembras y organismos indeterminados de *L. olivacea* avistados durante recorridos frente a cuatro playas de Oaxaca entre diciembre 2017 y agosto 2018. ....24
- Figura 6. Evento de apareamiento de tortuga golfina, *L. olivacea*, en la zona frente a Playa Morro Ayuta, Oaxaca, México. ....25
- Figura 7. Registro de diferentes lesiones en tortugas golfina derivadas de causas naturales: 1) balanos epibiontes, 2) fibropapilomatosis y producto de actividades antropogénicas: 3) amputación de una extremidad, 4) basura y 5) colisión con embarcación.....25
- Figura 8. Estructura de tallas por sexo de los ejemplares de tortuga golfina capturados en la zona marítima de la costa de Oaxaca, México. La madurez sexual de la especie fue considerada a partir de los 60 cm de LRC (Espinoza-Romo et al., 2018). .....26
- Figura 9. Grupos taxonómicos identificados en muestras de lavado esofágico de 40 tortugas golfinas capturadas en la zona marítima de la costa de Oaxaca, México. Se distinguen: 1) cnidarios, 2) crustáceos (anfípodos) y 3) peces (sardina). .....27
- Figura 10. Observación directa de tortuga golfina alimentándose de *Katsuwonus pelamis* (barrilete) durante uno de los recorridos frente a Puerto Ángel/La Ventanilla, Oaxaca, México.....28

Figura 11. Relación gráfica entre la concentración de Clorofila-a, la TSM y la abundancia de tortuga golfina a lo largo de los meses de monitoreo.....29

**ÍNDICE DE TABLAS**

Cuadro 1. Lista de los grupos taxonómicos encontrados en el contenido estomacal de *Lepidochelys olivacea* capturadas en la costa del Oaxaca, México. Se presentan los datos de frecuencia y el número de organismos observados. .... 28

## **DEDICATORIA**

### **A mis amigos**

Porque ustedes son la familia que escogí y acudieron cuando los necesité aún sin pedirlo.

## AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por la beca otorgada para realización de mis estudios de maestría. Al **Instituto Politécnico Nacional (IPN)** y a la Secretaría de Investigación y Posgrado por la beca BEIFI concedida mediante el proyecto 20195206.

Al **Dr. Gustavo Hinojosa** Arango por haberme dado la oportunidad de desarrollar este proyecto, por sus consejos y enseñanzas en todo momento. Además, por el financiamiento brindado a través del proyecto #WW-144R-17 de **The National Geographic Society** para la realización de monitoreos, adquisición de equipo y material necesario para el mismo. Pero en especial, por tu amistad y apoyo incondicional en proyectos personales y académicos.

Al **Dr. Emilio Martínez Ramírez** por la información facilitada, el espacio brindado en el Laboratorio de Acuicultura del CIIDIR-Oaxaca y cobijarme en dos semestres consecutivos a través de proyectos a su cargo.

Al **M. en C. Fernando Gumeta Gómez** por sus comentarios que enriquecieron este trabajo y por su amistad sincera y transparente.

A la Dra. **Rosa María Gómez Ugalde** por sus excelentes consejos y enseñanzas durante mi estancia en el ITVO y el CIIDIR.

A mi **comité revisor** que contribuyó con sus comentarios al enriquecimiento del presente trabajo y formación profesional.

Al **Laboratorio de Gobernanza y Manejo de Recursos Marinos y Costeros** por el préstamo de material y espacio utilizado durante los monitoreos y análisis de datos.

A mis abuelos: **Olga González** y **Roque Villanueva** y mi tía **María** por todo su cariño, amor y cuidados que siempre me dan.

A **Nancy Olvera Portilla** por ayudarme y estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas, sin importar la distancia.

A **Ariel Alejandro Hernández Raffaelle** por tu amistad y amor, por tú apoyo en cada proyecto y los sueños compartidos.

A mi amigo **Francisco Muñoz**, por su tiempo y paciencia dedicada para enseñarme técnicas de SIG.

A la **familia Carrasco** por todo su cariño y atenciones.

A mis amigos: **Arumi, Elizabeth, Erwin, Kevin, Lorena** y **Patraca** por todas las vivencias compartidas y palabras de aliento.

A mis compañeros y amigos **Josué, Miguel, Mariana** e **Israel** del Laboratorio de Gobernanza y Manejo de Recursos Marinos y Costeros por su apoyo en salidas de campo y experiencias compartidas.

En general, a los profesores que conocí en mi preparación académica y que influenciaron de manera positiva en mi vida estudiantil.

Gracias a las personas que han brindado su apoyo y amistad a lo largo de mi vida, y en este momento no recuerdo, pero no por ello, son menos valiosas.

## I. INTRODUCCIÓN

En el mundo existen actualmente siete especies de tortugas marinas, pero solo cuatro de ellas viven y anidan en la costa de Oaxaca: la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea* [Eschscholtz, 1829]), la verde o prieta (*Chelonia mydas* [Linnaeus, 1758]), la carey (*Eretmochelys imbricata* [Linnaeus, 1766]) y la laúd (*Dermochelys coriacea* [Vandelli, 1761]) (Meylan & Meylan, 2000; Rosano-Hernández & Deloya, 2002). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) considera a todas las especies de tortuga marinas dentro de alguna de las categorías de riesgo de la Lista Roja de especies amenazadas; ya que, la mayoría de las poblaciones de estos organismos han disminuido a nivel mundial hasta niveles críticos (Abreu-Grobois & Plotkin, 2008). Las causas principales del decremento del número de tortugas marinas está relacionado a impactos de las actividades humanas, por ejemplo la pérdida de playas de anidación derivado del desarrollo urbano y turístico (Jacobson & López, 1994; Marshall et al., 2014), la extracción de huevos y captura de tortugas adultas para consumo humano en diferentes regiones del mundo (Campbell, 1998; Aguilar-González et al., 2014), muertes accidentales por redes fantasma (Meager & Limpus, 2012; Wilcox et al., 2015; Nelms et al., 2016) y más recientemente debido a la ingesta de plásticos (Meager & Limpus, 2012; Wilcox et al., 2018).

El gobierno de México ha implementado diferentes acciones para revertir la tendencia negativa de las poblaciones de tortugas marinas desde hace varias décadas; por ejemplo, implementó una veda completa en el consumo de tortuga marina y sus derivados en 1990 (DOF, 1990; 2013). Así mismo, se han firmado diferentes convenios

internacionales, como el Tratado de Especies Amenazadas de Flora y Fauna (CITES por su nombre en inglés) y el tratado de la Convención Interamericana para la Conservación y Protección de las Tortugas Marinas (Alvarado & Figueroa, 1990; Márquez, 1990). Una de las estrategias principales fue la protección de zonas de anidación, misma que inició con el establecimiento en 1966 del primer campo tortuguero, Rancho Nuevo, Tamaulipas; pero fue hasta 1992 que iniciaron operaciones de manera formal a través del marco legal del Instituto Nacional de Ecología (Márquez, 1990; SEDUE-IPN, 1990). En el caso particular de la tortuga golfina del suroeste de México, en particular las playas de Oaxaca son de vital importancia para la anidación de *L. olivacea*, encontrándose cuatro playas de anidación muy importantes para esta especie: Bahía Chacahua, La Escobilla, Playa Morro Ayuta y Playa Larga, de las cuales dos poseen importancia mundial (Márquez et al., 1982; SEDUE-IPN, 1990).

La tortuga golfina está catalogada como vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Abreu-Grobois & Plotkin, 2008), se encuentra incluida en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2019) y a nivel nacional, se señala en peligro de extinción en la NOM-O59-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010). Esta especie es conocida por sus hábitos reproductivos que le permiten formar durante dos o tres noches, arribazones sincrónicos que reúnen hasta más de 100 000 hembras (Bernardo & Plotkin, 2007). Debido a ello, ha sido ampliamente estudiada en las playas durante su anidación (Márquez et al., 1996; Rosano-Hernández & Deloya, 2002; Gámez et al., 2006; González-Ramos et al., 2014; Karam et al., 2014); mientras que las investigaciones de su ecología,

uso de hábitats y alimentación han quedado rezagados debido a la dificultad de trabajar en las zonas marinas (Bjorndal, 2000; Rodríguez-Barón, 2010).

Uno de los pocos trabajos referente a la ecología trófica de tortuga golfinia en costas del Pacífico Oriental Tropical, fue realizado por Montenegro-Silva et al. (1984), quienes estudiaron el contenido estomacal de 139 ejemplares ubicados, frente a playa La Escobilla e identificaron en orden de importancia 9 ítems alimenticios: salpas, peces, moluscos, crustáceos, algas, briozoarios, sipúnculidos, ascidias y huevos de peces. Sin embargo, las escasas investigaciones sobre los factores bióticos y abióticos que influyen a los hábitos alimenticios de las poblaciones de tortugas marinas ocurrieron tiempo después. Por ejemplo, Pérez-Vives evaluó en 2013 la variación interanual de la abundancia de *Lepidochelys olivacea* frente a playa La Escobilla de enero de 1978 a mayo de 1990 y su relación a los cambios de la abundancia del camarón. El autor describe las condiciones oceanográficas de la zona de estudio con base en imágenes satelitales de concentración de clorofila (Cl-a) y la temperatura superficial del mar (TSM) y; así mismo, señala la coincidencia de máximo desove de huevos de camarón y las arribadas.

