



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

“IDENTIFICACIÓN DE RUTAS MIGRATORIAS, ÁMBITOS
HOGAREÑOS INTERANIDATORIOS Y DE ALIMENTACIÓN DE
TORTUGA BLANCA (*Chelonia mydas* Linnaeus, 1758) Y CAREY
(*Eretmochelys imbricata* Linnaeus, 1766) POST-ANIDANTES EN
EL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO”

Tesis que para obtener el título de
BIÓLOGO (A)

PRESENTA:
MARLENNE VÁZQUEZ CUEVAS

TUTOR (A): DR. EDUARDO AMIR CUEVAS FLORES

Mayo 2015



Agradecimientos

A mis padres por el cariño y amor que me han brindado, por su esfuerzo y sacrificios que me permitieron llegar tan lejos, por su apoyo incondicional y consejos para seguir adelante.

A Pronatura Península de Yucatán A.C. (PPY), en especial al Programa de Conservación de la Tortuga Marina por aceptarme para la realización de este trabajo de investigación.

A la Dirección General de Vida Silvestre por el otorgamiento del permiso de colecta científica Oficio Num. SGPA/DGVS/04795/13.

Al Fondo Sectorial CONACYT-SEMARNAT por los fondos otorgados para el proyecto "Identificación de rutas migratorias y áreas de crianza de tortugas marinas (Cheloniidae) en la península de Yucatán" #107770.

A la Alianza WWF-Fundación Carlos Slim por el apoyo otorgado a PPY para el rastreo de tortugas post-anidantes desde el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam.

Al Ing. Ricardo Aguilar Durán, Gerente Técnico del Acuario de Veracruz. De manera particular al Biol. Raúl de Jesús González Díaz Mirón por proporcionar datos de rastreo de tortugas de Veracruz.

A la Dirección de la Reserva de la Biosfera (RB) Ría Lagartos y RB Ría Celestún, así como el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Yum Balam y APFF Laguna de Términos; de igual manera al Parque Nacional (PN) Arrecife Alacranes y PN Sistema Arrecifal Veracruzano por las facilidades otorgadas para el trabajo en campo.

A Flora, Fauna y Cultura de México A.C. por su apoyo y colaboración en el trabajo de campo para la colocación de un transmisor en el Santuario de Xcacel en Quintana Roo.

Al Biol. Vicente Guzmán Hernández y al Ecol. Pedro García Alvarado por su apoyo en la colocación de transmisores en Campeche.

Al Mtro. Ricardo Villegas Tovar de la Dirección General de Bibliotecas BUAP por facilitarme y hacerme llegar los artículos científicos necesarios para este trabajo.

Un especial agradecimiento a mi tutor de tesis el Dr. Eduardo Cuevas por haberme dado la oportunidad de formar parte de su equipo de investigación. Gracias Wally por tu apoyo, confianza y amistad brindada durante la realización de una de mis metas y por tus enseñanzas que me han guiado por este camino.

A los profesores de la Escuela de Biología M. en C. Héctor Raúl Eliosa León y M. en C. María Guadalupe Gutiérrez Mayén por realizar las correcciones pertinentes a este trabajo y por el tiempo dedicado.

A todas las personas que apoyaron en la colocación de transmisores satelitales por parte de PPY, Eduardo Cuevas, Jesús Lara, Denisse Garrido, Diana Lira, Blanca González, Sandra Gallegos, Enrique Castellanos, Marissel Frías y voluntarios de los campamentos tortugueros.

Al equipo de tortugas marinas de PPY que entre las horas de oficina, campamento y las inolvidables aventuras se convirtieron en mi segunda familia durante mi estancia en Yucatán.

A mis familiares y amigos, así como aquellas personas que directa o indirectamente contribuyeron en este trabajo haciendo posible lo que hoy es el resultado... A todos ustedes, GRACIAS!!!

Dedicatoria

Para mi paciente familia que han mantenido intacto su cariño y amor a pesar de la distancia y grandes ausencias.

Tabla de contenido

Agradecimientos.....	i
Dedicatoria	iii
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Resumen.....	ix
1. Introducción.....	1
1.1 Características generales de las tortugas marinas.....	1
1.1.1 Chelonia mydas.....	1
1.1.2 Eretmochelys imbricata	2
1.2 Ciclo de vida: hembras adultas.	3
1.3 El concepto de ámbito hogareño.....	4
1.4 Migración y ámbitos hogareños en hembras adultas: generalidades e importancia.	6
1.4.1 Interanidación.....	7
1.4.2 Migración.....	8
1.4.3 Alimentación.....	9
1.5 Tortugas marinas y conservación.....	10
1.6 Telemetría satelital y tortugas marinas.....	13
1.7 Sur del Golfo de México.	14
2. Objetivos e hipótesis	15
3. Material y métodos	16
3.1 Área de estudio	16
3.2 Rastreo satelital.....	16
3.3 Movimientos post-anidantes.....	19
3.4 Ámbito hogareño	20
3.5 Conservación.....	21
4. Resultados	21
4.1 Rastreo satelital.....	21
4.2 Movimientos post-anidantes.....	22
4.3 Ámbito Hogareño.....	27
4.4 Conservación.....	39
5. Discusión.....	46
5.1 Rastreo satelital	46

5.2	Movimientos post-anidantes.....	46
5.3	Ámbito Hogareño	52
5.4	Conservación	55
6.	Conclusión.....	60
7.	Literatura citada.....	60
8.	Anexos	77

Índice de tablas

Tabla 1. Detalles del rastreo satelital de 12 hembras post-anidantes de tortuga blanca y carey en el sur del Golfo de México.....22

Tabla 2. Tiempo ocupado por 12 hembras post-anidantes de tortuga blanca y carey para la fase de: (I) interanidación, (M) migración y (A) alimentación. (A') Alimentación en ruta. * Fase incompleta.....24

Tabla 3. Valores de los tamaños de ámbitos hogareños en fase de interanidación (I) y alimentación (A) estimados para 12 hembras post-anidantes de tortuga blanca y carey en el sur del Golfo de México. (A') Alimentación en ruta, (MR) movimientos restringidos, (MNR) movimientos no restringidos.....40

Tabla 4. Área protegida (PMC y EDK 50%) de las hembras cuyos ámbitos hogareños de interanidación y alimentación se encuentran dentro de ANP's en el sur del Golfo de México. (s/i) Sin interanidación, (s/k) no se estimó Kernel, (s/a) sin alimentación.....42

Tabla 5. Uso del área marina protegida del sur del Golfo de México durante la migración post-anidante de 12 hembras de tortuga blanca y carey.....43

Tabla 6. Distancias reportadas por diversos autores durante la migración de hembras post-anidantes de tortuga blanca y carey.....47

Índice de figuras

- Figura 1. *Chelonia mydas*. Imágenes modificadas de Pritchard y Mortimer (1999)/
Fotos: Marlenne Vázquez (2014).....2
- Figura 2. *Eretmochelys imbricata*. Imágenes modificadas de Pritchard y Mortimer
(1999) / Fotos: Leire Ruiz (2014).....3
- Figura 3. Esquema generalizado del ciclo de vida de las tortugas marinas
modificado de Lutz y Musick (1997).4
- Figura 4. Área de estudio señalando las playas de anidación donde fueron
colocados los transmisores satelitales para el rastreo de 6 hembras post-anidantes
de tortuga blanca: (X) Xcaci, (N) Nacha, (Y) Yayis, (A) Adriana, (S) Sofía, (M)
Milagros; y 6 hembras post-anidantes de tortuga carey: (D) Dian, (G) Giovanna,
(C) Celestina, (P) Poxy, (B) Bani, (T) Tormenta, en el sur del Golfo de
México.....18
- Figura 5. Movimientos post-anidantes de hembras rastreadas en el sur del Golfo
de México: (a) *Chelonia mydas* y (b) *Eretmochelys imbricata*; señalando las zonas
de alimentación identificadas (2). ☆ Dejó de transmitir durante la migración.....26
- Figura 6. Ámbitos hogareños durante el periodo de interanidación de hembras de
Chelonia mydas calculados mediante polígono mínimo convexo (PMC) y
estimador de densidad kernel (EDK 50%, 75% y 95%): (a) Xcaci, (b) Nacha, (c)
Yayis, (d) Adriana y (e) Milagros..... 27
- Figura 7. Ámbitos hogareños durante la fase de alimentación de hembras de
Chelonia mydas calculados mediante polígono mínimo convexo (PMC) y
estimador de densidad kernel (EDK 50%, 75% y 95%): (a) Xcaci, (b) Nacha, (c)
Yayis, (d) Adriana, (e) Sofía y (f) Milagros.....30

Figura 8. Ámbitos hogareños durante el periodo de interanidación de hembras de *Eretmochelys imbricata* calculados mediante polígono mínimo convexo (PMC) y estimador de densidad kernel (EDK 50%, 75% y 95%): (a) Dian, (b) Giovanna, (c) Celestina, (d) Poxy y (e) Bani.....34

Figura 9. Ámbitos hogareños durante la fase de alimentación de hembras de *Eretmochelys imbricata* calculados mediante polígono mínimo convexo (PMC) y estimador de densidad kernel (EDK 50%, 75% y 95%): (a) Dian, (b) Giovanna, (c) Celestina, (d) Poxy y (e) Tormenta.....37

Figura 10. Porcentaje de hembras que coinciden su ámbito hogareño calculado mediante polígono mínimo convexo (PMC) con Áreas Naturales Protegidas (ANP's) en el sur del Golfo de México.41

Figura 11. Sitios prioritarios marinos del sur del Golfo de México utilizados por hembras post-anidantes de tortuga blanca y carey durante interanidación y alimentación (ámbito hogareño estimado mediante PMC).....44

Figura 12. Porcentaje de incidencia de ámbitos hogareños (PMC) con diferentes niveles de esfuerzo pesquero de 12 hembras post-anidantes de tortuga blanca y carey en el sur del Golfo de México. *No se cuenta con información del esfuerzo pesquero de la zona utilizada por los individuos en la fase correspondiente.....45

Figura 13. Ubicación espacial del esfuerzo pesquero en el sur del Golfo de México y coincidencia con los movimientos post-anidantes de 12 hembras de tortuga blanca y carey.....45

Resumen

En los últimos años las poblaciones de tortugas marinas han disminuido dramáticamente como consecuencia de una explotación intensa y prolongada de huevos, carne y derivados para consumo y comercio. Además el complejo ciclo de vida de las tortugas marinas, con varios hábitats de desarrollo y migraciones de cientos o miles de kilómetros entre zonas de alimentación y las playas de desove, es otro factor que hace difícil su gestión en los océanos y las expone a amenazas adicionales como la captura incidental y la pérdida o degradación de sus hábitats críticos por contaminación y desarrollo costero. Por estas razones es imprescindible implementar estrategias de conservación efectivas para estas especies en peligro de extinción, pero para ello es necesario tener un buen entendimiento de factores tales como la identificación de sus hábitats críticos marinos, así como los movimientos migratorios que realizan entre ellos. En el presente estudio se rastrearon, mediante telemetría satelital, los movimientos de 6 hembras de tortuga blanca (*Chelonia mydas*) y 6 hembras de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) post-anidantes en el sur del Golfo de México, con el propósito de localizar las rutas migratorias utilizadas, estimar el ámbito hogareño de interanidación y alimentación y evaluar el nivel de incidencia en áreas naturales protegidas, sitios prioritarios marinos y zonas pesqueras de la región. Los resultados indicaron que las hembras de tortuga blanca y carey son capaces de recorrer distancias cortas <200 km al igual que grandes distancias >1,000 km, desde sus playas de anidación hasta sus sitios de alimentación. Se identificó a las aguas que rodean a la Península de Yucatán, Banco de Campeche y los cayos del sur de Florida como zonas de alimentación de hembras de *C. mydas* y *E. imbricata* anidantes en playas del sur del Golfo de México. El ámbito hogareño de interanidación y alimentación de ambas especies es pequeño en la región. La evaluación del grado de protección de los hábitats críticos reveló que el uso de la zona marina protegida del país por parte de las tortugas marinas es mínimo y coinciden con zonas pesqueras de la región. De esta manera se indica dónde deberían centrarse los esfuerzos futuros de conservación de estas especies.

“Identificación de rutas migratorias, ámbitos hogareños interanidatorios y de alimentación de tortuga blanca (*Chelonia mydas* Linnaeus, 1758) y carey (*Eretmochelys imbricata* Linnaeus, 1766) post-anidantes en el sur del Golfo de México”

1. Introducción

Actualmente existen siete especies de tortugas marinas en el mundo, las cuales pertenecen a la clase Reptilia, orden Testudines y están agrupadas en dos familias: Cheloniidae que se caracteriza por la presencia de caparazón óseo cubierto por escudos, las aletas y la cabeza cubiertas parcialmente por escamas e incluye a la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), blanca o verde (*Chelonia mydas*), caguama (*Caretta caretta*), golfinia (*Lepidochelys olivacea*), lora (*Lepidochelys kempii*) y kikila (*Natator depressus*) (Pritchard, 1997); y la familia Dermochelidae la cual se diferencia por tener un caparazón suave córneo cuyo único representante es la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) (Meylan y Meylan, 1999). Las tortugas marinas habitan principalmente los ecosistemas marinos tropicales y en menor grado los ecosistemas subtropicales de todo el mundo (Márquez, 1990). De las siete especies existentes, seis se distribuyen en costas mexicanas y particularmente *C. mydas* y *E. imbricata* presentan sitios importantes de anidación en el sur del Golfo de México, desde Veracruz hasta Quintana Roo (Márquez, 1990; Garduño *et al.*, 1999a; Meylan, 1999b; Xavier *et al.*, 2006; Dow *et al.*, 2007; Cuevas, 2009).

1.1 Características generales de las tortugas marinas

A continuación se describen características morfológicas de identificación, hábitos alimenticios y distribución de las especies en estudio.

1.1.1 *Chelonia mydas*

La tortuga blanca o verde (región Golfo de México y Caribe mexicano) está catalogada como en peligro de extinción (Seminoff, 2004). Se caracteriza por tener una cabeza pequeña redonda con un par de escamas pre-frontales y caparazón

de forma oval, liso con cuatro pares de escudos laterales y cinco escudos centrales (Márquez, 1990; Pritchard y Mortimer, 1999). Es una especie que se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de la zona tropical y subtropical del océano Atlántico, Pacífico e Índico, con importantes sitios de anidación y alimentación en los trópicos (Pritchard, 1997). Las colonias anidantes más grandes de tortuga blanca se encuentran en Costa Rica y Australia (Spotila, 2004). En las costas del Golfo de México y Caribe mexicano se pueden localizar anidaciones de esta especie en el estado de Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Márquez, 1990; Xavier *et al.*, 2006; Dow, *et al.*, 2007) y la temporada de anidación es de mayo a septiembre-octubre (Márquez, 1990; Cuevas *et al.*, 2010). Los ejemplares adultos de esta especie mantienen una dieta herbívora compuesta principalmente por pastos marinos y algas localizadas en aguas típicamente poco profundas (Miller, 1997).

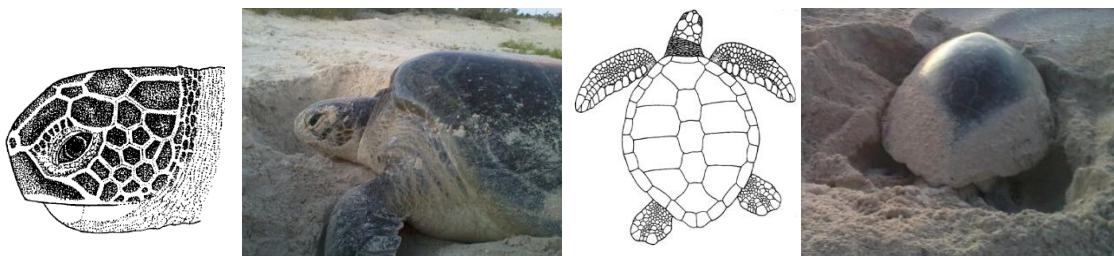


Figura 1. *Chelonia mydas*. Imágenes modificadas de Pritchard y Mortimer (1999)/ Fotos: Marlenne Vázquez (2014).

1.1.2 *Eretmochelys imbricata*

La tortuga carey es una especie que se encuentra en peligro crítico de extinción (Mortimer y Donnelly, 2008), habita bahías, estuarios y lagunas en las aguas tropicales y subtropicales del océano Atlántico, Pacífico e Índico y generalmente vive en asociación con arrecifes de coral donde abundan las esponjas, el principal alimento de esta especie (Carr *et al.*, 1966; Witzell, 1983; Meylan, 1988; Mortimer y Donnelly, 2008). Se caracteriza por tener una cabeza estrecha con un fuerte pico ganchudo y presenta dos pares de escamas pre-frontales, su caparazón es

aserrado en el margen posterior con los cinco escudos centrales superpuestos (Márquez, 1990; Pritchard y Mortimer, 1999). Las principales poblaciones de esta especie se encuentran en el Caribe, Islas Seychelles, Indonesia y Australia (Spotila, 2004). En el Golfo de México y Caribe mexicano se presentan sitios importantes de anidación en los estados de Campeche y Yucatán (Garduño *et al.*, 1999a; Xavier *et al.*, 2006; Dow *et al.*, 2007), y la temporada de anidación de tortuga carey comienza en abril y finaliza en agosto (Cuevas *et al.*, 2010). La mayoría de las zonas de alimentación y anidación de esta especie están localizadas entre los trópicos de Cáncer y Capricornio (Witzell, 1983).

