



Universidad Autónoma De Baja California Sur

Área Del Conocimiento En Ciencias Del Mar
Posgrado En Ciencias Marinas Y Costeras

TESIS

Abundancia Y Distribución De Tortugas Marinas En El Parque Nacional Bahía De Loreto, México (2008-10).

Que Como Requisito Para Obtener El Grado De
Maestro En Ciencias Marinas Y Costeras

Presenta:
Roberto Rodríguez Retana

Director
Dr. Volker Koch

La Paz, Baja California Sur. Mayo 2013.



BIOLOGÍA MARINA
CIMACO
Posgrado en Ciencias Marinas y
Costeras
PNP

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

Fecha: 22 de Marzo 2013.

M.C. ENRIQUE ALEJANDRO GÓMEZ GALLARDO UNZUETA
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA
PRESENTE.

Los abajo firmantes, Miembros de la Comisión Revisora del Proyecto de tesis completamente terminado, titulado:

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE TORTUGAS MARINAS EN EL
PARQUE NACIONAL BAHÍA DE LORETO, MÉXICO (2008-10).

que presentó: ROBERTO RODRIGUEZ RETANA

Otorgamos nuestro voto **aprobatorio** y consideramos que dicho Trabajo está listo para su **defensa**, a fin de obtener el **Grado de Maestría** en Ciencias Marinas y Costeras, con Orientación en Biología Marina.

Comisión Revisora:

DR. VOLKER KOCH
Titular- Director

FIRMA

DR. JUAN GUZMAN POO
Titular

FIRMA

DR. AMAURY CORDERO TAPIA
Titular

FIRMA

C.c.p. Responsable de CIMACO.
C.c.p. Expediente del alumno (CIMACO)

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) por ser la fuente de mi formación, por la atención recibida y el apoyo brindado durante mi estancia en esta institución.

Al Dr. Volker Koch, por la dirección en este trabajo, sus múltiples revisiones y sobre todo su apoyo incondicional durante todo este proceso y por su increíble paciencia y amistad a lo largo de este tiempo.

Al Dr. Juan Guzmán Poo, por sus clases, revisiones y apoyo a este escrito.

Al Dr. Amaury Cordero Tapia, que a pesar de unirse a mi comité en la recta final no dudo en hacerme atinados comentarios y revisiones al escrito, gracias por su amistad. Al Dr. Oscar Arizpe y Dra. Maria Mónica Lara, por sus atinadas asesorías y comentarios y sobre todo por brindarme su amistad y confianza para finalizar este trabajo.

Al CONACYT por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestría.

A la fundación Loreto Bay y Ocean Foundation, por el apoyo económico otorgado para la realización de este proyecto.

A mi equipo de trabajo, a los pilotos Miguel Corona y Juaziel López por su excelente labor, a la Biol. Mar. Yadira Trejo que en su momento se encargó de la toma de datos, a los excelentes observadores Dr. Volker Koch y M. en C. Azucena Álvarez, que a pesar de las desmañanadas, mareos y la manejada de cada viaje nunca se quejaron y que sin su participación no hubiera sido lo mismo esta investigación, gracias de verdad a todos.

A todos mis amigos de La Paz, los carnales Edgar, Mauro, Pablo, Emmanuel, Cato, Armando y a las chicas Lucia, Merit, Lisa, Eli, Gabriela, Fabiola, Nadia y Araceli, a todos ellos por brindarme siempre su amistad y apoyo en todo momento, los quiero.

A los amigos de Querétaro, Ricardo, Rodrigo, Beto, Lalo, Edgar y demás, aunque con la distancia siempre estarán ahí para cuando los necesite, gracias.

A mis compañeros y amigos a lo largo del tiempo que estuve en el posgrado, Priscila, Paty, Ruth, Paola, Susana, Edwin, Chepe, Sergio, Carla, Claudia, Nathaniel, Carlos, David y demás, por los buenos comentarios y agradables momentos pasados.

A la M. en C. Elizabeth González, primero por su amistad y que sin su guía y conocimiento, nunca hubiera trabajado con las tortugas marinas, gracias por

inculcarme ese interés y respeto por estos animalitos.

A mis amigos de Todos Santos, Francesca y Germán, la familia Martinez Herrera “los bolas” y Cota de Las Playitas, gracias por el apoyo y confianza recibida a lo largo de estos años.

A mi nueva familia EPI, Adriana G., Matt, Heidi, Sylviane, Claudia, Baltazar, Adriana O., Luciana, Brant y demás gente que conocí en estos últimos meses mientras terminaba mi escrito de tesis, gracias por el apoyo!!.

Finalmente quiero agradecer a mi familia: mis padres, hermanos, y sobrinos, que a pesar de estar un poco lejos siempre he tenido su incondicional apoyo a todo lo que hago en mi vida, a todos esos regaños y momentos felices compartidos, los quiero!!.

Y a todos los que me hayan faltado, Muchas gracias!!!

RESUMEN

El Parque Nacional Bahía de Loreto (PNBL) se considera un sitio importante para la biodiversidad marina, incluyendo las cinco especies de tortugas marinas que llegan a Baja California Sur, la más abundante es la tortuga prieta (*Chelonia mydas*). El PNBL tiene una extensión de 2065 km² con más de 785 km de costa incluyendo las cinco islas (Coronados, Carmen, Danzante, Montserrat y Catalana). Los censos se realizaron en un avión Cessna 170 de cuatro tripulantes, entre 1-3 meses dependiendo de la disponibilidad del avión y las condiciones ambientales. En los censos se mantuvo una velocidad de 148 km/h y a una altura de 150 m. Por cada visita se recorrieron más 448 km abarcando un área muestreada de 251 km² en 15 transectos, 9 sobre aguas abiertas y 6 costeros en las islas y la costa de la península (representando el 100% de las costas del PNBL). La información se registró en una computadora portátil conectada a un GPS utilizando el programa CARETTA.COM. Los mapas de distribución, densidad y traslape se realizaron en el programa ArcView GIS 3.2. Los datos de avistamientos de tortugas fueron analizados en el programa Distance 5.0 para obtener el mejor ajuste de la probabilidad de detección, y obtener los valores de densidad por transectos costeros y pelágicos, por temporadas fría (noviembre-abril) y caliente (mayo-octubre). Para hacer una aproximación de la abundancia total de tortugas prietas y golfinas se calculó la proporción de tortugas por especie en cada zona de transecto, se utilizaron datos publicados para saber el tiempo que pasan las tortugas en superficie estimando aquellas que no se observaron por estar sumergidas. Se registraron un total de 1014 individuos donde los lugares con más observaciones de tortugas se relacionaron a los transectos costeros de las islas y la península (81.5% de avistamientos) y en menor medida en los transectos pelágicos (18.5%). Se identificó el 10.5% de los avistamientos de tortugas marinas entre las dos zonas (pelágica y costera), 93 fueron prietas (*Chelonia mydas*), 10 golfinas (*Lepidochelys olivacea*) y el resto fueron no identificadas. La isla Coronados presentó los valores más altos de densidad (0.9 tortugas/km²; 0.53 -1.26 IC 95%) y los valores más bajos fueron en conjunto los transectos pelágicos (0.01 tortugas/km²; 0 - 0.02 IC 95%). La densidad espacial se consideró homogénea en categoría muy baja (1 y 2 tortugas por km²) en el 97% del área muestreada en las dos temporadas, con algunas zonas de densidad baja relacionadas a las costas de las islas. El objetivo principal del presente trabajo fue determinar la distribución y abundancia de tortugas en el PNBL entre noviembre de 2007 y junio de 2010 para identificar áreas prioritarias para su conservación, además de observar su traslape con actividades de turismo, pesca comercial y deportiva.

	v
VOTOS PROBATORIOS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iv
INDICE	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS	vii
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
2. JUSTIFICACION	4
3. OBJETIVO GENERAL	4
4.1. Objetivos Particulares	5
4. METODOLOGÍA	5
4.1 Área de estudio	5
4.2 Diseño experimental	7
4.3 Análisis de datos	8
4.3.1. Parte I. Análisis espacial y temporal de la distribución y densidad de tortugas marinas, de su traslape con actividades antrópicas, y la correlación con factores oceanográficos el PNBL.	9
4.3.2. Parte II. Estimación de abundancia total de tortugas en el PNBL.	13
5. RESULTADOS	21
5.1. Parte I. Análisis espacial y temporal de la distribución, densidad y traslape de tortugas marinas con actividades antrópicas, así como la relación de la densidad con factores oceanográficos.	21
a) Densidad de tortugas marinas en general por transectos.	
b) Mapas de distribución, densidad y traslape.	22
c) Identificación y proporción de tortugas prietas y golfinas por zona de transecto.	38
d) Factores que influyen la densidad de tortugas en el PNBL.	38
5.2. Parte II. Estimación de abundancia total de tortugas en el PNBL.	40
e) Ajuste de la función de detección.	
f) Densidad de tortugas prieta y golfinas por zona de transecto y temporadas.	43
g) Análisis de abundancia relativa de tortuga prieta y golfinas en el PNBL.	44
6. DISCUSION	46
6.1. Identificación de tortugas marinas.	46
6.2. Distribución y densidad espacial de tortugas marinas en el PNBL.	47

	vi
6.3. Factores que afectan la densidad de tortugas en el PNBL por temporadas y zona de transecto.	48
6.4. Traslape de tortugas marinas con actividades humanas.	55
6.5. Abundancia de tortugas marinas en el PNBL.	58
7. CONCLUSIONES	61
8. RECOMENDACIONES	62
9. LITERATURA CITADA	64
ANEXO.	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio donde se muestran numerados los transectos pelágicos (1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11 y 12) y de costa (4, 7, 10, 13, 14 y 15) en el Parque Nacional de Bahía de Loreto, Baja California Sur, México.	6
Figura 2. Datos a registrar en un censo lineal aéreo con muestreo de distancia. L = distancia recorrida en el vuelo; a = ángulo de avistamiento y posición geográfica.	15
Figura 3. Funciones claves usadas para modelar los datos de distancia: uniforme, medio-normal y exponencial negativo (hazard-rate)	17
Figura 4. Densidad promedio de tortugas según lo observado en los 17 censos realizados analizado por transectos costeros de islas y continente y transectos pelágicos (las barras de error representan intervalos de confianza positivos al 95%).	21
Figura 5. Distribución y número de tortugas marinas por transecto costero y pelágico observadas en los 17 censos realizados en el Parque Nacional Bahía de Loreto durante noviembre de 2007 a junio de 2010	23
Figura 6. Densidad de tortugas marinas en el PNBL en los meses censados de temporada fría (A) y caliente (B).	25
Figura 7. Número de tortugas y actividades antrópicas a lo largo del tiempo muestreado.	29
Figura 8. Traslape de tortugas marinas con actividades de pesca comercial por temporada fría (A) y caliente (B).	32
Figura 9. Traslape de tortugas marinas con actividades de turismo por temporada fría (A) y caliente (B).	34
Figura 10. Traslape de tortugas marinas con actividades de pesca deportiva en temporada fría (A) y caliente (B).	36
Figura 11. Rutas de diciembre de 2009 y enero de 2010 de monitoreo por parte	37

de las autoridades del PNBL.

Figura 12. Relación gráfica entre las variables observadas y predichas del modelo final de correlación lineal múltiple. 39

Figura 13. Distribución de frecuencias de distancias perpendiculares de avistamientos de tortugas marinas en el PNBL a partir de los 54 m. 42

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Capas de información, origen de los datos y su georeferencia de las entidades usadas en este trabajo. 11

Tabla 2. Origen de los datos oceanográficos. 13

Tabla 3. Densidad promedio de tortugas marinas por transectos costeros y pelágicos en el PNBL de acuerdo a los 17 meses censados. 22

Tabla 4. Intervalos de densidad espacial de tortugas marinas (tortugas/km²) y su porcentaje de área ocupada por temporada fría y caliente en los meses censados en el PNBL. 24

Tabla 5. Número de avistamientos de actividades de turismo en los meses de temporada fría en los censos aéreos realizados en el PNBL. 26

Tabla 6. Número de avistamientos de actividades de turismo en los meses de temporada caliente en los censos aéreos realizados en el PNBL. 27

Tabla 7. Número de avistamientos de actividades de pesca comercial en los meses de temporada fría en los censos aéreos realizados en el PNBL. 27

Tabla 8. Número de avistamientos de actividades de pesca comercial en los meses de temporada caliente en los censos aéreos realizados en el PNBL. 28

Tabla 9. Número de avistamientos de actividades de pesca deportiva en los meses de temporada fría en los censos aéreos realizados en el PNBL. 28

Tabla 10. Número de avistamientos de actividades de pesca deportiva en los meses de temporada caliente en los censos aéreos realizados en el PNBL. 28

Tabla 11. Relación de densidades de tortugas marinas y actividades de pesca comercial por categorías y el porcentaje del área ocupado en temporada fría y caliente. 30

Tabla 12. Relación de densidades de tortugas marinas y actividades de turismo por categorías y el porcentaje del área ocupado en temporada fría y caliente. 33

Tabla 13. Relación de densidades de tortugas marinas y actividades de pesca deportiva por categorías y el porcentaje del área ocupado en temporada fría y 35

caliente.

Tabla 14. Proporciones de tortugas prietas y golfinas en transectos costeros y pelágicos.	38
Tabla 15. Resumen de la regresión múltiple de la variable dependiente densidad de tortugas por transecto.	39
Tabla 16. Resultados del ajuste de los diferentes modelos para encontrar la mejor función de detección en los censos realizados en el PNBL.	41
Tabla 17. Valores de la probabilidad de detección obtenida en el programa DISTANCE 5.0 de los avistamientos de tortugas durante los vuelos.	42
Tabla 18. Valores de densidad, abundancia y estadísticos relacionados con el análisis realizado en DISTANCE 5.0 de manera general (agrupados), por temporada fría y caliente en transectos costeros y pelágicos.	43
Tabla 19. Resumen de los cálculos realizados para obtener la abundancia relativa, abundancia corregida por tiempo en superficie de tortugas prieta y golfinas, y abundancia final por especie y de tortugas en general por transectos costeros y pelágicos en temporada fría y caliente en el PNBL.	45
Tabla 20. Comparación de resultados del presente estudio con otros realizados con similar metodología.	51

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

En México se han decretado distintas Áreas Naturales Protegidas (ANPs) como instrumentos de manejo que puedan promover la protección de lugares con gran biodiversidad y que presenten un alto grado de conservación, con el fin de regular y minimizar los impactos antropogénicos (Stewart, 1993). El Parque Nacional Bahía de Loreto (PNBL) es una ANP que se caracteriza por ser un lugar importante para la biodiversidad marina, y presenta el 40% de las especies reportadas en el Golfo de California, como mamíferos, aves y tortugas marinas (CONANP, 2000).

De las 7 especies de tortugas marinas, en las aguas del PNBL se han reportado cinco (Caldwell, 1962; Nichols, 2003), la prieta (*Chelonia mydas*), golfina (*Lepidochelys olivacea*), carey (*Eretmochelys imbricata*), laúd (*Dermochelys coriacea*) y amarilla (*Caretta caretta*) en orden de importancia relativa.

Debido a la explotación indiscriminada a nivel mundial de carne, piel y huevos de tortugas marinas desde principios del siglo XX, culminando entre 1960 y 1970, hubo una declinación drástica en sus poblaciones, principalmente de las tortugas golfina, prieta y carey (Cliffon *et al.*, 1982; Fritts *et al.*, 1982). Durante ese periodo, México participó con más del 50% de la captura mundial de tortugas marinas (Márquez *et al.*, 1982). En México a principios de la década de 1970, la Subsecretaría de Pesca determinó una veda temporal para reorganizar la captura buscando explotar el recurso mediante permisos de pesca, no fue bien implementada y se siguió capturando, aunado a esto la intensa captura ilegal y el contrabando, contribuyó al declive de las poblaciones de tortugas marinas (Márquez, 2002). En 1990 se declaró una veda total e indefinida sobre pesca, uso y productos derivados de tortugas marinas en todo el territorio (DOF 1990; Aridjis, 1990). Todas las especies se encuentran categorizadas como en peligro de extinción en la Norma Oficial Mexicana-059 (NOM-059-SEMARNAT-2010). Internacionalmente se encuentran enlistadas en el Apéndice I del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Salvaje Amenazadas (CITES por sus siglas en inglés, 2011). En las últimas evaluaciones a nivel mundial por la lista roja de IUCN, la tortuga golfina está en estado vulnerable, la prieta y amarilla en peligro de extinción, mientras que laúd y carey en peligro crítico de extinción (IUCN 2012).

La importancia del PNBL para la conservación de las tortugas marinas es debido a que fue un lugar de abundancia de tortugas (Nichols, 2003). En la actualidad,

es un lugar importante para la tortuga prieta en desarrollo, alimentación y descanso de juveniles y adultos, debido a la gran cantidad de alimento con algas y pastos marinos (Nichols, 2003; Corner y Nichols, 2007). Además, el PNBL es área de alimentación y ocasionalmente zona de anidación para la tortuga golfina (Oceguera, 2008). La tortuga Carey también fue relativamente abundante en áreas cercanas a las costas (Corner y Nichols, 2007). En la actualidad, Gaos *et al.* (2010) reporta que la población de Carey del Pacífico Oriental está sostenida por algunos cientos de tortugas por lo que está altamente amenazada. Las especies menos comunes en el área son la tortuga laúd, la cual se puede observar en áreas pelágicas y la tortuga perica o conocida localmente como amarilla o caguama (Castillo Murillo y Braulio, 2002; Nichols, 2003).

En el PNBL existe poca información sobre la distribución y abundancia de tortugas marinas, Nichols (2003) siguió el recorrido de tres tortugas prietas con telemetría satelital encontrando que los movimientos para búsqueda de alimento se localizaban dentro del polígono del Parque. Para el 2005 y 2006, Seminoff *et al.* (2007a) llevaron a cabo censos aéreos por el litoral costero del PNBL con el objeto de determinar la abundancia y distribución de la tortuga prieta, observaron más de 150 tortugas en aguas costeras o cerca de ellas en cuatro áreas de gran densidad (*hot spots*). Sus datos mostraron que el PNBL es un lugar donde se pueden observar congregaciones importantes de tortugas prietas y como en otras áreas de alimentación, debe ser considerado como una prioridad en el manejo y supervivencia de las poblaciones de tortugas marinas (Bjorndal, 1999).

Los censos aéreos son una herramienta útil cuando se tiene poca información sobre la abundancia y distribución de las tortugas marinas, especialmente para censar áreas de gran extensión en lapsos de tiempo corto (Marsh y Sinclair, 1989). Además, ya que las tortugas marinas emergen periódicamente a la superficie del mar para respirar, una parte de ellas pueden ser censadas en la superficie en cualquier momento dado (Henwood y Epperly, 2000) durante censos aéreos a baja altura, sobre todo en aguas tranquilas y claras (Marsh y Saalfeld, 1989). Han sido usados por estancias federales de los Estados Unidos (Thompson, 1984; Mansfield *et al.*, 2004) y Australia (Marsh, 1985 y 1986; Marsh y Saalfeld, 1989; Marsh y Lawle, 1992; Pollock *et al.* 2004) para conteo de mamíferos marinos y tortugas marinas.

Se han usado en áreas de alimentación para determinar abundancia y distribución de tortugas marinas, por ejemplo en la zona del Atlántico de Estados Unidos encontrando que la mayoría se asocia a las aguas de Florida por ser zona de anidación de algunas especies y presentan una distribución estacional con mayor abundancia en los meses cálidos y realizan migración hacia aguas más cálidas en invierno (Shoop and Kenney 1992; Witzell y Azarovitz, 1996).

Los censos aéreos también se han usado para observar interacciones de actividades humanas con las tortugas marinas. En Carolina del Norte (Epperly *et al.*, 1995) se realizaron censos aéreos para determinar la abundancia de tortugas marinas y observar interacciones con la pesca de camarón, encontrando que existe una relación positiva entre el tiempo que dura la pesca de arrastre con la mortalidad de las tortugas. De manera similar en el Golfo de México, McDaniel *et al.* (2000) identificaron las interacciones de la pesca de camarón con las tortugas marinas tomando en cuenta la batimetría y la temperatura del agua, además de determinar la abundancia, encontraron que las tortugas se congregan principalmente en áreas poco profundas y con temperaturas del agua cálidas, identificaron zonas de mayor interacción con la pesca, otorgando la información necesaria para decidir zonas de limitación pesquera.

En España, se usaron los censos aéreos en la parte central del Mediterráneo Español en zonas pelágicas apoyándose con telemetría satelital para ofrecer la línea base de la estimación de la población total de la tortuga amarilla haciendo referencia a las cantidades que son muertas cada año por captura incidental, dando un foco de alarma para el manejo de esta especie (Gómez de Segura *et al.* 2003 y 2006; Cardona *et al.*, 2005).

En el PNBL se pueden usar los censos aéreos para observar y detectar posibles interacciones de las actividades humanas con la distribución y abundancia de las tortugas marinas. En la actualidad no se tiene un registro con las actividades de turismo, pesca comercial y deportiva, principalmente en las islas de mayor uso como Coronados y Carmen debido a la cercanía que tienen a los puertos ubicados a lo largo de la costa continental como el de Loreto, Puerto Escondido, Nopoló y Agua Verde (Soares-Moraes, 2002).

Entre las principales actividades humanas que se pueden observar en el PNBL destacan las turísticas con actividades de kayak, buceo, navegación de yates, veleros, y botes; de pesca deportiva con capturas durante la temporada caliente (mayo-

octubre) de dorado (*Coryphaena hippurus*), marlin negro (*Makaira indicans*), marlin azul (*Makaira nigricans*), marlin rayado (*Tetrapterux audax*), mientras que durante la temporada fría (noviembre-abril) se captura principalmente jurel (*Seriola lalandi*); y la pesca comercial de escama, tiburón, pepino de mar, moluscos y camarón (CONANP, 2000; Gutiérrez-Barrera, 2001; Soares-Moraes, 2002).

2. JUSTIFICACIÓN.

En el PNBL solo existen dos muestreos aéreos sobre la distribución y abundancia de las tortugas marinas que se realizaron durante el verano del 2005 y 2006 (Seminoff *et al.*2007a), datos de observaciones por botes de pesca deportiva y comercial, y capturas por redes por las autoridades del Parque en colaboración con Organizaciones Civiles. La realización de este estudio complementará sustancialmente esta información y formará una línea base para el futuro sobre la distribución y abundancia de tortugas marinas en el PNBL y su interacción con actividades humanas.

La información obtenida a partir de los censos aéreos en el PNBL, será de ayuda en el manejo y en la toma de decisiones por parte de las autoridades del PNBL para desarrollar estrategias efectivas de conservación de tortugas marinas, especies catalogadas como en peligro de extinción. Permitirá identificar su distribución espacial y temporal, además proveerá información sobre su densidad y la relación con variables oceanográficas. También identificará el traslape entre tortugas y las actividades humanas de pesca comercial, deportiva y de turismo que se realizan dentro del PNBL. Por último ofrecerá la primera información de la abundancia por especie en meses cálidos y fríos, además de una estimación total de tortugas en el PNBL.

3. OBJETIVO GENERAL.

Determinar la distribución y abundancia de tortugas marinas en el Parque Nacional Bahía de Loreto (PNBL) mediante censos aéreos e identificar áreas prioritarias para su conservación.

3.1 Objetivos Particulares.

1. Identificar áreas importantes de densidad espacial de tortugas marinas, que deben de recibir atención especial por las autoridades del Parque.
2. Identificar zonas de traslape entre las principales áreas de uso antrópico y las tortugas marinas, para establecer categorías de amenaza potencial o de perturbación.
3. Evaluar si existe una correlación entre distribución y abundancia y factores ambientales a lo largo del tiempo muestreado.
4. Estimar la abundancia total de tortugas en general, y por especie (principalmente prieta y golfinia) de noviembre de 2007 a Junio de 2010 en temporada fría (noviembre-abril) y caliente (mayo-octubre) de acuerdo al hábitat (costero y pelágico) en el PNBL.