Por su parte, González-Ramos et al. (2014) en su revisión bibliográfica para Oaxaca mencionan que, es deseable evaluar si las tortugas entran a alimentarse a las lagunas y permanecen en ellas o únicamente las utilizan como zona de paso en su búsqueda de sitios de reproducción o alimentación. Finalmente, Cuevas (2017) realizó una evaluación de los procesos de selección de playas de anidación, sitios de anidación y hábitats de alimentación por las tortugas marinas, considerando implicaciones biológicas, ecológicas y evolutivas y señala, el vacío de información en el proceso de selección del hábitat de alimentación. Sin embargo, trabajos como el de Valencia-Martínez (2013) en

Guasave, Sinaloa, ha mostrado una relación directa de la presencia de las tortugas marinas de otras especies con la batimetría, variables ambientales (temperatura superficial del mar, salinidad, oxígeno disuelto, concentración de clorofila-a y la influencia de eventos La Niña y el Niño). Esto resalta la necesidad de realizar este tipo de trabajo en la zona sureste de México, con especial énfasis en la tortuga *Lepidochelys olivacea*, ya que esta especie es la más abundante de la región.

El conocimiento limitado de las zonas de agregación y alimentación presenta un desafío para las estrategias de conservación debido a las potenciales interacciones negativas de las actividades humanas, por ejemplo, la pesca y tráfico marítimo debido al turismo, a las cuales se enfrentan en la costa de Oaxaca. Este trabajo evalúa las poblaciones de *L. olivacea* frente a cuatro playas importantes en el ciclo de vida de esta especie (dos de estas playas son importantes para su anidación, Puerto Ángel/La Ventanilla y Playa Morro Ayuta) para el periodo entre diciembre de 2017 y agosto de 2018. El presente estudio busca identificar y caracterizar las zonas de agregación y alimentación de *Lepidochelys olivacea* en la zona marítima frente a playas de anidación, utilizando observaciones directas de hembras y machos y relacionándolas con parámetros oceanográficos que pudieran estar influyendo en los patrones de distribución de la especie. Los objetivos particulares fueron: (1) identificar las agregaciones de tortuga golfina frente a cuatro playas importantes en la costa de Oaxaca, (2) analizar la dieta de la tortuga *L. olivacea* a través de lavados esofágicos y (3) caracterizar las zonas de agregación y alimentación de la tortuga golfina en tiempo y espacio dependiendo de la temperatura y concentración de clorofila-a superficial del mar.

## **II.MÉTODOS**

### **2.1 Sitio de estudio**

La costa de Oaxaca se ubica entre dos subzonas del Pacífico Oriental Tropical (POT): 1) la Provincia Mexicana, caracterizada por corrientes débiles y variables que en invierno tienen una dirección hacia el sureste y en verano hacia el noroeste, y 2) la discontinuidad Centroamericana, influenciada por vientos tanto del Pacífico como del Atlántico (SEMARNAP, 1998; Salazar-Vallejo & Londoño-Mesa, 2004; Wilkinson et al., 2009). El lugar presenta una plataforma continental estrecha hacia la parte occidental delimitada por la trinchera Mesoamericana, que llega a profundidades de cuatro a cinco mil m, y una zona más amplia hacia la parte oriental con un ancho aproximado de 100 km (Carranza et al., 1998). Se distinguen dos estaciones climáticas, la estación seca (octubre-noviembre a abril-mayo) y la temporada de lluvia (mayo-junio a octubre) (Tapia-García, 2007).

La dinámica oceanográfica está determinada por la corriente de California, que es fría con bajas salinidades y un alto contenido de oxígeno disuelto, y la corriente Norecuatorial, caliente con altas salinidades y bajo contenido de oxígeno disuelto (Pacheco-Sandoval, 1991). Además, la zona tiene gran influencia de la corriente cálida de Costa Rica, que determina temperaturas medias anuales entre 25 y 30° C en los primeros 30 m de profundidad (Vázquez-Gutiérrez et al., 1998; Castro-Aguirre et al., 2006). La termoclina es somera y permanente, presentándose la capa de mezcla a los 20 m (Pacheco-Sandoval, 1991). La productividad primaria superficial experimenta una alta variabilidad estacional debido a las surgencias y está fuertemente influenciada por la

descarga de agua dulce proveniente de lagunas costeras y de sistemas fluviales presentes en las zonas costeras en Chiapas, así como por los vientos transmontanos (llamados “Tehuano”) provenientes del Golfo de México (Lara-Lara et al., 2008; Wilkinson et al., 2009).

El estudio se llevó a cabo entre los meses de diciembre de 2017 y agosto de 2018, en cuatro zonas marinas frente a playas de la costa del estado de Oaxaca: Puerto Escondido ( $15^{\circ} 51' 43''$  N;  $97^{\circ} 04' 18''$  O), Puerto Ángel/La Ventanilla ( $15^{\circ} 40' 18''$  N;  $96^{\circ} 29' 45''$  O), Santa María Huatulco ( $15^{\circ} 50' 00''$  N  $96^{\circ} 19' 00''$  O) y Playa Morro Ayuta ( $15^{\circ} 46' 51''$  N;  $95^{\circ} 53' 5$  O) (Figura 1).

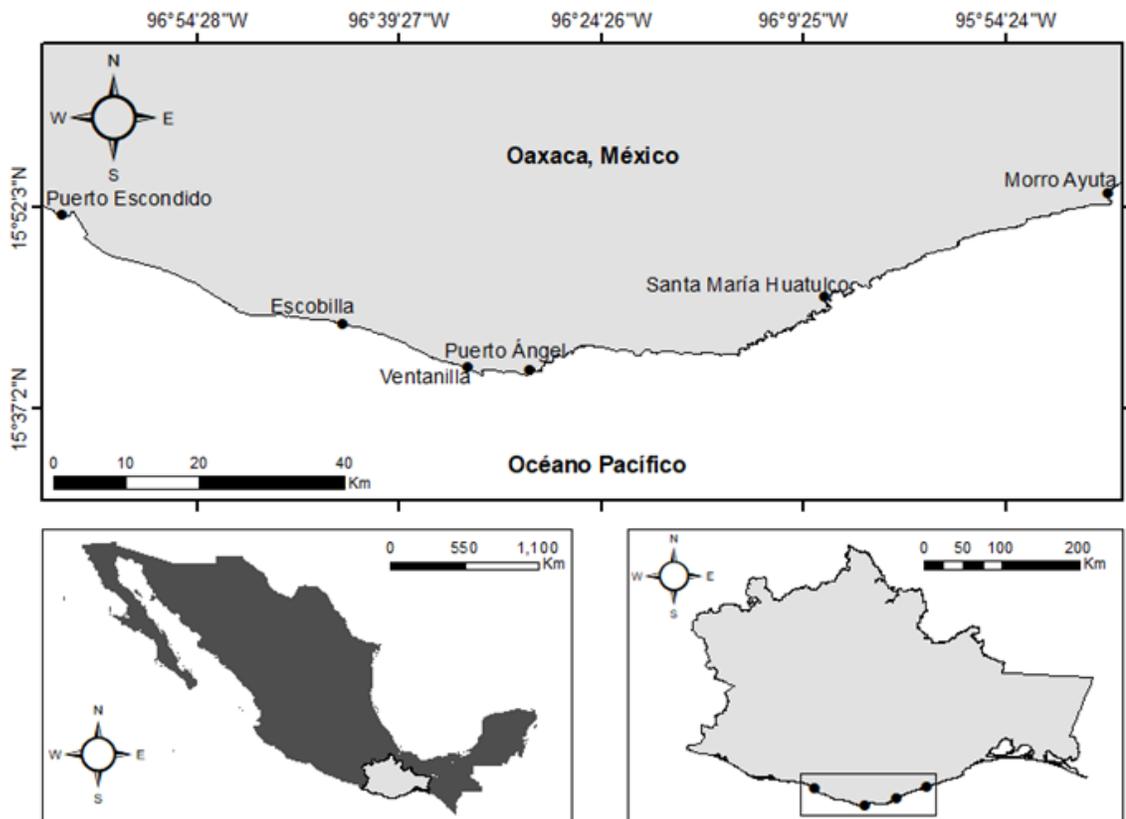


Figura 1. Localización de las cuatro zonas costeras frente a las cuales se realizó el presente estudio. Playa Morro Ayuta y Puerto Ángel/La Ventanilla son zonas importantes para la anidación de la tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea* (Fuente: Elaboración propia).

## **2.2 Colecta de datos**

### **2.2.1 Identificación de las zonas de agregación de *L. olivacea***

La presente investigación se realizó entre los meses de diciembre de 2017 y agosto de 2018 con permiso de colecta de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SGPA/DGVS/001256/18). Los monitoreos se llevaron a cabo por medio de dos transectos lineales (20 km) perpendiculares a la línea de costa a cinco y 10 km, respectivamente frente a las cuatro playas de interés. Se utilizó una embarcación con motor fuera de borda para realizar los recorridos a una velocidad promedio de 15 km/h, cubriendo aproximadamente cuatro horas de monitoreo. Cuando una tortuga era avistada, se registró su ubicación geográfica mediante un GPS marca GARMIN (GPSMap 64s), la distancia perpendicular (m) desde la trayectoria del barco hasta la tortuga, la actividad que realizaban al momento del avistamiento (forrajeo, apareamiento, desplazamiento o reposo) y en los casos que fue posible, se determinó el sexo. Para la identificación de la especie de tortugas marinas se utilizó la nomenclatura propuesta por Pritchard y Mortimer (2000) teniendo en cuenta la forma y coloración del caparazón, la forma del hocico y, cuando fue posible la captura manual, se consideró el número de escudos costales y vertebrales. Así mismo, se tomaron los datos de datos de concentración de oxígeno disuelto y temperatura superficial del mar *in situ* al principio y final de cada uno de los transectos mediante un medidor portátil multiparámetro YSI 85.