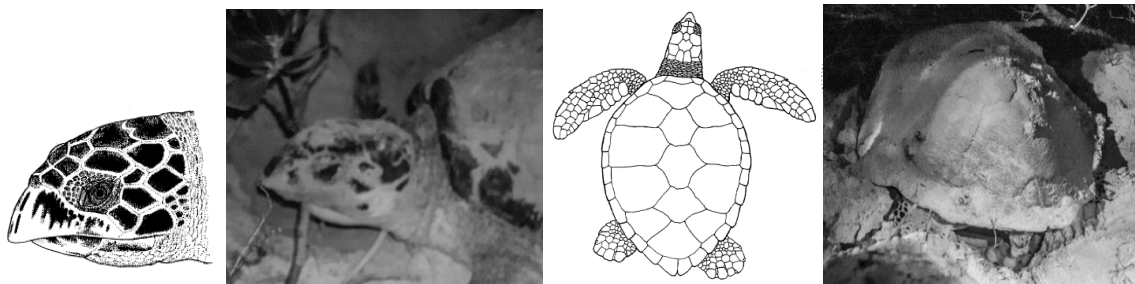


Figura 2. *Eretmochelys imbricata*. Imágenes modificadas de Pritchard y Mortimer (1999) / Fotos: Leire Ruiz (2014).

1. 2 Ciclo de vida: hembras adultas.

Las siete especies de tortugas marinas que se reproducen en las playas de todo el mundo comparten un modelo de ciclo de vida en común, aunque cada especie presenta ligeras variaciones (Miller, 1997). Las tortugas marinas presentan una historia de vida compleja y abarcan una diversidad de ecosistemas según la etapa de desarrollo en la que se encuentren (Bolten, 2003). En particular las hembras adultas utilizan los hábitats terrestres o playas de anidación únicamente para desovar por lo que permanecen en ellos menos del 1% de su ciclo vital; por el contrario también utilizan hábitats marinos, costeros y oceánicos, en los cuales se alimentan y pasan la mayor parte de su vida (Bjorndal, 1999). Además tanto machos como hembras, realizan migraciones desde las zonas de alimentación hacia las áreas de reproducción para aparearse, después los machos regresan a

las zonas de alimentación y las hembras se mueven a los sitios de anidación donde permanecen en la vecindad de las playas para el desove (Miller, 1997; Musick y Limpus, 1997). Durante la temporada reproductiva, las hembras depositan periódicamente múltiples puestas de huevos en sus playas natales, después de varios meses las hembras migran a sus zonas de alimentación para reponer sus reservas de energía y comienzan a prepararse para su próximo periodo reproductivo, el cual toma unos cuantos años más en el futuro (Miller, 1997).

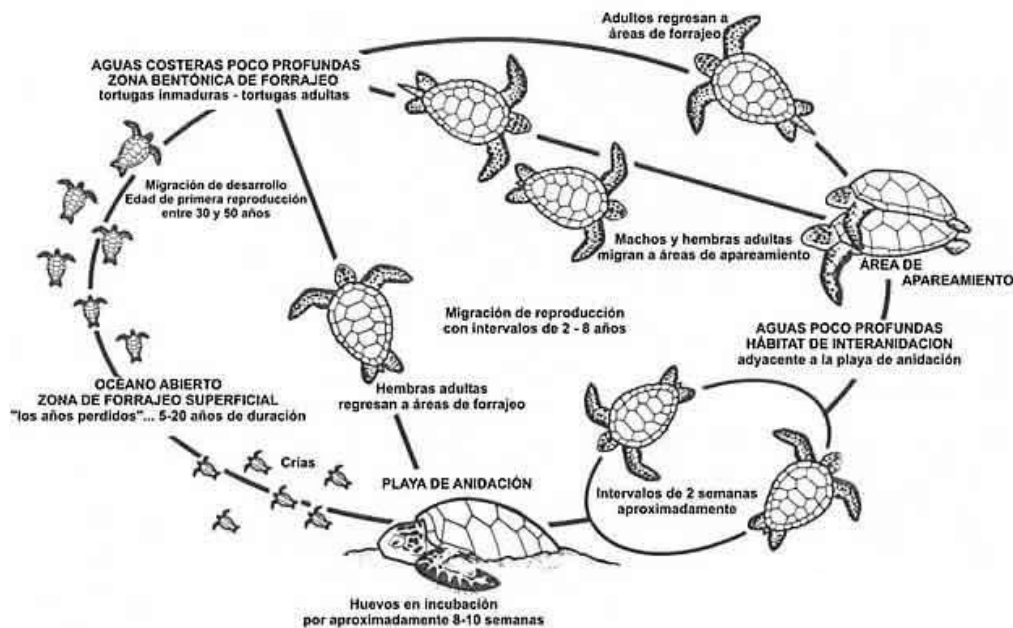


Figura 3. Esquema generalizado del ciclo de vida de las tortugas marinas, modificado de Lutz y Musick (1997).

1.3 El concepto de ámbito hogareño

Burt (1943) definió el ámbito hogareño como “el área que ocupa un individuo durante sus actividades normales, incluyendo refugio para protección, alimentación, reproducción, cuidado de las crías y otros requisitos de sus historias de vida, excluyendo migraciones y movimientos atípicos o impredecibles”.

El ámbito hogareño también se ha definido en términos probabilísticos, como la extensión de área con una probabilidad definida de encontrar un animal en cualquier punto al azar durante un periodo de tiempo específico (Anderson, 1982; Worton 1989), y es consistente con cómo los animales usan el espacio (Powell y Mitchell, 2012). El ámbito hogareño se describe a partir de una función de densidad llamada “distribución de la utilización” (UD por sus siglas en inglés), la cual representa la probabilidad de distribución de la posición de un animal en el plano basada en la frecuencia de las localidades (Dixon y Chapman, 1980; Worton 1987). Esta definición se basa en una descripción meramente probabilística del concepto, a diferencia de Burt (1943) quien le da un significado biológico.

La mayoría de los animales no utilizan el área de su ámbito hogareño con la misma intensidad, ellos tienden a ocupar ciertas áreas con mayor frecuencia que otras (Dixon y Chapman, 1980). El área con la mayor intensidad de uso es la zona núcleo y se considera la parte del ámbito hogareño más importante para el individuo (Dixon y Chapman, 1980; Samuel *et al.*, 1985), su identificación es un esfuerzo por entender los factores ecológicos que determinan su uso (Samuel *et al.*, 1985) y por describir cómo está estructurada la anatomía interna del ámbito hogareño (Ackerman *et al.*, 1990).

El ámbito hogareño es estimado a partir de una muestra de localidades que son usadas para inferir dónde se puede encontrar al animal (Horne y Garton, 2006). El método más básico y simple para estimarlo es el polígono mínimo convexo (PMC), que se define como el área formada por la unión de los puntos más extremos donde se observó al individuo (Burt, 1943), pero es incapaz de definir movimientos dentro del polígono, no delimita zonas núcleo ni proporciona información del área potencial usada por el animal (Worton, 1987), es sensible a valores extremos y tamaño de muestra, y puede incluir grandes áreas que no son usadas por el individuo (Worton, 1987; Ackerman *et al.*, 1990; Hooge *et al.*, 2001).

Por su parte, las técnicas probabilísticas para estimar el ámbito hogareño son mejores que el PMC para describir cómo los animales utilizan el espacio dentro de sus ámbitos hogareños (Hooge *et al.*, 2001). Debido a que los animales no distribuyen su uso del espacio en patrones estadísticamente bien definidos, los métodos no paramétricos se han vuelto populares para el análisis de los datos (Powell y Mitchell, 2012). El estimador de densidad de Kernel (EDK) es considerado uno de los métodos no paramétricos más robustos para estimar la distribución de la utilización (UD) de un animal (Hooge *et al.*, 2001; Powell y Mitchell, 2012); es útil para determinar zonas núcleo (Worton, 1987) ya que no asume el uso uniforme del área (Anderson, 1982), asume independencia entre las observaciones, describe el uso del espacio (Anderson, 1982; Worton, 1987) y es menos sensible a valores extremos que el PMC (Worton, 1987).

El tamaño, forma, estructura y ubicación del ámbito hogareño pueden proporcionar información acerca de los recursos disponibles para los individuos (Ackerman *et al.*, 1990; Hooge *et al.*, 2001; Powell y Mitchell, 2012), identificar áreas que son utilizadas para propósitos específicos como anidación o alimentación (Horne y Garton, 2006) o para fines de manejo y conservación de especies en peligro de extinción. De esta manera, la estimación y análisis del ámbito hogareño proporciona un gran entendimiento de la ecología y comportamiento del animal en estudio (Worton, 1989; Horne y Garton, 2006; Powell y Mitchell, 2012).

1. 4 Migración y ámbitos hogareños en hembras adultas: generalidades e importancia.

Los animales migratorios presentan diferentes ámbitos hogareños a lo largo de su vida (Burt, 1943), en el caso de las tortugas marinas, las hembras adultas, además de las playas de anidación, cuentan con el hábitat de interanidación y alimentación (Godley *et al.*, 2008).

1.4.1 Interanidación

Las hembras de todas las especies de tortugas marinas depositan múltiples nidadas durante una temporada reproductiva, la cual puede durar varios meses y la mayoría de las especies no anidan en años consecutivos (Miller, 1997). El periodo, en días, entre una puesta exitosa y el primer intento de anidación subsecuente, se denomina “periodo de interanidación” (Alvarado y Murphy, 1999). Para la región de la Península de Yucatán el intervalo de anidación para la tortuga blanca y carey corresponde a 11 y 16 días respectivamente (Cuevas *et al.*, 2010).

Durante este tiempo las hembras permanecen en las aguas cercanas a la playa de anidación y establecen una residencia temporal en ciertas zonas de agua poco profundas (Musick y Limpus, 1997). En esta fase las hembras adultas realizan actividades energéticamente costosas, preparando nidadas para ser depositadas, viajando desde y hacia la playa de anidación y emergiendo periódicamente para construir sus nidos (Walcott *et al.*, 2012), además de que pueden presentar poca o ninguna ingesta de alimentos durante el periodo interanidatorio (Hays *et al.*, 2002b; van Dam *et al.*, 2008). Para optimizar las reservas de energía en esta fase, las hembras disminuyen su metabolismo y descansan principalmente en el suelo marino (Hays *et al.*, 2000). Cuando las hembras terminan de anidar, abandonan la zona adyacente a las playas de desove y comienzan las migraciones post-anidantes para regresar a su zona de residencia habitual fuera del periodo reproductivo (Plotkin, 2003), y en la siguiente temporada reproductiva, las tortugas marinas migrarán de regreso a las mismas playas donde nacieron para desovar (Miller, 1997).

La importancia de los hábitats interanidatorios se debe a que albergan agregaciones predecibles y altamente densas de tortugas marinas durante algunos periodos del año (*v.gr.* temporada reproductiva) y éstos incluyen a los individuos más valiosos de la población desde el punto de vista de la conservación como son machos y hembras reproductores (Meylan y Meylan, 1999). Además estas áreas son relativamente pequeñas y por lo general se encuentran dentro de

la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de algún país, por lo que pueden ser protegidas por el gobierno del Estado ribereño que las incluye (Zbinden, *et al.*, 2007; Maxwell *et al.*, 2011).

1.4.2 Migración

Las migraciones son un componente importante de las historias de vida de muchos organismos, y este fenómeno biológico es reconocido por Dingle y Drake (2007) como una adaptación impulsada por la fluctuación espacio-temporal de los recursos (*v.gr.* disponibilidad transitoria y cambio de ubicación). Los movimientos estacionales entre sitios de alimentación y reproducción de una gran variedad de reptiles caen dentro de la categoría de migración y estos movimientos promueven la supervivencia de los individuos asegurando que permanezcan en el hábitat adecuado durante todo el año (Southwood y Avens, 2010). Siguiendo a estos autores las tortugas marinas son los únicos reptiles que exhiben grandes migraciones, pues viajan extraordinarias distancias entre diferentes hábitats marinos durante todas las etapas de su ciclo de vida. En la fase adulta las hembras recorren cientos o miles de kilómetros desde sus zonas de alimentación hasta sus playas de anidación, ya sean tropicales o subtropicales, para reproducirse y posteriormente regresar a las zonas de alimentación (Plotkin, 2003; Godley *et al.*, 2010; Southwood y Avens, 2010).

Las tortugas blancas son conocidas por realizar migraciones de grandes distancias, viajando cientos o miles de kilómetros entre sus sitios de anidación y alimentación (Balazs, 1994; Papi *et al.*, 1995), a diferencia de la tortuga carey, especie considerada como menos migratoria con movimientos cortos entre sus diferentes hábitats (Meylan, 1999a) o incluso sedentaria (Witzell, 1983).

El itinerante estilo de vida que caracteriza a las tortugas marinas esta ligado a su habilidad de orientación y navegación para migrar grandes distancias y atravesar el océano (Lohmann *et al.*, 2008; Southwood y Avens, 2010). Durante las migraciones, los adultos utilizan múltiples señales no magnéticas para guiar sus

viajes en el medio marino como la temperatura del agua, el viento, batimetría, detección de químicos en el agua y corrientes marinas; además usan elementos magnéticos para navegar como el ángulo de inclinación y la intensidad del campo magnético terrestre (Lohmann *et al.*, 2008).

1.4.3 Alimentación

La mayor parte de la vida de las tortugas marinas adultas transcurre en sitios de alimentación, los cuales pueden estar relativamente cerca o encontrarse a cientos o miles de kilómetros distantes de las playas de anidación (Meylan y Meylan, 1999). Una vez que las hembras establecieron su sitio de alimentación, permanecen residentes en él hasta su próxima migración reproductiva, la cual tarda varios años (Miller, 1997; Plotkin, 2003).

Las tortugas carey se alimentan con mayor frecuencia en hábitats de fondo duro y arrecifes coralinos que contienen esponjas (Meylan, 1988; Bjorndal, 1999) mientras que la tortuga blanca, al ser un herbívoro bentónico, se encuentra asociada a hábitats de pastos marinos donde abunda *Thalassia testudinum* (Bjorndal 1999; Horrocks, 2001); y de acuerdo con Plotkin (2003) las zonas de alimentación de ambas especies en general son cercanas a la costa, fijas en su ubicación, sin variaciones temporales o espaciales y relativamente pequeñas.

Horrocks (2001) menciona que la protección de los hábitats de alimentación (al igual que los hábitats de interanidación) es un factor crítico para el manejo efectivo de las poblaciones de tortugas marinas; y su importancia radica en el hecho de que en estos hábitats marinos convergen agregaciones de tortugas marinas de diferentes playas de anidación y diferentes especies (Miller, 1997; Meylan y Meylan, 1999; Bjorndal, 1999). Además, las áreas de alimentación influyen en el éxito reproductivo de las hembras debido a que la energía utilizada durante los viajes migratorios y la temporada de anidación, así como la calidad de los huevos depositados en las playas se derivan del alimento que la hembra obtiene de las zonas de alimentación (Miller, 1997).

1. 5 Tortugas marinas y conservación.

1.5. 1 Estatus de conservación

La tortuga carey (*E. imbricata*) y la tortuga blanca (*C. mydas*) están clasificadas bajo la categoría de riesgo “en peligro de extinción (P)” por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), refiriéndose a “aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural” (SEMARNAT, 2010). A nivel internacional ambas especies están enlistadas en el Apéndice I de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés) catalogadas como “especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio, restringiendo así significativamente su comercio internacional” (CITES, 2013); ambas especies también están incluidas en el Anexo I y II de la Convención sobre Especies Migratorias (CMS, por sus siglas en inglés), catalogadas como especies migratorias en peligro y bajo protección total (CMS, 2013). Además la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) califica la condición de *E. imbricata* como en “peligro crítico de extinción” (“especie que esta enfrentando un alto riesgo de extinción en un futuro inmediato”) y *C. mydas* “en peligro” (“a pesar de no estar en peligro crítico se enfrenta a un alto riesgo de extinción o deterioro poblacional en el estado silvestre en un futuro cercano”) (IUCN, 2013).

1.5. 2 Protección de hábitats críticos

Miller (1997) y Eckert (1999) enfatizan que la clave de la conservación de las tortugas marinas no solamente está en la protección de los individuos, sino también en la protección de sus hábitats críticos, y de acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre (SEMARNAT, 2012) los hábitats críticos “*son áreas específicas terrestres o acuáticas, en las que ocurren procesos biológicos, físicos y químicos esenciales, ya sea para la supervivencia de especies en categoría de riesgo, ya sea para una especie, o para una de sus poblaciones, y que por tanto requieren*

manejo y protección especial. Son áreas que regularmente son utilizadas para alimentación, depredación, forrajeo, descanso, crianza o reproducción, o rutas de migración”.

En el caso de las tortugas marinas, sus hábitats críticos, a excepción de las playas de anidación, se encuentran en el mar, ya que estos reptiles dependen de los hábitats terrestres únicamente durante su periodo reproductivo (Márquez, 1990; Musick y Limpus, 1997). La diversidad de hábitats de los que depende un individuo de tortuga marina durante su ciclo de vida significa que para que los esfuerzos de conservación sean efectivos, no deben ser relevantes únicamente las playas de anidación, sino también muchos ambientes costeros marinos y ciertas áreas de la zona oceánica que las tortugas utilizan, como las zonas de interanidación, sitios de alimentación y corredores migratorios entre ambos hábitats (Horrocks, 2001; Schoeder, 2001).