4. METODOLOGÍA

4.1 Área de estudio

El Área Natural Protegida, Parque Nacional Bahía de Loreto (PNBL) fue establecido el 19 de julio de 1996. El PNBL se ubica en la parte sur del Golfo de California en el noroeste de México, entre las coordenadas 25° 35' 18.41 y 26° 07' 48.72 latitud Norte y 110° 45' 00 y 111° 21' 08.67 de longitud Oeste, en la parte centro-este del estado de Baja California Sur (DOF, 1996). Presenta una superficie de 2,065.81 km², incluyendo 19 islotes y las cinco grandes islas: Coronados, Carmen, Danzante, Montserrat y Catalana, ocupando alrededor del 11.9% del área total. Todas las islas forman parte del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California (DOF, 1996) (Fig. 1).

Figura. 1. Mapa del área de estudio donde se muestran numerados los transectos pelágicos (1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11 y 12) y de costa (4, 7, 10, 13, 14 y 15) en el Parque Nacional de Bahía de Loreto, Baja California Sur, México. Fuente: web Google Earth.

En las costas del PNBL se pueden observar una gran variedad de ambientes marinos caracterizados por fondos rocosos, arenosos, playas, cañadas, cañones submarinos y terrazas marinas, lo cual ha favorecido el establecimiento de una variedad de hábitats con una elevada diversidad y productividad biológica. En el área se encuentran poblaciones de especies marinas representantes de las provincias

biogeográficas Panámica (tropical) y Californiana (templada) y además tiene un alto grado de endemismo (CONANP, 2000).

La temperatura del agua en superficie presenta variaciones entre los 17 y 21°C en invierno y entre los 25 y 33°C en verano. Los registros de temperaturas altas se presentan en lugares de menor profundidad. La salinidad varía poco a lo largo del año manteniéndose alrededor de 35 Unidades Prácticas de Salinidad (UPS). En el verano la transparencia del agua es alta en las zonas someras, disminuyendo en el invierno. Sus aguas son influenciadas por vientos fuertes del norte que soplan durante el invierno. (CONANP, 2000).

La concentración de clorofila *a* presenta fluctuaciones a través del año, observándose las mayores en invierno y primavera hasta 0.76 mg m⁻³ y las menores en verano con 0.05 mg m⁻³ (Medina-López, 2006)

Las zonas cercanas a las costas son someras, en general el PNBL presenta profundidades entre 50 y 300 m de profundidad, aunque algunas áreas alcanzan profundidades de 1,500 m, por ejemplo al norte de la Isla del Carmen donde se localiza la fosa del Carmen (Gaitán-Moran y Arizpe, 2007).

4.2 Diseño experimental

Se establecieron 15 transectos, sumando más de 468 km. de largo ocupando un área de 262.27 km² (de acuerdo al ancho efectivo del transecto de 560 m). Se realizaron en la costa de Loreto, alrededor de las islas y entre ellas, muestreando en cada censo aproximado el 14% de la superficie marina total del parque, donde el 9% corresponde al área marina de las costas (100% muestreadas) y el 5% el área pelágica. De éstos, 6 transectos fueron costeros cubriendo toda la línea de costa del PNBL (número 4, 7, 10, 13, 14, 15) y 9 pelágicos (1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12) (Fig. 1; ver a detalle Anexo tabla I).

Siguiendo la metodología de transecto en línea con muestreos de distancia (Buckland *et al.*, 2001), se llevaron a cabo 17 censos entre noviembre de 2007 y junio de 2010. En cada visita se hizo el muestreo entre las 8 am a 2 pm aproximadamente. Se llevaron a cabo los muestreos cada 1-3 meses en un avión Cessna 170/172 que permite una visión lateral ya que no tiene piso de cristal y se tiene una área de 0 a 20 m a cada lado de la línea de vuelo sin visibilidad, así reduciendo la banda de visión a aproximadamente 280 m en cada lado del avión para tortugas marinas (Cardona *et al.*, 2005). La tripulación estándar es un piloto y dos observadores, uno a cada lado del

avión, y una cuarta persona que toma la información en un ordenador portátil. Para registrar la información se usó el programa CARETTA.COM (creado por Karin Forney del Southwest Fisheries Science Center).

En el ordenador se registraron datos de: especies de tortugas marinas (si era posible su identificación), el número de organismos, la ubicación geográfica con un GPS (Garmin 12XL) conectado al computador, los datos ambientales que podrían afectar la visibilidad (Beaufort, la calidad de la visibilidad), fueron el ángulo de avistamiento entre el observador y el objeto con un clinómetro (marca Suunto PM5/360PC).

El ángulo de avistamiento junto con la altitud de la aeronave provee una estimación de la distancia perpendicular al objeto observado mediante un cálculo de trigonometría básica, para después calcular el ancho efectivo del transecto donde se pudieron contar bien a los organismos (Henwood y Epperly, 2000).

Además, las condiciones ambientales se actualizaron cada vez que se observaron cambios y el GPS proporcionó un registro continuo de la posición del avión. También se registraron actividades humanas como embarcaciones de turismo, pesca deportiva y pesca comercial, así como redes de pesca y palangres tendidas en el agua.

Se hicieron los censos a una altura de vuelo de 152 m y una velocidad de 150 km/h para asegurar que se puede identificar y contar los organismos, redes y embarcaciones (Marsh, 1990; Epperly *et al.*, 1995; McDaniel *et al.*, 2000; Pollock *et al.*, 2004; Cardona *et al.*, 2005).

Las limitaciones en los censos aéreos, están relacionadas con las condiciones ambientales como oleaje y vientos fuertes, lo cual reduce la visibilidad y la cantidad de avistamientos de los organismos (Marsh, 1990; Henwood y Epperly, 2000). Para cumplir con los supuestos anteriores, se buscó hacer los censos en condiciones muy similares y con buena visibilidad, y siempre se usaron los mismos observadores que fueron entrenados en la primera salida, para asegurar que la probabilidad de detección no varíe (Buckland *et al.*, 2001). Por lo tanto no se llevaron a cabo los vuelos si el estado del mar fue arriba de Beaufort 3. Además, si en el momento de los censos los observadores presentaron el sol de frente no se tomó en cuenta para el análisis esa parte del transecto.

4.3. Análisis de Datos.

Esta sección de metodología se dividió en dos partes. La primera se refirió al análisis de la información con los datos obtenidos directamente de los censos aéreos trabajados en hojas de Excel para calcular la densidad por transectos, en ArcView GIS 3.2 para la generación de mapas y Statistica 6.0 para realizar la regresión lineal múltiple. En la segunda parte se realizó la estimación de abundancia total de tortugas en el PNBL a partir del análisis realizado en DISTANCE 5.0.

Parte I. Análisis espacial y temporal de la distribución y densidad de tortugas marinas, de su traslape con actividades antrópicas, y la correlación con factores oceanográficos.

En esta parte se realizaron las siguientes operaciones:

- a) Se estimó la densidad de tortugas observadas por cada transecto.
- b) Se generaron mapas de distribución de tortugas en general en el PNBL, mapas de densidad espacial por temporada fría y caliente, así como los mapas de traslape por temporadas.
- c) Se estimaron los porcentajes de identificación y se calculó la proporción de tortugas prietas y golfinas por zona de transecto.
- d) Se calculó la correlación con factores que influyen la densidad de tortugas en el PNBL.

Parte II. Estimación de abundancia total de tortugas en el PNBL.

En esta parte se realizaron las siguientes operaciones

- e) Se analizó la información en DISTANCE para seleccionar el mejor ajuste de la función de detección y obtener la densidad de tortugas en general por temporada y zona de transecto en el PNBL.
- f) De acuerdo a lo obtenido en DISTANCE (sección e) y las proporciones por especie en zona de transecto (sección c) se calcularon las densidades de tortuga prieta y golfinas para las zonas de transectos y temporadas.
- g) Se aplicó un factor de corrección a las densidades obtenidas en el DISTANCE utilizando la proporción de tiempo en superficie de tortugas prietas y golfinas (datos tomados de la literatura) para obtener una estimación de la abundancia total de tortuga prieta y golfinas en el PNBL.

4.3.1. Parte I. Análisis espacial y temporal de la distribución, densidad y traslape de tortugas marinas con actividades antrópicas, así como la relación de la densidad con factores oceanográficos.

a) Densidad de tortugas marinas en general por transectos.

Se trabajaron los datos de avistamiento de tortugas marinas en Excel (2003) obtenidos de los censos aéreos en el PNBL, de tal manera que se pudieran analizar los datos por número de transecto para detectar de los valores de densidad del mayor al menor.

b) Mapas de distribución, densidad y traslape.

Para generar los mapas de distribución y densidad de tortugas marinas y de traslape con las actividades humanas en el PNBL por temporadas, se utilizó el programa ArcView 3.2 y sus extensiones Spatial Analyst y Xtools. Las bases de datos fueron trabajadas en primera instancia en el programa Office Excel 2003, se acomodaron según los requerimientos del programa para su análisis.

En el proyecto se generaron capas de información (Tabla 1) por cada mes muestreado para después adicionar los meses correspondientes a la temporada fría (noviembre – abril) y caliente (mayo - octubre) de avistamientos de tortugas, avistamientos de actividades antrópicas de pesca comercial (artes de pesca y pangas), pesca deportiva (botes y yates) y turismo (kayaks, botes, yates, veleros, snorkel). Además se utilizaron los mapas de la INEGI de la poligonal del PNBL, la de Conabio de los estados y de las islas de México a una escala de 1:1,000,000, ya que solo se requiere el litoral de las islas; de la costa de Loreto y de la poligonal del PNBL.

Se realizó una capa de información donde se combinaron el litoral de las islas con el del continente (costa de Loreto) y un buffer (área definida a partir de la línea de costa) que pudiera delinear la costa a 600 m. mar adentro, fue esta medida la que se obtuvo como el ancho efectivo de avistamiento para las tortugas marinas (w) en el programa DISTANCE, de esta manera se generó una máscara en donde los análisis de densidad se realizarían dentro de este buffer y poder separar el área muestreada en los censos aéreos de la que no se muestreo en el PNBL.

Para tomar en cuenta la temporalidad de la información, los datos fueron analizados por mes, tanto avistamientos de tortugas como actividades antrópicas. Por

cada mes se aplicó un análisis de densidad tipo Kernel para transformar los datos de avistamientos en una superficie continua obteniendo un archivo tipo Raster con el que se pueden realizar operaciones matemáticas.

Tabla 1. Capas de información, origen de los datos y su georeferencia de las entidades usadas en este trabajo.

Origen	Tema	Geo-referencia	Año de creación
Consejo Nacional de la Biodiversidad	División política de México	1. Estados del Golfo de California	2006
	Costas y áreas de Islas del Golfo de California	2. Islas del Golfo de California	2008
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)	Polígono PNBL	3. Cartas G12-5; G12-7-8	2000
Roberto Rodríguez; Volker Koch, Azucena Álvarez y Yadira Trejo	Distribución de tortugas marinas	4. Registros con GPS	2010
	Distribución de embarcaciones pesca comercial	5. Registros con GPS	2010
	Distribución de embarcaciones de turismo	6. Registros con GPS	2010
	Distribución de embarcaciones pesca deportiva	7. Registros con GPS	2010
	Transectos de costa y pelágicos	8. Registros con GPS	2010

De esta manera a cada mapa de densidad (entidad) que se generó por mes de tortugas y actividades humanas, fue estandarizada mediante la división de cada entidad entre el valor máximo de densidad generado por el análisis, para que toda la información de densidad se transforme entre 0 a 1.

Por cada mes se transformó el archivo Raster en "Shape" y mediante la herramienta "intersecto" el cual calcula la intersección geométrica de dos temas a analizar (en este estudio fue tortugas-pesca comercial, tortugas-pesca deportiva y tortugas-turismo) y se obtiene un tema nuevo de traslape para cada pares de

entidades y por mes. Mediante la herramienta de análisis espaciales “Xtools” se obtuvo el área de traslape (km²) dividido en 4 categorías (muy baja, baja, media y alta) para después convertir estas áreas en porcentajes de traslape. Después se hizo la adición de estos mapas de traslape mensual para generar tres mapas de traslape para la temporada fría y tres para la caliente, para tortugas-pesca comercial, tortugas-pesca deportiva y tortugas-turismo.

c) Identificación y proporción de tortugas prietas y golfinas por zona de transecto.

Para poder estimar la abundancia relativa y total de tortugas prietas y golfinas en el PNBL (sección g), primero se contabilizó cuantas tortugas fueron identificadas por especie (golfinas y prietas) en la zona costera y pelágica. Por cada zona se estimó la proporción de prieta ($\hat{P}_{costera} / \hat{P}_{pelagica}$), mediante:

$$\hat{P}_{costera} = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

donde n_1 = número de prietas, n_2 = golfinas; y la proporción de golfinas ($\hat{P}_{pelagica} / \hat{P}_{costera}$)

4.3.1. mediante:

$$\hat{P}_{pelagica} = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

d) Factores que influyen la densidad de tortugas en el PNBL.

Para este análisis consistió en la búsqueda de algunos factores cuantitativos (oceanográficos) y cualitativos (zona de transecto) que pueden afectar a la distribución y densidad de tortugas marinas en el PNBL. Los factores cuantitativos elegidos fueron: temperatura superficial del mar (TSM), concentración de clorofila-a superficial del agua (Cl-a), batimetría (Bat) y grado de oleaje escala Beaufort (1 a 3). El factor cualitativo seleccionado fue la zona donde se realizó el transecto, siendo pelágico (valor de 0) o costero (1).

Los valores de temperatura superficial del agua y clorofila-a con el promedio mensual se obtuvieron de imágenes satelitales, de acuerdo al mes correspondiente en que se realizó el censo, la información fue generada por la NOAA y descargados de su página web (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/coastwatch/CWBrowserInfo.html>). Para cada observación de tortugas fue obtenido su valor correspondiente de TSM, Cl-

a y Bat para su posterior análisis (Tabla 2). Los datos de Beaufort fueron generados en cada una de las salidas de campo.

Tabla 2. Origen de los datos oceanográficos.

Parámetro	Satélite-Sensor	Resolución (grados)	Frecuencia	Unidad
Temperatura superficial del mar (°C)	POES-AVHRR	0.0125	Mensual	°C
Clorofila-a	Aqua-MODIS	0.0125	Mensual	mg m ⁻³

Para el análisis de correlación se realizó un procesamiento de la información, ya que por la naturaleza de los datos presentan diferentes magnitudes o unidades, por lo que se realizó la estandarizaron z de los datos (Zar, 1999), donde cada valor x fue convertido en un valor de z, el cual depende de la Media y de la Desviación Estándar de la distribución.

$$\text{Valor } z = (x - \text{Media}) / \text{Desviación Estándar}$$

Para los datos se calcularon correlaciones simples (coeficiente de Pearson; Zar, 1999) entre la densidad de tortugas marinas por transecto y cada uno de los factores citados. Posteriormente, con toda la información en conjunto se corrió un análisis de regresión “ridge stepwise” (Neter *et al.*, 2000) en el programa Statistica 6, con el fin de seleccionar el grupo de factores que mejor explicara la densidad de tortugas, para lo cual se realizaron varias pruebas del modelo con diferentes combinaciones con los factores cualitativos y cuantitativos hasta obtenerse la combinación que muestre el mejor coeficiente de determinación (R²). El método permite que se haga una discriminación fina de las variables elegidas, maximizando el coeficiente de determinación a partir de un número mínimo de variables incluidas en la ecuación (Darlington, 1990). Este estadístico tiene la ventaja adicional de que el algoritmo evita la ocurrencia de factores autocorrelacionados (Neter *et al.*, 2000).

4.3.2. Parte II. Estimación de abundancia total de tortugas en el PNBL.

e) Mejor ajuste de la función de detección.

Se utilizó el método de transecto en línea en muestreos de distancia, donde el observador se mueve a lo largo de una línea (L) registrando cada objeto detectado. En el método estándar el observador registrará la distancia (x_n) de la línea de recorrido a cada uno de los objetos observados, los cuales serán detectados sobre la línea y cerca de ella y conforme se aleja de ella la proporción de objetos irá disminuyendo con la distancia w y se perderán de vista (Buckland *et al.*, 2001). En este proyecto se anotó un ángulo de avistamiento (a) en la que cada objeto es detectado para obtener la distancia de la línea de vuelo (L) al objeto observado, (Epperly *et al.*, 1995; Gómez de Segura *et al.*, 2003, 2006; Benson *et al.*, 2007). Después se calculó la distancia de los individuos a la línea de progresión (Ej: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) mediante trigonometría básica ($\theta = 90^\circ - a$; $x_n = \tan(\theta * (\pi/180))$) y el ancho de banda efectivo de observación (w) estará dado por todas las observaciones (Fig. 2) (Burnham *et al.*, 1980; Tellería, 1986). El método ha sido utilizado frecuentemente en estudios poblacionales para tortugas (Epperly *et al.*, 1995; Gómez de Segura *et al.*, 2003, 2006; Benson *et al.*, 2007).

El método presupone que los animales son detectados en su posición natural, es decir, que no se han alejado o acercado a la línea de vuelo, que el observador mide el ángulo con precisión y que los animales tienen una función de detección $g(0) = 1$ sobre la línea de vuelo (Tellería, 1986; Buckland *et al.*, 2001).

Se uso el análisis de transectos lineales en muestreos de distancia para estimar la densidad y abundancia de tortugas en el PNBL. El concepto central de los muestreos de distancia es la función de detección $g(0)$ de un objeto, la cual decrece conforme aumenta la distancia de avistamiento (x_i), donde $0 \leq g(0) \leq 1$ (descritos en detalle en Buckland *et al.* 1993, 2001) y los datos fueron analizados usando el programa DISTANCE (v. 5.0 Release "x"1; Thomas *et al.* 2006) para encontrar la mejor función de detección de los datos. Esta función se utiliza para estimar la función de densidad evaluada en la distancia cero $f(0)$. Entonces, la densidad es calculada por:

$$D = \frac{nf(0)}{2 \cdot g(0)}$$

donde n es el número de avistamientos en el muestro, l es el esfuerzo total de

búsqueda (Km.) y $g(0)$ es la probabilidad de avistamiento de un animal a una distancia cero. La tasa de encuentro (n/l) es el número de avistamientos por km muestreado y se utiliza como una medida de la densidad relativa (Buckland *et al.*, 1993, 2001).

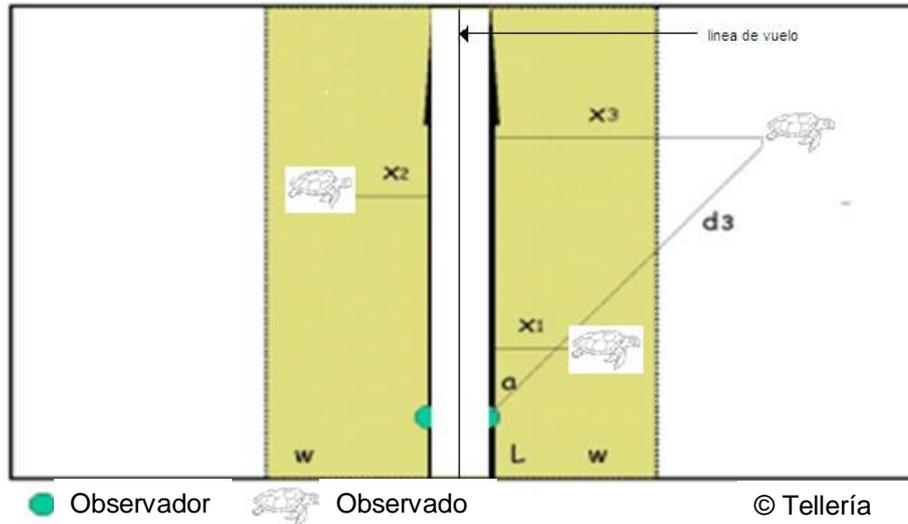


Figura 2. Datos a registrar en un censo lineal aéreo con muestreo de distancia. L = distancia recorrida en el vuelo; a = ángulo de avistamiento y posición geográfica (modificado de Tellería, 1986).

El avión no tiene un suelo de cristal, por lo que presenta una banda ciega de distancia a cada lado del avión. Por tal motivo, la probabilidad de detección cercana a la línea de vuelo no es certera y se ve reflejada en el histograma de distancias donde se observan pocas observaciones cerca de la línea de vuelo, una simple solución es desplazar las observaciones a la distancia donde la detección se cree que es segura (Buckland *et al.*, 2001).

Además, en este proyecto se presentó una actividad inusual en la metodología de censos aéreos con muestreo de distancia, ya que la ventana del observador derecho del aeroplano se mantuvo abierta en todos los censos (el lado izquierdo no se pudo abrir) y presentó observaciones mas cercanas a la línea de vuelo. Después de varias pruebas para observar el comportamiento de la función de detección, se truncaron los datos de la derecha a los 54 m (que fue la primera observación de lado izquierdo) para estandarizar la información de los dos observadores. De esta manera todas las observaciones menores a esta distancia se eliminaron del análisis y la función de detección es ajustada con los datos restantes. Así, se corrió el análisis hasta obtener el mejor modelo de ajuste y una correcta aproximación de la función de detección.

Por razones de falta de disponibilidad de la aeronave o por condiciones ambientales desfavorables para los vuelos, los censos no pudieron realizarse de forma mensual como era planeado, por lo que la información se clasificó en conjunto para el análisis por temporada caliente (mayo-octubre) y fría (noviembre-abril) y el área de estudio fue dividida en dos estratos, el costero y el pelágico, por la marcada diferencia entre estas dos zonas.

La densidad se calculó para cada estrato o zona de transecto (costero y pelágico) y por la selección de la temporada (fría o caliente). Se realizaron estimaciones para encontrar el modelo con menor valor de criterio de información Akaike (ΔAIC por sus siglas en inglés) el cual proporciona de manera simple, eficaz y objetiva, por el principio de la parsimonia, que es el modelo que presenta el mejor ajuste para el análisis de datos y su inferencia (Burnham y Anderson, 1998; Buckland *et al.* 2001).

Las variaciones de la abundancia y densidad estimada fueron calculadas por el método no paramétrico de bootstrap (1000 réplicas), se consideró cada transecto como unidad de muestreo.

- Robustez del modelo

Existen dos métodos en el programa DISTANCE para llevar a cabo el análisis de la información de censos aéreos llamados "motores de análisis" (Buckland *et al.* 2001). Ellos ayudan a decidir qué método utilizar, el primero es el método convencional de muestreo de distancias (CDS por sus siglas en inglés) en donde el análisis de los datos de distancias puede ser sobre la base de una probabilidad total de todos los datos sin tomar en cuenta el uso de covariables. El segundo es el método de múltiples covariables de muestreos de distancia (MCDS por sus siglas en inglés), en donde se considera el uso de una o varias covariables para estimar la función de detección.

Tanto CDS como MCDS, usan la metodología estándar de las funciones de probabilidad para los métodos de muestreo de distancia, en donde existen tres modelos claves (key functions) de $g(0)$ que son recomendados para el análisis de transectos lineales. Estos son el uniforme, medio - normal (half-normal) y exponencial negativo (hazard-rate) y su selección esta relacionado con la probabilidad de detección

que se presentó en los vuelos juntos con las distancias perpendiculares (Fig. 3). Estos modelos están implementados en la herramienta de análisis DISTANCE.