### 2.2.2 Caracterización de la dieta de tortuga golfina

Se realizó la captura de 40 tortugas al azar mediante la técnica de “rodeo” que consiste en atrapar a los individuos de manera manual mediante snorkel durante la termorregulación en la superficie del mar, sosteniéndola de los escudos nucales y marginales posteriores antes de que se sumerjan (Ehrhart y Ogren, 1999). Una vez capturadas, las tortugas fueron subidas a la embarcación para registrar las medidas corporales estándar que representan las variables continuas de estos organismos y que corresponden a: largo recto del caparazón (LRC), largo curvo del caparazón (LCC), ancho recto del caparazón (ARC), ancho curvo del caparazón (ACC), largo recto del plastrón (LP), ancho de la cabeza (AC), largo de la cola tanto total (LTC) como parcial (LPC), ancho del cuerpo (PC) y peso del individuo (Figura 2). Estas medidas fueron obtenidas mediante el empleo de un calibrador vernier (Hoglof tree caliper #11-100-1112), una cinta métrica y una balanza digital marca Rhino modelo BAC-300. Todos los individuos fueron fotografiados tanto dorsal como ventralmente para generar un catálogo de referencia depositado en los archivos del Grupo de Gobernanza y Manejo de Recursos Marinos y Costeros del CIIDIR Unidad Oaxaca.

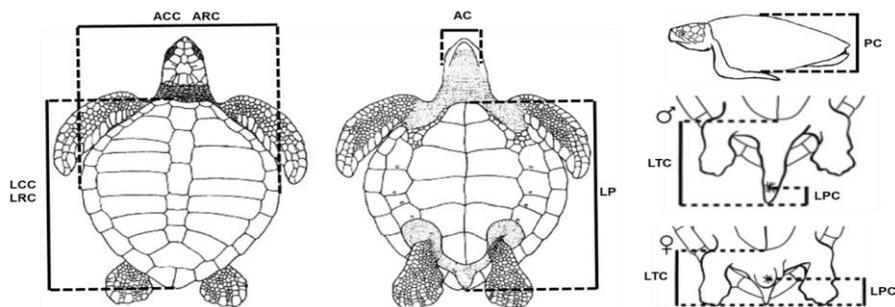


Figura 2. Diagrama de las medidas morfométricas registradas para los 40 individuos de *L. olivacea* capturados mediante la técnica de “rodeo” (Modificado de Pritchard & Mortier, 2000).

Los organismos capturados fueron sexados mediante la diferenciación de los machos en base a sus caracteres sexuales secundarios. La diferencia más notable es el tamaño de la cola, ya que es más grande y desarrollada en comparación con la de las hembras (Figura 2). Los ejemplares capturados fueron clasificados como juveniles o adultos en base a su LRC, considerando adultos a individuos de *L. olivacea*  $\geq 60$  cm y subadultos a organismos  $< 60$  cm (Espinoza-Romo et al., 2018). Además, se calculó el Índice de condición corporal (ICC) de Fulton que utiliza una escala 0 (excelente), 1 (muy buena), 2 (normal) y 3 (mala) (Ricker, 1975; Bjorndal, 2000; Norton & Wyneken, 2015;), utilizando la siguiente fórmula (Anexo 1):

$$ICC = \frac{Peso}{LRC^3} \times 10\,000$$

Se recolectaron muestras de contenido estomacal de 40 tortugas marinas mediante la técnica de lavado o enjuague esofágico de Forbes y Limpus (1993), la cual ha sido usada en varios grupos de vertebrados sin daño al animal (Forbes, 2000). Las muestras fueron preservadas en alcohol al 70% y procesadas en el Laboratorio de acuicultura del CIIDIR Unidad Oaxaca, donde se identificaron los ítems alimenticios al mayor nivel taxonómico. Se utilizó un microscopio estereoscópico y claves de identificación especializadas de cada grupo taxonómico: algas (Zertuche-González et al., 1995), crustáceos (Hendrickx, 1993), medusas (Mayer, 1910; Kramp, 1961; Segura-Puertas, 1984; Calder, 2009) peces (Allen & Robertson, 1998; Pauly & Froese, 2018) y tunicados (Herrera-Galindo et al., 2015). Adicionalmente, se realizó el registro de las especies consumidas por la tortuga golfina cuando se llegó a observar a individuos alimentándose durante los recorridos.

### 2.2.3 Caracterización de las zonas de agregación de tortugas marinas

Se elaboraron mapas de distribución y densidad de tortugas marinas con base a los registros GPS colectados utilizando el programa ArcMap 10.5 y su extensión Spatial Analyst. Las coordenadas geográficas de cada avistamiento de *L. olivacea* se incorporaron en un mapa mediante la representación de la abundancia/presencia, una red o “fishnet” (1 km<sup>2</sup>), un joining espacial con la capa de presencias y finalmente la modificación de la simbología, utilizando la clasificación de cuantiles de 11 clases.

Para esta sección del estudio se utilizaron los datos de concentración de oxígeno disuelto y temperatura superficial del mar tomados *in situ*. Estos datos fueron correlacionados por medio de un análisis de imágenes satelitales de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y productividad marina (Clorofila-a [ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]), obtenidas a partir del AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) y Aqua MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) sensores de la NASA (NASA's Ocean Biology Processing Group, OBPG) de la página web: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>, con una resolución espacial de 4 km x 4 km y en formato netCDF (.nc). Se utilizaron imágenes compuestas mensuales, correspondientes los meses entre diciembre 2017 y agosto 2018 (Valencia-Martínez, 2013; Cervantes-Hernández & Manzano-Sarabia, 2015). Estas imágenes fueron procesadas usando el programa ArcMap 10.5, con los que se delimito el área de estudio y se procedió a obtener el valor de Chl-a y TSM mediante técnicas de superposición en este software. Lo anterior, permitió extraer los valores para cada avistamiento de tortuga golfina. Las celdas que no tenían información alguna les fue asignado un atributo nulo.

### 2.3 Análisis de datos

El presente estudio se enfocó en *L. olivacea*, sin embargo, se realizaron observaciones adicionales de tortuga verde *Chelonia mydas* y tortuga carey *E. imbricata*, ya que coinciden de manera espaciotemporal en el área censada. Los datos recabados en el trabajo de campo fueron organizados en una base de datos en el programa Microsoft Excel (2016) y, procesados para evaluar la distribución y densidad de tortugas marinas en el área de estudio.

El número de avistamientos se estandarizó utilizando valores de avistamiento por unidad de esfuerzo (APUE), expresado como el número de individuos avistados por hora de esfuerzo al día ( $\text{individuos-hr}^{-1}$ ) (Venegas-Li et al., 2014). Con el objeto de cuantificar los avistamientos (número de veces que una tortuga es observada en el mar en diferentes momentos), se usó la siguiente escala: Rara = 1-10 tortugas/playa/año, Común = 10-100 tortugas/playa/año y Abundante = +100 tortugas/playa/año (Ceballos-Fonseca et al., 2003; Ceballos-Fonseca, 2004).

Para el análisis de la temporalidad, los datos fueron agrupados por mes, tanto avistamientos de tortugas por localidad como valores de Chl-a y TSM. Estos datos fueron procesados empleando el paquete estadístico SPSS versión 22. Se realizó un análisis de correlación de Spearman y se ajustaron rectas de regresión lineal simple entre la abundancia de *L. olivacea* y las dos variables del hábitat (McDonald, 2014). Los coeficientes de correlación pueden clasificarse como: 0.0 a 0.2 correlación mínima, 0.21 a 0.4 baja, 0.41 a 0.6 moderada, 0.61 a 0.8 buena y de 0.81 a 1 muy buena (Borda et al., 2013).

### III. RESULTADOS

Durante el presente proyecto, se realizó un esfuerzo de muestreo total 95.717 horas, registradas en 27 navegaciones de diciembre de 2017 a agosto 2018. El esfuerzo promedio por cada salida fue de  $3.681 \pm 1.494$  horas. En el caso específico del mes de mayo, el esfuerzo de muestreo fue igual a cero, debido a las malas condiciones climáticas que impidieron la navegación.

#### 3.1 Agregación costera de tortugas marinas

Se registraron 2,406 avistamientos de tortugas marinas, correspondientes a tres especies: *Lepidochelys olivacea* (2,394 individuos), *Chelonia mydas* (10 individuos) y *Eretmochelys imbricata* (2 ejemplares). Los datos de la localización de las dos últimas especies no fueron considerados en los análisis subsecuentes debido a su baja abundancia (Figura 3). De acuerdo con la clasificación de Ceballos-Fonseca et al. (2003), *C. mydas* y *E. imbricata* fueron clasificadas como común y rara respectivamente; mientras que *L. olivacea* fue considerada como una especie abundante. El APUE total promedio fue de 25.137 individuos-hr<sup>-1</sup>. *Lepidochelys olivacea* fue la especie más avistada (25.011 individuos-hr<sup>-1</sup>), seguido por *C. mydas* (0.104 individuos-hr<sup>-1</sup>), y *E. imbricata* (0.021 individuos-hr<sup>-1</sup>). El APUE mensual más alto se obtuvo durante diciembre 2017 (53.741 individuos-hr<sup>-1</sup>) y enero 2018 (57.714 individuos-hr<sup>-1</sup>) (Figura 3).

Los avistamientos de tortuga golfina (2394) por localidades corresponden a los siguientes: Puerto Escondido (368), Puerto Ángel (808), Parque Nacional Huatulco (320)

y Morro Ayuta (898). Los registros de presencia-abundancia permitieron identificar una mayor agregación en la zona marítimo-costera frente a playas de anidación, reportando altas densidades ( $\geq 40$  individuos $\cdot m^{-2}$ ) para Playa Morro Ayuta y Puerto Ángel/La Ventanilla (Figura 4).