En México, la principal estrategia legal para la conservación de la biodiversidad ha sido el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas (ANP's) en todo el territorio donde se tiene jurisdicción nacional, tanto acuático como terrestre (CONANP, 2013). Aunque en México la figura legal de Área Marina Protegida no existe como tal, hay diversas ANP's cuyo polígono de protección o parte del mismo se encuentra en el ambiente marino (Rivera, 2011), sin embargo son escasas las áreas protegidas que conservan zona marina, pues únicamente el 20% de ellas incluyen porción marina dentro de su polígono (Rivera, 2011) y la mayoría son costeras, dejando sin protección los ambientes oceánicos (CONABIO *et al.*, 2007a).

Debido a los vacíos de información en la protección del ambiente marino, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) identificó 105 zonas de alta importancia para la conservación de la biodiversidad costera y oceánica de México denominados “Sitios prioritarios marinos para la conservación” (SPM), los cuales carecen de carácter legal y menos del 20% de

ellos se encuentran protegidos por algún decreto de Área Natural Protegida (CONABIO *et al.*, 2007a).

1.5.3 Amenazas en la región.

En los últimos años las poblaciones de tortugas marinas declinaron dramáticamente como consecuencia de una explotación intensa y prolongada de huevos, carne y derivados para consumo y comercio (CIT, 2010). Actualmente, amenazas adicionales a la sobrevivencia de estas especies han sido la captura incidental y la pérdida o degradación de sus hábitats críticos por contaminación y desarrollo costero (Seminoff, 2004; Mortimer y Donnelly, 2008). La captura incidental por equipos de pesca no dirigida a tortugas marinas ha sido ampliamente reconocida como un factor importante en la disminución de muchas poblaciones de tortugas marinas (Lewison *et al.*, 2004). Las principales artes de pesca relacionadas con la captura incidental, y por lo tanto con la alta tasa de mortalidad de estas especies son las redes de arrastre, palangre y redes agalleras (CIT, 2006; Lewison y Crowder, 2007). Aunado a esto, factores como actividades de la industria petrolera (exploración, producción, refinamiento), destrucción del lecho marino (dragado, anclaje), tránsito marítimo, cambio climático y contaminación marina atentan contra la supervivencia de estas especies en peligro de extinción y sus hábitats críticos marinos (Eckert, 1999).

En el Golfo de México la pesca es una de las actividades económicas más importantes y de acuerdo con Márquez (2004) las zonas de mayor captura incidental en esta región abarcan los estados de Tamaulipas, Veracruz y la Sonda de Campeche, aunque se desconoce el volumen anual de esta captura, siendo *C. mydas* y *E. imbricata* de las especies más capturadas. Sumado a lo anterior, Rivera (2011) reporta que la pesca es la actividad económica más importante realizada dentro de las ANP's con zona marina, por lo que los hábitats críticos de las tortugas marinas en el Golfo de México pueden estar amenazados por esta práctica.

1. 6 Telemetría satelital y tortugas marinas.

Para establecer estrategias de conservación efectivas y mitigar las amenazas asociadas con las tortugas marinas es necesario incrementar el conocimiento de su comportamiento en los océanos (Godley *et al.*, 2010). Durante décadas el método por excelencia para obtener este tipo de información era la aplicación de marcas en las aletas y su posterior recaptura (Timko y Kolz, 1982), pero con el tiempo fueron apareciendo tecnologías de rastreo como la radio telemetría y la telemetría satelital la cual ha sido la técnica de mayor uso en los últimos años para rastrear y conocer los movimientos de estas especies en ambientes marinos (Timko y Kolz, 1982; Godley *et al.*, 2008).

La telemetría satelital es un sistema de localización y obtención de datos vía satélite, el cual permite que un transmisor, colocado a un animal, pueda ser rastreado (CLS, 2013). El sistema Argos emplea plataformas de transmisión (PTTs por sus siglas en inglés) las cuales envían señales periódicamente a los satélites de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), y la ubicación del transmisor es entonces calculado mediante el efecto Doppler en la frecuencia en la que la transmisión es recibida por el satélite. Finalmente la información procesada queda disponible para los usuarios a través de los Centros de Servicio que Argos tiene alrededor del mundo (Hays *et al.*, 2001; CLS, 2013).

En las últimas décadas, el rastreo satelital y el sistema Argos se han convertido en una herramienta ampliamente utilizada para conocer los movimientos de una gran variedad de vertebrados terrestres, aéreos y acuáticos, particularmente de especies que se mueven distancias considerables a través de hábitats inaccesibles como las tortugas marinas (Balazs, 1994; Cheng 2000; Luschi *et al.* 2003; Blumenthal *et al.*, 2006; Cuevas *et al.*, 2008; Maxwell *et al.*, 2011; Hart *et al.*, 2012b).

Las características de la telemetría satelital como transmisores satelitales de gran tamaño, alto costo y baja precisión en las localidades hace a esta técnica más

apropiada para estudios con adultos (Blumenthal *et al.*, 2009). Esta tecnología ha permitido detallar los movimientos y el curso real (en tiempo y espacio) de las migraciones entre hábitats críticos, conocer el periodo de tiempo y revelar la ubicación de los sitios que las hembras utilizan durante la interanidación y alimentación tanto en zonas neríticas como pelágicas (Yasuda y Arai, 2005; Godley *et al.*, 2010), dirigiendo la atención en los últimos años hacia estudios de conservación y establecimiento de estrategias de manejo de estas especies en peligro de extinción y la preservación de sus hábitats (*v.gr.* Zbinden *et al.*, 2007; Maxwell *et al.*, 2011; Gaos *et al.*, 2012; Hart *et al.*, 2012a).

1.7 Sur del Golfo de México.

El Golfo de México es considerado una región de gran importancia biológica y ecológica por su alto potencial biótico y de recursos naturales. Su importancia como gran ecosistema está relacionada a sus características físicas y químicas, una gran variedad de fenómenos oceanográficos, así como la interacción de procesos terrestres y marinos que convergen en la zona costera (Caso *et al.*, 2004). El Golfo de México es un área de gran diversidad de especies, incluyendo las tortugas marinas, pues alberga cinco de las siete especies que existen en el mundo: lora, caguama, verde, carey y laúd (Márquez, 1990).

Los primeros estudios de rastreo satelital de tortugas marinas en la región fueron realizados por Byles y Swimmer (1994) con hembras de carey post-anidantes y Garduño *et al.* (1999b) con tortuga blanca; con el paso del tiempo otros estudios de telemetría satelital y análisis de ámbitos hogareños fueron surgiendo con diferentes especies: Cuevas *et al.* (2008) y González (2009) también estudiaron tortuga carey en la Península de Yucatán y González-Díaz-Mirón *et al.* (2010) en Veracruz. Por otro lado Kinzel *et al.* (2003) y Méndez *et al.* (2013) rastrearon tortuga blanca, Hart *et al.* (2012a) tortuga caguama y Shaver *et al.* (2013) tortuga lora en la misma región.

Si bien se ha generado información valiosa sobre el uso de las aguas del Golfo de México por diferentes especies de tortugas marinas, pocos estudios se han enfocado en el nivel de protección de los hábitats críticos marinos de la tortuga blanca y carey por lo que éste es de los primeros estudios en su tipo. Aunque actualmente las playas de anidación en el país se encuentran protegidas por parte del gobierno mexicano, el panorama indica que gran parte de la zona marina está desprotegida, y es justamente en el medio marino donde estas especies pasan la mayor parte de su vida, por esta razón es indispensable generar información acerca de dónde van las hembras después de que abandonan las playas de anidación, las rutas que utilizan, la localización de los sitios donde se alimentan y cuál es el nivel de protección de sus hábitats críticos en la región y de esta manera mejorar las actuales estrategias de conservación de tortugas marinas en México

2. Objetivos e hipótesis

El objetivo general de este trabajo es identificar espacialmente las rutas migratorias, sitios de interanidación y alimentación utilizados por hembras de tortuga blanca (*Chelonia mydas*) y carey (*Eretmochelys imbricata*) que anidan en playas del sur del Golfo de México.

En tanto que los objetivos particulares derivados del anterior son los siguientes:

- Localizar las rutas migratorias y áreas de alimentación de hembras de tortuga blanca y carey anidantes en playas del sur del Golfo de México.
- Determinar la distancia y el tiempo de los movimientos migratorios post-anidantes de hembras de tortuga blanca y carey, y comparar las distancias recorridas y patrones migratorios presentados por cada especie.
- Estimar el ámbito hogareño de interanidación y alimentación ocupado por las hembras de tortuga blanca y carey y comparar el tamaño entre especies.
- Determinar el porcentaje de sobreposición espacial de los ámbitos hogareños de interanidación, alimentación y rutas migratorias con áreas naturales

protegidas y sitios prioritarios marinos, así como su coincidencia con zonas pesqueras del sur del Golfo de México.

Las hipótesis planteadas en el estudio fueron las siguientes:

- Los hábitats críticos utilizados durante el periodo reproductivo y posterior a éste son diferentes para ambas especies.
- Los hábitats críticos de las dos especies en la región se encuentran protegidos en su mayoría (más del 50%).

3. Material y métodos

3.1 Área de estudio

La región Golfo- Caribe mexicano alberga una de las poblaciones anidantes de tortuga carey más grandes a nivel mundial y la más importante de la cuenca del Atlántico (Garduño *et al.*, 1999a; Meylan, 1999b; Mortimer y Donelly, 2008). En cuanto a la tortuga blanca colonias importantes de esta especie utilizan las playas de las costas oeste y norte de la Península de Yucatán para anidar (Xavier *et al.*, 2006; Cuevas *et al.*, 2010). Las playas del sur del Golfo de México ofrecen condiciones favorables para el proceso de anidación de tortugas marinas, principalmente de tortuga blanca y carey (Garduño *et al.*, 1999a; Xavier *et al.*, 2006; Cuevas, 2009). Los estados de Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo albergan diversas playas índice para el monitoreo de las poblaciones anidantes de estas dos especies, mientras que Tabasco es el único estado del sur del Golfo de México donde no se presenta actividad de anidación de tortugas marinas (Márquez, 1990; Dow *et al.*, 2007).

3.2 Rastreo satelital

Se colocaron 12 transmisores satelitales durante la temporada de anidación 2007, 2011 y 2013 al mismo número de hembras adultas (blanca=6 y carey=6) en diferentes playas índice del sur del Golfo de México (Fig. 4) siguiendo el método utilizado por Balazs *et al.* (1996) y Coyne *et al.* (2012): durante patrullajes

nocturnos se seleccionaron hembras al azar después de que habían finalizado su proceso de anidación en la playa, se inmovilizaron y limpió el caparazón (*v.gr.* remoción de balanos, arena y algas) para la adhesión de la plataforma terminal de transmisión (PTT) en la parte central delantera utilizando un pegamento epóxico (Coyne *et al.*, 2012) o fibra de vidrio y resina de poliéster (Balazs *et al.*, 1996) con características físicas y químicas inocuas para las tortugas. Se usaron PPT's modelo SPOT5 y MK10 de la marca Wildlife Computers con las siguientes características: sensores de sal, 250 transmisiones/día, frecuencia de transmisión 46 segundos, programados para permanecer encendidos 24 hrs. al día durante 4 meses y posteriormente encendido 24 hrs. y apagado 24 hrs., controlados mediante interruptor de agua salada para detener la transmisión cada vez que la tortuga se sumerge y enviar señal cuando la tortuga emerge a la superficie marina para respirar. Una vez que el procedimiento se dio por concluido la hembra fue liberada en el mismo sitio de captura permitiendo su regreso al mar. Con la finalidad de diferenciar a todos los individuos durante el proceso de análisis de datos se utilizaron nombres comunes para cada tortuga (Fig. 4).

Las posiciones geográficas de cada tortuga fueron calculadas por medio del sistema convencional Argos a través de la filial CLS Norte América (CLS, 2013) y la información fue descargada vía internet utilizando la herramienta de análisis y rastreo satelital STAT (Coyne y Godley, 2005). Argos asigna un índice de calidad a cada una de las posiciones o localidades de clase (LCs) y las clasifica en siete tipos dependiendo del rango de error estimado: 3 (<250m), 2 (250m<<500m), 1 (500m<<1500m), 0 (>1500m) (CLS, 2013), mientras que para las LCs A y B Argos es incapaz de asignar un nivel de precisión (Hays *et al.*, 2001) y las LCs Z se consideran como una ubicación inválida (CLS, 2013). Las LCs 3, 2, 1 y 0 son proporcionadas cuando cuatro satélites o más reciben la señal del transmisor, mientras que las LCs tipo A y B son calculadas con menos de cuatro mensajes (CLS, 2013).

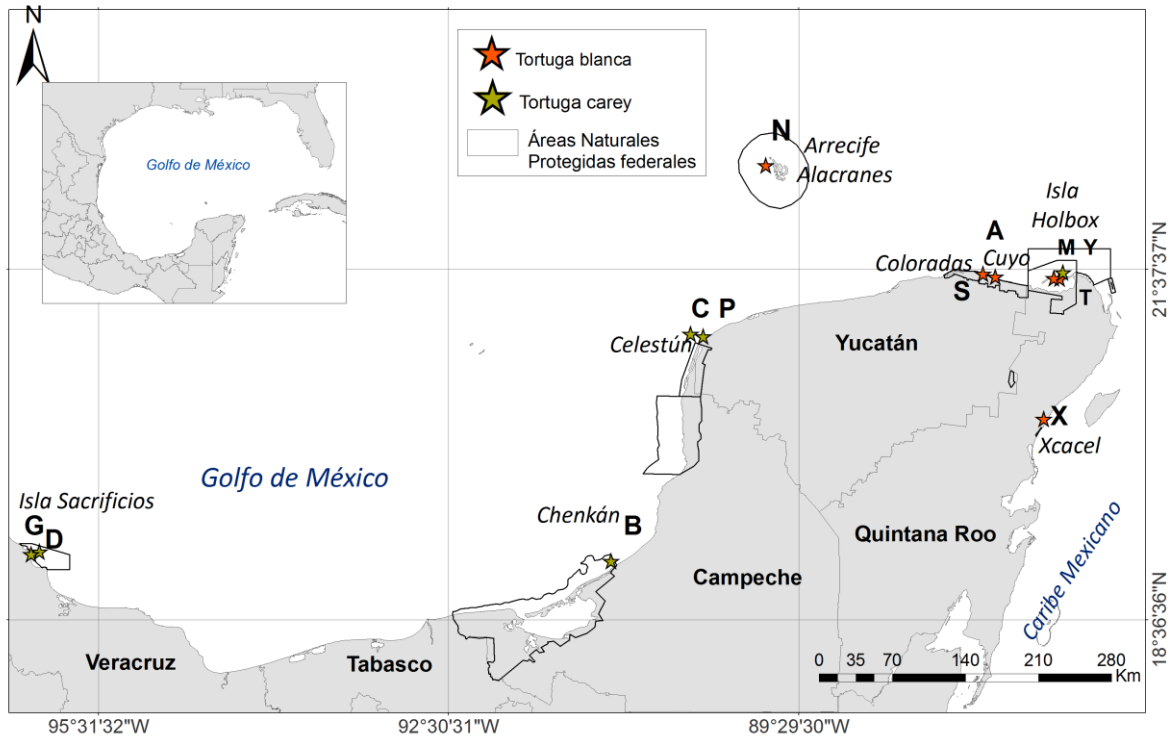


Figura 4. Área de estudio señalando las playas de anidación donde fueron colocados los transmisores satelitales para el rastreo de 6 hembras post-anidantes de tortuga blanca: (X) Xcaci, (N) Nacha, (Y) Yayis, (A) Adriana, (S) Sofía, (M) Milagros; y 6 hembras post-anidantes de tortuga carey: (D) Dian, (G) Giovanna, (C) Celestina, (P) Poxy, (B) Bani, (T) Tormenta, en el sur del Golfo de México.

Para asegurar la calidad de la información utilizada en el presente estudio se eliminaron las LCs tipo Z, (Marcovaldi *et al.*, 2010), también se removieron manualmente las posiciones dudosas como aquellas que se encontraban en tierra o zonas alejadas en mar abierto (Hart *et al.*, 2012a). Una vez filtrados y depurados los datos se analizó la información espacial mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcView® GIS 3.2a (Environmental Systems Research Institute, Inc., 1992-2000). Este programa permitió reconstruir las rutas migratorias, localizar y estimar los ámbitos hogareños de interanidación y alimentación para cada una de las hembras post-anidantes; asimismo se elaboraron mapas temáticos de cada tortuga mediante el software ArcMap® Versión 9.3 (Environmental Systems Research Institute, Inc., 2008).