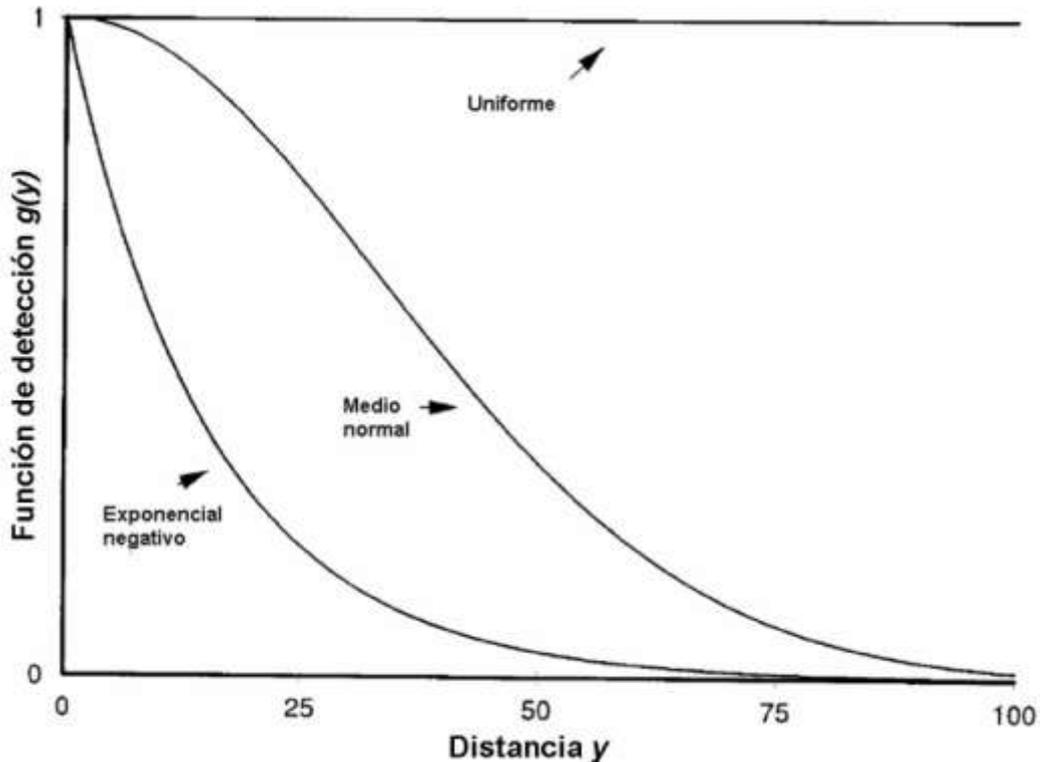


Figura 3. Funciones claves usadas para modelar los datos de distancia: uniforme, medio-normal y exponencial negativo (hazard-rate). (modificado de Buckland *et al.*, 2003)

En complemento, se tienen términos de ajuste o series de expansión: Coseno y Polinomial simple, las cuales se utilizaron para mejorar el ajuste del modelo a los datos de distancia, utilizando tal vez uno o dos parámetros. Entonces las expansiones Coseno y Polinomial simple son usadas con la función clave Uniforme; Coseno es usado con Medio–Normal; Polinomial simple es usada con el Exponencial negativo. Conceptualmente, la función de detección se modela en la siguiente forma general:

$$g(y) \propto key(y) [1 + series(y)]$$

Finalmente se compararon los valores de AIC para la selección del mejor modelo (Burnham y Anderson, 1998; Buckland *et al* 2001). Con la selección del mejor modelo se realizará el análisis para obtener la densidad de tortugas en el PNBL por

temporadas (fría y caliente) y por zonas de transecto (costero y pelágico) en DISTANCE.

En la metodología de muestreo a distancia se asume que $g(0) = 1$, lo que quiere decir es que todos los animales en la línea del transecto son siempre detectados (Buckland *et al.*, 2001). En el caso de las tortugas usualmente no es así, $g(0)$ es menor que uno, ya que algunos de los animales no se observaron por dos razones: el sesgo de la percepción y el sesgo de detección o disponibilidad.

El sesgo de la percepción se refiere a las tortugas que son potencialmente visibles para los observadores, pero no se ven debido a malas condiciones oceanográficas y de viento. En nuestro caso para reducir o eliminar el sesgo de la percepción, los censos se realizaron solo en condiciones óptimas de nivel de oleaje o Beaufort máximo de 3, nada o poco viento y los censos se realizaron en la mañana (8 am a 2 pm) para evitar al máximo el reflejo del sol en el agua. De tal manera, como parte del análisis en DISTANCE se consideraron como covariables: el nivel de oleaje del mar (Beaufort < 3), el observador (izquierdo y derecho), y la calidad de la visibilidad en cada lado del avión durante el censo (1 = pobre, 2 = bueno, 3 = excelente), ya que estos son algunos factores que pueden afectar la probabilidad de detección en los reconocimientos aéreos para los organismos marinos (Marsh, 1990; Buckland *et al.* 2001, Thomas *et al.* 2006).

El sesgo de disponibilidad se refiere a que una parte de las tortugas están buceando y por lo tanto no disponible para su detección (Marsh y Sinclair, 1989). Se puede corregir con el porcentaje de tiempo que pasan las tortugas marinas en la superficie. Se usaron datos de investigaciones realizadas en zonas más cercanas al PNBL (ver sección proporción de tiempo en superficie de tortugas prietas y golfinas.).

La identificación de las especies de tortugas marinas es posible por la forma del caparazón por ejemplo en la tortuga laúd el caparazón es blando y lo caracteriza las siete crestas longitudinales por tamaño, forma y color. En las tortugas amarilla y carey por la coloración del caparazón. La distinción es mas difícil desde la altura de vuelo (154 m) entre la tortuga golfinas y prieta, y solo en algunos casos se pudo identificar a la prieta por su mayor tamaño y forma del caparazón. En este estudio se trabajó con la suposición que la mayor proporción (de acuerdo a nuestras observaciones) de las tortugas que se observaron en transectos costeros son prietas y en zonas pelágicas son golfinas, por la distribución natural de acuerdo a sus hábitos

alimenticios de ambas especies (observaciones por Grupo Tortuguero de las Californias, autoridades PNBL y nuestro estudio).

f) Densidad de tortugas prieta y golfina por zona de transecto y temporadas.

Con la proporción de tortuga prieta y golfina ($\hat{P}_{cm,lo}$; sección c) por zona de transecto multiplicada por el valor de densidad obtenido en DISTANCE por zona y por cada temporada ($D_{DISTANCE}$) se obtienen sus densidades relativas por zona y por temporada ($\hat{IP}_{cmtemporal}$) en el PNBL, como se muestra a continuación en el ejemplo de obtención de densidad de tortuga prieta en temporada fría en transecto costero:

$$\hat{IP}_{cmtemporal} = D_{DISTANCE}$$

De la misma forma se obtienen los datos de tortuga prieta en temporada fría en costa, y caliente en transecto de costa y pelágico, así como de golfina en temporada fría y caliente en costeros y pelágicos.

g) Análisis de abundancia relativa y total de tortuga prieta y golfina en el PNBL.

El cálculo de la abundancia relativa se realizó multiplicando la proporción de la densidad que le corresponde a cada especie de tortuga de acuerdo a lo obtenido en la sección f ($\hat{IP}_{cmtemporal}$) por el valor de área que ocupa cada zona muestreada, donde los transectos costeros = 169.008 km² y pelágicos = 93.26 km². Se muestra a continuación como ejemplo la obtención del valor de abundancia relativa de tortuga prieta en temporada fría y transecto costero, el cálculo es de la siguiente manera:

$$N_{relativa} = \hat{IP}_{cmtemporal} \times A$$

De la misma forma se obtiene el cálculo de abundancias relativas de tortuga prieta y golfina de acuerdo a la temporada y zona de transecto.

- Proporción de tiempo en superficie de tortugas prietas y golfinas.

Para llegar a hacer un cálculo de abundancias totales tanto para tortugas prietas y golfinas en este trabajo se requirió corregir las abundancias relativas con la proporción del tiempo que pasan en superficie, a continuación se menciona que investigaciones se tomaron en cuenta.

Para la tortuga prieta (*Chelonia mydas*), se usó de referencia el trabajo de Seminoff *et al.* (2005). Donde determinó los patrones de buceo de tortugas prietas en Bahía de los Ángeles, que es zona de alimentación para esta especie. Inicialmente se colocaron el sistema de registro-grabadora en 9 tortugas para recabar tiempo y profundidad de buceo y monitorearlas dentro de su hábitat de pastoreo y de 4 de ellas se usó el dato promedio de tiempo (5.87%) que pasan en la superficie en horas diurnas (0500-1859) en un promedio de 308 días.

Donde

$$\hat{P}_{superficie} = 0.05$$

Para la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) se usó de referencia el estudio realizado por Eguchi *et al.* (2007) en el Pacífico Oriental Tropical (POT), donde determinó la abundancia total de tortugas. El dato de promedio de tiempo en superficie de golfinas usado en este estudio fue el 40%, fue de 17 de tortugas muestreadas entre las 0900-1400 horas. Cabe mencionar que este dato es el promedio de tiempo que pasan en superficie las tortugas obtenidos de dos trabajos, uno en Hawai (L. McNaughton Datos no publicados, n = 9) y otro en el POT (Parker *et al.*, 2002; n = 8).

Donde:

$$\hat{P}_{superficie} = 0.4$$

- Análisis de abundancia corregida y total de tortuga prieta y golfina en el PNBL.

El cálculo de la abundancia corregida (N_c) por el tiempo que pasan las tortugas prieta y golfina en superficie, por temporada (fría y caliente) y zona de transecto (costero y pelágico) es dividiendo N_r entre la proporción del tiempo que están en superficie, dependiendo si es prieta o golfina. Se muestra como ejemplo la abundancia corregida de temporada fría en transecto costero para tortuga prieta es:

$$N_c = \frac{N_r}{\hat{P}_{superficie}}$$

Donde N_c es la abundancia corregida por el tiempo que están en superficie las tortugas; N_r es la abundancia relativa de tortuga (prieta o golfina) de acuerdo a la temporada (fría o caliente) y zona de transecto (costero o pelágico); $\hat{P}_{superficie}$ es la proporción que pasan en superficie las tortugas (prieta o golfina). De la misma forma se calculó para transecto costero en temporada caliente, y transecto pelágico en

temporada fría y caliente para prieta y golfinia.

Para obtener la abundancia total (N_{TOTAL}) por temporadas y por zonas de transecto de tortuga prieta (cm) y golfinia (lo), se suman los valores correspondientes de abundancia relativa (Nr) y la abundancia corregida (Nc). Por ejemplo para la tortuga prieta en temporada fría y transecto costero se muestra a continuación:

$$N_{TOTAL} = Nr + Nc$$

De la misma forma se calcula para transecto costero en temporada caliente para prieta, y golfinia en temporada fría y caliente en transecto costero y pelágico.

5. RESULTADOS.

5.1. Parte I. Análisis espacial y temporal de la distribución, densidad y traslape de tortugas marinas con actividades antrópicas, así como la relación de la densidad con factores oceanográficos.

Entre Noviembre 2007 y Junio 2010 se realizaron 17 censos aéreos cubriendo los 15 transectos en cada ocasión (Fig. 1). Se recorrieron en total más de 7,621 Km. lineales, cubriendo un área de 4268 km². Se registraron un total de 1014 tortugas marinas (prieta, golfinia, laúd y no identificadas) durante los muestreos.

a) Densidad de tortugas marinas en general por transectos.

Los valores mayores de densidad promedio de tortugas marinas se encuentran en los transectos costeros (Fig. 4). Particularmente, se observó mayor densidad en la isla Coronados y Catalana, mientras Carmen, Montserrat, costa de Loreto e isla Danzante tuvieron valores más bajos. En los transectos pelágicos la densidad fue la más baja (0.01 tortugas/km²; 0 – 0.02 IC 95 %; ver a detalle tabla 3).

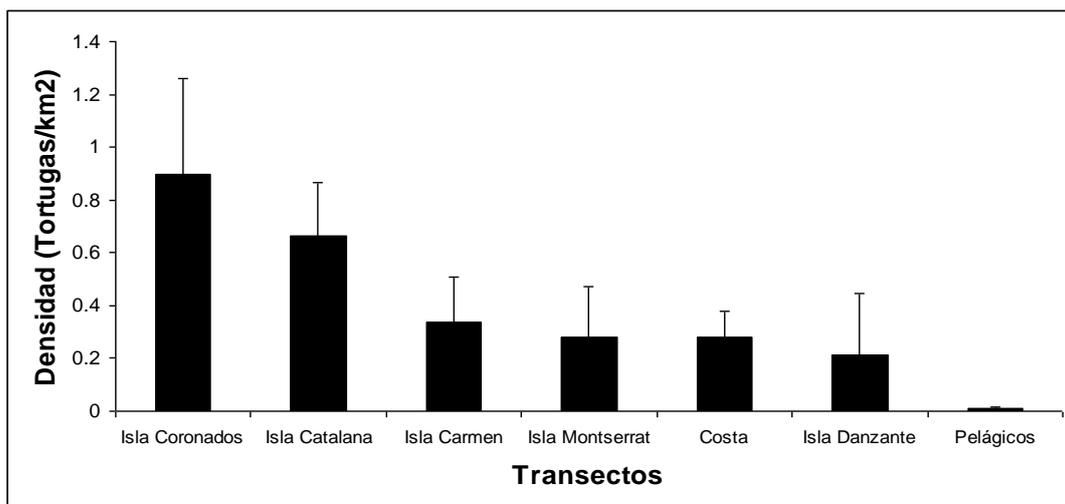


Figura 4. Densidad promedio de tortugas según lo observado en los 17 censos realizados analizado por transectos costeros de islas y continente y transectos pelágicos (las barras de error representan intervalos de confianza positivos al 95%).

Tabla 3. Densidad promedio de tortugas marinas por transectos costeros y pelágicos en el PNBL de acuerdo a los 17 meses censados.

Transectos	Media de N (Número de tortugas observadas)	Área de transecto (km ²)	Densidad (tortugas/km ²)	Intervalo de Confianza 95%
Isla Coronados	7.71	8.61	0.90	0.53 - 1.26
Isla Catalana	11.18	16.80	0.67	0.46 - 0.87
Isla Carmen	15.82	46.84	0.34	0.17 - 0.51
Costa	8.65	30.80	0.282	0.18 - 0.38
Isla Montserrat	3.35	11.88	0.281	0.09 - 0.47
Isla Danzante	1.94	9.13	0.21	-0.02 - 0.45
Pelágicos	1.22	115.81	0.01	0.00 - 0.02

b) Mapas de distribución, densidad y traslape.

La distribución general de las tortugas marinas se puede apreciar en la figura 5. Los lugares con mas elevada abundancia se observaron relacionados a los transectos costeros de las islas y el continente (81.5% de avistamientos) y en menor medida en los transectos pelágicos (18.5%).

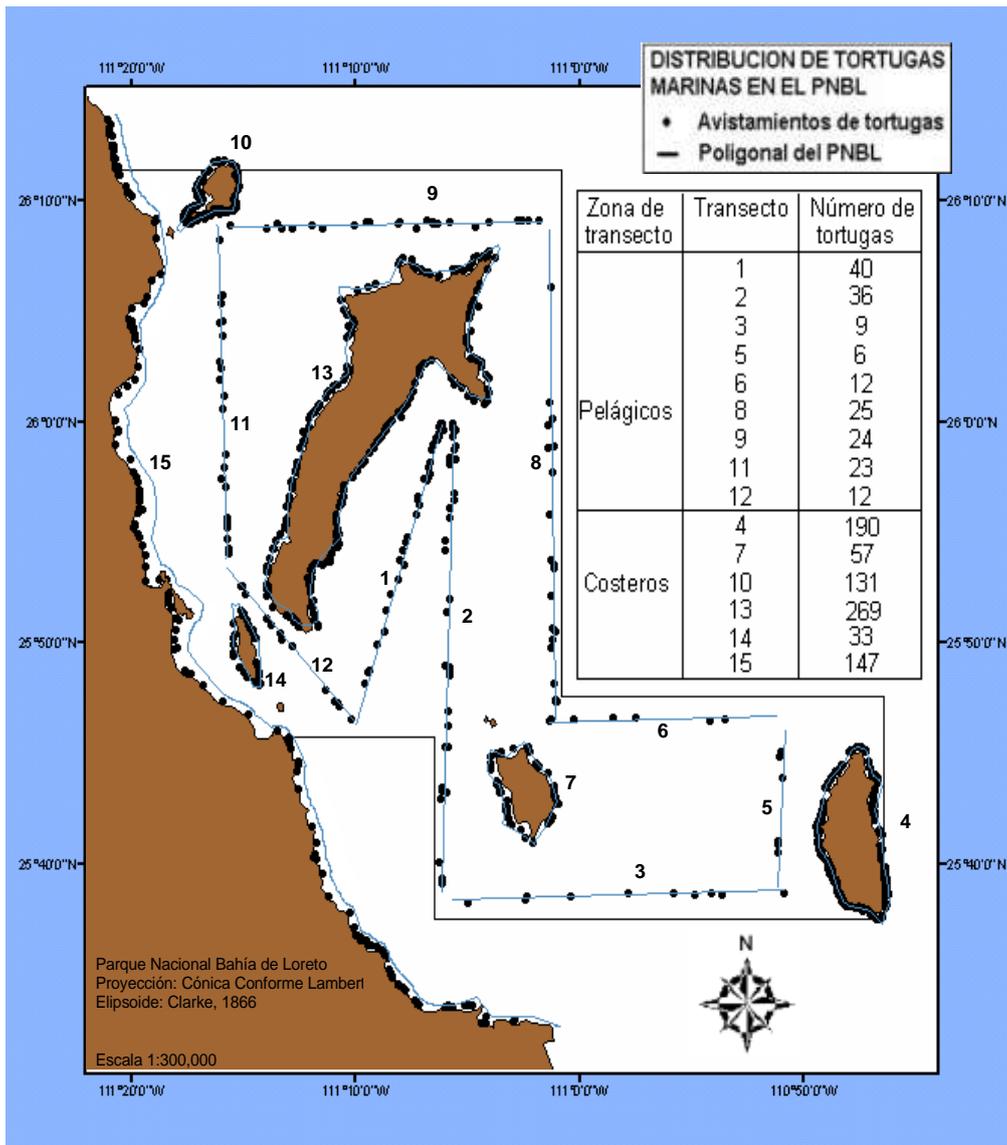


Figura 5. Distribución y número de tortugas marinas por transecto costero y pelágico observadas en los 17 censos realizados en el Parque Nacional Bahía de Loreto durante noviembre de 2007 a junio de 2010

Densidad espacial de tortugas marinas en el PNBL

Las agregaciones de tortugas se mostraron mas relacionadas a las costas de las islas, en temporada fría se observaron *hot spots* de mas de 3 tortugas por km² en isla Coronados y Catalana, la distribución en las islas y de la costa de Loreto fue principalmente entre de 1.5 tortugas por km² y en transectos pelágicos de 0.5 tortugas por km². En temporada caliente se observó un *hot spots* de mayor tamaño en isla Coronados de mas de 3 tortugas por km², y en las otras islas se observaron algunas

áreas de 1.5 tortugas por km² en los transectos pelágicos se observaron 0.5 tortugas por km².(Tabla 4) Estos resultados nos indican que en temporada cálida las tortugas son más gregarias en la isla Coronados y se distribuyen en menor cantidad en el resto del parque y en temporada fría hacen agregaciones de mayor número relacionadas a las demás costas de las islas.

Tabla 4. Intervalos de densidad de tortugas marinas (tortugas/km²) y su porcentaje de área ocupada por temporada fría y caliente en los meses censados en el PNBL.

Densidad tortuga marina (tortugas/km2)	% en área ocupada
Temporada fría	
Mayor a 3	0.9
1.5 – 3	5.7
0.5 – 1.5	28
0 – 0.5	66.4
Temporada caliente	
Mayor a 3	1.4
1.5 – 3	3.6
0.5 – 1.5	15
0 – 0.5	80

En los censos que se realizaron se incluyó el 100% de las costas, por lo que la zona de uso restringido marino categoría I, que va de los primeros 300 metros de la costa hacia el interior del mar, esta zona fue observada en su totalidad.

Cabe mencionar que se incluyó dentro de los censos la parte norte de la isla Coronados la cual no se encuentra dentro del polígono del PNBL y los siguientes 40 km. de costa continental al sur del límite de la poligonal del Parque hasta la comunidad de Agua Verde, sus densidades se encuentran en la categoría de muy baja en las dos temporadas.

Los transectos pelágicos en su totalidad se encuentra localizados en la zona de aprovechamiento de uso sustentable de los recursos naturales que es a partir de la zona de uso restringido marino I y en ella ya se puede hacer uso de redes de pesca y en ellos se observaron los menores valore de densidad de las tortugas marinas.En la figura 6 se puede observar las áreas de mayor densidad de tortugas marinas en el PNBL por temporada fría y caliente, divididos en cuatro categorías de densidades, de

acuerdo a lo obtenido en el análisis en el programa ArcView GIS 3.2, el área que no fue muestreada en los censos quedó sin color.

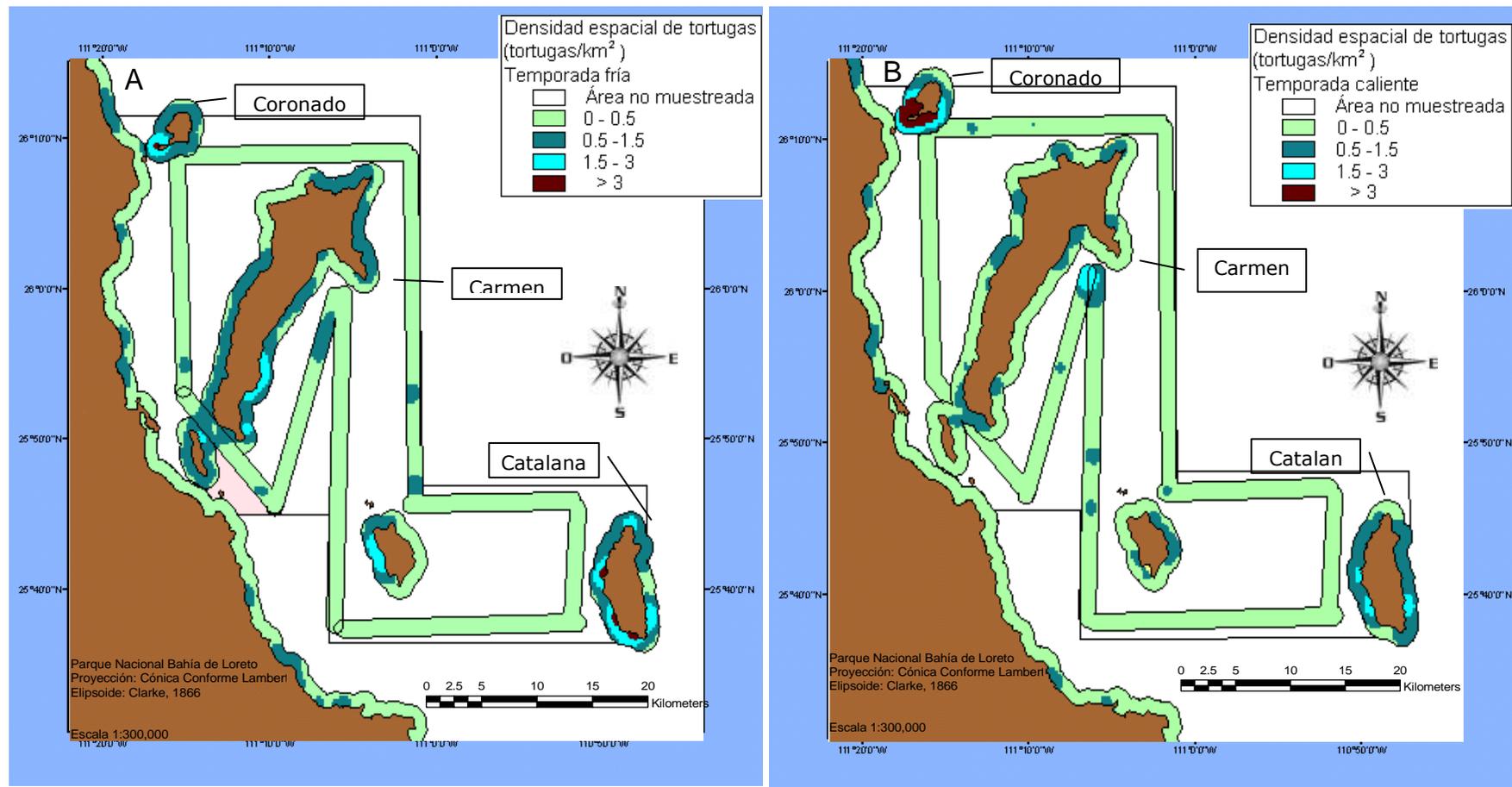


Figura 6. Densidad de tortugas marinas en el PNBL en los meses censados de temporada fría (A) y caliente (B).