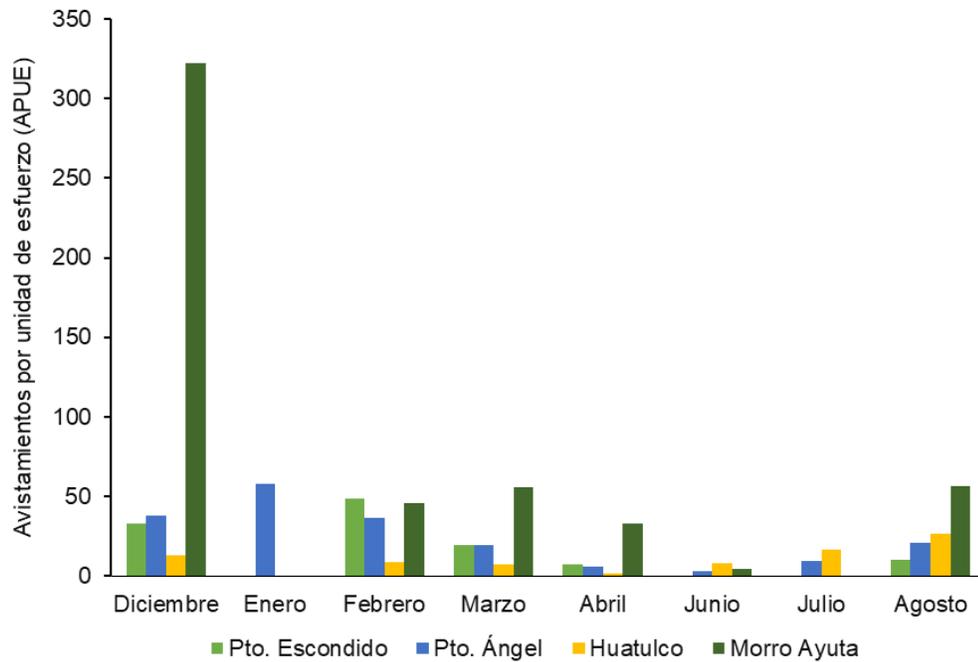


Figura 3. Avistamientos por unidad de esfuerzo (APUE) de la tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea*, frente a cuatro playas importantes de la costa de Oaxaca. Los datos correspondientes a *C. mydas* y *E. imbricata* no fueron considerados para los análisis debido a sus bajas abundancias y APUE.

Se logró la identificación del sexo de un total de 422 individuos observados durante los recorridos en lancha, mientras que 1,972 individuos fueron clasificados como indeterminados. Del total de los organismos sexados, se registró que el 56.635 % (239) fueron hembras y el 43.365 % machos (183) (Figura 5). Además, se observaron 82 eventos de apareamiento en tortuga golfina; la mayoría de los cuales se registraron para los meses de julio (23) y agosto (54) (Figura 6).

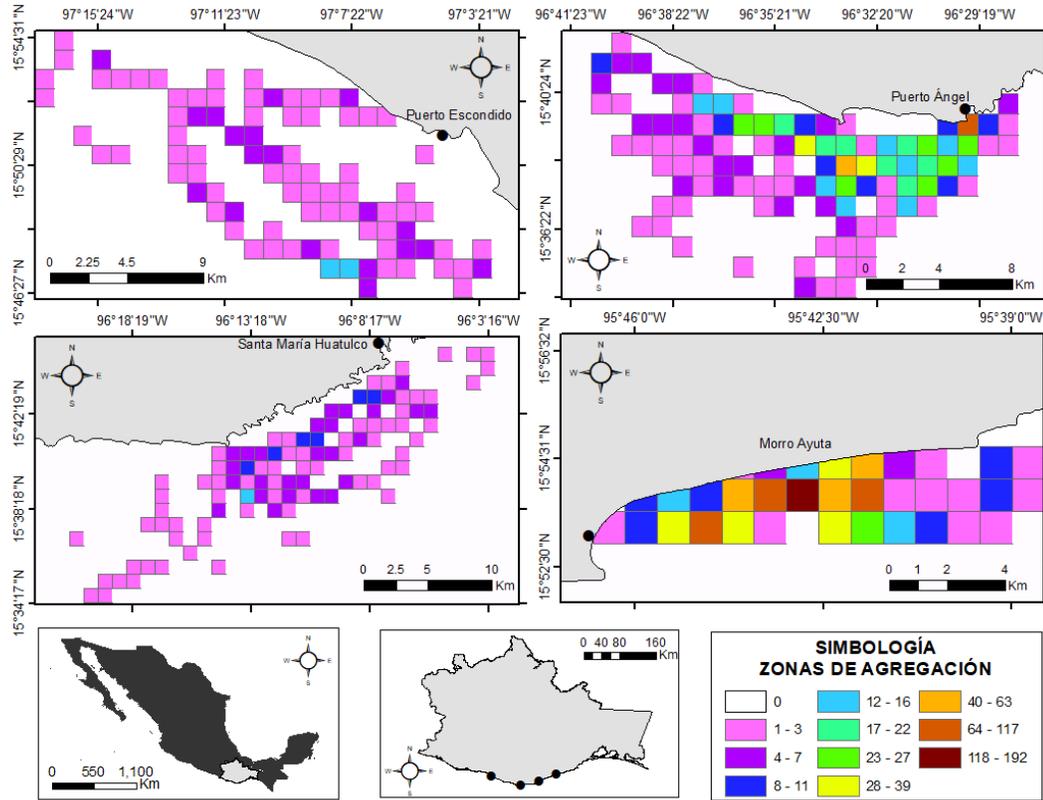


Figura 4. Distribución espacial de *Lepidochelys olivacea* en la costa de Oaxaca. El mapa muestra la ubicación de individuos de tortuga golfina frente a cuatro playas en Oaxaca, México.

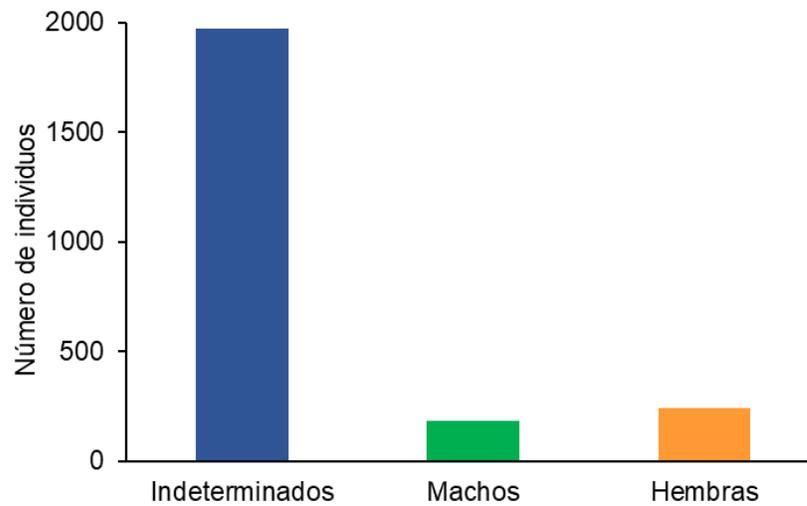


Figura 5. Número de machos, hembras y organismos indeterminados de *L. olivacea* avistados durante recorridos frente a cuatro playas de Oaxaca entre diciembre 2017 y agosto 2018.



Figura 6. Evento de apareamiento de tortuga golfina, *L. olivacea*, en la zona frente a Playa Morro Ayuta, Oaxaca, México.

De manera casual, se observaron algunos organismos con presencia de (1) parásitos y epibiotas, (2) fibropapilomatosis, (3) amputación de una extremidad, (4) enmallamiento en basura y (5) ruptura de caparazón y muerte de un individuo, ocasionado por el golpe con una lancha (Figura 7).

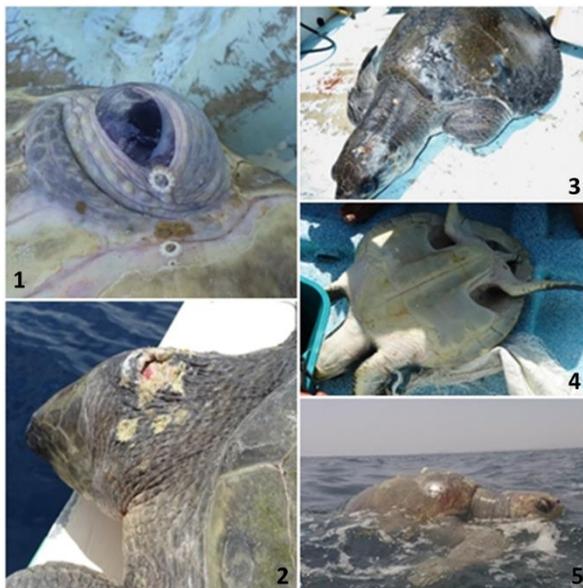


Figura 7. Registro de diferentes lesiones en tortugas golfina derivadas de causas naturales: 1) balanos epibiontes, 2) fibropapilomatosis y producto de actividades antropogénicas: 3) amputación de una extremidad, 4) basura y 5) colisión con embarcación.

### 3.2 Análisis de la dieta de *L. olivacea*

Se capturaron y registraron datos morfométricos de 40 individuos de *Lepidochelys olivacea* durante los recorridos frente a 4 playas importantes de la costa de Oaxaca. Los organismos capturados fueron sexados y correspondieron a 24 hembras, 16 machos. La estructura de tallas estuvo representada por 20 subadultos y 20 adultos en base a la talla de madurez sexual (60 cm de LRC) reportada para la especie por Espinoza-Romo y colaboradores en 2018 (Figura 8). El valor promedio del ICC de las tortugas golfinas capturadas fue de  $1.51 \pm 0.244$ . Individualmente, el 95 % de las tortugas se registraron en excelentes condiciones, el 2.5 % en muy buenas y buenas condiciones, respectivamente.