3.3 Movimientos post-anidantes

Desde el momento en que se colocaron los transmisores satelitales, se diferenció el comportamiento de las hembras en tres fases: “interanidación”, “migración” y “alimentación”. Cada una de estas etapas se identificó mediante inspección visual: se asumió que las hembras estaban interanidando cuando (1) se observaron localidades cercanas a la playa de desove, (2) con movimientos dirigidos hacia tierra y (3) restringidos a un sitio en particular (Maxwell *et al.*, 2011; Hart *et al.*, 2013). La migración inició a partir de que se sale de la nube de puntos, mostrando un desplazamiento directo hacia una zona en particular (Troeng *et al.*, 2005b; Maxwell *et al.*, 2011). Godley *et al.* (2008) mencionan que aunque la mayoría de los estudios únicamente registran el viaje de regreso a los sitios de alimentación una vez finalizada la temporada de anidación y no observan el proceso completo de “ida y vuelta”, debido a la biología de las especies en estudio, se asume que las hembras están regresando a los mismos sitios de alimentación usados anteriormente durante el periodo inter-reproductivo (Broderick *et al.*, 2007; Marcovaldi *et al.*, 2010; Schofield *et al.*, 2010). Por último, se consideró que los viajes migratorios habían sido completados y que las tortugas habían llegado a su sitio de alimentación cuando (1) no se mostró desplazamiento directo por al menos 3 días consecutivos, (2) los movimientos estaban restringidos a un área particular y (3) permanecían en ellas largos periodos de tiempo hasta que dejaban de transmitir (Troeng *et al.*, 2005b; Marcovaldi *et al.*, 2010). Además se evaluó la fidelidad al sitio de interanidación y alimentación (comportamiento que exhiben las tortugas marinas) mediante la prueba de Monte Carlo Random Walks (1000 replicas) de la extensión de análisis Animal Movement (AMAE por sus siglas en inglés) desarrollada por Hooge y Eichenlaub (2000) para ArcView® (Hooge *et al.*, 2001; Cuevas *et al.*, 2008; Maxwell *et al.*, 2011; Hart *et al.*, 2012a), dicha prueba muestra si los movimientos que exhiben las hembras se encuentran restringidos a un área en particular y ha sido utilizado para definir si un animal ha establecido un ámbito hogareño (Powell y Mitchell, 2012).

3.4 Ámbito hogareño

El ámbito hogareño de interanidación y alimentación de cada tortuga se estimó mediante dos métodos utilizando la extensión AMAE para ArcView®: polígono mínimo convexo (PMC), que de acuerdo con Burt (1943) y Hooge *et al.* (2001) permite hacer comparaciones entre estudios debido a que es el método más viejo y simple; y en caso de cumplir con el supuesto de fidelidad de sitio también se aplicó el estimador de densidad Kernel (EDK) (Worton, 1989; Yasuda y Arai, 2005; Cuevas *et al.*, 2008; Powell y Mitchell, 2012), con un valor de suavizado (h_{cv}) automático determinado por validación cruzada de mínimos cuadrados (LSCV) (Cuevas *et al.*, 2008). Este último método también fue utilizado para identificar áreas del ámbito hogareño que son usadas por los individuos en diferentes proporciones (Hart *et al.*, 2013): el 95% de la distribución de la utilización (UD) fue usado para estimar el área total ocupada por el animal y el 50% de la UD se empleó para delimitar la zona núcleo (Worton, 1989; Hooge *et al.*, 2001; Schofield *et al.*, 2010; Hart *et al.*, 2013), mientras que el 75% de la UD se calculó para propósitos de comparación con otros estudios (González, 2009; Blanco *et al.*, 2013). Las zonas núcleo (EDK 50%) se utilizaron en los análisis estadísticos debido a que se ven menos afectados por valores extremos, tamaño de muestra y desviaciones (Ackerman *et al.*, 1990; Hooge *et al.*, 2001).

A manera de consideración, el ámbito hogareño de alimentación de dos individuos (Dian y Giovanna) se calculó con la mitad de localidades registradas (700 de 1500 datos aproximadamente), debido a que el resto de los datos ya no estaban aportando información.

Se examinó la homocedasticidad y normalidad mediante la prueba estadística F y Shapiro-Wilk, respectivamente, correspondiente al tiempo y distancia de migración, así como tamaño de ámbito hogareño (EDK 50%) de interanidación y alimentación (Anexo II y III). Tras valorar los supuestos de homocedasticidad y normalidad se usó la prueba t -student y Mann-Whitney para evaluar las posibles diferencias de dichas variables entre la tortuga blanca y la tortuga carey (Anexo IV

y V). Para probar las hipótesis se utilizó el software estadístico InfoStat (Grupo InfoStat, 2013).

3.5 Conservación

Los porcentajes de protección de los hábitats críticos se calcularon con el número de hembras cuyo PMC de interanidación y alimentación se localiza (total o parcialmente) dentro de Áreas Naturales Protegidas federales (ANP's) y sitios prioritarios marinos (SPM); y el área de los ámbitos hogareños que coincide con estas zonas protegidas, calculada mediante PMC y EDK 50%; y para las rutas migratorias se utilizó el número de días que pasan los individuos dentro de las ANP's. Para todos los casos se usaron mapas en formato vectorial desarrollados por CONANP (2013) y CONABIO *et al.* (2007b).

El nivel de incidencia de ámbitos hogareños de interanidación y alimentación (calculados mediante PMC) y rutas migratorias con las diferentes intensidades de esfuerzo pesquero en la zona fue determinado con ayuda del mapa en formato vectorial desarrollado por Lara (2012) sobre distribución cualitativa del esfuerzo de pesca con palangre y red agallera en la Península de Yucatán por flotas artesanales ribereñas.

4. Resultados

4.1 Rastreo satelital

Chelonia mydas. La duración del rastreo de las 6 hembras post-anidantes de tortuga blanca estuvo en un rango de 27 a 157 días (promedio = 85.67 ± 50.2 d). Xcaci fue la tortuga con el periodo de rastreo más prolongado en comparación con el resto de las hembras pues se recibieron localidades de su ubicación por aproximadamente medio año y Milagros obtuvo el menor tiempo de rastreo con aproximadamente un mes (Tabla 1). Las localidades de clase (Lc) tipo B fueron las que se presentaron en mayor porcentaje para el análisis de datos (Anexo I).

Eretmochelys imbricata. En contraste, las 6 hembras post-anidantes de tortuga Carey fueron rastreadas por un periodo de tiempo más largo, de 37 a 654 días (promedio = 276.50 ± 268.30 d), siendo Giovanna la tortuga con el periodo de rastreo más prolongado, pues fue de casi dos años y Bani obtuvo el menor tiempo de rastreo con aproximadamente un mes (Tabla 1). Las localidades de clase (Lc) que predominaron también fueron las de tipo B (Anexo I).

Tabla 1. Detalles del rastreo satelital de 12 hembras post-anidantes de tortuga blanca y Carey en el sur del Golfo de México.

Especie	Tortuga	Playa de anidación (Origen)	Fecha de liberación	Fecha de última transmisión	Duración del rastreo (días)
<i>C. mydas</i>	Xcaci	Xcacel (Q. Roo)	02-jul-11	05-dic-11	157
	Nacha	Arrecife Alacranes (Yuc)	07-jul-11	01-nov-11	118
	Yayis	Isla Holbox (Q. Roo)	02-ago-11	05-nov-11	95
	Adriana	El Cuyo (Yuc)	24-jul-13	18-sep-13	56
	Sofía	Las Coloradas (Yuc)	04-ago-13	03-oct-13	61
	Milagros	Isla Holbox (Q. Roo)	05-sep-13	01-oct-13	27
<i>E. imbricata</i>	Dian	Isla Sacrificios (Ver)	15-may-07	15-nov-08	549
	Giovanna	Isla Sacrificios (Ver)	29-may-07	14-mar-09	654
	Celestina	Celestún (Yuc)	11-jul-11	14-abr-12	279
	Poxy	Celestún (Yuc)	10-jul-13	03-oct-13	86
	Bani	Chenkán (Camp)	26-jul-13	27-ago-13	37
	Tormenta	Isla Holbox (Q. Roo)	09-ago-13	01-oct-13	54

4. 2 Movimientos post-anidantes.

Chelonia mydas. Se documentaron los movimientos posteriores a la colocación de los transmisores satelitales para las 6 hembras de tortuga blanca. Antes de comenzar su recorrido migratorio a las zonas de alimentación, las hembras permanecieron en aguas cercanas a su playa de anidación entre 2 y 41 días (promedio = 15.80 ± 15.67 d, n=5) (Tabla 2). Periodos mayores a 11 días es indicativo de que las hembras regresaron a la playa a depositar más nidadas. Sofía fue la única tortuga de la cual no se obtuvieron datos de su periodo de

interanidación pues comenzó su viaje migratorio al siguiente día de colocarle el transmisor.

Al finalizar la temporada de anidación, todas las hembras abandonaron sus respectivas playas y recorrieron entre 56.50 y 1585.65 km (promedio = 748.50 ± 616.30 km, $n=6$) hacia sus sitios de alimentación (Fig. 5a). Estas migraciones post-anidación tuvieron una duración de 2 a 46 días (promedio = 16.83 ± 15.93 d, $n=6$). Milagros fue la tortuga con la trayectoria migratoria más corta en cuanto a tiempo y distancia; por su parte Xcaci fue quien presentó el recorrido más largo en duración y Nacha exhibió la migración más larga en distancia (Tabla 2). Sofía, Adriana y Xcaci utilizaron la misma ruta migratoria (Fig. 5a). Además Xcaci, a diferencia de las demás tortugas, interrumpió su recorrido migratorio y permaneció en las inmediaciones de Cabo Catoche e Isla Contoy durante 45 días, donde se presume estableció un área de residencia temporal para alimentarse (Anexo VIa); aunque pasó un largo periodo de tiempo en ella, esta zona no era el destino de alimentación, por lo que siguió su viaje a lo largo de las costas de Yucatán durante 46 días más. En total, esta tortuga tardó 91 días desde que salió de su playa de anidación hasta llegar a su sitio de alimentación (Tabla 2).

Una vez que los viajes migratorios fueron completados, cinco de las seis tortugas blancas establecieron sus ámbitos hogareños de alimentación en aguas costeras aledañas a la Península de Yucatán, mientras que Yayis se asentó en aguas estadounidenses frente a los cayos del sur de Florida (Fig. 5a). Al momento de la síntesis de datos, las tortugas habían permanecido en sus sitios de alimentación por un periodo de 23 a 90 días (promedio = 48.17 ± 23.45 d, $n=6$). Todas habían dejado de transmitir, a excepción de Milagros quien siguió enviando información desde su respectiva zona de forrajeo.

Tabla 2. Tiempo ocupado por 12 hembras post-anidantes de tortuga blanca y carey para la fase de: (I) interanidación, (M) migración y (A) alimentación. (A´) Alimentación en ruta. * Fase incompleta.

Tortuga	Tiempo destinado a cada fase (días)				Sitio de Alimentación (Destino)	Distancia recorrida durante migración (Km)
	I	M	A´	A		
Xcaci	20	46	45	46	Petenes-Celestún-Palmar	846.93
Nacha	5	23	-	90	Petenes-Celestún-Palmar	1585.65
Yayis	41	12	-	42	Cayos de Florida (Fla)	1342.75
Adriana	11	12	-	33	Petenes-Celestún-Palmar	382.81
Sofía	-	6	-	55	Petenes-Celestún-Palmar	276.35
Milagros	2	2	-	23	Cabo Catoche (Q. Roo)	56.50
Dian	45	16	-	488	Banco Inglés (Camp)	660.73
Giovanna	39	11	-	604	Arrecifes de Campeche (Camp)	647.84
Celestina	17	31	-	231	Bajos del Norte (Yuc)	1175.06
Poxy	26	26	3	31	Cayos de Florida (Fla)	1294.60
Bani	15	22*	-	-	-	1107.83*
Tormenta	-	5	-	49	Isla Mujeres (Q.Roo)	123.70

Eretmochelys imbricata. Después de la colocación de los transmisores, las tortugas de carey rastreadas permanecieron en las inmediaciones de sus playas de anidación durante 15 y 41 días (promedio = 28.40 ± 13.26 d, n=5) antes de partir a sus zonas de alimentación. Periodos de más de 16 días es indicativo de que las hembras regresaron a la playa a depositar más nidadas. Tormenta fue la única tortuga de la cual no se registraron localidades para su periodo interanidatorio pues comenzó su viaje migratorio inmediatamente después de colocarle el transmisor.

Una vez que las hembras depositaron su último nido en la playa, se dirigieron a sus respectivas zonas de alimentación. Bani dejó de transmitir mientras se dirigía a este sitio y en el momento de la última localidad recibida esta tortuga había viajado 1107.83 km en 22 días y se encontraba fuera de territorio marítimo nacional, aparentemente seguía la misma ruta utilizada por Poxy (Fig. 5b). Las

otras cinco tortugas cubrieron una distancia entre 123.70 y 1249.60 km (promedio= 748.93 ± 486 km, $n=5$) para llegar a sus destinos de alimentación y las migraciones duraron de 5 a 31 días (promedio = 18.40 ± 11.30 d, $n=5$) (Tabla 2). Dian y Giovanna presentaron similitud en la ruta migratoria utilizada (Fig. 5b). Tormenta fue la tortuga con la trayectoria migratoria más corta en cuanto a tiempo y distancia; por su parte Celestina fue quien presentó el recorrido más largo en duración y Poxy tuvo la migración mas larga en distancia. Esta última tortuga se detuvo por 3 días frente a las costas de Progreso estableciendo allí un área de residencia temporal, para posteriormente seguir su recorrido (Anexo VIb).

Las hembras que completaron sus viajes migratorios establecieron sus sitios de alimentación en aguas del Golfo de México, a excepción de Poxy quien se asentó en aguas estadounidenses frente a los cayos del sur de Florida (Fig. 5b); allí permanecieron de 31 a 604 días (promedio = 280.60 ± 257.88 d, $n=5$). Al momento de la síntesis de datos, las tortugas habían dejado de transmitir, a excepción de Poxy y Tormenta quienes siguieron enviando información de sus localidades desde sus respectivos sitios de alimentación.

Al comparar los kilómetros recorridos desde las playas de anidación hacia las zonas de alimentación entre la tortuga blanca y Carey se encontró que no hubo diferencias significativas (*t*- student; $p=0.9266$, $n=11$) (Anexo V). De la misma manera no se presentaron diferencias significativas (Mann-Whitney; $p=0.7619$, $n=11$) entre el número de días que tardaron ambas especies en llegar a sus zonas de alimentación (Anexo IV).

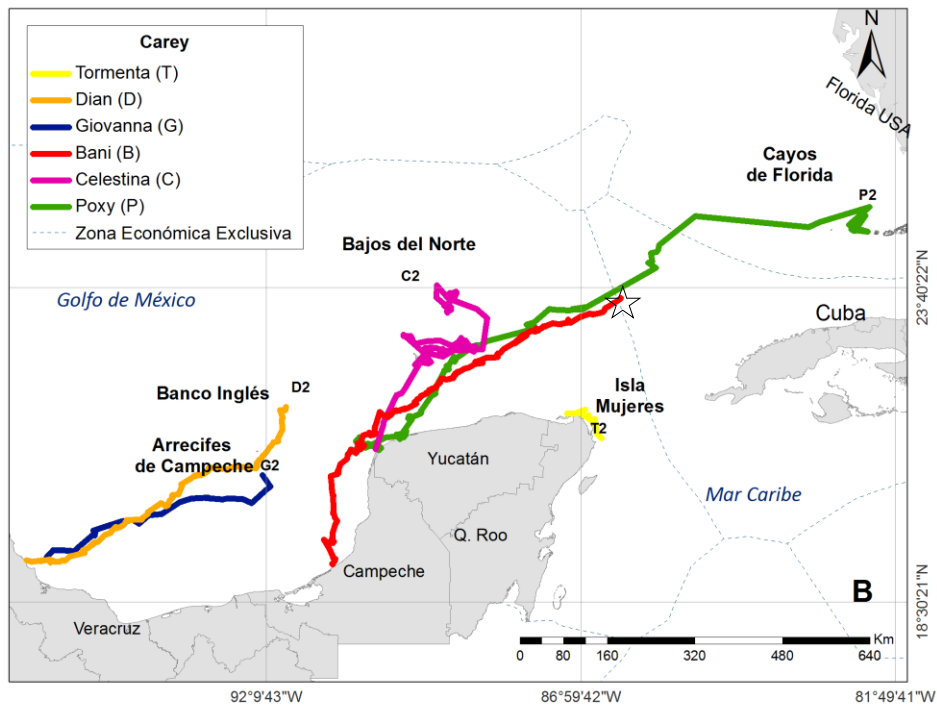
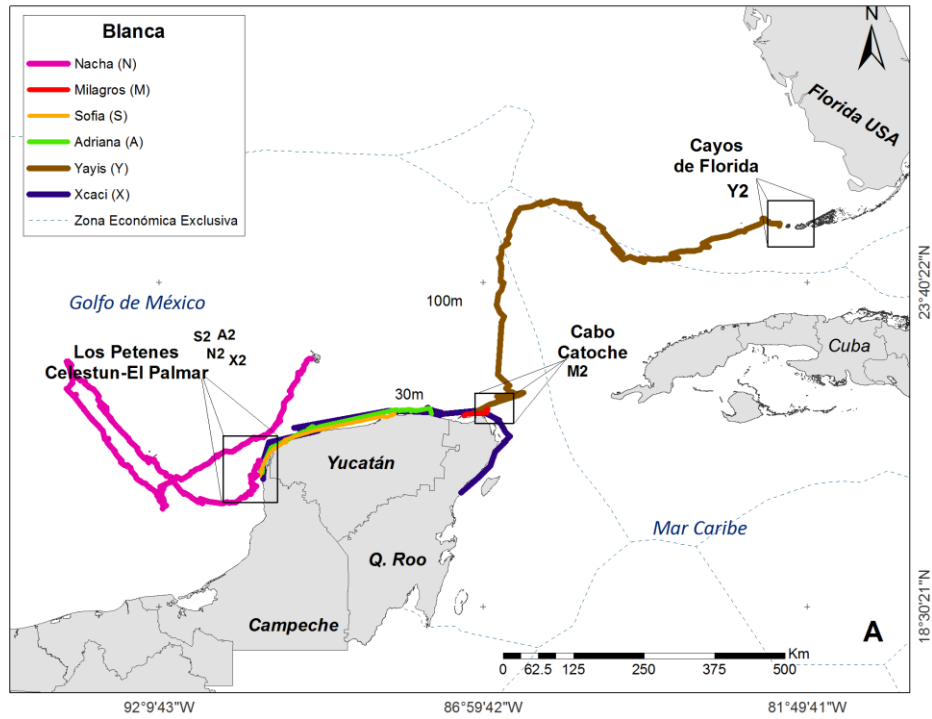


Figura 5. Movimientos post-anidantes de hembras rastreadas en el sur del Golfo de México: (a) *Chelonia mydas* y (b) *Eretmochelys imbricata*; señalando las zonas de alimentación identificadas (2). ☆ Dejó de transmitir durante la migración.