Actividades antrópicas en el PNBL.

En la figura 7 se puede observar el número por mes de tortugas marinas, las actividades de turismo, pesca comercial y pesca deportiva en el PNBL en temporada fría (blanco) y caliente (gris) de acuerdo a los meses que se realizaron los censos aéreos.

En temporada fría para actividades de turismo se observaron 450 embarcaciones (Tabla 5), en general el uso de kayak representó el 25% de las observaciones. Relacionado a esta actividad se observaron campamentos en playa principalmente en febrero y marzo, en su gran mayoría en la isla Carmen. Normalmente las empresas de turismo salen de Puerto Escondido hacia isla Montserrat y de ahí cruzan a Carmen, algunos campamentos son acompañados de pangas. La otra parte esta representado por embarcaciones principalmente veleros y yates, en su mayoría anclados cerca de las costas de las islas (Carmen, Coronados y Montserrat) y marinas de la costa de Loreto, Puerto Escondido, Nopoló y Agua Verde, normalmente se observaron en movimiento en las zonas pelágicas.

Tabla 5. Número de avistamientos de actividades de turismo en los meses de temporada fría en los censos aéreos realizados en el PNBL.

Mes	Número de embarcaciones	media	IC 95%
Noviembre 2007	16	1.07	0 - 2.30
Diciembre 2007	2	0.13	0 – 0.31
Febrero 2008	42	2.80	0 – 5.66
Marzo 2008	99	6.60	1.04 – 12.16
Abril 2008	61	4.07	0.14 – 8
Diciembre 2008	29	1.93	0 – 4.82
Marzo 2009	38	2.53	0 – 5.17
Abril 2009	60	4.00	0 – 8.92
Noviembre 2009	50	3.33	0.57 – 6.10
Enero 2010	53	3.53	0 – 7.30

Los avistamientos de actividades de turismo en los meses de temporada caliente fueron 132 embarcaciones (Tabla 6), en donde solo cuatro fueron identificadas como kayak, las restantes son entre pangas, yates y veleros donde algunos se encontraban en movimiento principalmente en áreas pelágicas y en zonas costeras se encontraban anclados.

Tabla 6. Número de avistamientos de actividades de turismo en los meses de temporada caliente en los censos aéreos realizados en el PNBL.

Mes	Número de embarcaciones	media	IC 95%
Junio 2008	14	0.93	0 -2.36
Agosto 2008	11	0.73	0 – 1.64
Octubre 2008	13	0.87	0 - 1.74
Mayo 2009	49	3.27	0.57 – 5.97
Junio 2009	12	0.80	0.22 – 1.38
Septiembre 2009	11	0.73	0 – 1.56
Junio 2010	22	1.47	0 – 3.14

El número de avistamientos en temporada fría reportados para las actividades pesca comercial fueron 307 (Tabla 7), principalmente embarcaciones, a veces en movimiento o anclados, relacionadas principalmente a las costas de las islas y de Loreto. Se identificaron en menor cantidad actividades como buceo (13), campamentos en playa con pangas (15), barcos camaroneros (2), buceo libre (9) y redes en el agua (25).

Tabla 7. Número de avistamientos de actividades de pesca comercial en los meses de temporada fría en los censos aéreos realizados en el PNBL.

Mes	Número de embarcaciones	media	IC 95%
Noviembre 2007	23	1.53	0.90 – 3.30
Diciembre 2007	16	1.07	0.59 – 2.38
Febrero 2008	23	1.13	0.81 – 2.03
Marzo 2008	24	1.53	1.13 – 2.66
Abril 2008	37	2.47	1.82 – 4.26
Diciembre 2008	30	1.73	1.17 – 3.29
Marzo 2009	22	1.27	0.86 – 2.41
Abril 2009	21	1.33	0.83 – 2.73
Noviembre 2009	45	2.93	1.98 – 5.57
Enero 2010	66	4.20	2.76 – 8.19

En las actividades de pesca comercial en los meses de temporada caliente se observaron 158 actividades (Tabla 8), principalmente ancladas en costa y zonas pelágicas y algunas en movimiento, en menor se observaron actividades de buceo (17), campamentos en playa con pangas (8) y redes (4).

Tabla 8. Número de avistamientos de actividades de pesca comercial en los meses de temporada caliente en los censos aéreos realizados en el PNBL.

Mes	Número de embarcaciones	media	IC 95 %
Junio 2008	9	0.60	0.07 – 1.13
Agosto 2008	6	0.40	0 – 1.06
Octubre 2008	11	0.73	0.14 – 1.32

Mayo 2009	35	2.27	0.94 – 3.60
Junio 2009	63	4.13	0.41 – 7.86
Septiembre 2009	9	0.47	0 – 0.93
Junio 2010	25	1.60	0.69 – 2.51

En los avistamientos de pesca deportiva en temporada fría fueron observadas 61 embarcaciones entre yates y pangas, a veces en movimiento o anclados (Tabla 9).

Tabla 9. Número de avistamientos de actividades de pesca deportiva en los meses de temporada fría en los censos aéreos realizados en el PNBL.

Mes	Número de embarcaciones	media	IC 95%
Noviembre 2007	2	0.60	0.10 – 1.10
Diciembre 2007	1	0.07	0 – 0.20
Febrero 2008	6	0.73	0 – 1.53
Marzo 2008	12	0.27	0 – 0.67
Abril 2008	8	0.20	0 – 0.41
Diciembre 2008	5	0.53	0 – 1.27
Marzo 2009	5	0.27	0 – 0.57
Abril 2009	9	1.93	0.10 – 3.76
Noviembre 2009	6	0.93	0 – 2.22
Enero 2010	7	1.07	0.18 – 1.95

En los avistamientos de pesca deportiva en temporada caliente fueron observadas 51 embarcaciones entre yates y pangas, a veces en movimiento o anclados (Tabla 10).

Tabla 10. Número de avistamientos de actividades de pesca deportiva en los meses de temporada caliente en los censos aéreos realizados en el PNBL.

Mes	Número de embarcaciones	media	IC 95%
Junio 2008	7	0.47	0.09 – 0.84
Agosto 2008	2	0.13	0 – 0.31
Octubre 2008	0	-	-
Mayo 2009	10	0.67	0.07 – 1.26
Junio 2009	10	0.67	0.21 – 1.12
Septiembre 2009	6	0.40	0 – 0.97
Junio 2010	16	1.07	0 – 2.17

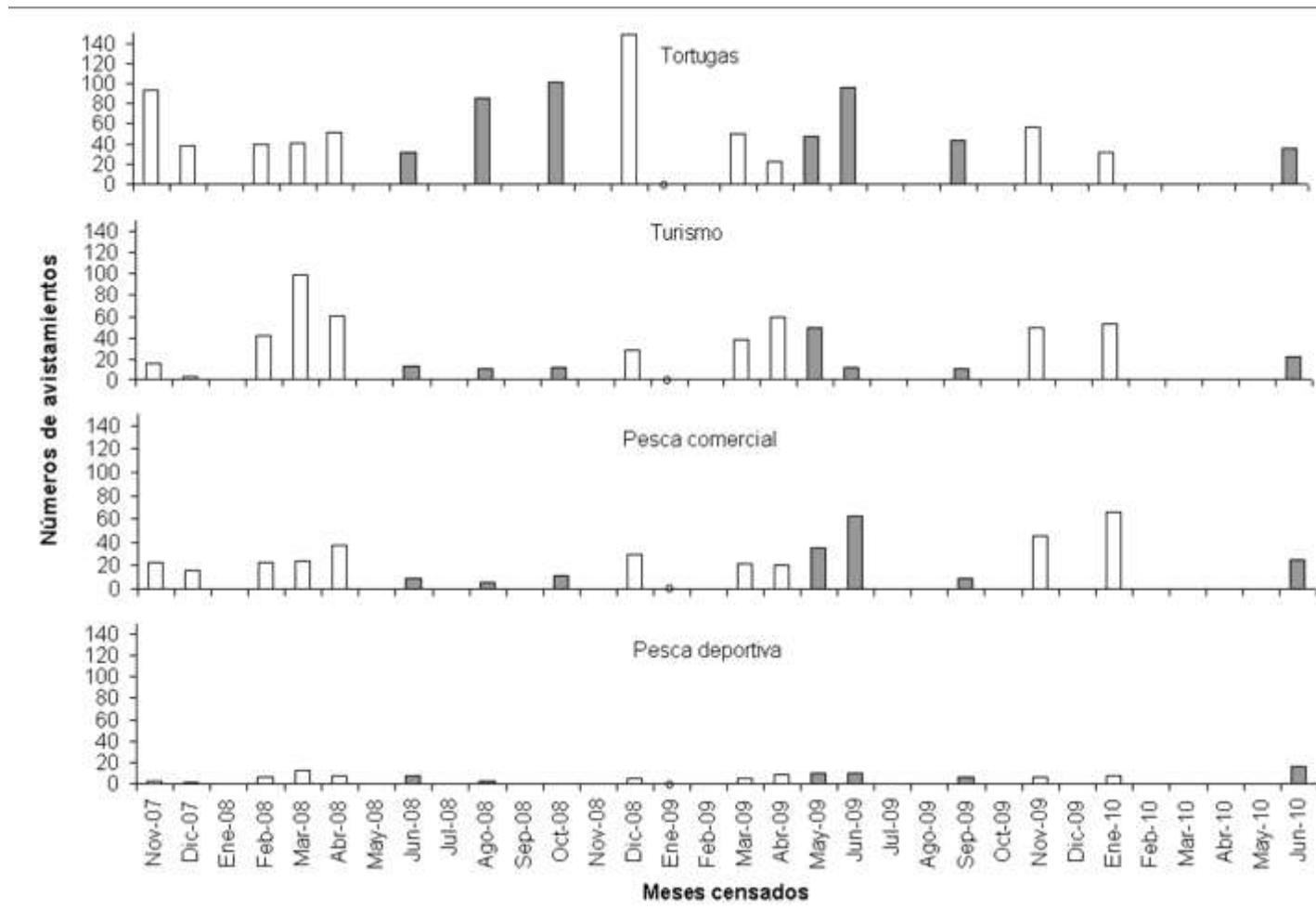


Figura 7. Número de tortugas y actividades antrópicas a lo largo del tiempo muestreado. Se muestran barras en color blanco los meses de temporada fría y en gris los meses de temporada caliente.

Traslape de tortugas marinas y pesca comercial

En la Figura 8 se puede observar el traslape que se registró entre las tortugas marinas y las actividades de pesca comercial por temporada fría (A) y caliente (B), esta clasificado en categorías alta, media, baja y muy baja de acuerdo a el área en km² que ocuparon los traslapes. Su relación esta explicada en tabla 11.

Tabla 11. Relación de densidades de tortugas marinas y actividades de pesca comercial por categorías y el porcentaje del área ocupado en temporada fría y caliente.

Densidad tortugas marinas (tortugas/km²)	Densidad pesca comercial (embarcaciones/km²)	Traslape (Porcentaje en área ocupada)
Temporada fría		
(intervalo de densidad/valor mayor de densidad)		
Mayor a 3	3.67 – 4.76	1.5
1.5 - 3	2.57 – 3.66	2.3
0-5 – 1.5	1.48 – 2.56	5.8
0 – 0.5	0 – 1.47	90.5
Temporada caliente		
(intervalo de densidad/valor mayor de densidad)		
Mayor a 3	3.67 – 4.76	0
1.5 - 3	2.57 – 3.66	0
0-5 – 1.5	1.48 – 2.56	0
0 – 0.5	0 – 1.47	100

Se observaron mayores áreas de traslape en la temporada fría que en la caliente. Esto tiene relación a que la actividad de pesca comercial en temporada fría en el PNBL se caracteriza por la pesca costera y las principales áreas de concentración de tortugas se observa también cerca de las costas. La pesca se realiza con el uso de redes que se tienden cerca de las costas en bajos y puntas, para capturar peces de escama (jurel, cabrilla, pericos, burros, roncadore, pargos y mojarras). Se observa mayor traslape de tortugas marinas en la isla Coronados y Carmen, los principales recursos de estas islas son los peces de escama (antes mencionados) y son consideradas como importantes refugios para los pescadores, llegando a presentar cinco campamentos en Coronados y 26 en Carmen, algunos

son usados indistintamente por turistas y pescadores principalmente en temporada fría.

En Coronados las áreas de mayor traslape se dan en la parte oeste donde se observaron embarcaciones en marcha, ancladas y una red a 400 m de la costa. En la isla Carmen las principales zonas de traslape se observaron en la parte norte y sur relacionadas a las puntas y bajos rocosos, estas zonas son las más importantes para pesca comercial y el principal recurso son los peces de escama. Se observaron ocho redes y en cuatro de ellas no se respetó la distancia permitida, se observaron entre los 780 a 140 m de la costa, su traslape con las tortugas se consideró como bajo y muy bajo.

También se observan áreas de alto traslape en la temporada fría para las islas Montserrat y Catalana, al parecer la captura de escama se realiza en todo el contorno de las islas. En los transectos pelágicos se observa generalmente el traslape en menor cantidad

En temporada caliente se realiza la pesca de fondo que opera con anzuelos (palangre), es el principal arte de pesca de los pescadores de Loreto, lo usan en fondo para extracción de cabrilla y pargos, y en superficie para jurel (Gutiérrez-Barreras, 2001). Se observaron menores áreas de alto traslape en la zona costera y de bajos de la isla, están mas relacionadas a los transectos pelágicos alrededor de la isla.

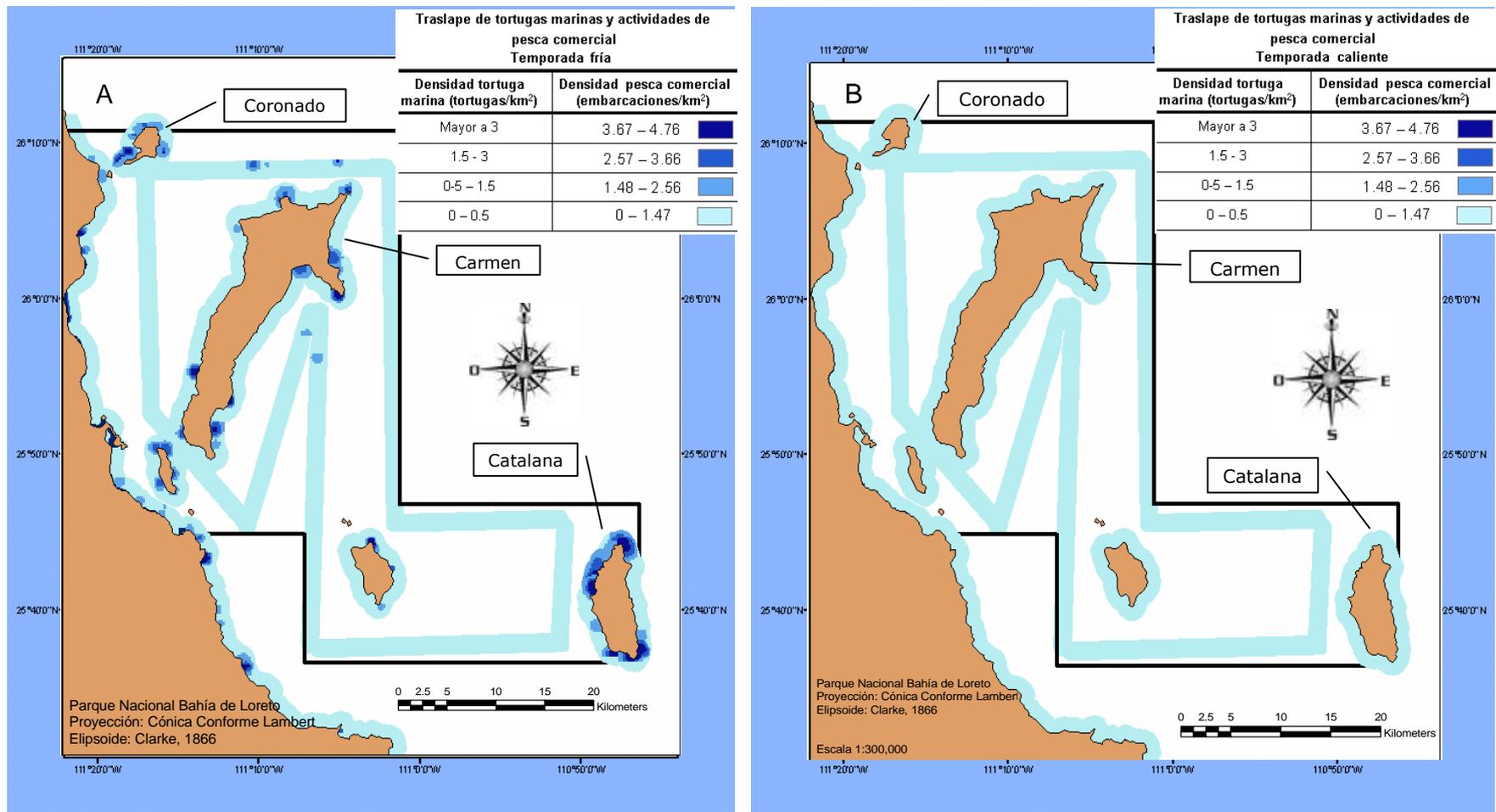


Figura 8. Traslape de tortugas marinas con actividades de pesca comercial por temporada fría (A) y caliente (B).

Traslape con actividades de turismo

El traslape de las tortugas marinas y las embarcaciones de turismo (Figura 9) por temporada fría (A) y caliente (B) y su relación esta explicada en la tabla 12. El traslape se observa en menor medida que con pesca comercial, aunque de igual manera se observaron mas áreas de mayor traslape en los meses de temporada fría, esto debido a que las actividades de turismo relacionadas al PNBL, se realizan principalmente en los meses fríos, entre las que destacan los viajes en kayak hacia las islas, campismo, senderismo, esnorquel, navegación con veleros y yates, y observación de aves y mamíferos marinos, entre otros.

Se observa notablemente mayor area de traslape en la isla Coronados en su parte este-sur ya que tiene mas uso en cuestión turismo. El mismo PNBL tiene infraestructura en la isla para que los turistas puedan desembarcar, y descansar, además hay rutas de senderismo interpretativo para observación de plantas y una zona geológica importante para visitar y en la parte marina es ideal para la gente que gusta de esnorquel por su poca profundidad.

Se observó traslape también en la isla Carmen, por su cercanía a la ciudad de Loreto tiene mucho uso para esta actividad y es área común de campamentos de kayak, yates y veleros, al igual que Monserrat. En la costa continental se observó traslape sobre todo en las zonas de puertos y marinas que hay en la zona.

Tabla 12. Relación de densidades de tortugas marinas y actividades de turismo por categorías y el porcentaje del área ocupado en temporada fría y caliente.

Densidad tortugas marinas (tortugas/km²)	Densidad actividad de turismo (embarcaciones/km²)	Traslape (Porcentaje en área ocupada)
Temporada fría		
(intervalo de densidad/valor mayor de densidad)		
Mayor a 3	6.1 – 8.11	1.3
1.5 - 3	4.1 – 6.0	1.9
0-5 – 1.5	2.09 – 4.0	5.3
0 – 0.5	0 – 2.08	91.5
Temporada caliente		
(intervalo de densidad/valor mayor de densidad)		
Mayor a 3	6.1 – 8.11	0
1.5 - 3	4.1 – 6.0	0
0-5 – 1.5	2.09 – 4.0	8.5

0 – 0.5

0 – 2.08

91.5

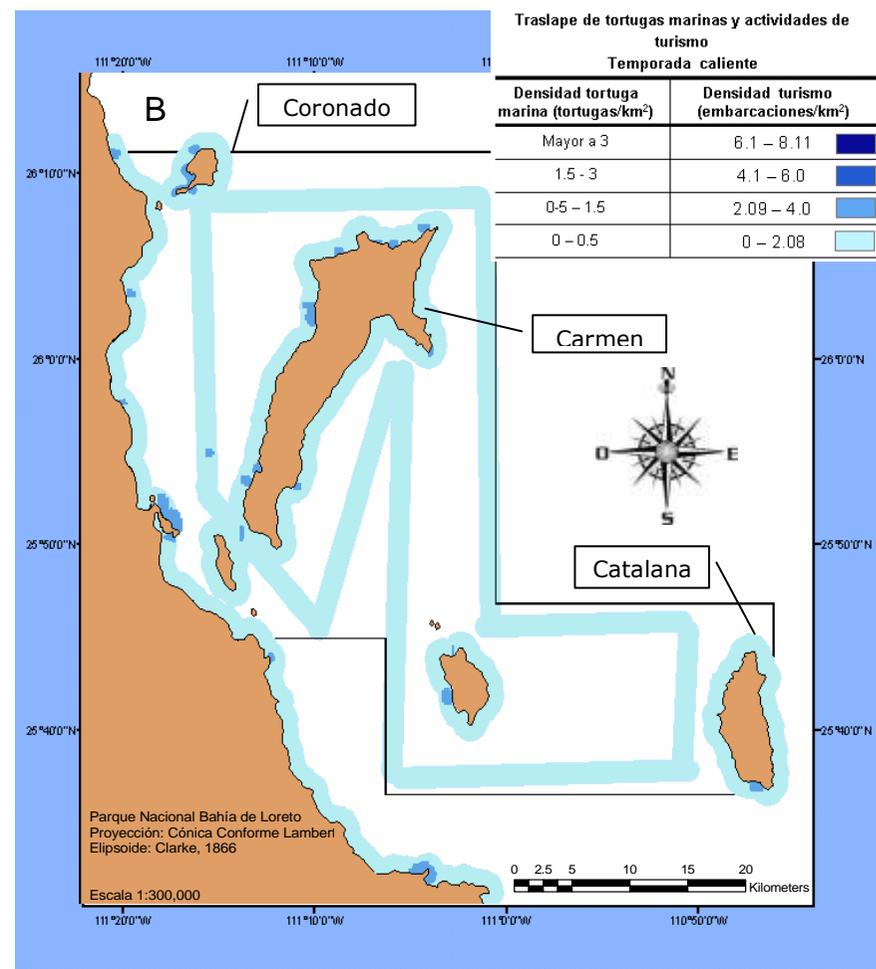
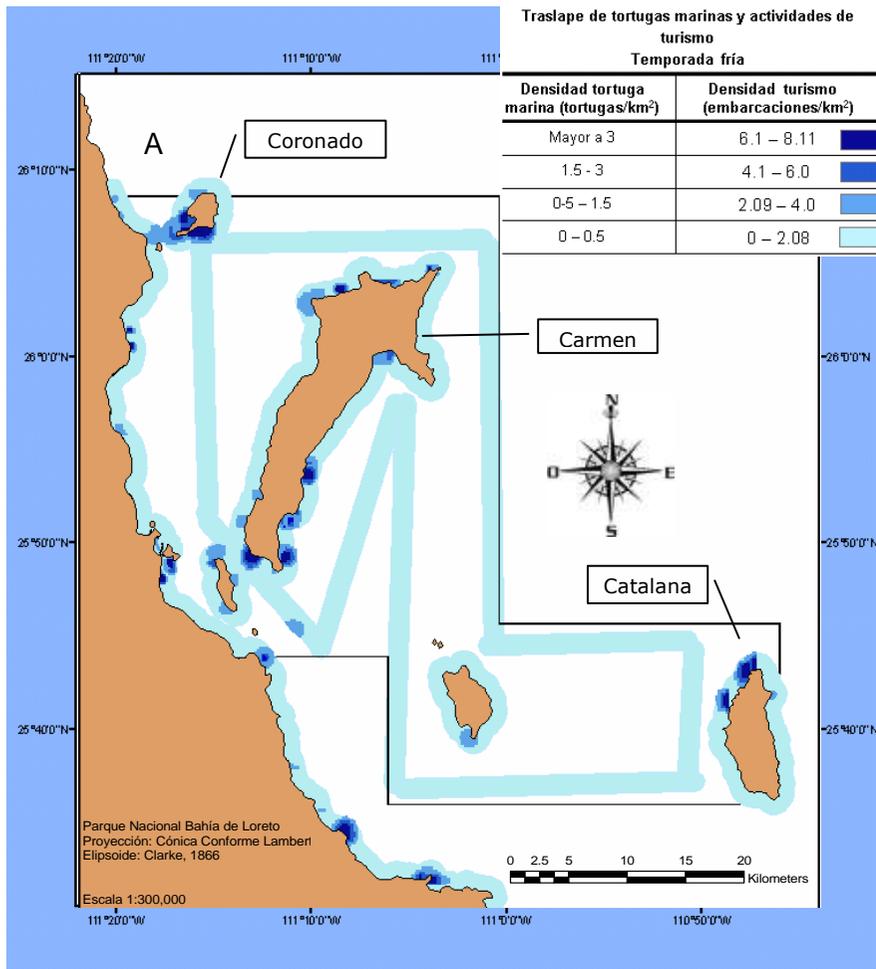


Figura 9 Traslape de tortugas marinas con actividades de turismo por temporada fría (A) y caliente (B).