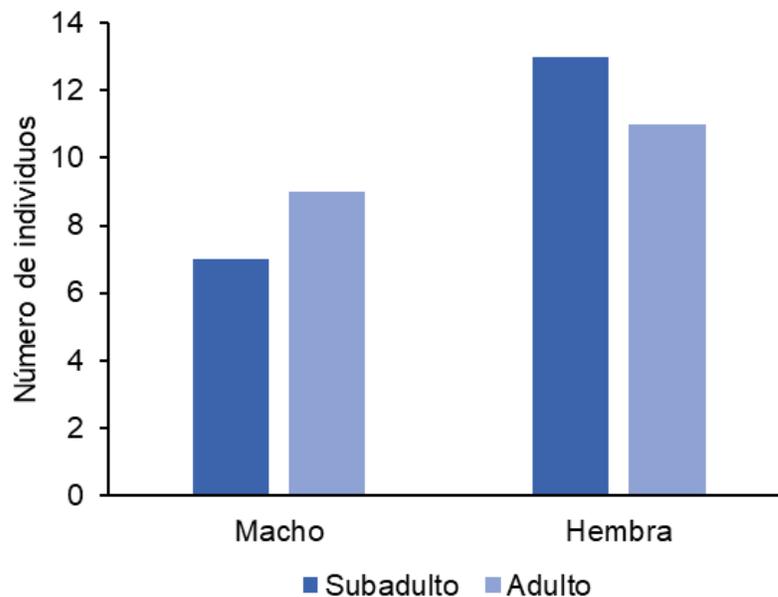


Figura 8. Estructura de tallas por sexo de los ejemplares de tortuga golfina capturados en la zona marítima de la costa de Oaxaca, México. La madurez sexual de la especie fue considerada a partir de los 60 cm de LRC (Espinoza-Romo et al., 2018).

El volumen promedio analizado por muestra de lavado esofágico fue de 50 ml (SD=30.436, rango= 11-205 ml). Los grupos alimenticios encontrados en el contenido

estomacal fueron: medusas, peces (*Harengula* sp.), crustáceos, moluscos y algas (Figura 9). El análisis de frecuencia mostró a la clase Scyphozoa (10.158 %) como el grupo con mayor incidencia, con 3 integrantes: *Aurelia* sp., *Pelagia* sp. y *Stomolophus meleagris* (Cuadro 1). El 89.105% del material no fue identificado hasta especie debido al grado avanzado de descomposición. Sin embargo, este material fue segregado en las siguientes categorías: moluscos (0.6 %), peces (5.9 %), organismos gelatinosos [cnidarios y tunicados (93.2 %)] y algas (0.3 %) (Cuadro 1).

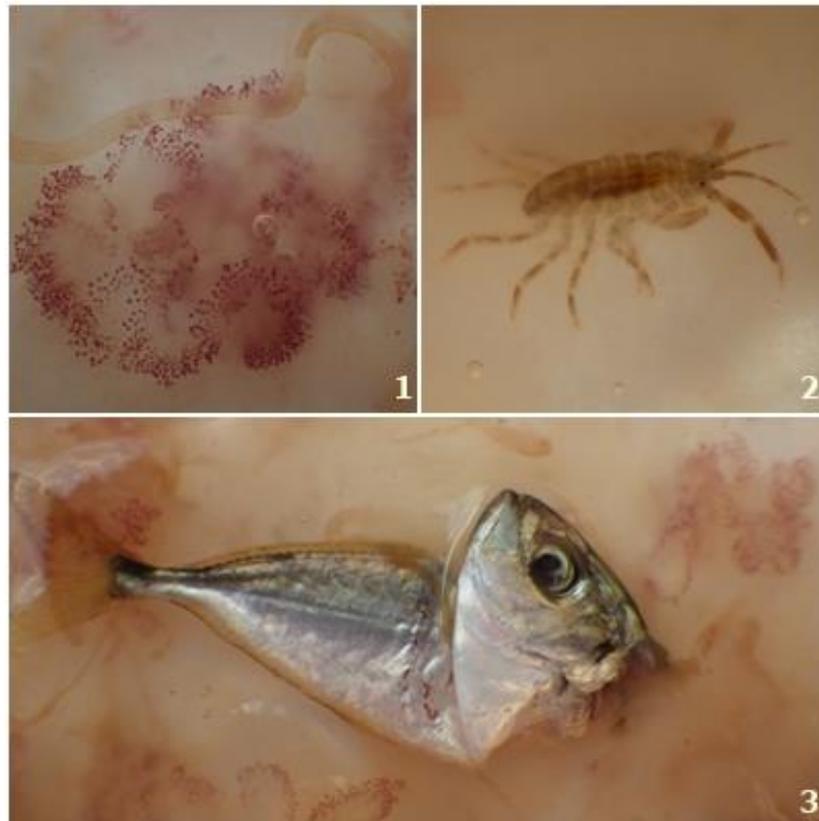


Figura 9. Grupos taxonómicos identificados en muestras de lavado esofágico de 40 tortugas golfinas capturadas en la zona marítima de la costa de Oaxaca, México. Se distinguen: 1) cnidarios, 2) crustáceos (anfípodos) y 3) peces (sardina).

Se pudo observar de manera directa a individuos de *L. olivacea* alimentándose, lo cual permitió identificar tres grupos taxonómicos: peces (*Coryphaena equiselis*, *C.*

*hippurus* y *Katsuwonus pelamis*), tunicados (*Pegea confoederata* y *Pyrosoma* sp.) y crustáceos (gamáridos y *Portunus xantusii*) (Figura 10).

Cuadro 1. Lista de los grupos taxonómicos encontrados en el contenido estomacal de *Lepidochelys olivacea* capturadas en la costa del Oaxaca, México. Se presentan los datos de frecuencia y el número de organismos observados.

Grupos taxonómicos identificados	Frecuencia	No. de organismos
División: Chlorophyta	0.5	3
Phyllum: Arthropoda	1.4	2
Subphyllum: Crustacea		
Clase: Malacostraca		
Orden: Amphipoda		
Familia: Gammaridae		
Phyllum: Cnidaria	92.8	40
Clase: Scyphozoa		
Orden: Rhizostomeae		
Familia: Stomolophidae		
<i>Stomolophus meleagris</i>		
Orden: Semaestomeae		
Familia: Pelagiidae		
<i>Pelagia</i> sp.		
Familia: Ulmaridae		
<i>Aurelia</i> sp.		
Phyllum: Mollusca	1.0	2
Phyllum: Chordata	4.8	1
Clase: Actinopterygii		
Orden: Clupeiformes		
Familia: Clupeidae		
<i>Harengula</i> sp.		



Figura 10. Observación directa de tortuga golfina alimentándose de *Katsuwonus pelamis* (barrilete) durante uno de los recorridos frente a Puerto Ángel/La Ventanilla, Oaxaca, México.

### 3.3 Características de las zonas de agregación de la tortuga golfina *L. olivacea*

La variable predictora que mostró una influencia positiva en la densidad de tortugas fue la Chl-a. La correlación de Spearman mostró un valor de 0.398 y una  $p < 0.05$ , aunque la correlación es baja (Borda *et al.*, 2013), la clorofila explica el 34.3 % en la variabilidad mensual. La TSM presentó una tendencia a aumentar cuando la abundancia y productividad primaria disminuye ( $Rho = -0.309$ ,  $p < 0.05$  y  $Rho = -0.913$ ,  $p < 0.01$ ) (Figura 11).

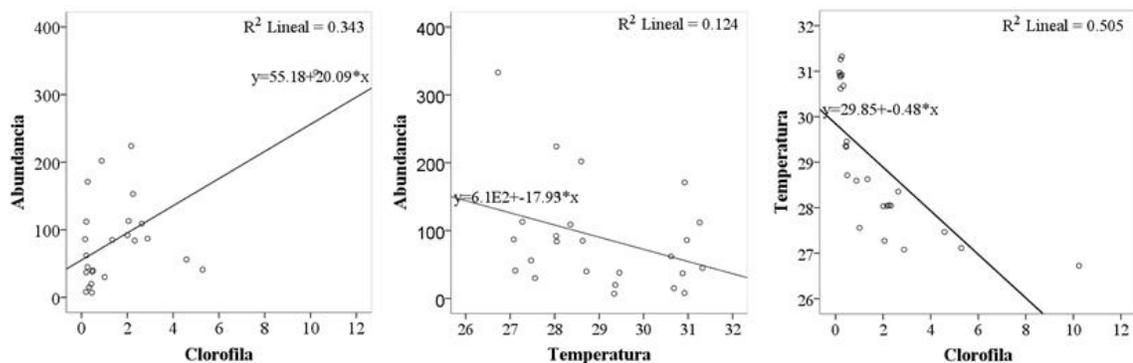


Figura 11. Relación gráfica entre la concentración de Clorofila-a, la TSM y la abundancia de tortuga golfina a lo largo de los meses de monitoreo.