4.3 Ámbito Hogareño

Chelonia mydas. La información recabada durante el rastreo permitió la estimación del ámbito hogareño mediante EDK de únicamente dos individuos de tortuga blanca correspondiente al periodo de interanidación, mientras que la información de las cuatro hembras restantes no fue suficiente para la estimación de su ámbito hogareño mediante EDK (Fig. 6, Tabla 3). El área total del ámbito hogareño interanidatorio (EDK 95%) estuvo en un rango de 41.82 y 85.65 km² (promedio = 63.74 ± 31 km², n=2) mientras que la zona núcleo varió entre 8.94 y 12.84 km² (promedio = 10.85 ± 2.76 km², n=2) (Tabla 3).

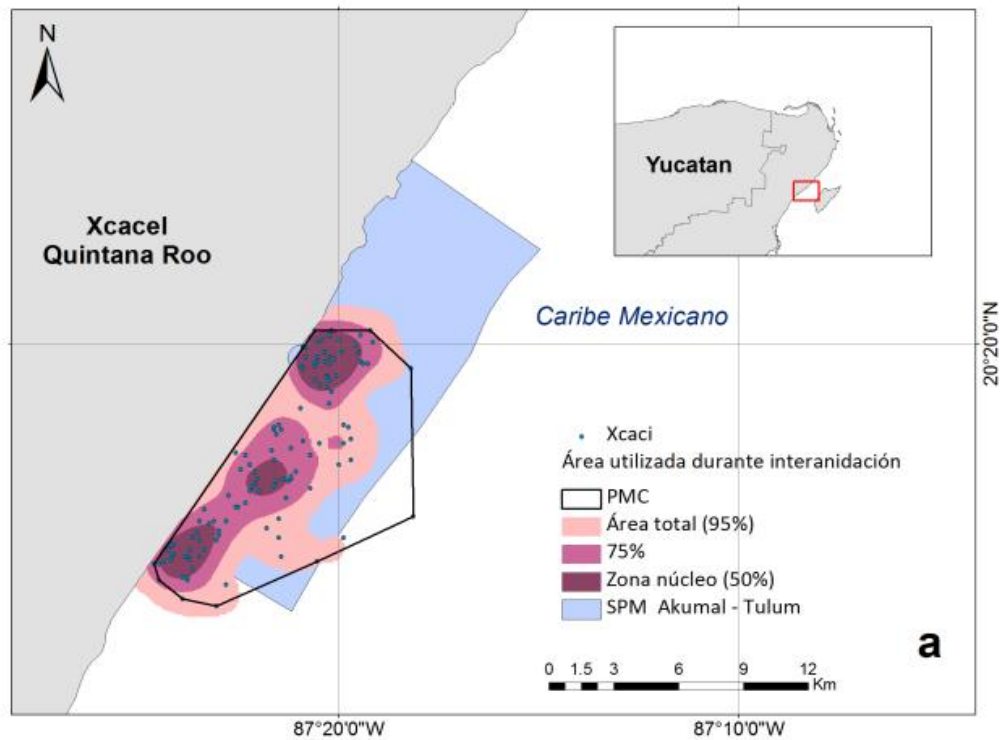


Figura 6. Ámbitos hogareños durante el periodo de interanidación de hembras de *Chelonia mydas* calculados mediante polígono mínimo convexo (PMC) y estimador de densidad kernel (EDK 50%, 75% y 95%): (a) Xcaci, (b) Nacha, (c) Yayis, (d) Adriana y (e) Milagros.

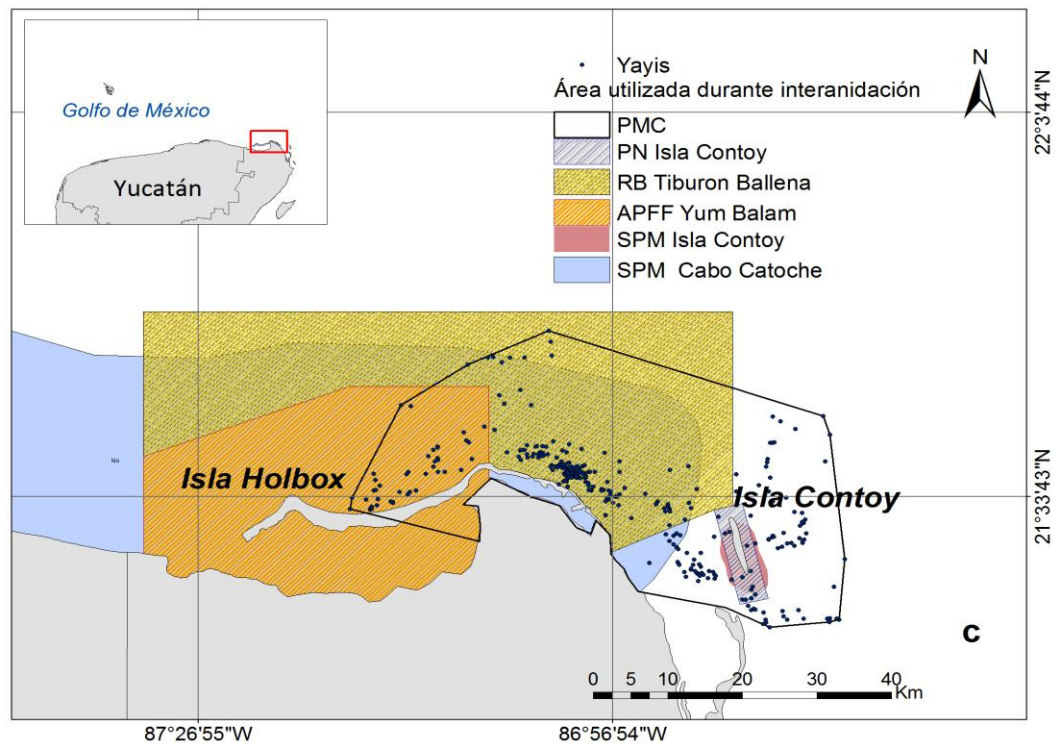
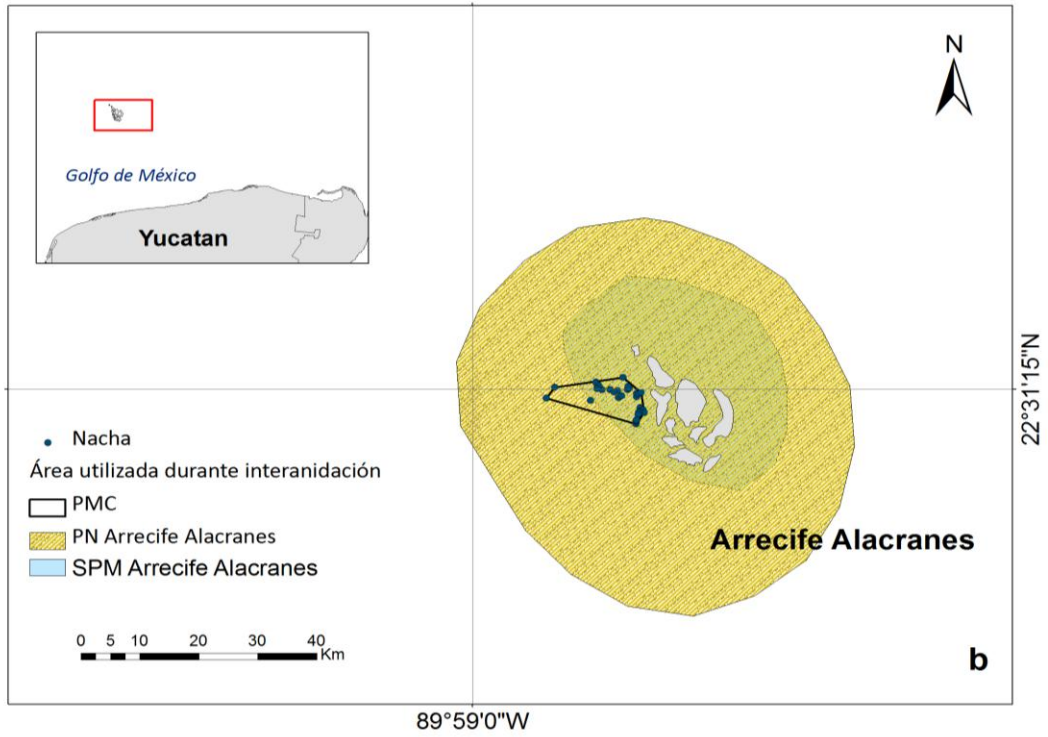


Figura 6. (Continuación).

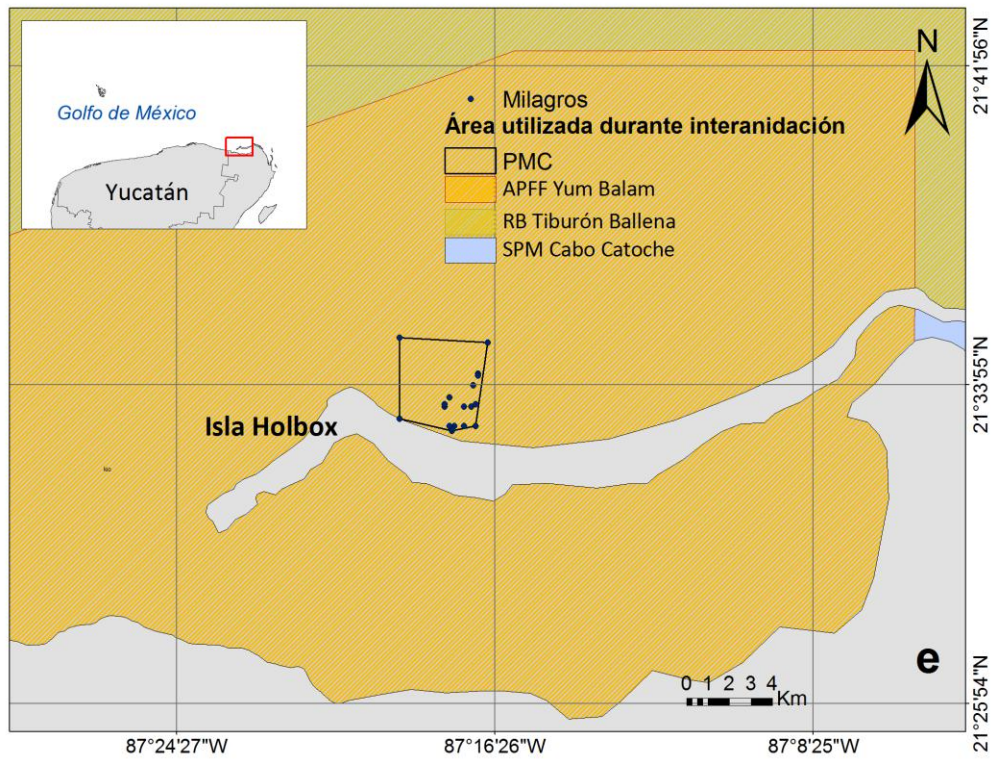
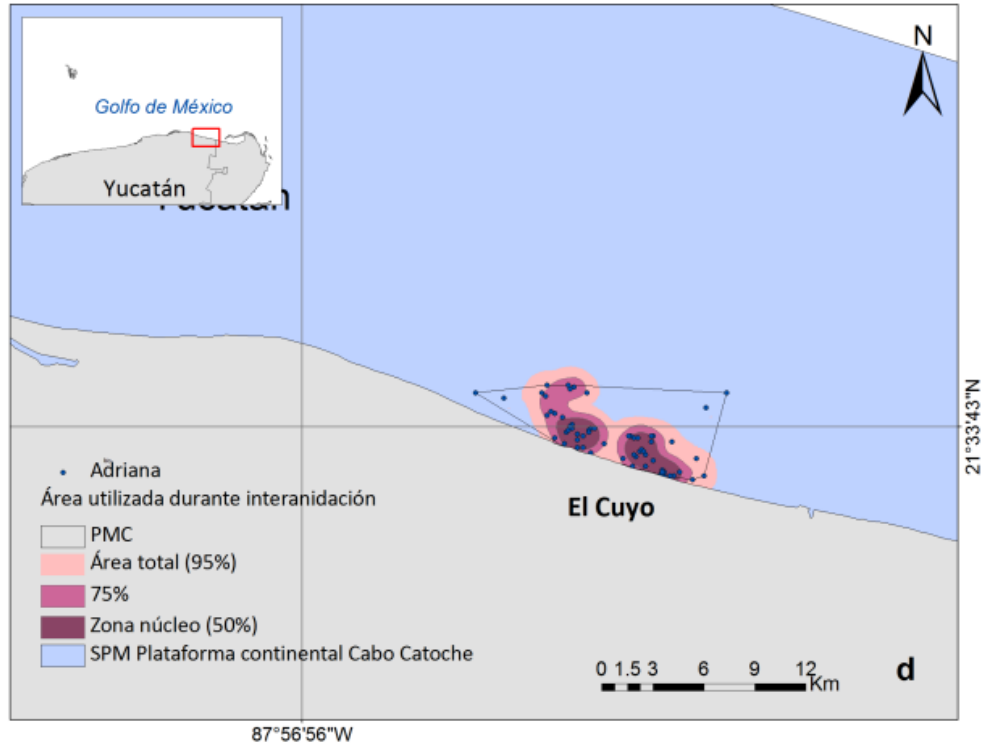


Figura 6. (Continuación).

En cuanto a los sitios de alimentación, no fue posible estimar el ámbito hogareño de una hembra mediante EDK (Fig. 7), para las demás tortugas blancas el área total utilizada durante la alimentación (EDK 95%) estuvo en un rango de 11.87 y 184.96 km² (promedio = 85.73 ± 81.10 km², n=5) con zonas núcleo (EDK 50%) que van de los 2.05 a los 14.01 km² (promedio = 7.99 ± 5.36 km², n=5) (Tabla 3).

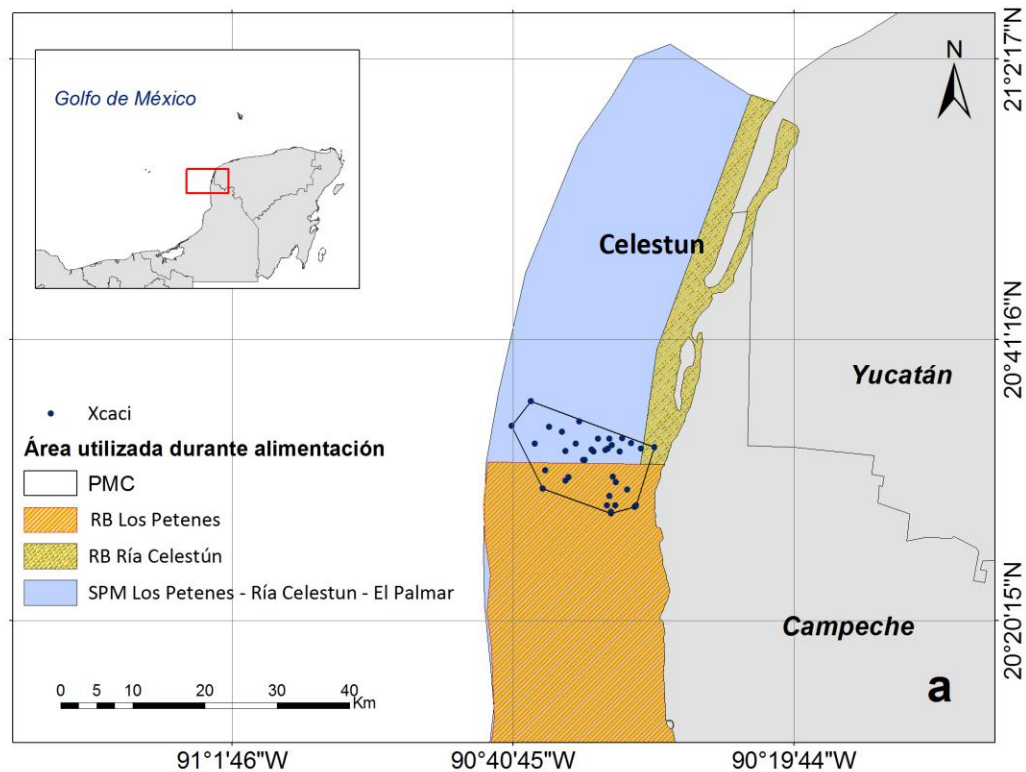


Figura 7. Ámbitos hogareños durante la fase de alimentación de hembras de *Chelonia mydas* calculados mediante polígono mínimo convexo (PMC) y estimador de densidad kernel (EDK 50%, 75% y 95%): (a) Xcaci, (b) Nacha, (c) Yayis, (d) Adriana, (e) Sofía y (f) Milagros.