Traslape con Pesca Deportiva

En la Figura 10 se pueden observar las áreas de traslape de tortugas con pesca deportiva en temporada fría (A) y caliente (B). Su relación esta explicada en la tabla 13.

Tabla 13. Relación de densidades de tortugas marinas y actividades de pesca deportiva por categorías y el porcentaje del área ocupado en temporada fría y caliente.

Densidad tortuga marina (tortugas/km²)	Densidad pesca deportiva (embarcaciones/km²)	Traslape (porcentaje en área ocupada)
Temporada fría		
(intervalo de densidad/valor mayor de densidad)		
Mayor a 3	2.72 – 3.6	0.8
1.5 - 3	1.83 – 2.71	1.4
0-5 – 1.5	0.95 – 1.82	3.0
0 – 0.5	0 – 0.94	94.8
Temporada caliente		
(intervalo de densidad/valor mayor de densidad)		
Mayor a 3	2.72 – 3.6	0
1.5 - 3	1.83 – 2.71	0
0-5 – 1.5	0.95 – 1.82	0
0 – 0.5	0 – 0.94	100

La temporada de pesca deportiva en Loreto varía considerablemente a lo largo del año, normalmente se realiza durante los meses de temporada caliente con especies pelágicas como el marlin (negro, azul y rayado), pez vela, atún, dorado, cabrilla, pargo y gallo. Algunas de estas especies llegan a encontrarse cerca de las costas y bajos rocosos de las islas, por lo que es común que se siga realizando la pesca deportiva en temporada fría con cabrilla, gallo y pargo, principalmente jurel, mas cerca de las costas.

En general, la pesca deportiva es la actividad humana que menos presentó traslape con tortugas marinas. Ésta actividad se realiza exclusivamente por “troleo” con distintos tipos de carnadas en embarcaciones que varían desde pangas con motor fuera de borda hasta yates de mas de 25 pies. El principal peligro para las tortugas marinas con esta actividad es por los posibles atropellamientos. El traslape de tortugas con pesca deportiva se observó con mayor intensidad al norte de la isla Coronados, Carmen y Monserrat en la temporada fría por la cercanía de las embarcaciones a la

costa. En la zona de la costa continental se ven mas traslapes sobre todo en áreas de marinas o puertos.

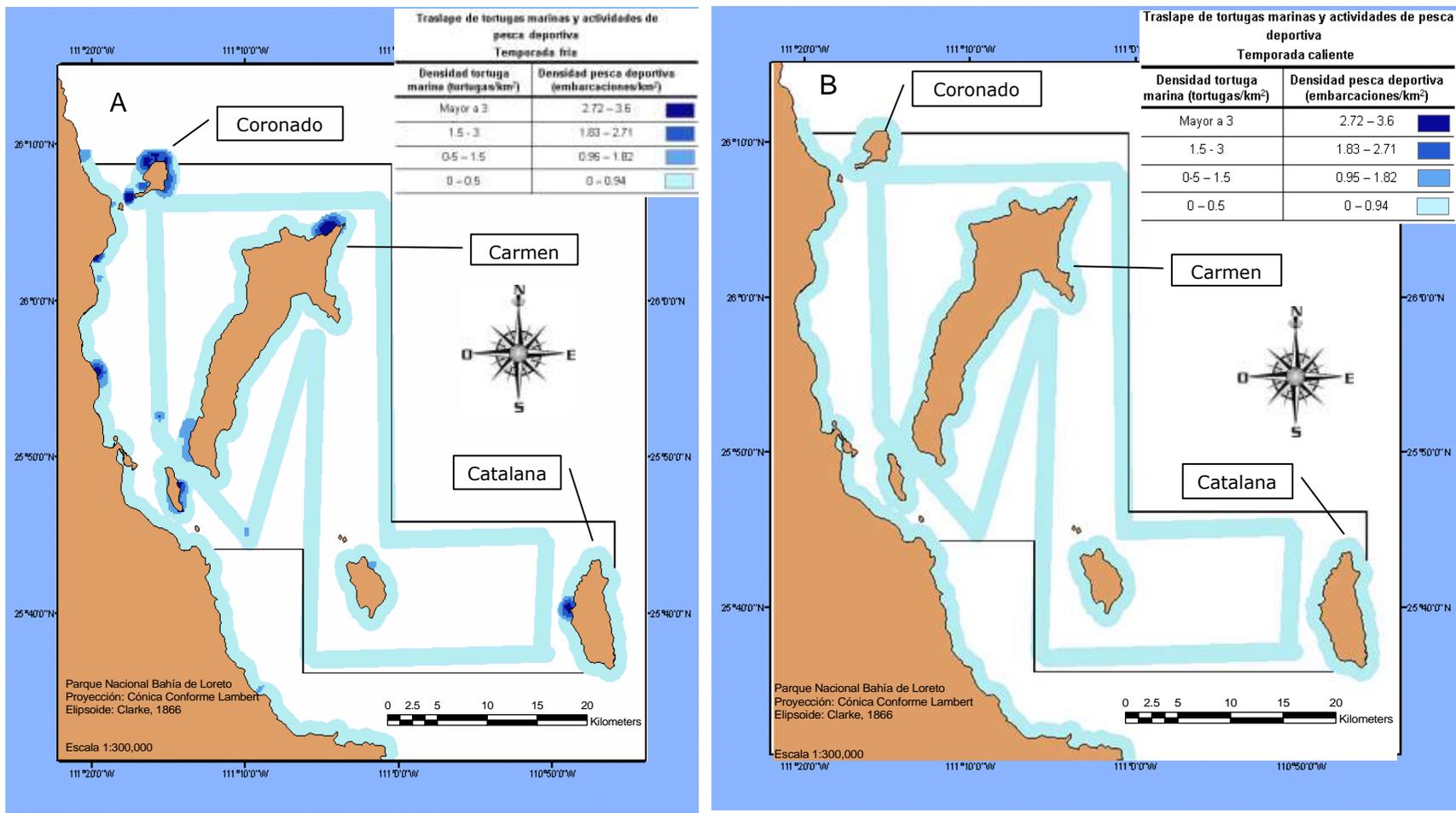


Figura 10. Traslape de tortugas marinas con actividades de pesca deportiva por temporada fría (A) y caliente (B).

La figura 11 muestra las rutas de vigilancia de Diciembre de 2009 y Enero 2010 que se realizaron por parte de las autoridades del PNBL dentro del polígono. En la mayor parte del año su ruta habitual es la que se muestra en la figura. El punto de partida siempre es la ciudad de Loreto hacia la isla Coronados, Carmen, Montserrat, Danzante y sobre la costa de Loreto y solo una vez al año hay los recursos para ir a isla Catalana. Debido a esto existen zonas que no son monitoreadas la mayor parte del año como la isla Montserrat y Catalana. Según nuestros resultados de traslape con las tres actividades humanas observadas, existen zonas de alto y medio traslape en isla Catalana en donde no hay vigilancia suficiente que pueda identificar esta interacción, principalmente en temporada fría. Debido a su lejanía, no tienen vigilancia de la actividad pesquera, por tal motivo acuden pescadores del sur del estado, y de Sonora y Sinaloa.

Figura 11. Rutas de diciembre de 2009 y enero de 2010 de monitoreo por parte de las autoridades del PNBL.

c) Identificación y proporción de tortuga prieta y golfinas por zona de transecto.

De 1014 tortugas avistadas, se identificaron el 10.5%, de los cuales 93 fueron prietas (*Chelonia mydas*) y 13 fueron golfinas (*Lepidochelys olivacea*). Solo un individuo de laúd (*Dermochelys coriacea*) fue observado en diciembre de 2008 en el transecto 2 (pelágico; Fig. 1), los individuos restantes se consideraron como no identificados. Tortugas Carey y amarilla no fueron identificadas. De acuerdo a su distribución relativa entre transectos costeros y pelágicos, se estimó la proporción de cada especie en ambos hábitats (tabla 14).

Tabla 14. Proporciones de tortugas prietas y golfinas en transectos costeros y pelágicos.

Proporción transectos costeros	
Prieta ($\hat{P}_{cm_costera}$)	0.96
Golfina ($\hat{P}_{lo_costera}$)	0.04
Proporción transectos pelágicos	
Prieta ($\hat{P}_{cm_pelagic}$)	0.47
Golfina ($\hat{P}_{lo_pelagic}$)	0.53

d) Factores que influyen la densidad de tortugas marinas.

Para identificar los factores que podrían influir a la densidad de tortugas en el PNBL se aplicaron varios modelos de regresión lineal múltiple buscando cual explicara mejor esta relación con diferentes factores cuantitativos (Temperatura superficial del mar, clorofila-a, batimetría y Beaufort) y cualitativos (zona de transecto) del área de estudio, en los 17 meses de muestreo de noviembre de 2007 a junio de 2010. Los datos fueron estandarizados mediante z (Valor z = (x –Media) / Desviación Estándar) y los resultados se muestran en el anexo tabla II.

En el primer modelo se tomo en cuenta los factores oceanográficos solamente y se obtuvo una $R^2 = 0.51$, la cual no ayuda a explicar efectivamente la varianza en el modelo. En el siguiente modelo además de las oceanográficas se agregó al análisis la variable cualitativa “zona de transecto” (0 = pelágico, 1 = costero) para ver si aumentaba el nivel de significancia, con la que se obtuvo una $R^2 = 0.72$ ($p < 0.006$; $F(4,10) = 6.68$; tabla 15), con la que se podía explicar mejor la varianza con su gráfica de regresión lineal (Fig. 12).

Tabla 15. Resumen de la regresión múltiple de la variable dependiente densidad de tortugas por transecto.

Variables independientes	β	t(10)	p	% de la varianza explicada en el modelo
Intercepto	-0.647886	-2.97759	0.013865	
Zona transecto	1.619715	4.37412	0.001390	74.90
Beaufort	0.550320	2.45642	0.033883	6.60
Clorofila-a	0.411198	1.91199	0.084925	8.98
Temperatura	0.309723	1.59466	0.141873	9.51
% total de la varianza explicada				0.72

El modelo de regresión lineal múltiple tuvo una correlación de 0.7277 y un $p < 0.05$. Las variables estuvieron relacionadas significativamente influyendo de manera positiva en la densidad de tortugas (esto indicado por el signo de β) la zona de transecto explica el 74.90 % de la variabilidad, la temperatura superficial del mar el 9.51 %, la clorofila-a el 8.98 % y el nivel de Beaufort el 6.6 %.

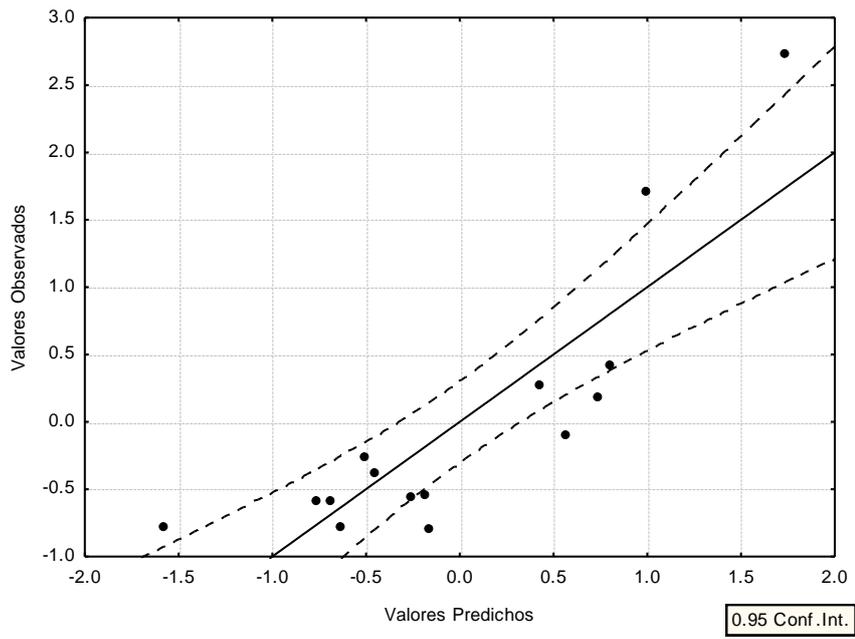


Figura. 12. Relación gráfica entre las variables observadas y predichas del modelo final de correlación lineal múltiple.

5.2. Parte II. Estimación de abundancia total de tortugas en el PNBL.

e) Ajuste de la función de detección.

En el orden de encontrar la mejor función de detección para las tortugas marinas en el PNBL y así calcular la densidad por transectos pelágicos y costeros en temporada fría y caliente, se analizó la información en el programa DISTANCE 5.0.

Se utilizaron tres métodos analíticos: análisis convencional en muestreos de distancias (CDS) con los datos agrupados; CDS con los datos estratificados por zona de transecto (costero y pelágico); y el muestreo de distancias con múltiples covariables (MCDS). Se seleccionó el modelo de ajuste que presentó el menor valor de ΔAIC . En la tabla 16 se muestran los resultados del ajuste de los diferentes modelos para encontrar la mejor función de detección en los censos realizados en el PNBL. Donde (0) indica que no fueron necesarios términos de ajuste según el análisis de DISTANCE; las covariables para el modelo MCDS incluye el nivel de Beaufort (0, 1, 2, 3), observador izquierdo y derecho (1, 2 respectivamente) y calidad de la visibilidad clasificada como excelente, buena, pobre y nada (4, 3, 2, 1 respectivamente) Estos son los resultados de las pruebas de los diferentes modelos que se corrieron en el programa y se exponen de acuerdo a los tres procesos analíticos que se usaron. Se analizaron los datos con las tres funciones claves: Uniforme, Medio-normal y exponencial negativo. Los términos de ajuste usados fueron Coseno y Polinomial simple. Cabe mencionar que el análisis MCDS solo permite el uso del término de ajuste Polinomial simple.

El modelo que se presentó como la mejor opción fue exponencial negativo (Hazard rate) sin términos de ajuste de los datos agrupados (resaltado en negrita). Según los resultados no fue necesaria la inclusión de estratificación o covariables en los datos ya que el mejor ajuste de la función de detección se presentó con los datos agrupados, lo que indica que no hubo diferencias significativas por las covariables. Para este modelo seleccionado se muestra su histograma de frecuencias de distancias a partir de los 54 m.

Tabla 16. Resultados del ajuste de los diferentes modelos para encontrar la mejor función de detección en los censos realizados en el PNBL.

Funciones clave	Término de ajuste	Covariables	Número de parámetros	ΔAIC
CDS $f(0)$ datos agrupados				
Uniforme	Coseno	-	3	9500.5
Medio-normal	Coseno	-	2	9496.5
Exponencial negativo	Coseno (0)	-	2	9492.3
	Polinomial simple (0)			
CDS $f(0)$ por estrato (zona pelágica y costera)				
Medio-normal	Coseno	-	4	9497.6
Exponencial negativo	Coseno (0)	-	4	9493.2
	Polinomial simple (0)			
MCDS $f(0)$				
Exponencial negativo	Coseno (0) Polinomial simple (0)	- Beaufort	6	9497.3
Exponencial negativo	Coseno (0) Polinomial simple (0)	- Observador	3	9494.5
Exponencial negativo	Coseno (0) Polinomial simple (0)	- Visibilidad izquierda	4	9496.9
Exponencial negativo	Coseno (0) Polinomial simple (0)	- Visibilidad derecha	4	9496.9
Exponencial negativo	Coseno (0) Polinomial simple (0)	- Beaufort - Observador	7	9500.0
Exponencial negativo	Coseno (0) Polinomial simple (0)	- Beaufort - Observer - Visibilidad derecha	9	9503.7
Exponencial negativo	Coseno (0) Polinomial simple (0)	- Beaufort - Observador - Visibilidad izquierda	9	9503.8
Exponencial negativo	Coseno (0) Polinomial simple (0)	- Beaufort - Observer - Visibilidad izquierda - Visibilidad derecha	11	9507.9

En la Figura 13 y en la Tabla 17 se muestran los resultados de la función de detección de los avistamientos de tortugas obtenidos en los censos aéreos. El ancho

efectivo de transecto eliminando los 54 m fue de 245.10 m. Para el análisis se considero que $f(0)$, valor de la función de probabilidad de densidad en cero (m^{-1}) para transectos lineales; p , la probabilidad de observar un objeto en el área definida, ESW, ancho de banda efectivo (m) ($ESW = W * p$, donde W =ancho efectivo del transecto lineal (245.10 m); g.l., grados de libertad; IC intervalo de confianza al 95%.

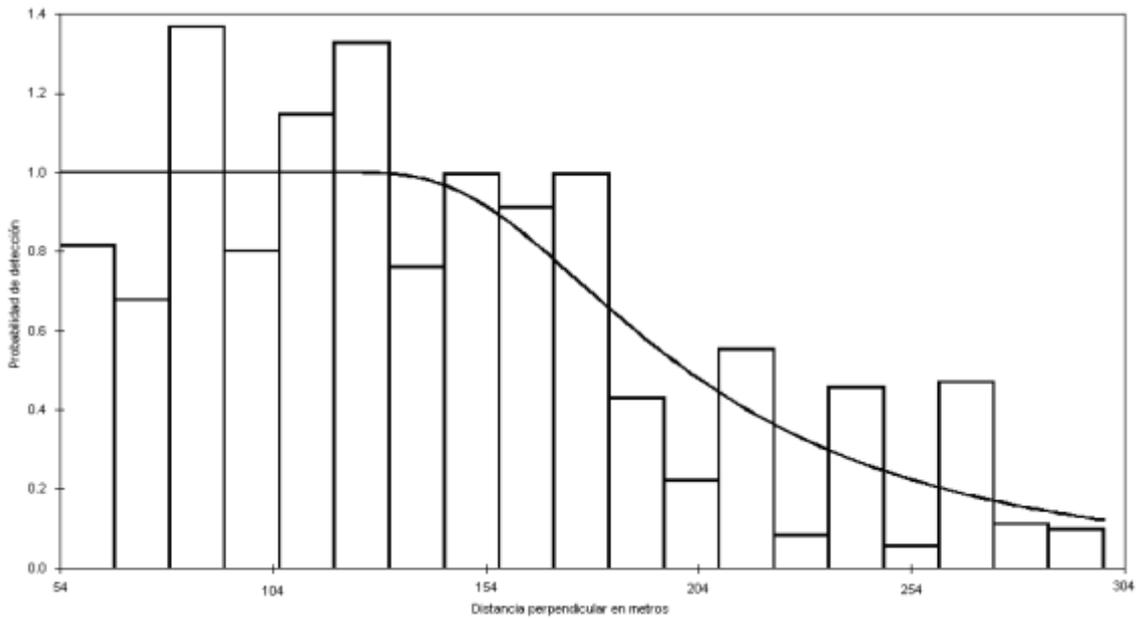


Figura 13. Distribución de frecuencias de distancias perpendiculares de avistamientos de tortugas marinas en el PNBL a partir de los 54 m. La curva continua representa la función de probabilidad de detección basado en el ajuste del modelo de exponencial negativo (Hazard rate).

Tabla 17. Valores de la probabilidad de detección obtenida en el programa DISTANCE 5.0 de los avistamientos de tortugas durante los vuelos.

	Estimación	% CV	g.l.	95 % IC
$f(0)$	0.00631	2.93	886.00	0.00596 - 0.00669
p	0.64583	2.93	886.00	0.60973 - 0.68406
ESW	158.29	2.93	886.00	149.45 - 167.67

De manera general según el resultado obtenido en DISTANCE de acuerdo al método exponencial negativo (Hazard rate) que tuvo mejor ajuste, el valor de densidad (tortugas/ km^2) calculado para las tortugas marinas en el PNBL es de 0.506 (95% con un intervalo de confianza 0.420 - 0.609). En la tabla 18 se muestran los resultados del análisis de los datos agrupados, por temporada (fría y caliente) y por zona de transecto. Los valores fueron obtenidos realizando 1000 repeticiones (bootstraps); D densidad (numero de tortugas observadas por kilómetro cuadrado); % C.V. porcentaje

del coeficiente de variación; g.l. grados de libertad; 95% I.C intervalo de confianza (95%).

Tabla 18. Valores de densidad, abundancia y estadísticos relacionados con el análisis realizado en DISTANCE 5.0 de manera general (agrupados), por temporada fría y caliente en transectos costeros y pelágicos.

Datos	Parámetro	Estimación	% C.V.	g.l.	95% IC (min-max)
Agrupados	D	0.506	9.38	196.79	0.420-0.609
Temporada fría					
Transectos costeros	D	0.377	21.65	99.19	0.247-0.576
Transectos pelágicos	D	0.156	16.59	132.21	0.114-0.219
Temporada caliente					
Transectos costeros	D	0.227	22.89	95.59	0.145-0.356
Transectos pelágicos	D	0.176	19.44	117.86	0.120-0.258

- Análisis de abundancia relativa de tortugas prieta y golfina en el PNBL.

Seleccionado el mejor método de ajuste de la probabilidad de detección (exponencial negativo sin términos de ajuste de los datos agrupados; Tabla 6), del análisis en DISTANCE 5.0, se usaron los valores de densidad ($D_{DISTANCE}$; Tabla 8) por temporadas y por transectos costeros y pelágicos para calcular la abundancia relativa (Nr) por temporada y por zonas de transecto de tortugas prietas y golfinas de acuerdo a la proporción observada en este trabajo en el PNBL (ver resultados tabla 9).

f) Proporción de tiempo de buceo de tortugas prietas y golfinas.