## IV. DISCUSIÓN

Los esfuerzos para la conservación y recuperación de las diferentes especies de tortugas en el mundo han estado enfocados principalmente a las playas de anidación (Márquez *et al.*, 1996; Rosano-Hernández & Deloya, 2002; Gámez *et al.*, 2006; Vargas del Río & Brenner, 2013; González-Ramos *et al.*, 2014; Karam *et al.*, 2014) y áreas de alimentación (Colman *et al.*, 2014; Cortés-Gómez *et al.*, 2014) para tratar de proteger zonas importantes para alguna parte de su ciclo de vida. Sin embargo, se ha dejado de lado la zona marina

frente a playas de anidación a pesar de que es crucial durante la época de apareamiento y anidación. Este estudio resalta la importancia de dicha zona para la tortuga golfina en el estado de Oaxaca al registrar que esta especie la utiliza para actividades de apareamiento, alimentación y descanso durante la mayor parte del año. Se registraron 2,394 individuos de *L. olivacea*, lo que coincide con el hecho de ser la especie con mayor número de nidos en la zona. Además, se observaron 82 parejas copulando durante el período de mayor actividad de anidación, registrado de junio a octubre (Briseño-Dueñas & Abreu-Grobois, 1998). Adicionalmente, se observaron algunos individuos de *Chelonia mydas* y *Eretmochelys imbricata*, coincidiendo con los reportes de especies presentes en la zona (Herrera-Galindo *et al.*, 2015) en bajas densidades debido a su estatus de *peligro crítico* de extinción de acuerdo con la Lista Roja de Especies de la IUCN (Abreu-Grobois & Plotkin, 2008).

Una de las limitantes principales para el estudio de la zona frente a playas de anidación es la disponibilidad de recursos, ya que el costo del monitoreo es alto y no puede realizarse de manera regular. Adicionalmente, las condiciones climáticas adversas afectan la navegación y reducen la efectividad de los monitoreos; por ello, los resultados de este trabajo son un aporte importante al conocimiento de la relevancia de la zona marina para el éxito de la reproducción de *Lepidochelys olivacea*.

Las principales zonas de agregación de tortuga golfina se registraron frente a dos playas de anidación importantes que se encuentran designadas como Áreas Naturales Protegidas en el esquema de Santuario de Playas Tortugueras (Puerto Ángel/La Ventanilla) y Acuerdo de Destino (Playa Morro Ayuta). En ellas, la proporción de machos y hembras es cercana a 1:1 de acuerdo con las observaciones realizadas. Sin embargo, la

única referencia a la protección de la zona marina frente a dichas ANPs es la restricción a la navegación en los primeros 5 km a partir del nivel medio de la marea durante la temporada reproductiva (CONANP, 2018). Esta restricción busca reducir al máximo el potencial de impacto con embarcaciones, pero nuestros resultados muestran que no es suficiente, ya que las agregaciones de tortuga golfina exceden tanto temporal (Figura 3) como espacialmente dicha reglamentación (Figura 4).

Este trabajo muestra que las tortugas golfinas no solo se aparean o anidan en esta región, sino que también consumen varias especies presentes frente a las playas de anidación. Se identificaron cinco grupos taxonómicos dentro de su dieta: algas, cnidarios, crustáceos, peces y tunicados, permitiendo señalar una dieta oportunista de la tortuga golfina al no presentar como fuente de alimento un elemento en particular (Behera et al., 2014) y que pudiera cambiar dependiendo de la disponibilidad de cada ítem de acuerdo con la temporada como lo reportado para *C. mydas* (Carrión-Cortez et al., 2010). En el Pacífico Norte de México, *Pegea confoederata* es reportada como el principal alimento de *L. olivacea* durante su periodo reproductivo (Montenegro-Silva et al., 1984) y, en la costa de Oaxaca, Herrera-Galindo et al. (2015) la mencionan como un organismo consumido de manera oportunista. Aunque no se establece una relación con el periodo reproductivo y el porcentaje de consumo por el grado de digestión de las muestras, este trabajo corrobora a las salpas como uno de los ítems alimenticios de tortuga golfina.

A pesar de su utilidad, el análisis del contenido estomacal nos aporta una ventana temporal reducida de la dieta del individuo (de unos pocos días hasta unas semanas desde la ingesta), que puede resultar en una descripción incompleta de la dieta del animal (Hyslop, 1980; Burkholder et al. 2011; González-Carman et al. 2013). Además, algunas

presas pueden ser difíciles de encontrar, ya que tienen una alta digestibilidad (ej.: invertebrados gelatinosos). Por el contrario, puede haber resto de algunos animales o residuos sólidos que permanezcan en el tracto digestivo durante varios meses (picos de cefalópodos o trozos de plástico duro). Un indicador que ayuda a subsanar esta limitante es el ICC, ya que permite determinar el estado nutricional y de salud de tortugas marinas en vida libre, así como evaluar la calidad y disponibilidad del alimento (Norton & Wyneken, 2015). La presente investigación reporta valores de ICC correspondientes a excelentes condiciones para las tortugas capturadas, similares a los reportados en áreas de forrajeo de *L. olivacea* al oeste del sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, Sinaloa (Espinoza-Romo et al., 2018). Por lo tanto, los ICC obtenidos permiten identificar de manera indirecta la importancia de la zona marina frente a playas de anidación en la disponibilidad de alimento y el estado de salud de la tortuga golfina, mismos que pueden ser de igual relevancia que los reportados para los sitios considerados como áreas de forrajeo (Najera-Hillman et al., 2012; Leyton et al., 2015).

La presente investigación analizó dos factores principales que pudieran estar regulando la presencia de tortugas en la zona marina frente a las playas de anidación, la temperatura y la concentración de clorofila a. La TSM se correlacionó negativamente con la abundancia de tortuga golfina, explicando solo el 12.4 % de la variabilidad. A pesar de que la temperatura está estrechamente vinculada con la distribución, biología y comportamiento de las tortugas marinas por ser organismos ectotérmicos (Spotila et al., 1985; Wallace & Jones, 2008; Fossette et al., 2012), puede jugar un papel adverso en su distribución al afectar a las especies de las cuales se alimenta. Los datos de TSM en el presente estudio muestran valores entre los 26°C y los 32°C, lo que se encuentra dentro de los rangos

fisiológicos permisibles de la tortuga marina (10°C a 37.5°C), es decir, en donde la temperatura no afecta las actividades de desplazamiento, alimentación o les causa la muerte (Schwartz, 1978; Spotila et al., 1985; Moon et al., 1997). Sin embargo, la TSM mostró un marcado efecto negativo en la concentración de la Ch-la explicando el 50.5 % en la variabilidad mensual; es decir, la disponibilidad de alimento es afectada directamente por la TSM ya que regula la productividad primaria. Los episodios cálidos de TSM son asociados con la disminución de fitoplancton y, por ende, afectaciones en el estado nutricional de los consumidores primarios, así como en su migración y reproducción (Schaeffer et al., 2008; Lea et al., 2006).

En cuanto a la Chl-a, nuestro estudio demostró que tiene un efecto positivo en la densidad de tortugas en la costa de Oaxaca con un aporte a la variabilidad de 34.3 %. Esto concuerda con el estudio realizado para el Parque Nacional Bahía de Loreto, México en 2013, donde se señala la correlación positiva de tres variables: TSM (9.51 %), Chl-a (8.98%) y grado de oleaje escala Beaufort (6.6 %) con la distribución y abundancia de tortugas marinas (Rodríguez- Retana et al., 2013). Los valores más altos de avistamientos registrados corresponden a un mes frío (diciembre=740) y que presentó los valores más altos de clorofila (2.9-10.2 mg•m<sup>-3</sup>). Diferentes estudios demuestran que este es un factor que puede influir en la migración de tortugas a aguas oceánicas asociadas a zonas de concentraciones altas de clorofila, es decir, áreas con mayor disponibilidad de alimento (Seminoff et al. 2008; Polovina et al., 2004; Polovina et al., 2001).

Si bien las ANPs y los planes de protección de especies pueden convertirse en “islas de protección” que acumulan altas densidades de las especies objetivo, como los reportes recientes de las playas de anidación de tortuga golfina en el Pacífico Mexicano

con un mayor número de nidos y hasta 10 meses de anidación (CONANP, 2018); también pueden tener efectos negativos al derivar en la hiperabundancia de las especies protegidas, la degradación del hábitat y afectaciones en la cadena trófica (Christianen et al., 2014), o incluso el aumento en las interacciones negativas como los enmallamientos o choques con embarcaciones observados en el presente estudio. En ese sentido, considerar en las estrategias de manejo no solo las playas de anidación sino también la parte marina frente a ellas es esencial para implementar acciones más efectivas para continuar con la recuperación de las poblaciones de *L. lepidochelys*. Esto permitiría no solo asegurar espacios esenciales para su apareamiento y alimentación durante su temporada reproductiva, sino también reducir el impacto de actividades antropogénicas.

El presente trabajo constituye el primer análisis de las agregaciones y dieta de *L. olivacea* para la costa Oaxaqueña que relaciona su distribución espacio-temporal con parámetros bióticos y abióticos. No obstante, quedan preguntas sin responder en cuanto a la densidad poblacional de tortuga golfina en la zona de estudio y fuera de ésta, por lo que se recomienda la ejecución de estudios que permitan conocer de manera precisa el tamaño de sus poblaciones y la proporción de sexos.

## **V. CONCLUSIONES**

1. Los resultados demuestran que la zona marina frente a playas de anidación de Oaxaca es muy importante para la alimentación, descanso y apareamiento de la tortuga golfina. Las densidades registradas resaltan aquellas zonas desde aguas

costeras hasta más de 10 km frente a Puerto Ángel/La Ventanilla y Playa Morro Ayuta.

2. La clorofila es una variable que explica en gran medida la agregación de tortugas marinas en la costa de Oaxaca; debido a que representa zonas de alta productividad primaria y consecuentemente con mayor disponibilidad de alimento. Esto se refleja en la excelente condición corporal registrada para las tortugas capturadas.