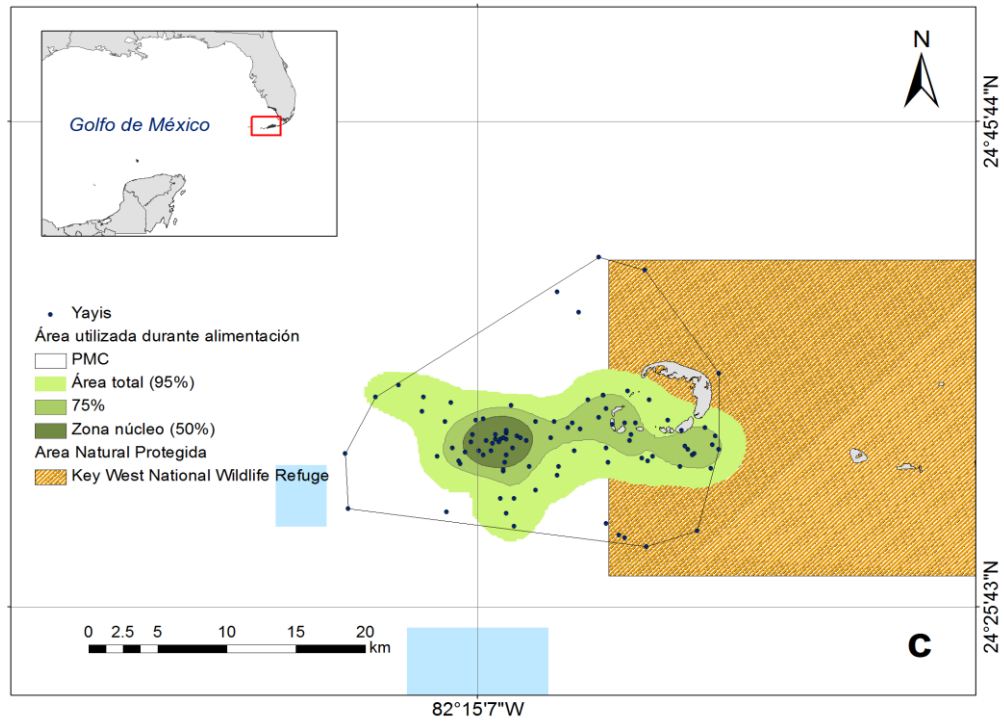
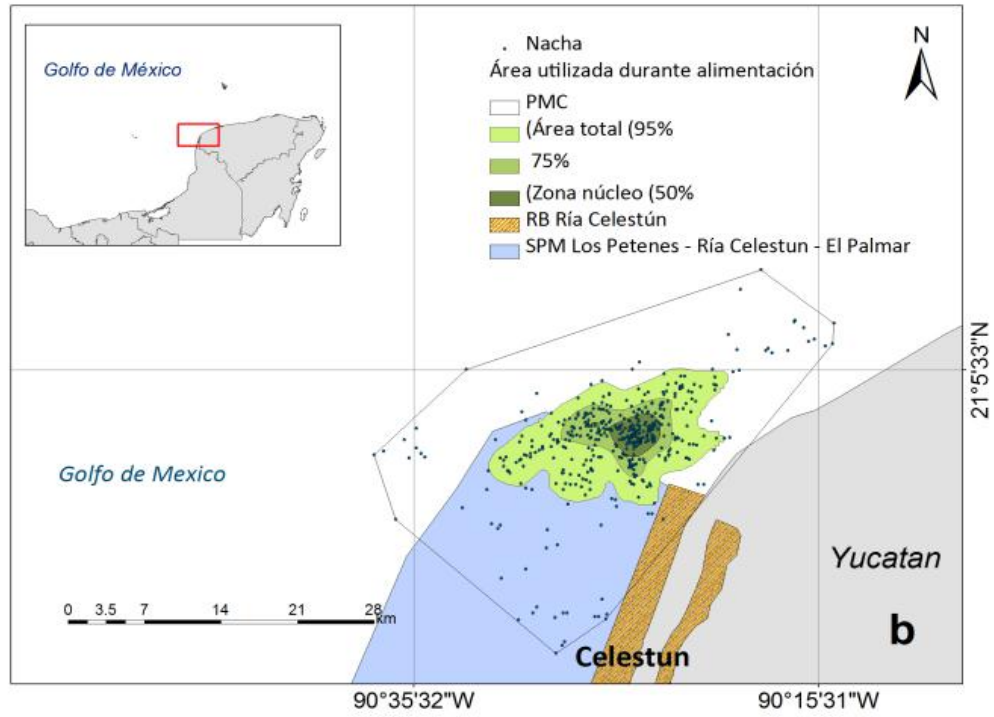


Figura 7. (Continuación).

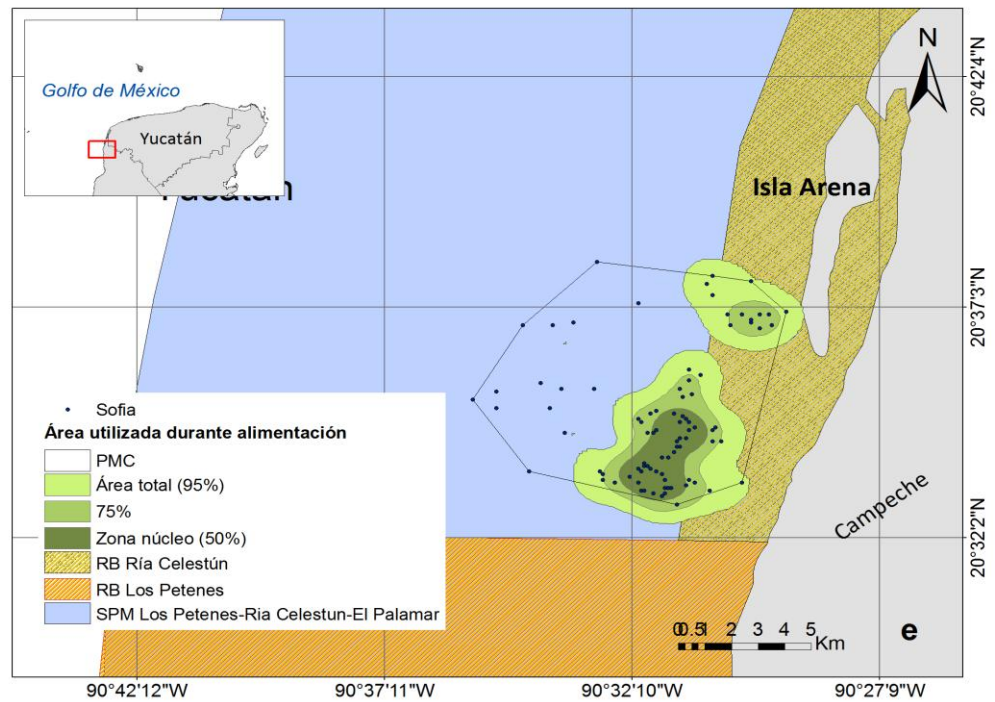
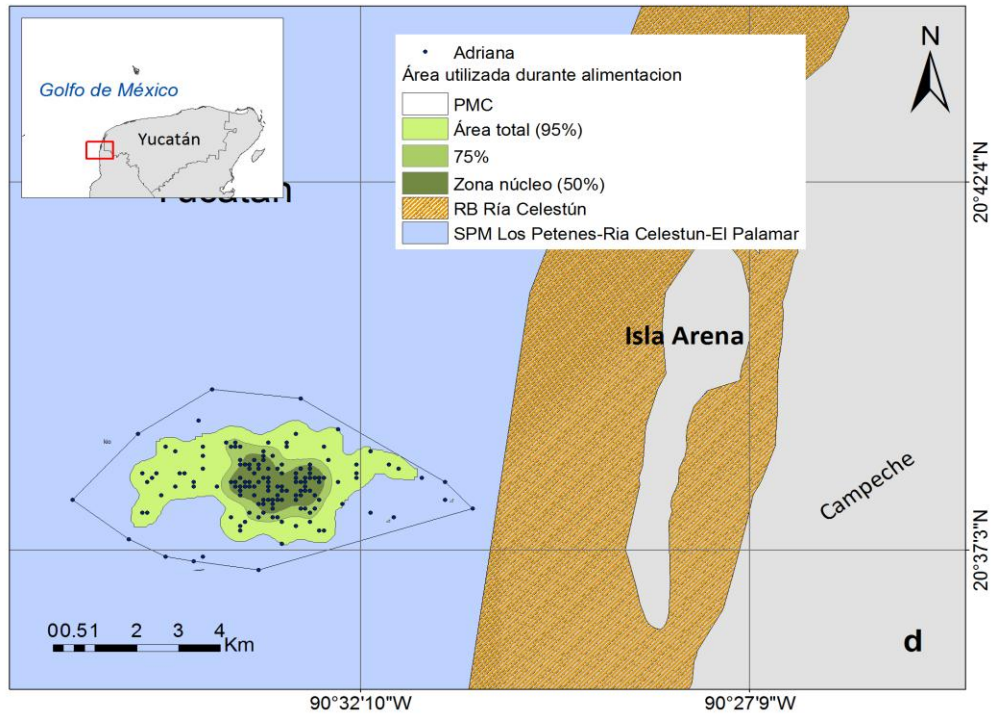


Figura 7. (Continuación).

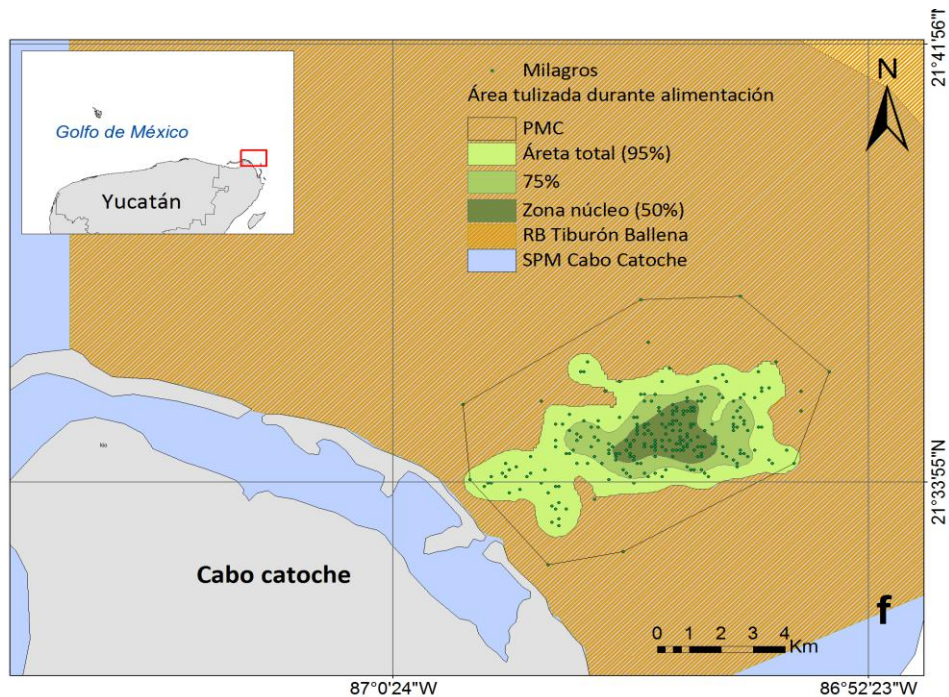


Figura 7. (Continuación).

Adicionalmente se identificaron tres zonas de alimentación para esta especie, todas ellas cercanas a la costa, de las cuales la más alejada de territorio mexicano se encontró en los cayos del sur de Florida, mientras que las otras dos estuvieron en la Península de Yucatán: una al noreste de Quintana Roo (Cabo Catoche) y la otra al noroeste de Campeche (Los Petenes-Celestún-El Palmar) donde coincidieron cuatro de las seis tortugas blancas rastreadas en este estudio (Fig.7).

***Eretmochelys imbricata*.** Los datos recolectados durante la interanidación de dos individuos no fueron suficientes para la estimación de su ámbito hogareño mediante EDK (Fig. 8, Tabla 3). El área total (EDK 95%) de la zona destinada para interanidación de las cuatro hembras de carey restantes varió desde 26.78 a 915.13 km² (promedio = 491.58 ± 489.41 km²) mientras que las zonas núcleo (EDK 50%) presentaron un área entre 3.79 y 146.89 km² (promedio = 62.50 ± 68.11 km²), siendo Bani y Giovanna las tortugas con la zona núcleo más grandes (Tabla 3).

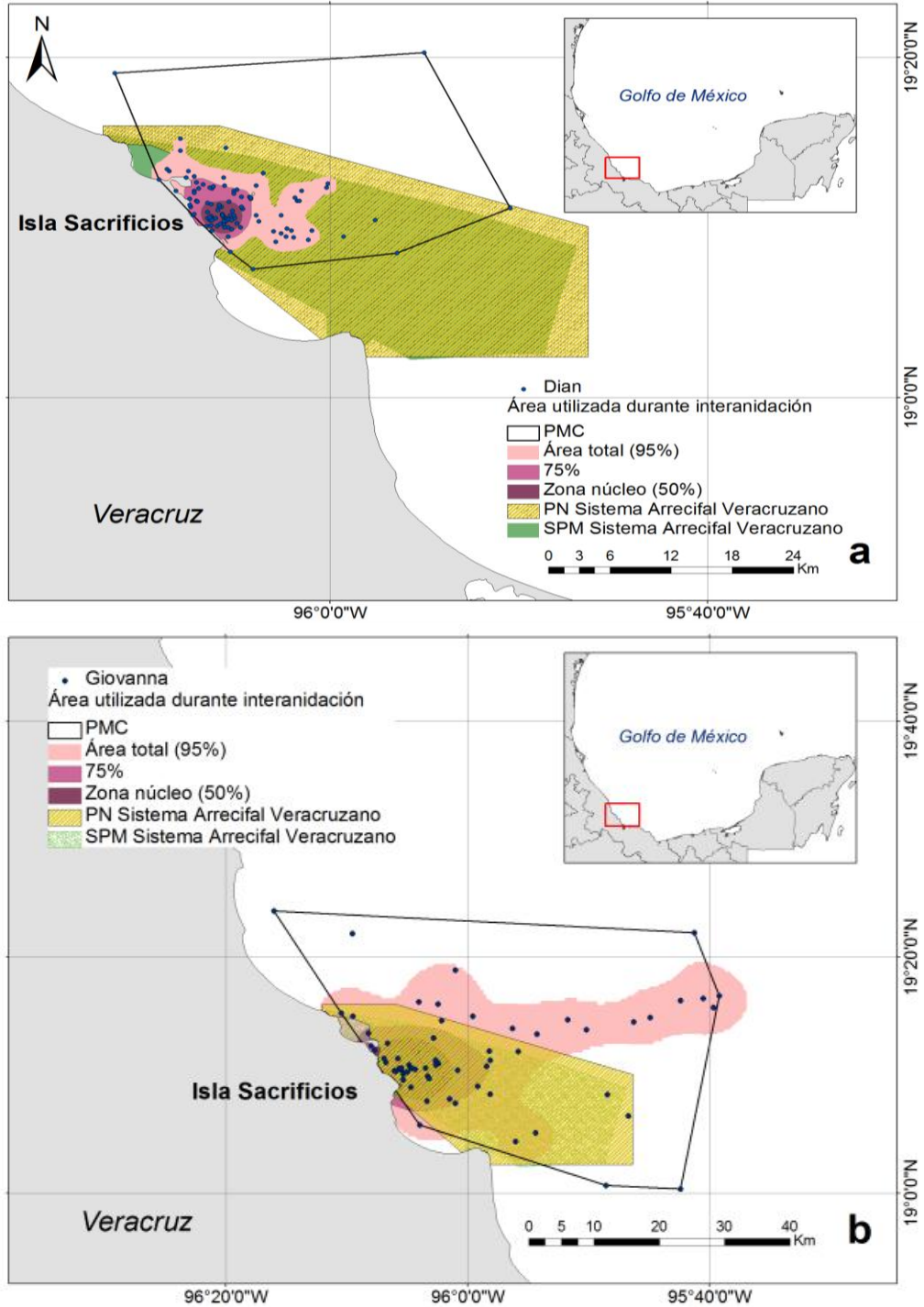


Figura 8. Ámbitos hogareños durante el periodo de interanidación de hembras de *Eretmochelys imbricata* calculados mediante polígono mínimo convexo (PMC) y estimador de densidad kernel (EDK 50%, 75% y 95%): (a) Dian, (b) Giovanna, (c) Celestina, (d) Poxy y (e) Bani.