Entre la información publicada sobre patrones de buceo de tortugas marinas prieta y golfina, se seleccionó aquellas publicaciones que se encontraba más cerca del PNBL. De acuerdo al estudio realizado en Bahía de Los Ángeles por Seminoff *et al.* (2005) se utilizó el valor calculado de 5.87% ($s_{cm} = 0.0587$) sobre el tiempo que pasaron 4 tortugas prietas en actividad de superficie durante el día (0500-1859 h) para poder obtener una abundancia total en este estudio.

Para el caso de golfina, se uso el dato de la investigación realizada por Eguchi *et al.* (2007) en el Pacífico Oriental tropical donde se tiene que un 40% ($s_{io} = 0.4$) del tiempo tienen actividad de superficie las tortugas.

g) Análisis de abundancia corregida y total de tortuga prieta y golfina en el PNBL.

Para obtener la abundancia corregida (N_c) por tiempo que pasan en superficie las tortugas prietas y golfinas en el PNBL por temporadas y zona de transecto se calculó de la siguiente manera:

$$N_{c_{ito}} = \frac{Nr_{c_{itc}}}{s_{c_{ito}}}$$

Donde Nr es la abundancia relativa de tortuga prieta (Nr_{cm}) y golfinas (Nr_{lo}); s es la proporción de tiempo de buceo de tortugas prietas (s_{cm}) y golfinas (s_{lo}) (ver apartado h).

Además para tener una estimación de toda el área dentro del polígono del Parque, se tomó en cuenta el área marina pelágica no censada (1576.31 km²) para obtener un estimado de abundancia total para toda el área marina del PNBL. El resumen de los resultados se muestra en la tabla 19. Cada valor se muestra con su intervalo de confianza al 95%. La abundancia relativa (Nr) se obtiene a partir de $Nr = \frac{D_{DISTANCE} \cdot \hat{p}}{A}$, donde $D_{DISTANCE}$ es la densidad obtenida en el análisis del programa DISTANCE 5.0, \hat{p} es la proporción de tortuga prieta (cm) y golfinas (lo), A es el área de transectos costeros ($A_c=169.008$ km²) y pelágicos ($A_p=93.2568$ km²). Área pelágica no censada = 1,576.31 km². La abundancia corregida (N_c) se obtiene de Nr/s ; donde Nr es la abundancia relativa por especie y s es el factor de corrección del tiempo que están en superficie las tortugas prietas ($s_{cm}=0.0587$) y golfinas ($s_{lo}=0.4$)

Se calculó un total de 6136 (4147 - 9126 IC 95%) de tortugas prietas y 733 (487 - 1087) tortugas golfinas en el PNBL en el tiempo muestreado y 6869 (4634 - 10123) de tortugas en general.

Tabla 19. Resumen de los cálculos realizados para obtener la abundancia relativa, abundancia corregida por tiempo en superficie de tortugas prieta y golfina, y abundancia final por especie y de tortugas en general por transectos costeros y pelágicos en temporada fría y caliente en el PNBL.

Transectos	Temporada	Densidad obtenida en DISTANCE ($D_{DISTANCE}$) (tortugas/km ²)	Tortuga prieta			Tortuga golfina		
			Proporción de la densidad de DISTANCE (\hat{P}_{cm})	Abundancia relativa (Nr_{cm}) (Número de tortugas)	Abundancia corregida por tiempo en superficie (Nc) (Número de tortugas)	Proporción de la densidad de DISTANCE (\hat{P}_{lo})	Abundancia relativa (Nr_{lo}) (Número de tortugas)	Abundancia corregida con tiempo en superficie (Nc) (Número de tortugas)
Costeros	Fría	0.377 (0.247-0.576)	0.36 (0.24-0.56)	62 (40-94)	1048 (687-1601)	0.013 (0.009-0.020)	2 (1-3)	5 (4-8)
	Caliente	0.231 (0.159-0.377)	0.22 (0.15-0.33)	38 (26-55)	642 (442-937)	0.008 (0.005-0.012)	1 (1-2)	3 (2-5)
Pelágicos	Fría	0.158 (0.114-0.219)	0.07 (0.05-0.10)	7 (5-10)	119 (86-165)	0.083 (0.060-0.115)	8 (6-11)	19 (14-27)
	Caliente	0.172 (0.11-0.27)	0.08 (0.05-0.13)	8 (5-12)	129 (83-203)	0.091 (0.058-0.142)	8 (5-13)	21 (13-33)
Pelágico no censado	Fría				2010 (1450-2786)			328 (236-454)
	Caliente				2188 (1399-3434)			357 (228-560)
Total por especie					6136 (4147-9126)			733 (487-1087)
Total de tortugas								6869 (4634-10213)

6. Discusión.

Este estudio representa la primera estimación de la distribución y abundancia de tortugas marinas en el Parque Nacional Bahía de Loreto (PNBL) y su traslape con actividades antrópicas.

Se generaron datos de densidad de tortugas en general, su distribución en espacio y tiempo, y la abundancia relativa y total de la tortuga prieta y golfina por temporada fría y caliente entre Noviembre de 2007 hasta Junio de 2010. En el tiempo que duró este estudio se recorrieron más de 7621 km lineales en los 17 muestreos, cubriendo un área censada de 4268 km².

6.1. Identificación de tortugas marinas.

La identificación de las tortugas marinas en censos aéreos depende de una variedad de características morfológicas que deben ser detectadas por los observadores, como la coloración, la forma del caparazón y proporciones del cuerpo (cabeza, tamaño de las aletas y forma; Godman y Belskies, 2012). El bajo porcentaje de identificación específica de tortugas en este estudio entre golfina y prieta es debido a que estas dos especies se pueden confundir fácilmente desde el aire (Fritts *et al*, 1982).

En el presente estudio no se identificaron individuos de tortuga Carey y amarilla. Henwood y Epperly (2000) mencionaron que la identificación entre estas especies puede ser más fácil por la coloración del caparazón que por su silueta. Corner y Nichols (2007) señalan que el área de Loreto era una zona abundante de Carey. Habitantes de Loreto que acostumbran pescar desde el malecón mencionan que: “comienzan a observarse Careyes inclusive en las rocas de la marina del malecón que hasta se pueden agarrar con la piola” (com. Pers., Febrero 2012). Sobre la tortuga amarilla en el PNBL Castillo-Murillo y Braulio (2002) mencionaron que siempre han sido raras sus observaciones. Contrario a los resultados en el presente trabajo que no se obtuvo ningún registro confirmado de ellas.

En este estudio, se identificó como tortugas prietas un mayor porcentaje, principalmente en las costas. Esta especie se relaciona principalmente a las costas por sus preferencias alimenticias de algas bentónicas y pastos marinos (Seminoff *et al.*, 2002; Nichols, 2003). Seminoff *et al.* (2007a) mediante censos aéreos realizados en 2005 encontró en el PNBL, un patrón similar con concentraciones importantes (*hots pots*) de tortugas prietas cerca de las islas.

En lo referente a la tortuga golfinia en el PNBL se observaron en bajas densidades en zonas alejadas de las costas principalmente en los transectos pelágicos. Concordando con Nichols (2003), que en áreas de alimentación de tortuga prieta, como Bahía de los Ángeles, es poco frecuente observar golfinas. Contrario a lo reportado en zonas cercanas a sus playas de anidación, como en la parte sur de Sinaloa, Michoacán, Guerrero y Oaxaca (Márquez, 2002). En las playas aledañas al PNBL se han tenido registros de anidaciones de tortugas golfinas en muy bajas densidades (Oceguera, 2008). Se presentan mas anidaciones en la región del Cabo en playas secundarias de anidación para golfinia (Seminoff 1994; López-Castro *et al* 2004; Gonzáles-Payan, 2008).

El único avistamiento que se obtuvo de tortuga laúd fue en diciembre de 2008 en un transecto pelágico. Al ser una especie oceánica, solo se aproxima a la costa durante la temporada de anidación o buscando alimento (Márquez, 2002). Su anidación en Baja California Sur es de octubre a marzo y se presenta en muy baja densidad, desde Agua Blanca en Todos Santos hasta San José de Cabo (Gonzáles-Payán, 2008). En el PNBL o al norte, no se tienen registros de anidación, asociándose su observación en el área a la búsqueda de alimento (Corner y Nichols, 2007). Esta especie es fácil de identificar por el tamaño, coloración y la forma alargada del caparazón (Marsh y Saalfeld, 1989, Epperly *et al.*, 1995b).

6.2. Distribución y densidad espacial de tortugas marinas en el PNBL.

Los resultados de densidad espacial nos indican que en temporada cálida el hot spots de tortugas es en la isla Coronados y se distribuyen en menor cantidad en el resto del parque y en temporada fría los hot spots están relacionados a todas las islas. El resultado de temporada cálida concuerda con lo reportado por Seminoff *et al.* (2007a) en el PNBL con censos aéreos en 2005 para identificar la distribución de la tortuga prieta, una de sus áreas de mayor abundancia fue en isla Coronados. En Isla Coronados la zona de mayor densidad concuerda con el área de protección manglar de los Petates. La distribución costera de las tortugas se observó asociada a todas las zonas de uso restringido I y algunas zonas de protección terrestre, por ejemplo la isla Catalana se encuentra en su totalidad bajo este estatus y fue donde se registraron elevados valores de densidad de tortugas.

La distribución de las tortugas marinas se observó más relacionada a los transectos costeros de las islas. Según nuestros cálculos de proporción de especies

las tortugas prietas se encuentran más relacionadas a las costas y la golfinia a las zonas pelágicas, esto puede estar relacionado a preferencias alimenticias y de hábitat para cada especie en el área (Seminoff *et al* 2002; Nichols, 2003; Corner y Nichols 2007).

La dieta de la tortuga prieta varía de acuerdo a la disponibilidad de alimento. En Bahía de Los Ángeles en el estudio realizado por Seminoff *et al* (2002) encontró que se alimenta principalmente de algas (*Codium spp.*, *Chaetomorpha antennina*, *Ulva lactuca*, *Enteromorpha acanthophora*, *Sargassum spp.*, *Ishige sinicola*, *Dictyota flabellata*, *Sphorochnus bolleanus*, *Gracilaria spnigera* *Lithophyllum sp.*, *Gelidium johnstonii*, *Gigartina spp.*, *Eucema uncinatum*, *Halymenia refugiensis*, *Laurencia johnstonii*) y otros invertebrados menores. De acuerdo al inventario realizado por Mazariegos-Villareal (2010) en el PNBL, reportó que en el Parque se presenta la mayor diversidad de algas en el Golfo de California, incluyendo las que se encuentran en Bahía de los Ángeles, en el Parque se pueden observar relacionadas a los arrecifes rocosos de las costas e islas, y algunas tienen permanencia todo el año. Se puede esperar que la tortuga prieta pueda encontrar disponibilidad de alimento en todo el año en el PNBL por lo que no necesita migrar a otras zonas de alimentación.

La distribución de la tortuga golfinia en el PNBL fue observada principalmente en las zonas pelágicas. En el caso de las observadas en los transectos costeros, se relacionó a zonas donde la profundidad se hace mayor abruptamente. Concordando con la descripción de la golfinia, considerada como un organismo generalista principalmente carnívora (McMahon *et al.*, 2007) relacionada a las zonas pelágicas (Bjorndal, 1997).

6.3. Factores que afectan la densidad de tortugas en el PNBL por temporadas y zona de transecto.

Los resultados obtenidos en este estudio son estimaciones válidas para comparación con otros estudios de censos aéreos de tortugas marinas. La metodología se consideró eficiente y precisa, se cumplieron los tres supuestos del método y fueron minimizadas las principales fuentes de variabilidad (percepción y disponibilidad; Buckland *et al.*, 2001). Los supuestos mencionan que 1) los objetos en la línea son detectados con certeza (en nuestro caso después de los 54 m), 2) los objetos son detectados en su posición inicial y 3) la toma de medida del ángulo de avistamiento es exacto, (Buckland *et al.*, 2001). En cuanto a la percepción, se

minimizó su efecto en lo posible, y se vio reflejado en el modelo seleccionado de la función de detección (hazard rate; tabla 6) en donde la inclusión de covariables (Beaufort, observador izquierdo y derecho y calidad de visibilidad) no fue necesaria para obtener el mejor modelo de ajuste de la probabilidad de detección, debido a que no se realizaron los vuelos cuando el Beaufort era mayor a 3, condiciones de viento fuerte y si se tenía el sol de frente esa parte del transecto se eliminó del análisis. Para corregir el efecto de disponibilidad, se usaron datos de la fracción del tiempo que pasan las tortugas en superficie.

La metodología de censos aéreos en este trabajo puede ser mas precisa si en la toma de datos se implementan 4 observadores para poder validar lo observado (marca-recaptura; Fritts *et al.*, 1982; Bayliss, 1986; Marsh y Sinclair, 1989; Marsh y Saalfeld, 1989; Shoop y Kenney, 1992) y se utiliza una avioneta especializada en censos aéreos (Marsh y Sinclair, 1989). En México no existen aviones de este tipo, además para la realización del estudio los fondos fueron limitados. Los intervalos de confianza son mayores por presentar dos observadores y por el tipo de avioneta utilizada.

Los valores de densidad de tortugas en general observado en este estudio (tabla 18) en transectos costeros y temporada fría fue de 0.377 tortugas/km², es mayor a lo reportado por Epperly *et al.* (1995b; tabla 20) en la zona costera y temporada fría en Carolina del Norte, reportó una densidad 0.176 tortugas/km², cabe mencionar que la mayor proporción de tortugas en esa zona es la amarilla y al ser de hábitats pelágicos era de esperarse que su densidad fuera menor porque se realizaron los censos en zonas costeras. En PNBL la especie dominante es la prieta dado sus hábitos alimenticios costeros. En temporada caliente en la zona costera Epperly *et al.* (1995a) reportaron que la densidad de tortugas es de 0.37 tortugas/km², fue mayor que la observada en invierno debido a que la tortuga amarilla utiliza playas del área para anidar además de ser zona de reproducción. En nuestro estudio se obtuvo una densidad menor con 0.231 tortugas/km², probablemente relacionado a que en los meses fríos es común la observación de individuos tomando el sol (Márquez, 2002), este tema se discute mas adelante.

Los estudios de censos aéreos dirigidos específicamente a tortuga prieta no existen en otras regiones y si han sido reportadas es en un componente muy bajo entre las especies observadas en zonas costeras como Epperly *et al.* (1995a y 1995b) en Carolina del Norte o en zonas costeras-pelágicas por Marsh y Sinclair (1989) en

Australia. La mayoría se han enfocado principalmente en uso de hábitats de la tortuga amarilla, por lo que para motivos de comparación en este estudio no es adecuado. En el PNBL se tiene como referencia únicamente el estudio realizado por Seminoff *et al.* (2007a) con censos aéreos en meses cálidos y solo menciona que se observaron zonas de hot spots de tortugas relacionados a las costas de las islas, lo cual concuerda con lo observado en este estudio.

En la investigación realizada por Marsh y Sinclair (1989) en Australia en el mes de Junio de 1985 (mes cálido), reportaron que la mayoría de las tortugas observadas fueron prietas relacionadas principalmente a las zonas rocosas de baja profundidad en áreas pelágicas de 0.29 tortugas/km², en el PNBL no se censaron zonas rocosas de baja profundidad en zonas pelágicas por lo que la densidad de tortuga prieta es varios ordenes de magnitud menor (0.08 tortugas/km²) que lo observado en Australia.

En la tabla 20 los resultados de Marsh y Saalfeld (1989) no muestran corrección por tipo especie de tortuga observada, solo se hace referencia a las que se observaron principalmente y su análisis de densidad es mediante el método descrito por Jolly (1969) sobre censos aéreos; Epperly *et al.* (1995a y 1995b) usó una versión previa al Programa DISTANCE (TRANSECT-Laake, 1979). Se hace referencia a la tabla de Gómez de Segura *et al.* (2006).

Tabla 20. Comparación de resultados del presente estudio con otros realizados con similar metodología.

Area de estudio	Tipo transecto	Zona marina	Especies	Temporadas (meses-años)	Densidad (tortugas /km ² , IC 95%)	Coefficiente de Variación	Error Estándar	Referencia	
Australia	De banda (4 observadores)	Costera pelágica	y	Principalmente prieta	Cálida (Junio-1985)	0.29	-	-	Marsh y Sinclair, 1989
Carolina del Norte, USA	Lineal	Costera		Principalmente amarilla	Meses cálidos (Mayo 1989 a Noviembre 1991)	0-0.37 ^a	-	0.5-11.6	Epperly <i>et al.</i> 1995a
Carolina del Norte, USA	Lineal	Costera		Principalmente amarilla	Meses fríos (Noviembre 1991 a Marzo 1992)	0-0.176 ^b	-	0.9-8.5	Epperly <i>et al.</i> 1995b
Golfo de México	Banda	Costera pelágica	y	Amarilla y kempi		0-0.525	-	-	McDaniel <i>et al.</i> 2000
Mediterráneo español	Lineal	Costera pelágica	y	Amarilla	Primavera (Junio 2000), verano (Julio 2000), invierno (Febrero 2001) y Primavera (Julio 2001)	0.18-0.63	0.11-0.30	0.03-0.14	Gómez de Segura <i>et al.</i> , 2003
Mediterráneo español	Lineal	Costera pelágica	y	Amarilla	Cuatro temporadas (Mayo 2001-Marzo 2003)	0.15-0.43	0.09-0.35	0.01-0.07	Gómez de Segura <i>et al.</i> , 2006
Parque Nacional Bahía de Loreto	Lineal	Costera pelágica	y	Principalmente prieta	Fría (Noviembre a abril) Caliente (mayo a octubre) entre Noviembre 2007 a Junio 2010	0.377 0.156 0.277 0.176	0.21 0.16 0.22 0.19	0.06 0.03 0.05 0.03	Presente trabajo

^a el 15% de las tortugas correspondió a tortuga prieta. ^b el 2% de las tortugas correspondió a tortuga prieta.

En la investigación realizada por Marsh y Sinclair (1989) en Australia en el mes de Junio de 1985 (mes cálido), reportaron que la mayoría de las tortugas observadas fueron prietas relacionadas principalmente a las zonas rocosas de baja profundidad en áreas pelágicas de 0.29 tortugas/km², en el PNBL no se censaron zonas rocosas de baja profundidad en zonas pelágicas por lo que la densidad de tortuga prieta es varios ordenes de magnitud menor (0.08 tortugas/km²) que lo observado en Australia.

En nuestro estudio, se observó que la tortuga prieta es la especie dominante y el valor de densidad es mayor en temporada fría. No hay una explicación contundente para este resultado. Una hipótesis es la migración por reproducción que una parte de los individuos adultos de tortugas prietas realizan en promedio cada 2-3 años (Márquez, 2002) y en talla de reproducción (Largo Curvo Carapacho ≥ 77.3 cm.; Alvarado y Figueroa, 1990) comienzan a migrar en temporada cálida (agosto) desde el PNBL hacia las áreas de apareamiento y anidación, principalmente hacia Michoacán (Márquez, 2002; Raygadas, 2008), y en diciembre–enero regresan a sus zonas de alimentación como el PNBL. Aunque según datos no publicados de Grupo Tortuguero A.C. mencionan que desde 2009 los monitoreos de captura con redes (com. Pers. 2012), el componente en el PNBL de adultos es del 10%. De acuerdo a esta información queda descartada la posibilidad de migración de adultos a zonas de reproducción y anidación para explicar la densidad menor en temporada cálida, ya que la gran mayoría de las tortugas presentes en el PNBL son organismos jóvenes y sub-adultos (90%) que todavía no tienen la talla para entrar en etapa de reproducción, lo que indica que gran parte de ellos se quedan en el área del PNBL como residentes todo el año.

En el análisis de correlación las variables de temperatura, clorofila-a y Beaufort influyeron de manera positiva en la densidad espacial observada de tortugas, la variable que explicó mejor la densidad de las tortugas marinas en el PNBL fue la zona de transecto (costero o pelágico) pues aporta el 74.90 % de la variabilidad. Como ya se mencionó con anterioridad, en el PNBL la tortuga prieta se observó relacionada a las costas de las islas y Loreto y la golfina a las zonas pelágicas, de acuerdo a las zonas donde normalmente se desarrollan, alimentan y descansan (Seminoff, 2000; Nichols, 2003).

La temperatura superficial del agua en el análisis de correlación presentó un efecto positivo en la densidad de las tortugas marinas, explicando el 9.5% de la variabilidad. En el PNBL se observó que la densidad de tortugas fue mayor en los meses fríos donde se registraron temperaturas entre los 17° y 23.5°C. Se sabe que la temperatura está estrechamente vinculada con la distribución, biología y comportamiento de las tortugas marinas por ser organismos ectotérmicos, es decir que adquieren la temperatura del medio que los rodea para llevar a cabo sus actividades como moverse de un lugar a otro y digerir sus alimentos si se mantienen en un rango de 10° a 37.5° C (Spotila *et al.* 1997). Schwartz (1978) menciona que el estar fuera de este rango de temperaturas puede ocasionar la muerte en las tortugas amarilla, prieta y golfina. En Grecia se observó que la tortuga amarilla realiza migraciones hacia aguas más cálidas cuando la temperatura está por debajo de los 15°C (Hochscheidetal *et al.* 2005). Se propone que las tortugas observadas en los meses fríos no migran, ya que las temperaturas registradas en el PNBL no afectan sus actividades de movimiento, alimentación o que les pueda causar la muerte.

En los meses fríos las tortugas suelen estar más tiempo en la superficie para poder calentarse con el sol y obtener la energía necesaria para realizar sus actividades diarias (Márquez, 2002) y así evitar la estrategia de hibernación (Hochscheidetal *et al.*, 2005). Seminoff *et al.* (2007b) observaron que la tortuga prieta se vuelve menos activa en los meses de temporada fría principalmente de diciembre a marzo y es común observarlas en la superficie mientras toman el calor del sol. Este comportamiento ha sido observado también en la tortuga golfina (Márquez, 2002). Felger (1976) reportó que en Canal del Infiernillo en el Golfo de California las tortugas prietas algunas veces hacen la hibernación en el suelo marino. En estudios más recientes Ogren y McVea (1995) y Hochscheidetal *et al.* (2005) mencionaron que solo una parte de la población de tortugas realiza la estrategia de hibernación cuando el agua se encuentra por debajo de los 15° C y que otras emigran hacia aguas más cálidas o que el tiempo de permanecer en superficie es mayor en horas del día. Hochscheidetal y colaboradores (2005) observaron en los mares de Grecia que muchas veces la estrategia usada por las tortugas amarillas es “sentarse y esperar” (*sit-and-wait*) en el fondo marino, lo que les permite tener intervalos de reducción del metabolismo para no tener que hacer la hibernación y entrar en un proceso anaeróbico. En el PNBL en el tiempo muestreado no se registraron temperaturas menores de 17° C por lo que se puede descartar que las tortugas realicen la estrategia de

hibernación y pasan mas tiempo en la superficie tomando el calor del sol. La falta de estudios de buceo sobre el tiempo que pasan las tortugas prietas y golfinas en superficie en los meses fríos podría ayudar a entender el resultado obtenido en el PNBL de observar mayor densidad en los meses fríos. De acuerdo a la literatura revisada sobre las tendencias de las tortugas a permanecer más tiempo en superficie en temporada fría, se podría esperar que las tortugas pasen más tiempo en la superficie que buceando en los meses fríos. Se necesitaría realizar el estudio de buceo en temporada fría y caliente con la tortuga prieta y golfinas en el PNBL para comprobar esta tendencia.