## VI. REFERENCIAS

- Abreu-Grobois, A. & Plotkin, P. (2008). *Lepidochelys olivacea*. The IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org/>.
- Aguilar- González, M. E., Luna- González, A., Aguirre, A., Zavala- Norzagaray, A. A., Mundo- Ocampo, M., & González- Ocampo, H. A. (2014). Perceptions of fishers to sea turtle bycatch, illegal capture and consumption in the San Ignacio-Navachiste- Macapule lagoon complex, Gulf of California, Mexico. *Integrative zoology*, 9(1), 70-84.
- Allen, G. R. & Robertson, D. R. (1998). Peces del pacífico oriental tropical. Conabio, Agrupación Sierra Madre, S.C. y CEMEX, S.A. de C.V.
- Alvarado, J., & Figueroa A. (1990). The ecological recovery of sea turtles of Michoacán, México. Special attention: the black turtle, *Chelonia agassizii*. Final Report 1989-1990, U.S. Fish and Wildlife Service.
- Behera, S., Tripathy, B., Choudhury, B. C., & Sivakumar, K. (2010). Behaviour of olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) prior to arribada at Gahirmatha, Orissa, India. *Herpetology Notes*, 3, 273-274.
- Behera, S., Tripathy, B., Sivakumar, K., & Choudhury, B. C. (2015). Stomach contents of olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) occurring in Gahirmatha, Odisha coast of India. *Proceedings of the Zoological Society*, 68, 91-95.
- Bernardo, J., & Plotkin, P., T. (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 Ridley Sea Turtles* (pp. 59-87). Johns Hopkins University Press.
- Bjorndal, K., A. (2000). Prioridades para la investigación en hábitats de alimentación. *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*, 4, 13-5.

- Borda, M., Tuesta, R., & Navarro, E. (2013). Métodos cuantitativos. Herramientas para la investigación en salud. (4ª ed). Universidad del Norte.
- Briseño-Dueñas, R., & Abreu-Grobois, F. A. (1998). Las tortugas y sus playas de anidación en México. (Informe P066). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Burkholder, D., A., Heithaus, M., R., Thomson, J., A., & Fourqurean, J., W. (2011). Diversity in trophic interactions of green sea turtles *Chelonia mydas* on a relatively pristine coastal foraging ground. *Marine Ecology Progress Series*, 439, 277-293.
- Calder, D., R. (2009). Cubozoan and scyphozoan jellyfishes of the Carolinian biogeographic province, southeastern USA. Royal Ontario Museum.
- Campbell, L., M. (1998). Use them or lose them? Conservation and the consumptive use of marine turtle eggs at Ostional. *Environmental Conservation*, 25(4), 305-319.
- Carman, V., G., Botto, F., Gaitán, E., Albareda, D., Campagna, C., & Mianzan, H. (2014). A jellyfish diet for the herbivorous green turtle *Chelonia mydas* in the temperate SW Atlantic. *Marine biology*, 161(2), 339-349.
- Carranza-Edwards A., Morales-de la Garza E., & Rosales-Hoz L. (1998). El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. *Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa*, 1, 1-12.
- Castro-Aguirre, J. L., González-Acosta, A. F., De la Cruz-Agüero, J., & Moncayo-Estrada, R. (2006). Ictiofauna marina-costera del Pacífico central mexicano: análisis preliminar de su riqueza y relaciones biogeográficas. En: M. C. Jiménez-Quiroz & E. Espino-Barr (Eds.), Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán (pp. 149-208). SAGARPA.
- Ceballos-Fonseca, C. (2004). Distribución de playas de anidación y áreas de alimentación de tortugas marinas y sus amenazas en el Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, (1), 79-99.
- Ceballos-Fonseca, C., P., Martínez, L., M., Quiroga, D., D. (2003). Distribución, amenazas y esfuerzos de conservación de las tortugas marinas en el Pacífico colombiano. (Informe final). INVEMAR. [http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/Tortugas\\_Pacifico2003\\_Final.pdf](http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/Tortugas_Pacifico2003_Final.pdf)
- Cervantes-Hernández, P., & Manzano-Sarabia, M. (2015). Procesamiento y análisis satelital, Windows Image Manager. Universidad Autónoma de Sinaloa, 37 pp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2018). 100 años de conservación en México: Áreas Naturales Protegidas de México. SEMARNAT-CONANP.
- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Floral. (2019). Apéndices I, II y III, <https://www.cites.org/esp/app/appendices.php>
- Colman, L., P., Sampaio, C., L., S., Weber, M., I., & de Castilhos, J., C. (2014). Diet of olive ridley sea turtles, *Lepidochelys olivacea*, in the waters of Sergipe, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, 13(2), 266-271.
- Cortés-Gómez, A., A., Fuentes-Mascorro, G., & Romero, D. (2014). Metals and metalloids in whole blood and tissues of Olive Ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) from La Escobilla Beach (Oaxaca, Mexico). *Marine pollution bulletin*, 89, 367-375.
- Christianen, M., J., Herman, P., M., Bouma, T., J., Lamers, L., P., van Katwijk, M., M., van der Heide, T., Mumby, P., J., Silliman, B., R., Engelhard, S., L., van de Kerk, M., Kiswara, W., van de Koppel, J. (2014). Habitat collapse due to overgrazing

- threatens turtle conservation in marine protected areas. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281 (1777). <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2890>.
- Cuevas, E. 2017. Dimensiones espacial y temporal de los procesos de selección de hábitats críticos por las tortugas marinas. *Revista de biología marina y oceanografía*. 52(2), 187-199.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. Acuerdo por el que se establece veda para las especies y subespecies de tortuga marina en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y mar Caribe. 31 de mayo de 1990.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 30 de diciembre de 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. Establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación. 1 de febrero de 2013. Norma Oficial Mexicana NOM-162-SEMARNAT-2012.
- Ehrhart, L., M., & Ogren, L., H. (1999). Studies in foraging habitats: capturing and handling turtles. In K., L., Eckert, K., A., Bjorndal, F., A., Abreu-Grobois, & M., Donnelly (Eds.), *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea turtles* (pp. 61-64). International Union for Conservation of Nature/Species Survival Commission Marine Turtle Specialist Group.
- Espinoza-Romo, B., A., Sainz-Hernández, J., C., Ley-Quinónez, C., P., Hart, C., E., Leal-Moreno, R., Aguirre, A., A., & Zavala-Norzagaray, A., A. (2018). Blood biochemistry of olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) sea turtles foraging in northern Sinaloa, Mexico. *PLoS ONE*. 13 (7), 1-12.
- Forbes, G., A. and Limpus, C. (1993). A non-lethal method for retrieving stomach contents from sea turtles. *Wildlife Research*, 20, 339-343.
- Forbes, G., A. (2000). Muestreo y Análisis de los Componentes de la Dieta. En K., L., Eckert, K., A., Bjorndal, F., A., Abreu-Grobois, & M., Donnelly (Eds.), *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas* (pp. 45-49). Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE.
- Fossette, S., Schofield, G., Lilley, M., K., Gleiss, A., C., & Hays, G., C. (2012). Acceleration data reveal the energy management strategy of a marine ectotherm during reproduction. *Functional Ecology*, 26(2), 324-333.
- Frazier, J. (1980). Exploitation of marine turtles in the Indian Ocean. *Human Ecology*, 8(4), 329-370.
- Friedland, K., D., Stock, C., Drinkwater, K., F., Link, J., S., Leaf, R., T., Shank, B. V., Rose, J., M., Pilskaln, C., H., & Fogarty, M., J. (2012). Pathways between primary production and fisheries yields of large marine ecosystems. *PloS one*, 7(1). doi: 10.1371/journal.pone.0028945.
- Gámez-Vivaldo, S., Osorio-Sarabia, D., Peñaflores-Salazar, C., García-Hernández, Á., & Ramírez-Lezama, J. (2006). Identificación de parásitos y epibiontes de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) que arribó a playas de Michoacán y Oaxaca, México. *Veterinaria México*. 37(4), 431-440.
- González-Ramos, M. del S., Rosas-Alquicira, E., F., & Fuentes-Mascorro, G. (2014). Sitios de alimentación, hábitos alimentarios y métodos de estudio de la tortuga verde

- Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758): perspectivas para Oaxaca. *Ciencia y Mar*. 21(53), 15-24.
- Hendrickx, M., E. (1993). Crustáceos Decápodos del Pacífico mexicano. En: S., I., Salazar-Vallejo, & N., E., González (Eds.), Biodiversidad marina y costera de México (pp. 271-318). Comisión Nacional Para el Conocimiento y Aprovechamiento de la Biodiversidad.
- Herrera-Galindo, J., E., Hernando, J., Silva, A., Martínez, S., G., Vazquez, A., & Plata, M del C. (2015). Las salpas (Thaliacea: Salpidae) como posibles vectores de saxitoxina entre dinoflagelados y tortugas marinas. *Ciencia y Mar*. 14 (56), 41-49.
- Hyslop, E., J. (1980). Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17, 411-429.
- Jacobson, S., K., & Lopez, A. F. (1994). Biological impacts of ecotourism: tourists and nesting turtles in Tortuguero National Park, Costa Rica. *Wildlife Society Bulletin*, 22(3), 414-419.
- Karam-Martínez, S., G., Montoya-Márquez, J., A., & Flores-Cabrera, P., E. (2014). Tortugas marinas en las lagunas Chacahua y Pastoría, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*. 21(53), 25-32.
- Kramp, P., L. (1961). Synopsis of the medusae of the world. *Journal of the marine biological*, 40, 7-382.
- Lara-Lara, J., R., Arenas, Fuentes, V., Bazán-Guzmán, C., Díaz-Castañeda, V., Escobar-Briones, E., García-Abad., Gaxiola-Castro, G., Robles-Jarero, G., Sosa-Ávalos, R., Soto-González, L., A., Tapia-García, M., & Valdez-Holguín, J., E. (2008). Los ecosistemas marinos, En: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad (pp. 135-159). CONABIO.
- Lea, M., A., Guinet, C., Chereil, Y., Duhamel, G., Dubroca, L., Pruvost, P., & Hindell, M. (2006). Impacts of climatic anomalies on provisioning strategies of a Southern Ocean predator. *Marine Ecology Progress Series*, 310, 77-9.
- Leyton, S., A. (2015). Estimación del factor de condición de Fulton (K) y la relación longitud-peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del río Cauca. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(27).
- Márquez, M. (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.
- Márquez, M., R., Peñaflores, C., & Vasconcelos, J. (1996). Olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) show signs of recovery at La Escobilla, Oaxaca. *Marine Turtle Newsletter*, 73, 5-7.
- Márquez, M., R., Villanueva, A., O., Peñaflores, C., & Ríos, D. (1982). Situación actual y recomendaciones para el manejo de las tortugas marinas de la costa occidental mexicana, en especial la tortuga golfinia *Lepidochelys olivacea*. *Ciencia Pesquera*, 1, 83-91.
- Marshall, F., E., Banks, K., & Cook, G., S. (2014). Ecosystem indicators for Southeast Florida beaches. *Ecological Indicators*, 44, 81-91.
- Mayer, A., G. (1910). Medusae of the World: the scyphomedusae (Vol. 3). Carnegie institution of Washington.
- McDonald, J., H. (2014). Handbook of Biological Statistics (3<sup>a</sup> ed.). Sparky House Publishing.