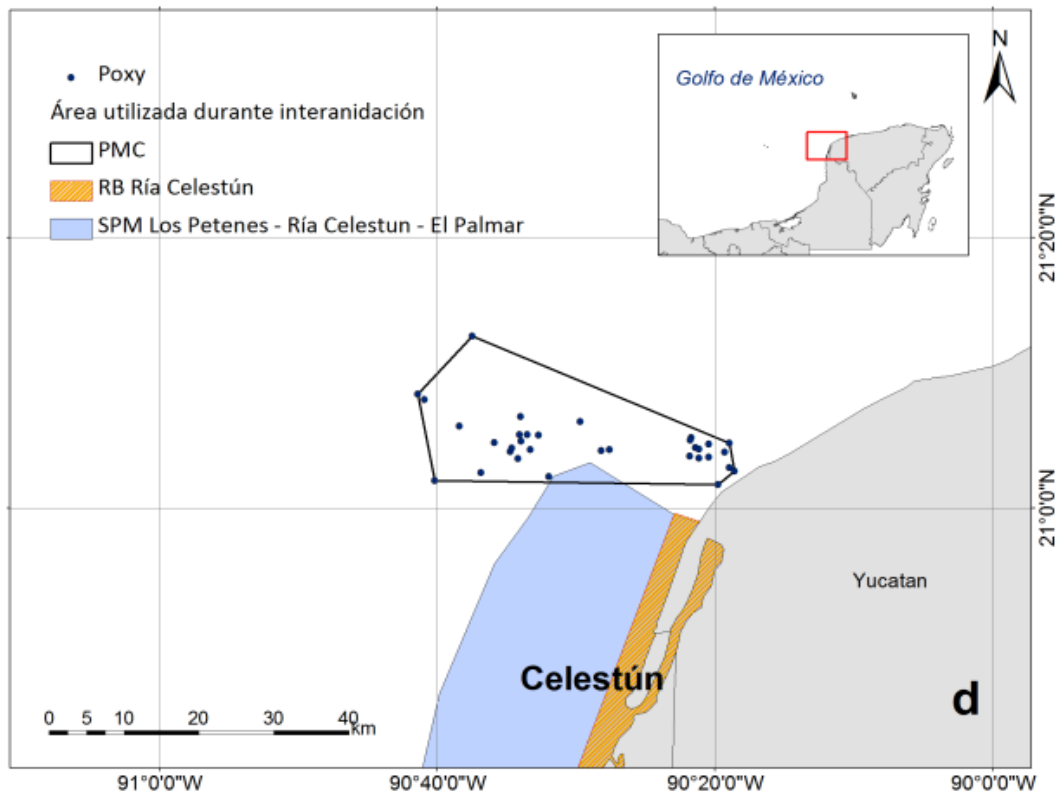
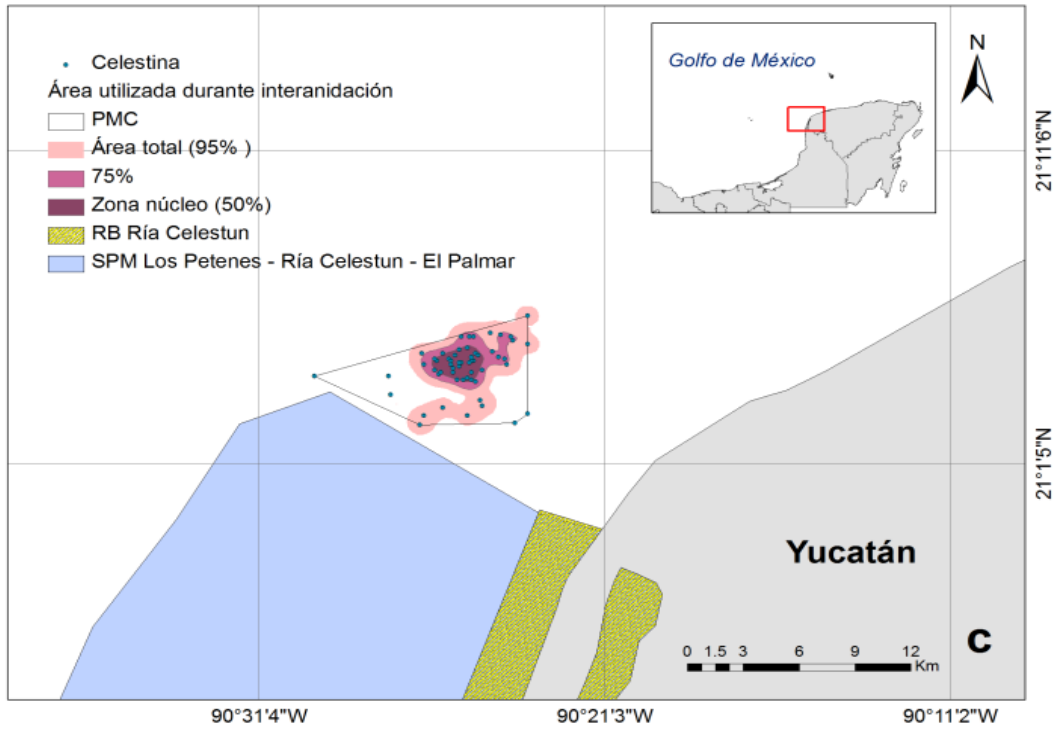


Figura 8. (Continuación).

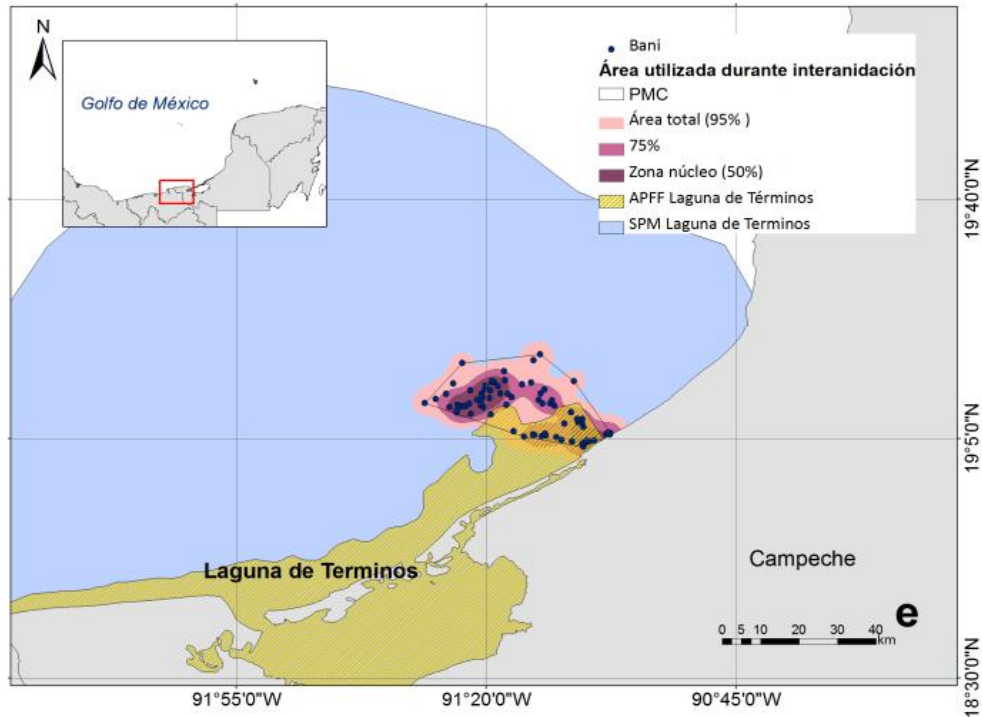


Figura 8. (Continuación).

El área total (EDK 95%) de las cinco tortugas de carey que establecieron su ámbito hogareño de alimentación estuvo en un rango de 26.79 y 485.75 km² (promedio = 179.65 ± 195.58 km²), con zonas núcleo (EDK 50%) entre 3.50 y 44.25 km² (promedio = 19.05 ± 19.18 km²), siendo Dian y Giovanna las hembras con la zona núcleo más grande (Tabla 3).

Para esta especie se identificaron cinco zonas de alimentación, la más alejada del territorio mexicano se encontró en los cayos del sur de Florida, mientras que las demás zonas se presentaron en aguas nacionales al noreste de Quintana Roo (Isla Mujeres), en el Golfo de México (Banco Inglés y Arrecifes de Campeche) y al norte de Arrecife Alacranes (Bajos del Norte) (Fig. 9).

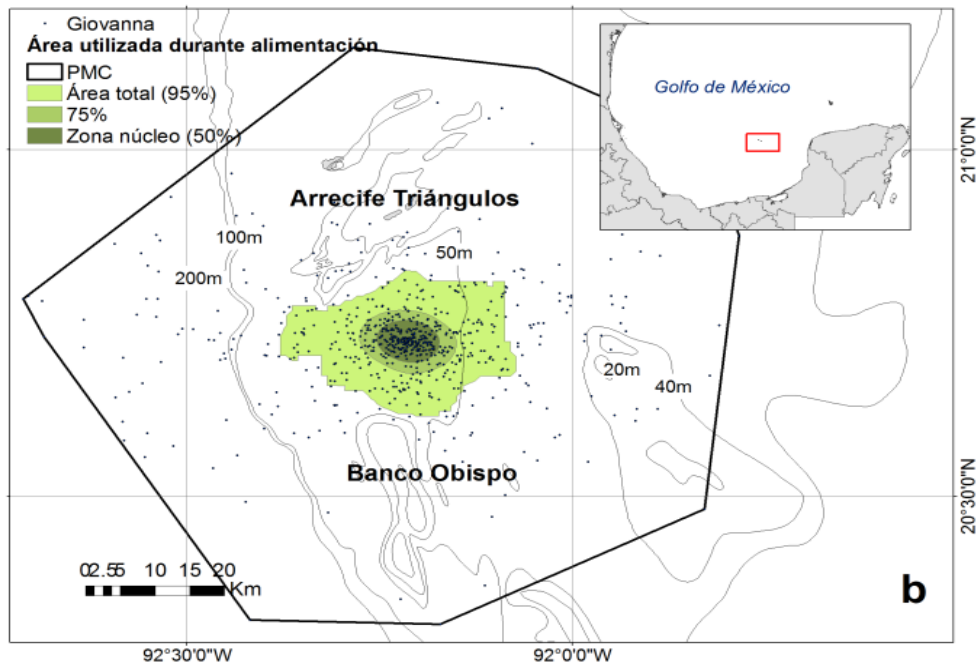
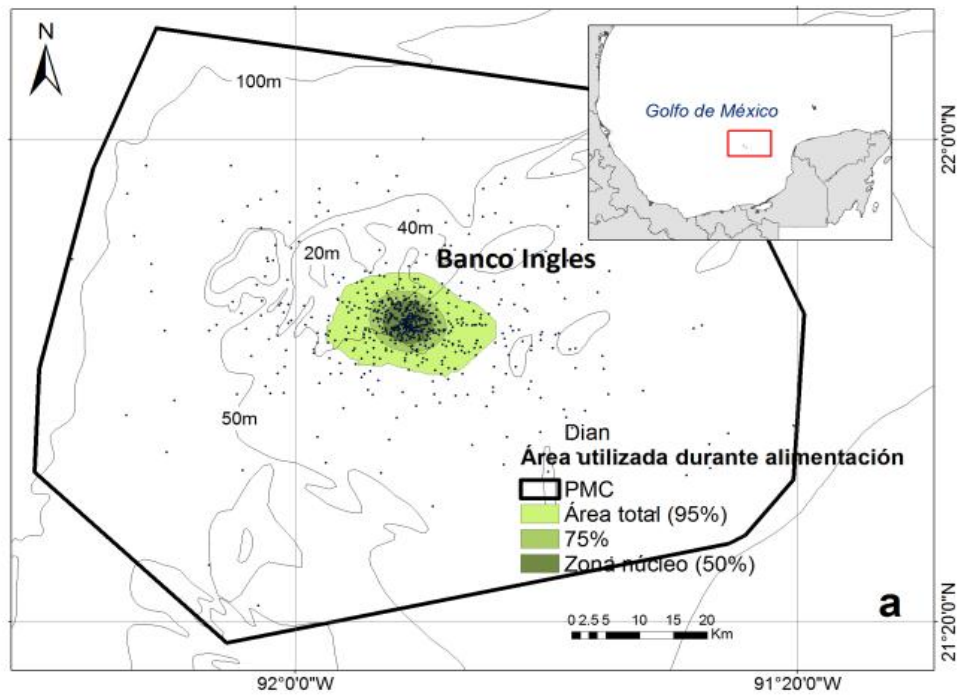


Figura 9. Ámbitos hogareños durante la fase de alimentación de hembras de *Eretmochelys imbricata* calculados mediante polígono mínimo convexo (PMC) y estimador de densidad kernel (EDK 50%, 75% y 95%): (a) Dian, (b) Giovanna, (c) Celestina, (d) Poxy y (e) Tormenta.

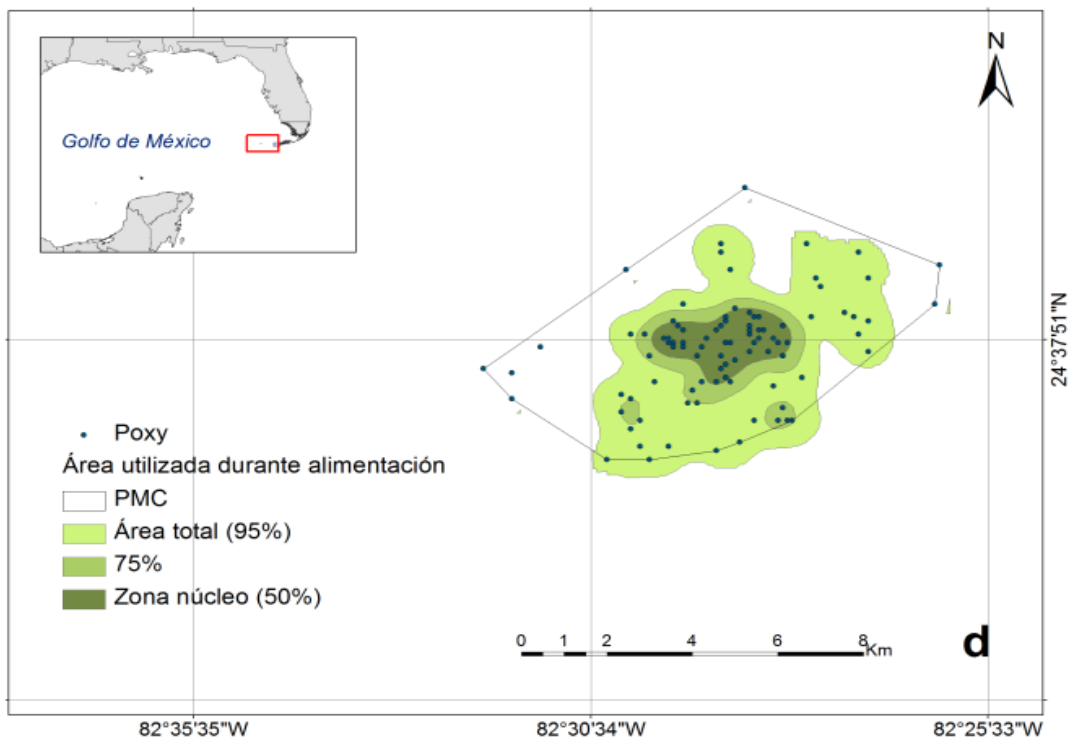
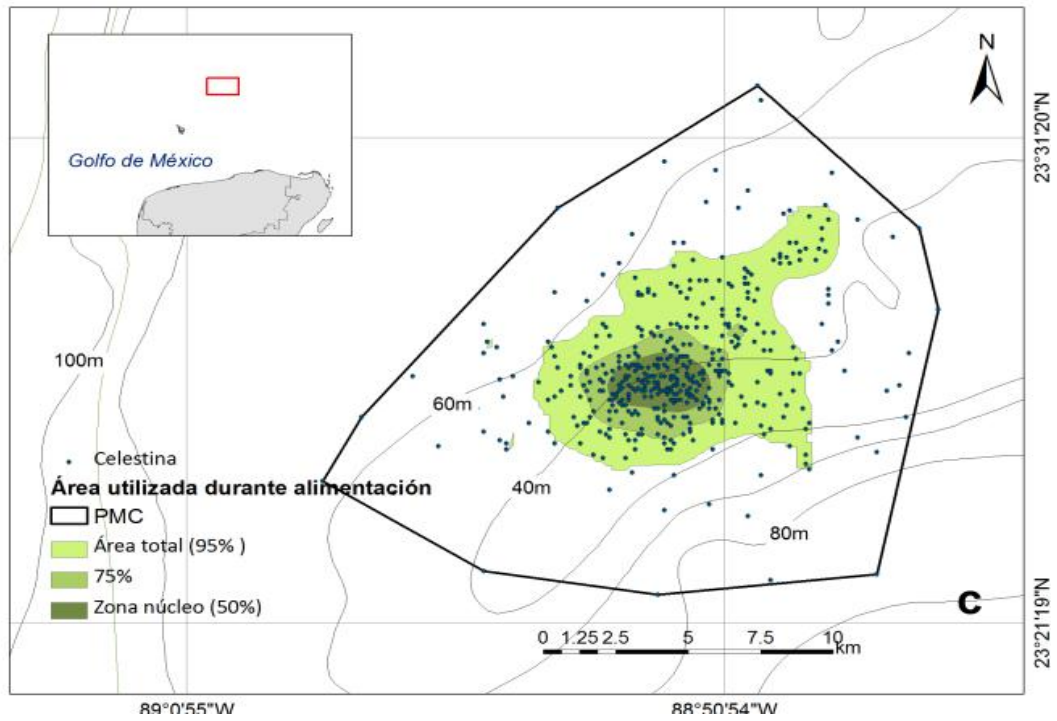


Figura 9. (Continuación).