En cuanto a clorofila-a (clo-a) en este estudio se demostró que tiene un efecto positivo en la densidad de tortugas en el PNBL con un aporte a la variabilidad de 9%. Este factor podría influir en los valores más altos de densidad de tortugas registrado en los meses frío (0.7 – 2.5 mg m⁻³). Se ha observado que este factor puede influir en la migración de las tortugas prietas y golfinas. Seminoff *et al.* (2008) mencionaron que en las islas Galápagos en zonas neríticas las tortugas prietas se encuentran en valores promedio de clorofila de 0.47 mg m⁻³, aunque la preferencia por ciertos valores de clorofila se observó en las zonas pelágicas cuando realiza la migración post-anidación desde las Galápagos a Centroamérica. Aparentemente la clorofila es una variable que influye más en los movimientos en la tortuga prieta en aguas oceánicas relacionado a alimentarse de presas flotantes. En otros estudios con la tortuga amarilla, Polovina, *et al.* (2001) y Polovina *et al.* (2004) con amarilla y golfinas, observaron algo similar sobre la migración de las tortugas de estar preferentemente asociadas en zonas de clorofila en la llamada frente de transición de clorofila del Pacífico. Todas estas investigaciones concuerdan el que las tortugas se asocian a esta variable por la disponibilidad de alimento que pueden encontrar, probablemente sea la misma situación con las tortugas prieta y golfinas en el PNBL, sobre todo en temporada fría cuando las concentraciones de clorofila mostraron ser valores mas elevados, aunque de igual manera que con la SST, se necesitan realizar mas estudios en mayor tiempo para observar como es esta relación en temporada fría y caliente con las tortugas marinas.

En cuanto la variable nivel de Beaufort, en ningún otro trabajo se ha observado la relación de esta variable con la distribución y densidad de tortugas marinas. Su porcentaje que aporta a la variabilidad si bien es significativo fue el mas bajo (6.6%), por lo que el

efecto del oleaje no tiene gran relevancia en su distribución y densidad espacial. Su relación con mayores densidades de tortugas en temporada fría no es muy clara ya que el valor promedio de Beaufort en la dos temporadas es muy similar (1.47 en fría y 1.64 en caliente). Es una variable que se toma en cuenta en la realización de los censos aéreos en función de la mejor detección posible de las tortugas marinas (Marsh, 1990), donde los óptimos valores para observar tortugas es en Beaufort menor a 3, en valores mas altos el oleaje obstruye la observación de las tortugas en el agua y la probabilidad de detección disminuye. En nuestros censos cuando se observó un nivel arriba de 3 se canceló el transecto e inclusive el vuelo.

6.4. Traslape de tortugas marinas con actividades humanas.

El presente trabajo de investigación es una referencia que contribuye a identificar zonas de potencial riesgo que se merecen la atención de las autoridades para la vigilancia y posibles cambios en la zonación del PNBL. Según la zonación del PNBL los transectos costeros se realizaron en la Zona de Uso Restringido (ZUR) I y II, que va de los primeros 300 metros de la costa hacia el interior del mar de las islas y de la costa de Loreto respectivamente. Los transectos pelágicos se realizaron en su totalidad en la Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales (ZASRN), la cual ocupa la mayor extensión del Parque ya que incluye las zonas pelágicas y bentónicas no consideradas como de protección y uso restringido (ver Anexo 2. Fig. 1; CONANP, 2000).

Las áreas mas grandes de traslape se observaron en los meses fríos, principalmente con las actividades de pesca comercial en isla Coronados, Carmen y Catalana, esto concuerda ya que las actividades de pesca comercial se realizan principalmente en los meses fríos (Gutiérrez-Barreras, 2001). Es importante mencionar que algunas zonas de traslape en las islas antes mencionadas son con redes, los principales problemas de la pesca comercial en el PNBL en relación con las tortugas marinas son la pesca ilegal e incidental que ocurre con este arte de pesca (Corner y Nichols, 2007). En Loreto se considera una practica común el consumo de tortugas marinas (Mancini, y Koch, 2009). Algunos investigadores coinciden que en otras regiones del estado el consumo ilegal sigue siendo la causa principal de mortalidad de tortugas marinas (Gardner y Nichols, 2001; Koch *et al.*, 2006; Mancini y Koch, 2009).

El uso ilegal de redes, falta de dispositivos excluidores de tortugas (TED, por sus siglas en inglés) y barcos pesqueros camaroneros de arrastre en el Parque son actividades que se relacionan con la pesca incidental. De acuerdo a la zonificación del Parque el uso de redes y transito de barcos camaroneros esta prohibida en la ZUR I y II. En nuestro estudio se observaron dos barcos camaroneros en el transecto de la costa de Loreto en el mes de noviembre de 2007, éste mes fue uno en los que se observó mayor cantidad de tortugas (94 avistamientos). En este tipo de pesca a pesar de que va dirigida a determinadas especies, la realidad es que de manera incidental son capturadas muchas otras, entre ellas tortugas que mueren ahogadas (Oravetz, 2000). Con la implementación efectiva de los TED´s se podría reducir en gran medida este problema como ha ocurrido, por ejemplo, en el Golfo de México y Norte de Australia con la pesquería del langostino (Cox *et al.*, 2007) y aun con la vigilancia de estos es sabido que algunos operadores no utilizan la herramienta como deberían ya que vuelven a cerrar el excluidor para según evitar la pérdida de pescado (com. pers. Pescadores de Loreto, 2012).

El problema de las redes es que son muy eficientes para capturar tortugas de manera incidental convirtiéndolo en un problema latente (Oravetz, 2000; Koch *et al.*, 2006). Aunque el uso de este arte de pesca es casi exclusivo en temporada fría, según lo observado en este estudio la abundancia de tortugas es mayor en esta temporada y se encuentra relacionada a las costas. En los censos realizados se observó el traslape con tortugas con el uso de algunas redes que se colocan en zonas rocosas costeras de las islas, bajos y puntas, y a pesar que esta destinado para otras especies, al ser zona de alimentación de tortugas, la probabilidad de que puedan enredarse es alta. Se ha observado algo similar en áreas de alimentación y descanso de la tortuga amarilla en las costas del Pacifico en Baja California Sur, donde tienden a traslaparse con las áreas de pesquería a pequeña escala (Peckham *et al.*, 2008). Cox *et al.* (2007) menciona que la clave del éxito para la reducción de captura incidental son tres temas comunes: “la colaboración entre la industria pesquera, científicos y manejadores de recursos; el monitoreo pre- y post implementación; y el acatamiento por medio de multas o incentivos”. Por lo que se recomienda que las autoridades del PNBL y del Estado tomen en consideración estos temas para el abordaje de esta problemática con los sectores involucrados, además la implementación de mas vigilancia en el agua y en los principales puertos o zonas de desembarque para revisar las embarcaciones que llegan con

productos de pesca podría minimizar la pesca ilícita de tortugas marinas. La educación ambiental juega un papel muy importante para reducir el consumo local en el PNBL, por lo que se deben reforzar los programas existentes de concientización en la población para niños, jóvenes y adultos.

En el caso de las actividades de pesca deportiva en relación a las tortugas marinas, Corner y Nichols (2007) las clasifican como una amenaza menor por los posibles choques no intencionales con este tipo de embarcaciones. En nuestro estudio se identificó que este tipo de actividades se desarrollan la mayoría de las veces en cercanía de menos de 1500 m de las costas de islas y de Loreto, en donde se observaron a la mayoría de las tortugas, por lo que la amenaza se puede considerar como potencial. De acuerdo a la temporada, se observaron mayores zonas de traslape en temporada fría que en caliente, principalmente al norte de isla Coronados, cabe mencionar que esta zona no se encuentra dentro de la poligonal del PNBL, al norte de isla Carmen relacionada a la “fosa del Carmen” y en la costa de Loreto en las zonas de anclaje de yates. Se podría considerar implementar regulación enfocada a la mitigación de peligros de las tortugas marinas en estas zonas y en la totalidad de la ZUR I, como la implementación de límites de velocidad, ya que se observó en el momento de los censos que gran parte de estas embarcaciones se encontraban en movimiento, y de manera más local en las zonas de altas densidades de tortugas la creación de nuevas zonas de protección o zonas de manejo especial para tortugas marinas.

Las actividades turísticas, incluyen viajes a las islas con embarcaciones de tipo kayak, veleros, yates recreativos, motos acuáticas y cruceros, además del buceo, campismo y caminatas, en los últimos años se ha incrementado considerablemente en el PNBL (Gutiérrez-Barrera, 2001; Corner y Nichols, 2007). Cabe mencionar que en las dos temporadas se observó traslape muy cerca en una de las dos zonas de protección llamada “Bajo del Murciélago” en la parte suroeste de la isla Carmen según la zonación del PNBL, estas zonas se caracterizan por ser lugares de alta biodiversidad y productividad, por lo que se debe considerar que la vigilancia sea más intensa en esta zona. La implementación de límites de velocidad y creación de zonas protegidas para las principales áreas de traslape podría asegurar que la falta de vigilancia de este tipo de actividades no sean un problema para las tortugas marinas que habitan en el PNBL.

La zonación que presenta el PNBL resultaría ser efectiva en su totalidad si se tuvieran los recursos necesarios para que la vigilancia en zonas alejadas como isla Montserrat y Catalana fueran monitoreadas con mas frecuencia, ya que al menos en isla Catalana solo se realiza un monitoreo al año. La falta de fondos disponibles es el principal problema para poder efectuar la correcta vigilancia en el PNBL, a pesar de que se buscan fondos con la Organización Civil nacional y extranjera, se podría plantear que el uso de una parte de los recursos sea destinado exclusivamente al monitoreo frecuente de las zonas mas alejadas del Parque.

6.5. Abundancia de tortugas marinas en el PNBL.

La información de abundancia de tortugas marinas es muy importante, principalmente después del gran decline poblacional de todas las especies que se observó en la década de 1970.

En el caso de la tortuga prieta, en 1970 se registró una población de 15,000 hembras anadoras en sus principales playas de anidación en Michoacán, su disminución fue debido a décadas de explotación severa, y la población ya estaba muy mermada (Clifton *et al.*, 1982). Para 1979 se registraron menos de 1000 hembras anidando en las mismas playas (Alvarado-Díaz *et al.*, 2001) lo que implica que hubo una reducción del 93% de su población. La IUCN reporta que entre 1997 al 2001 la estimación fue de 851 hembras anidando (basado en promedios anuales; IUCN, 2012), lo que muestra una tendencia en decremento en la población de la tortuga prieta en el Pacifico Oriental. Raygadas (2008) reportó mas de 9000 tortugas anidando en las principales playas de Michoacán.

Pocos estudios se han realizado en áreas de alimentación de tortuga prieta para evaluar su abundancia (Chaloupka, 2000) y la mayoría han utilizado la técnica de marcaje-recaptura donde se tiene la limitante de muestrear áreas de menor tamaño que la censada en este estudio. Por otro lado, este tipo de estudios tiene la utilidad, además de calcular la abundancia, de poder analizar la supervivencia, crecimiento y migración (Amstrup *et al.*, 2005). Se han realizado estudios en la Gran Barrera Australiana (Chaloupka y Limpus, 2001), en Bahía de los Ángeles en el Golfo de California en México (Seminoff *et al.*, 2003), Bahía de San Diego en Estados Unidos, Eguchi *et al.*, 2010), Caribe de Costa Rica (Bjorndal *et al.*, 2005) y recientemente en Baja California Sur en 4

áreas de alimentación por Dos Santos-Días (2011). Estudios sobre la abundancia enfocados en tortuga prieta con censos aéreos en el mundo no se han realizado en la actualidad por lo que no hay fuente de comparación, aunque se debe mencionar que estudios de abundancia refuerzan el conocimiento en las principales zonas de forrajeo del mundo y nos permite realizar diagnósticos de los esfuerzos de conservación y la evaluación de su estatus por cada región del mundo.

Los censos aéreos mostraron ser una herramienta muy importante para identificar los *hotspots* de distribución, lo que podría considerarse como un modelo a seguir en otras zonas de alimentación, principalmente las que se encuentran en Áreas Naturales Protegidas de gran extensión. El dato de 6136 (4147-9126 IC) tortugas prietas calculado en este trabajo, implicó que la protección local que se está dando en el área de influencia del PNBL es importante para la población del Pacífico Tropical Oriental por ser zona de alimentación, crecimiento y descanso (Nichols, 2003). Hay que tomar en cuenta que a pesar de ser un Área Natural Protegida las amenazas como la pesca ilícita e incidental siguen estando presentes (Mancini y Koch, 2009) y deben ser consideradas en los planes de conservación para esta especie en el PNBL.

En el caso de la tortuga golfinia el estudio más reciente realizado por Eguchi *et al.* (2007) mediante censos en embarcaciones, mencionó que la población en el Pacífico Oriental Tropical (en un área de más de 6 millones de km²) es de 1.39 millones de tortugas (C.V = 19.7%; aprox. 1.15 a 1.62 millones IC 95%), aunque la verdadera abundancia es mayor ya que solo se refiere a la porción de juveniles y adultos de la población. Este resultado refleja el resultado de la protección de esta especie desde 1990 en sus principales playas de anidación de México y Costa Rica y mencionó que el estatus de conservación de en “peligro de extinción” que presenta en la IUCN debería ser revisado. Aunque los valores de abundancia de tortuga golfinia en el PNBL no son altos, son el primer acercamiento de cual es el tamaño de la agregación de esta especie en la zona.

La estimación de las poblaciones de las tortugas marinas también son importantes, para entender el impacto de las actividades humanas que se realizan en sus zonas de distribución (Bjorndal y Jackson, 2003). El éxito en la recuperación de las poblaciones de tortugas marinas depende de manera específica de la sobrevivencia de los organismos jóvenes y subadultos en las zonas de alimentación (Heppell *et al.*, 2003). La protección de

los organismos inmaduros en los hábitats de alimentación como el PNBL, debe ser una prioridad para la recuperación de la tortuga prieta.

El Coeficiente de Variación en promedio en este estudio fue de 19.5%, fue menor en comparación con lo obtenido en Gómez de Segura *et al.* (2003) de 20.5% y de 22% (2006), por lo que la precisión de la estimación de la densidad y de la abundancia de tortugas prietas y golfinas en este estudio se consideró aceptable para ofrecer resultados validos para el PNBL. La reducción de la amplitud de los IC podría reflejarse con la probabilidad de detección, ya que el haber realizado los censos en avionetas no especializados en censos aéreos, dio como resultado que la detección de tortugas fuera menor sobre todo en los primeros metros a partir de la línea de vuelo. Este efecto puede minimizarse con el uso de aeronaves especializadas con cristales tipo burbuja al frente y en las ventanas laterales, y piso de cristal ya que se podrían observar en su totalidad las tortugas que están en superficie en el momento de realizar los vuelos. El uso de estos aviones es común en la Agencia del Medio Ambiente de Estados Unidos (NOAA por sus siglas en inglés) pero cabe mencionar que el costo de hora de vuelo de un avión es mucho mayor que uno más pequeño. Al final la metodología se adapta a la cantidad de recursos con los que cuenta el proyecto de investigación, pero lo importante es poder obtener resultados validos para comparación en un futuro.

El agregar el factor de corrección de tiempo que pasan en superficie las tortugas para el cálculo de la abundancia tota, en el caso de las que se observaron en invierno probablemente se esta sobreestimando su valor de abundancia ya que las tortugas pasan mas tiempo en superficie en los meses fríos. Para poder reducir este error se requiere hacer el estudio de cuanto tiempo pasan en superficie las tortugas golfina y prietas en el PNBL por temporada fría y caliente, para que sea una estimación más precisa del valor de abundancia.

7. CONCLUSIONES

- Los resultados de los censos aéreos en el PNBL indican que es un lugar importante como área de alimentación, refugio y descanso para la tortuga prieta por la observación de zonas de importantes concentraciones (hot spot) en los

hábitats costeros en las islas Coronados, Carmen y Catalana. La golfina fue observada en menor cantidad preferentemente en zonas pelágicas.

- A pesar de la poca observación de tortuga laúd, y la no identificación de carey y amarilla en los censos aéreos, el área del Parque podría considerarse como probable lugar de refugio y alimentación de estas especies en peligro de extinción y que sus poblaciones se encuentran muy mermadas en el Pacífico Oriental en la actualidad.
- La mayor densidad de tortugas en temporada fría es porque las tortugas marinas suelen estar más tiempo en la superficie para tomar el sol, por lo que la probabilidad de ser observadas en el momento de los vuelos es mayor.
- El valor de abundancia calculado para tortugas prietas es un complemento a la información que se tiene sobre el estado de la población del Pacífico Mexicano, es una línea base para hacer comparaciones en estudios poblacionales futuros en el PNBL y es un indicativo de éxito de los esfuerzos de conservación por parte de las autoridades del Parque y sociedad civil involucrada en la protección de las tortugas marinas.
- Existe mayor traslape de pesca comercial con las tortugas en la costa, principalmente en la isla Coronados y Catalana, las zonas de mayor concentración de tortugas. Esto podría ser una de las principales amenazas por la pesca ilegal e incidental con la colocación de redes, en algunas ocasiones en la zona de uso restringido marino I. En menor medida se observó el traslape en zonas pelágicas.
- La isla Catalana por su lejanía al puerto de Loreto es la que menos vigilancia tiene a lo largo del año, sobre todo en temporada fría cuando las actividades de pesca comercial se realizan con mayor frecuencia y fueron observadas áreas de traslape con tortugas marinas, esto es un problema porque se carece de mitigación de amenazas por parte de las autoridades del PNBL.
- Se observó menor traslape con actividades de turismo y de pesca deportiva, aunque importante en la isla Catalana y Coronados, sus principales amenazas es por posibles atropellamientos y perturbación.
- El establecimiento del PNBL como Área Natural Protegida le otorga la oportunidad a la tortuga prieta de poder ser protegida y conservada en sus fases de vida de juveniles, sub-adultas y adultas. La importancia de proteger estas áreas de

alimentación ayuda a que la población de esta especie aumente sus números y que en un futuro se pueda considerar recuperadas.

- Proteger los sitios de alimentación como el PNBL, ayuda a la conservación de agregaciones de tortugas marinas que son originarias de otros lugares del mundo, como Hawai e islas Revillagigedo.

8. RECOMENDACIONES

Recientemente Godman y Belskies (2012) publicaron una guía de identificación mediante censos aéreos para tortugas marinas dirigida a las agregaciones que habitan en el Atlántico y Golfo de México. En el caso del Golfo de California y océano Pacífico, aunque no hay una guía de identificación como tal, se comparten las mismas especies (excepto Kempí) y es recomendable para los observadores que se use en futuros estudios con censos aéreos.

De acuerdo a las zonas importantes de densidad de tortugas marinas identificadas en este trabajo, a través de las autoridades del Parque y actores directos en el PNBL se podrían designar zonas de manejo especial para tortugas marinas o zonas protegidas, en donde se pueden integrar regulaciones particulares como incorporar límites de velocidad y seleccionar el tipo de actividades que se pueden realizar, podrían ayudar a mitigar los riesgos que se observaron en el Parque con el fin de alcanzar su óptima conservación, además de ayudar a la preservación de hábitats que son usados por las demás especies.

Fortalecer el ecoturismo de bajo impacto dirigido a las tortugas marinas en Loreto que puede ser un gran potencial económico para las familias loretanas e industria turística mediante la vinculación de los Programas de Conservación de Tortugas Marinas del PNBL.

Incentivar a los miembros de la comunidad de Loreto y poblaciones que tienen influencia en el PNBL para evitar en lo posible la pesca furtiva con educación ambiental para niños y adultos y ofrecer estímulos económicos hacia la comunidad para evitar el consumo de tortugas marinas.

El PNBL, a pesar de las problemáticas de recursos y poco personal que presenta se ha caracterizado en los últimos años como un ejemplo de éxito en el manejo de un Área Natural Protegida.

Stamieszkin *et al.* (2009) en un estudio realizado en el PNBL mediante encuestas a los prestadores de servicios, evaluó los principales problemas a los que se enfrenta el Área Protegida desde su creación y ofreció algunos criterios que pueden hacer frente a los factores que obstaculizan el éxito general del Parque, menciona que la aplicación de la gestión de los recursos naturales debe de estar basada en la ciencia de los ecosistemas y su seguimiento riguroso le podrían beneficiar en una probable expansión para abarcar y proteger mas hábitats;

Se requieren de iniciativas para lograr el aumento en la comunicación, difusión y educación entre la comunidad y los visitantes; y una reorganización en la administración del Parque, como aumentar la cuota de entrada diaria que los visitantes pagan para poder usar el área podría asegurar mas fondos para su gestión.

La obtención de recursos podría dirigirse a la aplicación de la regulación y monitoreo ecológico en zonas de concentraciones importantes de tortugas marinas como en isla Catalana donde no es posible su vigilancia la mayor parte del año. Además podrían usarse para subsidiar los costos iniciales de pescadores locales que están dispuestos a cambiar su profesión para integrarse en el negocio de turismo como pesca deportiva, esnorquel y buceo, disminuyendo así la presión pesquera y en mayor medida la degradación de los hábitats en el PNBL.

9. LITERATURA CITADA

Alvarado JA y A Figueroa. 1990. The ecological recovery of sea turtle of Michoacán, Mexico. Special attention: the black turtle, *Chelonia agassizii*. Report to U.S. Fish and Wildlife Service and World Wildlife Fund-U.S. August 1990. 88 pp. En: Mariscal LA. 2003. Avances del monitoreo de tortuga prieta *Chelonia mydas* 2001-2003, UABCS.