- Meager, J., J., & Limpus, C., J. (2012). Marine wildlife stranding and mortality database annual report 2011, III, Marine Turtle. *Conservation Technical and Data Report*, 3, 1-46.
- Meylan, A., B., & Meylan, P., A. (2000). Introducción a la Evolución, Historias de Vida y Biología de las Tortugas Marinas En: K., L., Eckert, K., A., Bjorndal, F., A., Abreu-Grobois, & M., Donnelly (Eds.), *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas* (pp. 3-5.). Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE.
- Moon, D., Y., MacKenzie, D., S., & Owens, D., W. (1997). Simulated hibernation of sea turtles in the laboratory: I. Feeding, breathing frequency, blood pH, and blood gases. *Journal of Experimental Zoology*, 278(6), 372-380.
- Montenegro-Silva, B., D., C., Bernal-González, N., G., & Martínez-Guerrero, A. (1984). Estudio del contenido estomacal de la tortuga marina *Lepidochelys olivacea*, en la costa de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 1(1), 1-13.
- Nájera-Hillman, E., Bass, J., B., & Buckham, S. (2012). Distribution patterns of the barnacle, *Chelonibia testudinaria*, on juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) in Bahía Magdalena, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1171-1179.
- Nelms, S., E., Duncan, E., M., Broderick, A., C., Galloway, T., S., Godfrey, M., H., Hamann M., Lindeque P., K., & Godley, B., J. (2016). Plastic and marine turtles: a review and call for research. *ICES Journal of Marine Science*, 73(2), 165-181.
- Norton, T., M. & Wyneken, J. (2105). Body Condition Scoring the Sea Turtle. <http://lafeber.com/vet/body-condition-scoring-the-sea-turtle/>
- Pachecho-Sandoval, P. (1991). Oceanografía física. En. G., de la Lanza-Espino (Ed.), *Oceanografía de los mares mexicanos* (pp. 151-176). AGT editor.
- Pauly, D., & Froese, R. (2018). FishBase. Recuperado el 15 de febrero de 2020 en <http://www.fishbase.org>
- Pritchard H., P., C., & Mortimer, J., A. (2000). Taxonomía, Morfología Externa e Identificación de las Especies. En: K., L., Eckert, K., A., Bjorndal, F., A., Abreu-Grobois, & M., Donnelly (Eds.), *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas* (pp. 23-41). Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE.
- Polovina, J., J., Howell, E., Kobayashi, D., R., & Seki, M., P. (2001). The transition zone chlorophyll front, a dynamic global feature defining migration and forage habitat for marine resources. *Progress in oceanography*, 49(1-4), 469-483.
- Polovina, J., J., Balazs, G., H., Howell, E., A., Parker, D., M., Seki, M., P., & Dutton, P., H. (2004). Forage and migration habitat of loggerhead (*Caretta caretta*) and olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) sea turtles in the central North Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography*, 13(1), 36-51.
- Ricker, W., E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Fisheries and Marine Service.
- Rodríguez-Barón, J., M. (2010). Afinidad trófica a zonas de alimentación de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en la costa occidental de Baja California Sur, México. [Tesis de doctorado. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Baja California Sur].

- Rosano-Hernández, M., C., & Deloya, C. (2002). Interacción entre tróglidos (Coleoptera: Trogidae) y tortugas marinas (Reptilia: Cheloniidae) en el Pacífico Mexicano. *Acta zoológica mexicana*, (87), 29-46.
- Salazar Vallejo, S., I., & Londoño Mesa, M., H. (2004). Lista de especies y bibliografía de poliquetos (Polychaeta) del Pacífico Oriental Tropical. *Anales del Instituto de Biología Serie Zoología*, 75(1), 11-50.
- Schaeffer, B., A., Morrison, J., M., Kamykowski, D., Feldman, G., C., Xie, L., Liu, Y., Sweet, W., McCulloch, A., & Banks, S. (2008). Phytoplankton biomass distribution and identification of productive habitats within the Galapagos Marine Reserve by MODIS, a surface acquisition system, and in-situ measurements. *Remote Sensing of Environment*, 112(6), 3044-3054.
- Schwartz, F., J. (1978). Behavioral and tolerance responses to cold water temperatures by three species of sea turtles (Reptilia, Cheloniidae) in North Carolina. *Florida Marine Research Publications*, 33, 16-18.
- SEDUE-INP. (1990). Manual de Técnicas de Manejo y Conservación para la Operación de Campamentos Tortugueros. SEPESCA.
- Segura-Puertas, L., Suárez-Morales, E., & Celis, L. (2003). A checklist of the Medusae (Hydrozoa, Scyphozoa and Cubozoa) of Mexico. *Zootaxa*, 194(1), 1-15.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1998). Programa de manejo del Parque Nacional Huatulco. SEMARNAT.
- Seminoff, J., A., Reséndiz-Hidalgo, A., Jiménez-Reséndiz, B., Nichols, W., J., & Todd-Jones, T. (2008). Tortugas marinas. En: G., D., Danemann, & E., Ezcurra (Eds.) Bahía de Los Ángeles: Recursos Naturales y Comunidad: línea base 2007. Primera edición (pp. 457-494). Instituto Nacional de Ecología.
- Seminoff, J. A., Zárate, P., Coyne, M., Foley, D., G., Parker, D., Lyon, B., N., & Dutton, P., H. (2008). Post-nesting migrations of Galápagos green turtles *Chelonia mydas* in relation to oceanographic conditions: integrating satellite telemetry with remotely sensed ocean data. *Endangered Species Research*, 4(1-2), 57-72.
- Spotila, J., R., & Standora, E., A. (1985). Environmental constraints on the thermal energetics of sea turtles. *Copeia*, 1985(3), 694-702.
- Tapia-García, M., García-Abad, M., C., Carranza-Edwards, A., & Vázquez-Gutiérrez, F. (2007). Environmental characterization of the continental shelf of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Geofísica internacional*, 46(4), 249-260.
- Valencia Martínez, S. (2013). Caracterización del área de alimentación de tortugas marinas en la zona marino-costera del complejo insular San Ignacio-Navachiste-Macapule, Sinaloa, Golfo de California. [Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Sinaloa].
- Vargas del Río, D., & Brenner, L. (2013). Ecoturismo comunitario y conservación ambiental: la experiencia de La Ventanilla, Oaxaca, México. *Estudios sociales*. 21(41): 31-63.
- Vázquez Gutierrez, F., G., Salvador Lopez, A., Ramirez Alvarez, M., Turner Garces, A., Castillo, F., & Valdez, H., A. (1998). Química del agua. En: M. Tapia-Garcia (Ed.), El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos (pp. 35-50). Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

- Wallace, B., P., & Jones, T., T. (2008). What makes marine turtles go: a review of metabolic rates and their consequences. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 356(1-2), 8-24.
- Wilcox, C., Heathcote, G., Goldberg, J., Gunn, R., Peel, D., & Hardesty, B., D. (2015). Understanding the sources and effects of abandoned, lost, and discarded fishing gear on marine turtles in northern Australia. *Conservation biology*, 29(1), 198-206.
- Wilcox, C., Puckridge, M., Schuyler, Q., A., Townsend, K., & Hardesty, B., D. (2018). A quantitative analysis linking sea turtle mortality and plastic debris ingestion. *Scientific reports*, 8(1), 12536.
- Wilkinson, T., Wiken, E., Bezaury, C., J., Hourigan, T., F., Agardy, T., Herrmann, H., Janishevski, L., Madden, C., Morgan, L., & Padilla, M. (2009). Ecorregiones marinas de América del Norte. Primera edición. Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Zertuche-González, J., A., Pacheco-Ruíz, I., & González-González, J. (1995). Macroalgas. En: W., Fisher, F., Krupp, W., Schneider, C., Sommer, K., E., Carpenter, & V., H., Niem (Eds.), Guía FAO para la Identificación de especies para los fines de la pesca Pacífico central oriental. Volumen I. Departamento de pesca de la FAO y el Instituto de Investigación Senckenberg.

## VII. ANEXOS

Anexo 1. Relación entre el índice de condición corporal (ICC) objetivo y la interpretación de la evaluación del estado físico de la tortuga marina (Tomado de Norton & Wyneken, 2015).

Escala de condición corporal	ICC	Interpretación visual subjetiva
<b>0</b>	>1.20	Excelente
<b>1</b>	1.11-1.20	Muy Buena
<b>2</b>	1.00-1.10	Buena
<b>3</b>	<1.00	Mala