- Alvarado-Díaz J, Delgado- Trejo C y I Suazo-Ortuno. 2001. Evaluation of the black turtle project in Michoacán, México. *Mar Turtle Newsl* 92:4–7.
- Amstrup SC, McDonald TL, Manly BFJ, 2005. *Handbook of Capture-Recapture Analysis*. Princeton University Press: Princeton, New Jersey, 296 pp. *En*: Dos Santos-Diaz. 2011. Abundancia de la tortuga negra *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758) a través de datos de marcaje – recaptura en áreas de alimentación de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría UABCS. La Paz, México. 67 pp.
- Aridjis H, 1990. Mexico proclaims total ban on harvest of turtles and eggs. *Marine Turtle Newslett.* 50, 1–3.
- Bayliss P. 1986 .Factors affecting aerial surveys of marine fauna, and their relationship to a census of dugongs in coastal waters of northern territory. *Aust.Wildl.Res.* 13, 27-37.
- Benson SR, KA Forney, JT Harvey, JV Carretta y PH Dutton. 2007. Abundance, distribution, and habitat of leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) off California, 1990–2003. *Fish. Bull.* 105:337–347.
- Bjorndal KA. 1997. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. *En*: Lutz PL, Musick JA (eds) *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Raton, 199–232 pp.
- Bjorndal K.A. 1999. Priorities for research in foraging habitats. *En*: K.L. Eckert, K:A: Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois, & M. Donnelly (Ed.) *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*, UICN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication.Washington, DC. 4: 12-18.
- Bjorndal KA y JBC Jackson. 2003. Roles of sea turtles in marine ecosystems: reconstructing the past. *In*: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (eds) *Biology of sea turtles*, Vol II. CRC Press, Boca Raton, FL. 259–273 pp.
- Bjorndal KA, Bolten AB, Chaloupka MY, 2005. Evaluating trends in abundance of immature green turtles, *Chelonia mydas*, in the greater Caribbean. *Ecological Society of America* 15 (1): 304-314.
- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP y JL Laake. 1993. *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman and Hall, London. 446 pp.
- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL y L Thomas. 2001. *Introduction to distance sampling*. Oxford University Press, New York

- Burnham KP. 1980. En: Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL y L Thomas. 2001. Introduction to distance sampling. Oxford University Press, New York
- Burnham KP y DR Anderson. 1998. Model selection and inference: a practical information–theoretic approach. Springer Verlag, Berlin. En: Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL y L Thomas. 2001. Introduction to distance sampling. Oxford University Press, New York
- Cabrera-Sánchez. 2004. Propuesta de ordenamiento de la actividad turística en la zona costera y marina del Parque Nacional Bahía de Loreto, B.C.S., México. Tesis de Maestría. UABCS. La Paz, Baja California Sur. México. 98 pp.
- Caldwell DK. 1963. The Sea Turtle Fishery of Baja California, Mexico. California Fish y Game. 49(3):140-151
- Cardona L, M Revelles, C Carreras, M San Félix, M Gazo y A Aguilar. 2005. Western Mediterranean immature loggerhead turtles: habitat use in spring and summer assessed through satellite tracking and aerial surveys. Marine Biology 147: 583–591.
- Castillo Murillo y E Braulio. 2002. Reporte final: Programa de monitoreo de caparazones de tortuga marina del Parque Nacional Bahía de Loreto (Enero). Loreto, BCS. En: Corner KE y WJ. Nichols. 2007. Capítulo 3. Bahía de Loreto: Un refugio para las tortugas marinas del mundo. Ganster P., O. Arizpe y A. Ivanova. (Eds). Loreto: El futuro de la primera capital de las Californias. San Diego University y Universidad Autónoma de Baja California Sur. San Diego, USA.
- Chaloupka M y Limpus C, 2001. Trends in the abundance of sea turtles resident in southern Great Barrier Reef Waters. Biological Conservation 102: 235–249
- Cliffton K, Cornejo DO y RS Felger, 1982. Sea turtles of the Pacific coast of Mexico. In: Biology and Conservation of Sea Turtles, ed. K.A. Bjorndal, Smithsonian Inst. Press, Washington, D.C. 199-209 pp.
- CONANP, 2000. Programa de manejo Parque Nacional Bahía de Loreto. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 182 pp.
- Corner KE y WJ. Nichols. 2007. Capítulo 3. Bahía de Loreto: Un refugio para las tortugas marinas del mundo. Ganster P., O. Arizpe y A. Ivanova. (Eds). Loreto: El futuro de

- la primera capital de las Californias. San Diego University y Universidad Autónoma de Baja California Sur. San Diego, USA.
- Cox TM, RL Lewison, R Zydels, LB Crowder, C Safina y A J Read. 2007. Comparing Effectiveness of Experimental and Implemented Bycatch Reduction Measures: the Ideal and the Real. *Conservation Biology* Volume 21, No. 5, 1155–1164.
- Darlington, R.B. 1990. *Regression and linear models*. McGraw-Hill, New York. 542 pp.
- Diario Oficial de la Federación, 1990. Acuerdo que establece veda para todas las especies y subespecies de tortugas marinas en aguas de jurisdicción nacional de los litorales del Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe, México. Mayo 31, 21-22.
- Dos Santos-Diaz. 2011. Abundancia de la tortuga negra *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758) a través de datos de marcaje – recaptura en áreas de alimentación de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría UABCS. La Paz, México. 67 pp.
- Eguchi T, T Gerrodette, RL Pitman, JA Seminoff y PH Dutton. 2007. At-sea density and abundance estimates of the olive ridley turtle *Lepidochelys olivacea* in the eastern tropical Pacific. *Endang Species Res.* Vol. 3: 191–203, 2007
- Eguchi T, Seminoff JA, LeRoux RA, Dutton PH, Dutton DL, 2010. Abundance and survival rates of Green turtles in an urban environment: coexistence of humans and an endangered species. *Marine Biology* 157:1869-1877
- Epperly SP, Braun J, y AJ Chester, 1995a. Aerial surveys for sea turtles in North Carolina inshore waters. *Fishery Bulletin* 93:254-261.
- Epperly SP, J Braun, A J. Chester, FA Cross, JV. Merriner y PA. Tester. 1995b. Winter distribution of sea turtles in the vicinity of Cape Hatteras and their interactions with the summer flounder trawl fishery. *Bulletin of Marine Science.* 56(2): 547-568. 1995.
- Felger, R. S., Clifton, K. & Regal, P. J. 1976 Winter dormancy in sea turtles: independent discovery and exploitation in the Gulf of California by two local cultures. *Science* 191, 283–285. *En:* Hochscheid S, F Bentivegna y CG Hays2. 2005. First records of dive durations for a hibernating sea turtle. *Biol. Lett.* (2005) 1, 82–86
- Fritts HT, Stinson L y R Marquez, 1982. Status of sea turtle nesting in southern Baja California, Mexico. *Bulletin of the Southern California Academy of Science* 81:51-60.

- Gaitan- Morán J y O Arizpe. 2007. Capitulo 1. Los recursos naturales y el ambiente. Ganster P., O. Arizpe y A. Ivanova. (Eds). Loreto: El futuro de la primera capital de las Californias. San Diego University y Universidad Autónoma de Baja California Sur. San Diego, USA.
- Gaos AR, FA Abreu-Grobois, J Alfaro-Shigueto, D Amorocho, R Arauz, A Baquero, R Briseño, D Chacón, C Dueñas, C Hasbún, M Liles, G Mariona, C Muccio, JP Muñoz, WJ Nichols, M Peña, JA Seminoff, M Vasques, J Urteaga, B Wallace, IL Yañez y P Zárate. 2010. Signs of hope in the eastern Pacific: international collaboration reveals encouraging status for the severely depleted population of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata*. *Oryx* 1-7.
- Gardner SC y WJ Nichols. 2001. Assessment of sea turtle mortality rates in the Bahia Magdalena region, BCS, Mexico. *Chelonian Conserv. Biol.* Vol. 4: 197-199.
- Godman HA y LC Belskis. 2012. Guide to the Aerial Identification of Sea turtles in the U.S. Atlantic and Gulf of Mexico. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-633, 24 pp.
- Gómez de Segura AJ, Tomas, SN Pedraza, EA Crespo y JA Raga. 2003. Preliminary patterns of distribution and abundance of loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, around Columbretes Islands Marine Reserve, Spanish Mediterranean. *Marine Biology*. 143: 817–823
- Gómez de Segura AJ, Tomas SN, Pedraza, EA Crespo y JA. Raga. 2006. Abundance and distribution of the endangered loggerhead turtle in Spanish Mediterranean waters and the conservation implications. *Animal Conservation*. 9: 199–206
- González-Payán ME. 2008. Evaluación de la producción de crías de tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) en incubación ex situ (cámara e invernadero) en la playa de Agua Blanca, B.C.S.
- Henwood TA y SP Epperly. 2000. Estudios aéreos en hábitats de alimentación. En: Eckert KL, Bjorndal KA, Abreu-Grobois FA y M Donnelly (Editores) 2000. (Traducción al español). Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas. Publicación No. 4.

- Heppell SS, Snover ML y Crowder LB, 2003. Sea turtle population Ecology. En: Lutz PL, Musick JA and Wyneken J (editores) The Biology of Sea Turtles, vol. II, 275-306 pp, CRC Press, Boca Raton.
- Hochscheid S, F Bentivegna y CG Hays. 2005. First records of dive durations for a hibernating sea turtle. Biol. Lett. (2005) 1, 82–86
- IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. www.iucnredlist.org.
- Jolly GM. 1969. Sampling methods for aerial censuses of Wildlife populations. E. Afr. Agric. For. J. 34, 46-9. En: Marsh H y WK Saalfeld. 1989. Aerial Surveys of Sea Turtles in the Northern Great Barrier Reef Marine Park. Aust. Wild Res., 1989, 16, 239-249.
- Koch V, WJ Nichols, H Peckham y V de la Toba. 2006. Estimates of sea turtle mortality from poaching and bycatch in Bahia Magdalena, Baja California Sur, Mexico. Biological Conservation, Vol. 28, Issue 3: 327-334.
- López Castro MC, R Carmona y WJ Nichols. 2004. Nesting characteristics of the olive ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) in Cabo Pulmo, southern Baja California. Mar. Biol. Vol. 145:811-820.
- Mancini A y V Koch. 2009. Sea turtle consumption and black market trade in Baja California Sur, Mexico. Endangered Species Research. Vol. 7: 1-10.
- Márquez MR. 1996. Las tortugas marinas y nuestro tiempo. La ciencia para todos. México. 197 pp.
<http://www.bio-nica.info/biblioteca/Marquez1996LasTortugasMarinas.pdf>
- Marquez R, Peñaflores CS, Villanueva Aoy JF Diaz. 1982. A model for diagnosis of populations of olive ridleys y green turtles of west Pacific tropical coasts. In: Bjorndal, K.A. (Ed.), Biology y Conservation of Sea Turtles. Smithsonian Inst. Press, Washington, DC, 153–158 pp.
- Marsh H. 1985. Report to the great barrier reef marine park authority: Result of the aerial survey for dugongs conducted in the Cape Bedford Melville area in november 1984
- Marsh H. 1986. Report to the Great Barrier Reef Marine Park authority. June 1986.
- Marsh H y WK Saalfeld. 1989. Aerial Surveys of Sea Turtles in the Northern Great Barrier Reef Marine Park. Aust. Wild Res., 1989, 16, 239-249.
- Marsh H y DF Sinclair, 1989. Correcting for visibility bias in trip transect aerial surveys of aquatic fauna. J. Wildl.Manage. 53 (4): 1017-1024.

- Marsh H. y I Lawle. 1992. The status of dugongs, sea turtles and dolphins in the Torres Strait region. The Australian Fish Management Authority.
- Mazariegos Villareal A. 2010. Variabilidad espacial y temporal de macroalgas en arrecifes rocosos de Bahía de Loreto, México. Tesis de Maestría. UABCS. 85 pp.
- McDaniel CJ, Crowder LB y JA Priddy, 2000. Spatial dynamics of sea turtle abundance and shrimping intensity in the U.S. Gulf of Mexico. *Conservation Ecology* 4(1): 15. <http://www.consecol.org/vol4/iss1/art15/>
- McMahon CR, CJA Bradshaw y GC Hays. 2007. Satellite tracking reveals unusual diving characteristics for a marine reptile, the olive ridley turtle *Lepidochelys olivacea*. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol. 329: 239–252, 2007
- Medina-López A.G. 2006. Cultivo experimental de almeja catarina *Argopecten ventricosus* (Sowerby II, 1842) en dos áreas naturales protegidas del Golfo de California. Tesis de Licenciatura. UABCS. La Paz. B.C.S. 60 pp.
- Neter, J., M.H. Kutner, C.J. Nhelseim y W. Wasserman. 2000. Applied linear statistical models. Mc Graw-Hill, Boston.
- Nichols WJ. 2003. Biology and conservation of sea turtles in Baja California, Mexico. PhD Dissertation. University of Arizona, Tucson., 474 pp.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2001, 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.
- Oceguera CK. 2008. Anidación de tortugas marinas en Loreto y San Juan de los Planes, Baja California Sur, México, y propuesta para su conservación, UABCS. Tesis de Maestría.
- Ogren L. y CJ McVea. 1995 Apparent hibernation by sea turtles in North American Waters. *Biology and conservation of sea turtles* (ed. K. A. Bjorndal), 127–132 pp, Washington: Smithsonian Institution Press. En: Hochscheid S, F Bentivegna y CG Hays2. 2005. First records of dive durations for a hibernating sea turtle. *Biol. Lett.* (2005) 1, 82–86
- Oravetz, CA. 2000. Reducción a la captura incidental en Pesquerías. En: Eckert KL, KA Bjorndal, FA Abreu-Grobois y M Donnelly (Editores). 2000. (Traducción al

- español). *Técnicas de investigación y manejo para la conservación de Tortugas marinas*. IUCN/SSC Grupo Especialista en Tortugas Marinas. Publicación No. 4
- Parker D M, Dutton PH, Kopitsky K y RL Pitman. 2002. Movement and dive behavior determined by satellite telemetry for male and female olive ridley turtles in the eastern tropical Pacific. In: Seminoff JA (compiler) Proceedings of the 22nd Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Tech Memo NMFS-SEFSC-503, NOAA, Miami, FL, 48–49 pp. Available at: www.nmfs.noaa.gov/pr/species/turtles/symposia.htm
- Peckham SH, Maldonado-Diaz D, Koch V, Mancini A, Gaos A, Tinker MT y WJ Nichols. 2008. High mortality of loggerhead turtles due to bycatch, human consumption and strandings at Baja California Sur, Mexico, 2003 to 2007. Endangered Species Research, Theme section :Fisheries bycatch, problems and solutions.
- Polovina JJ, E Howell, RD Kobayashi y PM Seki. 2001. The transition zone chlorophyll front, a dynamic global feature defining migration and forage habitat for marine resources. *Progress in Oceanography* 49 (2001) 469–483
- Polovina JJ, GH Balazs, EA Howell, DM Parker, MP Seki Y PH Dutton. 2004. Forage and migration habitat of loggerhead (*Caretta caretta*) and olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) sea turtles in the central North Pacific Ocean. *Fish. Oceanogr.* 13:1, 36–51.
- Pollock KH, Marsh H, Lawler IR y MW Alldredge, 2004. Improving the accuracy of aerial surveys for dugongs. Final report. AFMA/JCU Final. 21 pp.
- Raygadas BST. 2008. Estado de conservación de la población de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) en Michoacán. Tesis de Licenciatura. UMich. Morelia, Michoacán. 74 pp.
- Seminoff JA. 1994. Conservation of the marine turtles of Mexico: A survey of nesting beach conservation projects. M.S. Thesis. University of Arizona, Tucson, 185 pp.
- Seminoff JA, Nichols WJ y A Reséndiz. 2000. Natural History Notes: *Chelonia mydas agassizii* (East Pacific Green Turtle), Diet. *Herpetological Rev.* 31: 103.
- Seminoff JA, Resendiz A y WJ Nichols. 2002. Diet of East Pacific Green Turtles (*Chelonia mydas*) in the Central Gulf of California, Mexico. *J. Herp.* Vol.36, 3: 447-453.
- Seminoff JA, Jones TT, Resendiz A, Nichols WJ y MY Chaloupka. 2003. Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico:

- multiple indices describe population status. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 83: 1355–1362.
- Seminoff, J.A., A. Resendiz, L. Yarnell, and T. Smith. 2005. Diving patterns of green turtles in the Gulf of California, Mexico. In: M. Coyne and R.D. Clark (comps.) *Proceedings of the Twenty-first Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*, NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-528. 321-323 pp.
- Seminoff JA, Rangel R, Eguchi T, Pettis J, Koch V, y H Peckham. 2007a. Recuperación de la población de tortuga prieta en el Parque Nacional de Bahía de Loreto: evidencia por censos aéreos. *Memorias de resúmenes de la 9a Reunión Anual del Grupo Tortuguero*.
- Seminoff JA, A Resendiz, B Jimenez de Resendiz, WJ Nichols y TT Jones. Capitulo 16. Tortugas. En: *Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Línea base 2007b*. Gamez AE y AE Zarco-Arista (Eds). *Sistema de Publicación Instituto Nacional de Ecología*.
- Seminoff JA, P Zárate, M Coyne, DG Foley, D Parker, BN Lyon y PH Dutton. 2008. Post-nesting migrations of Galápagos green turtles *Chelonia mydas* in relation to oceanographic conditions: integrating satellite telemetry with remotely sensed ocean data. *Endang Species Res Vol. 4*: 57–72, 2008.
- Stamieszkin K, J Wielgus y RL Gerber. 2009. Management of a marine protected area for sustainability and conflict resolution: Lessons from Loreto Bay National Park (Baja California Sur, Mexico). *Ocean & Coastal Management* 52: 449–458
- Schwartz FJ. 1978 Behavioral and tolerance responses to cold water temperatures by three species of sea turtles (Reptilia, Cheloniidae) in North Carolina. *Florida Marine Research Publications*. Number 33.
- Shoop CR y RD Kenney. 1992. Seasonal Distributions and Abundances of Loggerhead and Leatherback Sea Turtles in Waters of the Northeastern United States. *Herpetological Monographs*. 6: 43-67.
- Spotila JR, O'Connor MPy FV Paladino. 1997. Thermal biology. In: Lutz PL, Musick J (eds) *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Raton, FL, 297–314 pp.
- Stewart, MC. 1993. Sustainable tourism development and marine conservation regimes. *Ocean and coastal management*. Elsevier Science Publishers. England. 201-207 pp.

- Tellería J.L. 1986. Manual para el censo de los vertebrados terrestres. Univ. Complutense, RAICES, Madrid.
- Thomas, L., Laake, J.L., Strindberg, S., Marques, F.F.C., Buckland, S.T., Borchers, D.L., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Hedley, S.L., Pollard, J.H., Bishop, J.R.B. and Marques, T.A. 2006. Distance 5.0. Release "x"1. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>
- Witzell WN y T Azarovitz. 1996. Relative abundance and thermal and geographic distribution of sea turtles off the U.S. Atlantic Coast based on aerial surveys (1963–1969). U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-381, 10 pp.
- Zar J.H. 1999. Biostatistical analysis. Fourth edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 663 pp.

ANEXO.

Tabla. I Relación de transectos costeros y pelágicos que se realizaron en el PNBL, indicando el largo y área ocupada.

Tipo de transecto	Número de transecto	Largo (km.)	Área observada en censos (km ²)	% área ocupada del PNBL
Pelágico	1	25.4	14.224	0.69
Pelágico	2	37.7	21.112	1.02
Pelágico	3	26.8	15.008	0.73
Costero	4	30	16.8	0.81
Pelágico	5	13.7	7.672	0.37
Pelágico	6	18.3	10.248	0.5
Costero	7	21.21	11.877	0.57
Pelágico	8	18.3	10.248	0.5
Pelágico	9	25	14	0.68
Costero	10	15.37	8.6072	0.42
Pelágico	11	26.7	14.952	0.72
Pelágico	12	14.9	8.344	0.40
Costero	13	83.65	46.844	2.27
Costero	14	16.3	9.128	0.44
Costero	15	95	53.2	2.58
Totales		468.33	262.2648	12.7

ANEXO. Continuación.

Tabla II. Datos estandarizados por z de densidad de tortugas y los factores seleccionados en los 15 transectos aéreos en el PNBL.

Transectos	Densidad	Temperatura superficial			Zona transecto	
	tortugas marinas (tortugas/km ²)	del mar (° C)	Clorofila-a (mg m ⁻³)	Batimetría (Profundidad m)	Beaufort (escala 0 a 3)	(0 = pelágico; 1 = costero)
1	-0.26533658	-0.2821002	-0.38258721	0.22835129	0.69147355	0
2	-0.54822893	0.82045433	-0.45300315	-0.50777467	0.58514172	0
3	-0.79786879	0.8055158	-0.26367097	1.07245283	0.61721005	0
4	1.716754	-0.63632892	-1.12228481	-0.87667892	1.23053195	1
5	-0.7700536	-2.47362355	-0.95952728	1.67223194	2.13404196	0
6	-0.77039591	0.47363011	-1.01709774	0.63699676	-1.19946073	0
7	0.27611655	-1.07146435	0.43799477	-0.95696511	-0.71473136	1
8	-0.37177661	1.95359967	-1.37301169	1.87306757	0.28209602	0
9	-0.54604359	0.55359378	-0.20870208	0.28797461	0.67894158	0
10	2.72721417	0.12923865	1.77506496	-0.95508206	-0.02713322	1
11	-0.58834308	0.28647963	1.21615165	0.5454987	-1.14053518	0
12	-0.58359721	0.07073483	0.96167041	-0.10492179	-0.96796749	0
13	0.42191601	-0.30664223	0.31541989	-0.89683396	-0.38362176	1
14	-0.08924746	0.24423483	-0.46649334	-1.01937954	-0.53276019	1
15	0.18889102	-0.5673224	1.54007659	-0.99893762	-1.2532269	1

ANEXO. Continuación.

Parque Nacional Bahía de Loreto

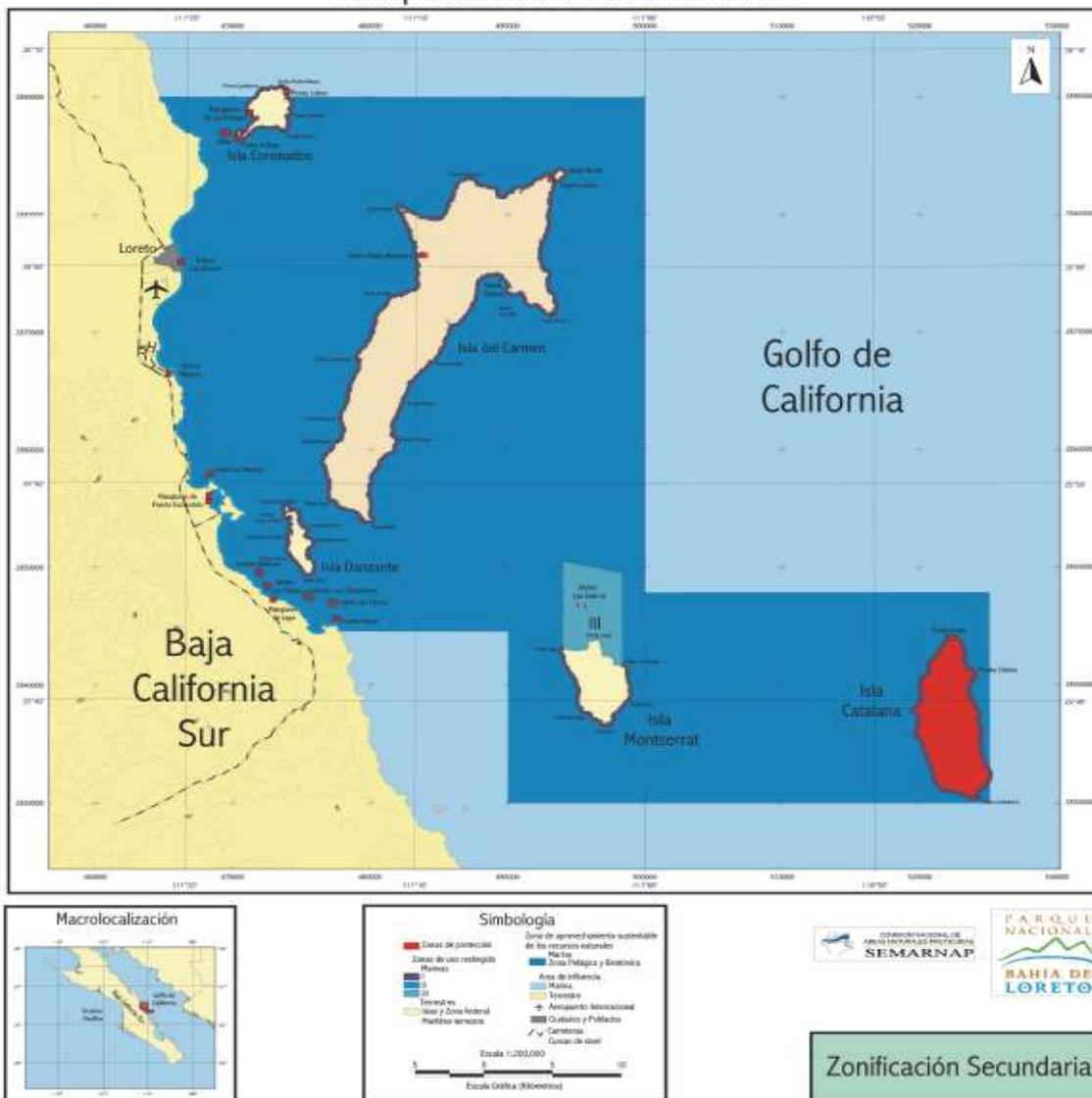


Figura. 1. Zonación del PNBL. Fuente: CONANP, 2000.