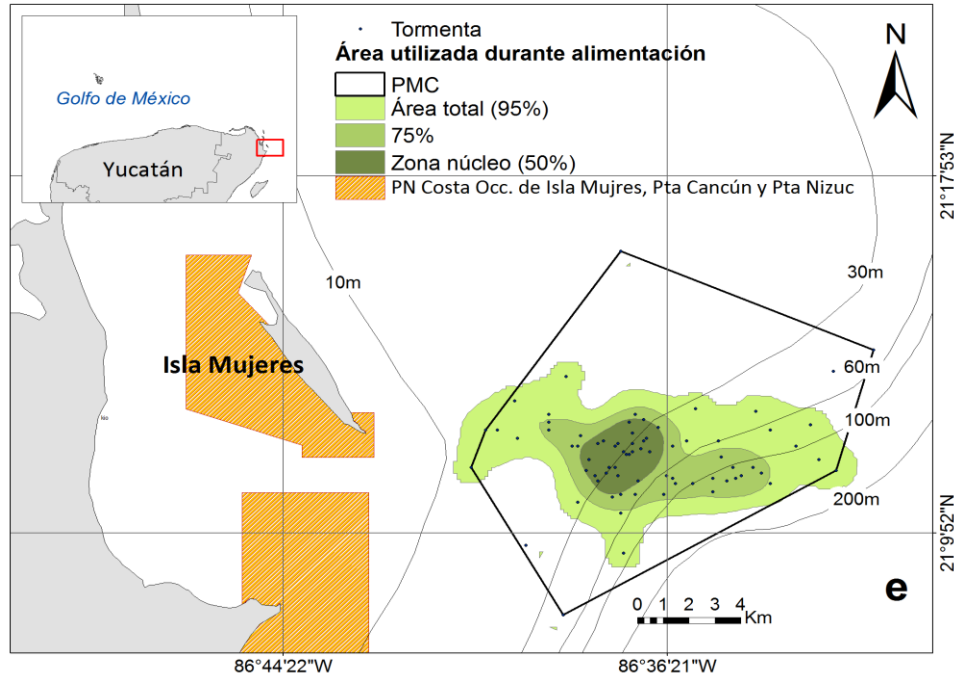


Figura 9. (Continuación).

Al comparar el tamaño del área núcleo (EDK 50%) utilizado durante la interanidación se encontró que entre las especies de tortuga blanca y carey no existen diferencias significativas (Mann-Whitney; $p=0.800$; $n=6$) (Anexo IV). Asimismo no se encontraron diferencias significativas entre el tamaño del área núcleo (EDK 50%) que ambas especies utilizan durante su alimentación (Mann-Whitney; $p=0.6905$; $n=10$) (Anexo IV).

4.4 Conservación

4.4.1 Áreas Naturales Protegidas

***Chelonia mydas*.** El ámbito hogareño de interanidación (PMC) de tres de las hembras de esta especie se encontró dentro de un ANP (Fig. 10) y el área cubierta por estos tres individuos fue de 1098.5 km² lo que representa el 56.59% del área total de interanidación de las cinco tortugas blancas (Tabla 4). Sin embargo no se pudo calcular el nivel de protección de la zona núcleo porque a ninguno de los tres individuos protegidos se le estimó EDK (Tabla 4). Por otro

lado, aunque Xcaci y Sofía no interanidaron en un ANP, sí utilizaron SPM (Fig. 6a y d).

Tabla 3. Valores de los tamaños de ámbitos hogareños en fase de interanidación (I) y alimentación (A) estimados para 12 hembras post-anidantes de tortuga blanca y Carey en el sur del Golfo de México. (A') Alimentación en ruta, (MR) movimientos restringidos, (MNR) movimientos no restringidos.

Tortuga	Fase	Área PMC (km ²)	Prueba de fidelidad	Valor p	Valor de suavizado (H)	Área EDK (Km ²)		
						50%	75%	95%
Xcaci	I	86.56	MR	p > 99.9	1028.4	12.84	38.64	85.66
	A'	202.90	MR	p > 99.9	782.0	7.64	18.68	79.16
	A	172.27	MNR	p > 92.7	-	-	-	-
Nacha	I	76.03	MNR	p > 94.7	-	-	-	-
	A	756.18	MR	p > 99.9	1281.3	13.06	42.96	161.97
Yayis	I	1717.17	MNR	p > 91.2	-	-	-	-
	A	375.49	MR	p > 99.8	1581.1	14.01	61.91	184.96
Adriana	I	47.21	MR	p > 99.9	781.2	8.94	20.46	41.82
	A	24.86	MR	p > 99.9	310.9	2.05	3.63	11.87
Sofía	I	-	-	-	-	-	-	-
	A	76.78	MR	p > 99.8	771.8	6.85	15.90	38.91
Milagros	I	14.25	MNR	p > 90.7	-	-	-	-
	A	64.18	MR	p > 99.9	452.7	3.95	11.03	30.92
Dian	I	603.58	MR	p > 99.9	1348.4	10.80	30.78	110.79
	A	7618.43	MR	p > 99.9	2445.4	35.20	75.44	265.45
Giovanna	I	1889.67	MR	p > 99.9	4129.4	88.51	197.56	915.14
	A	6344.63	MR	p > 99.9	2589.4	44.26	100.66	485.76
Celestina	I	41.69	MR	p > 99.9	580.7	3.80	9.30	26.78
	A	244.88	MR	p > 99.9	632.4	5.60	14.37	57.60
Poxy	I	503.78	MNR	p > 79.4	-	-	-	-
	A'	60.88	MNR	p > 72	-	-	-	-
	A	38.86	MR	p > 99.9	492.3	3.50	7.03	26.80
Bani	I	678.87	MR	p > 95.6	3215.8	146.89	431.86	913.62
	A	-	-	-	-	-	-	-
Tormenta	I	-	-	-	-	-	-	-
	A	126.68	MR	p > 99.9	859.4	6.71	21.19	62.65

Durante la migración post-anidante, las seis hembras de tortuga blanca pasaron 9 días dentro de algún ANP, es decir, que únicamente el 8.91% del tiempo total de migración se encuentran protegidas (Tabla 5). Además de las ANP's las tortugas utilizaron diversos SPM costeros durante sus migraciones a las zonas de alimentación, principalmente aquellos adyacentes a las costas de la Península de Yucatán (Tabla 5).

Asimismo, se observó que cinco de las seis hembras de tortuga blanca establecieron sus ámbitos hogareños de alimentación (PMC) dentro de un ANP (Fig. 10), pero del área total (1469.8 km²) únicamente el 20.88% está protegida (Tabla 4). Se calculó el grado de protección de la zona núcleo de cuatro de los cinco individuos protegidos, dado que no se estimó el EDK de Xcaci, encontrando que en promedio 1.1 km² (d.e. ± 1.9) se encuentra dentro de ANP (Tabla 4). La única hembra desprotegida (Adriana) no se estableció en un ANP pero sí se localizó en un SPM (Fig. 7d).

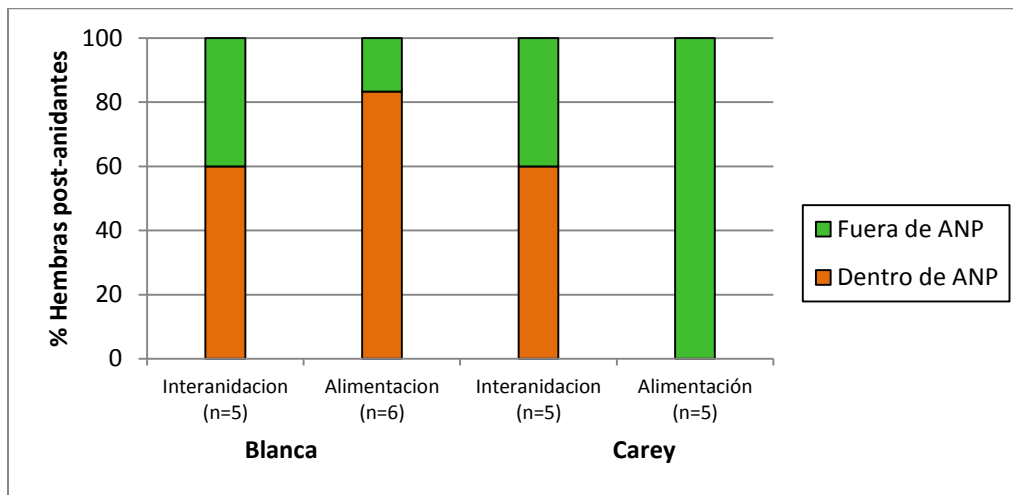


Figura 10. Porcentaje de hembras que coinciden su ámbito hogareño calculado mediante polígono mínimo convexo (PMC) con Áreas Naturales Protegidas (ANP's) en el sur del Golfo de México.

Tabla 4. Área protegida (PMC y EDK 50%) de las hembras cuyos ámbitos hogareños de interanidación y alimentación se encuentran dentro de ANP's en el sur del Golfo de México. (s/i) Sin interanidación, (s/k) no se estimó Kernel, (s/a) sin alimentación.

Tortuga	Área dentro de ANP (km ²)			
	Interanidación		Alimentación	
	PMC	Zona núcleo (%) EDK 50%	PMC	Zona núcleo (%) EDK 50%
Xcaci	0	0	79	s/k
Nacha	76	s/k	19.6	0
Yayis	1008.2	s/k	125.7	0
Adriana	0	0	0	0
Sofía	s/i	s/i	18.5	0.4 (6)
Milagros	14.2	s/k	64.2	3.9 (100)
Dian	287.8	10.8 (100)	0	0
Giovanna	631.6	88.5 (100)	0	0
Celestina	0	0	0	0
Poxy	0	s/k	0	0
Bani	185.1	41.3 (28)	s/a	s/a
Tormenta	s/i	s/i	0	0

***Eretmochelys imbricata*.** Al igual que las tortugas blancas, tres hembras post-anidantes de tortuga Carey tuvieron su ámbito hogareño de interanidación (PMC) dentro de un ANP (Fig. 10), y el área protegida de los tres individuos (1104.6 km²) representa el 29.71% de la superficie total de interanidación de las cinco hembras (Tabla 4). Aunque las tres tortugas presentaron cierto nivel de protección, su zona núcleo no coincide en su totalidad con el ANP, pues en promedio 46.9 km² (d.e. ± 39.16) se encuentran dentro del ANP (Tabla 4). Celestina y Poxy no interanidaron en ANP ni tampoco utilizaron SPM (Fig. 8c y d).

Las cinco tortugas de esta especie que lograron completar su viaje migratorio pasaron 11 días dentro de algún ANP durante su migración, lo que indica que únicamente el 12.36% del tiempo total de migración está protegido. También utilizaron SPM durante estos viajes (Tabla 5).

Ninguna de las hembras rastreadas de esta especie estableció su ámbito hogareño de alimentación dentro de algún ANP (Fig. 10), y el grado de protección de la zona núcleo de las cinco hembras también fue del 0% (Tabla 4) por lo que esta etapa se encuentra desprotegida dentro del territorio mexicano. Las tortugas tampoco utilizaron SPM para alimentarse (Fig. 9).

Tabla 5. Uso del área marina protegida del sur del Golfo de México durante la migración post-anidante de 12 hembras de tortuga blanca y carey.

Tortuga	Días dentro de ANP (%)	Área Natural Protegida	Sitio prioritario marino utilizado
Xcaci	2 (4)	RB Ría Celestún PN Arrecife de Puerto Morelos	Dzilam / Cabo Catoche / Puerto Morelos / Akumal-Tulum / Isla Contoy
Nacha	4 (17)	RB Arrecife Alacranes RB Los Petenes	Arrecife Alacranes / Petenes-Ría Celestún-Palmar
Yayis	1(8)	RB Tiburón Ballena	Cabo Catoche
Adriana	0	-----	Dzilam / Petenes-Ría Celestún-Palmar / Cabo Catoche
Sofía	0	-----	Petenes-Ría Celestún Palmar / Dzilam
Milagros	2(100)	APFF Yum Balam RB Tiburón Ballena	Cabo Catoche
Dian	2(13)	PN Sistema Arrecifal Veracruzano	Sistema Arrecifal Veracruzano
Giovanna	0	-----	Sistema Arrecifal Veracruzano
Celestina	7(23)	RB Arrecife Alacranes	Arrecife Alacranes
Poxy	0	-----	Dzilam
Bani	-	-----	Laguna de Términos
Tormenta	2(40)	APFF Yum Balam/ RB Tiburón Ballena/ PN Isla Contoy	Cabo Catoche / Isla Contoy

4.4.2 Sitios prioritarios marinos para la conservación

El SPM donde confluyen más hembras post-anidantes es Cabo Catoche en el noreste de Quintana Roo, el cual es utilizado como zona de interanidación y alimentación de tortuga blanca, también es usado durante las migraciones post-anidantes de ambas especies (Fig. 11, Tabla 5). Le sigue el SPM los Petenes-Ría Celestún-El Palmar, donde se alimentan más del 60% de las hembras de tortuga blanca rastreadas en este estudio y es atravesado durante los viajes migratorios de esta especie (Tabla 5). Todas las zonas de interanidación de tortuga blanca se

encuentran en algún SPM, mientras que ninguno de los sitios de alimentación de tortuga carey coincide con algún SPM (Fig.11). Por su parte Isla Contoy es otro SPM donde coinciden la tortuga blanca y carey durante su migración post-anidante y una zona de alimentación en ruta para hembras de tortuga blanca (Tabla 5, Anexo VIa). Por ultimo el SPM Dzilam es utilizado durante los viajes migratorios principalmente de tortuga blanca (Tabla 5).

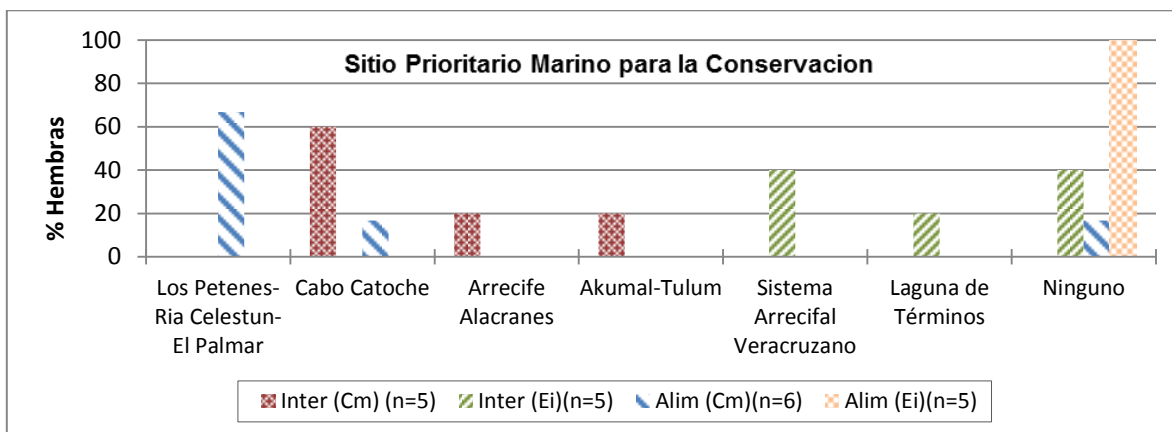


Figura 11. Sitios prioritarios marinos del sur del Golfo de México utilizados por hembras post-anidantes de tortuga blanca y carey durante interanidación y alimentación (ámbito hogareño estimado mediante PMC).

4.4.3 Pesca

Las zonas de alto esfuerzo pesquero coincidieron con ámbitos hogareños de interanidación principalmente de tortuga blanca; por otro lado en zonas pesqueras donde el esfuerzo es medio concurren el periodo de interanidación de ambas especies. No se contó con información sobre el esfuerzo pesquero de las zonas que son utilizadas durante la alimentación de hembras de tortuga carey, mientras que la tortuga blanca ocupó en su mayoría zonas de esfuerzo pesquero medio durante la misma fase (Fig. 12). Además se observó que las tortugas blancas utilizan corredores migratorios cercanos a la costa donde el esfuerzo pesquero es alto o medio, mientras que la tortuga carey atraviesa zonas con los tres niveles de

esfuerzo pesquero para llegar desde sus playas de anidación a sus destinos de alimentación (Fig. 13).

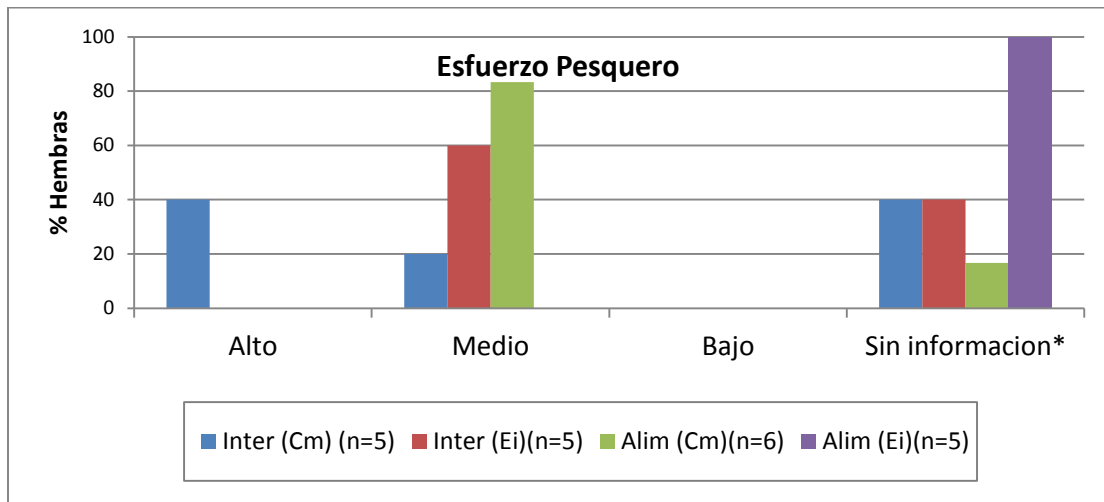


Figura 12. Porcentaje de incidencia de ámbitos hogareños (PMC) con diferentes niveles de esfuerzo pesquero de 12 hembras post-anidantes de tortuga blanca y carey en el sur del Golfo de México. *No se cuenta con información del esfuerzo pesquero de la zona utilizada por los individuos en la fase correspondiente.

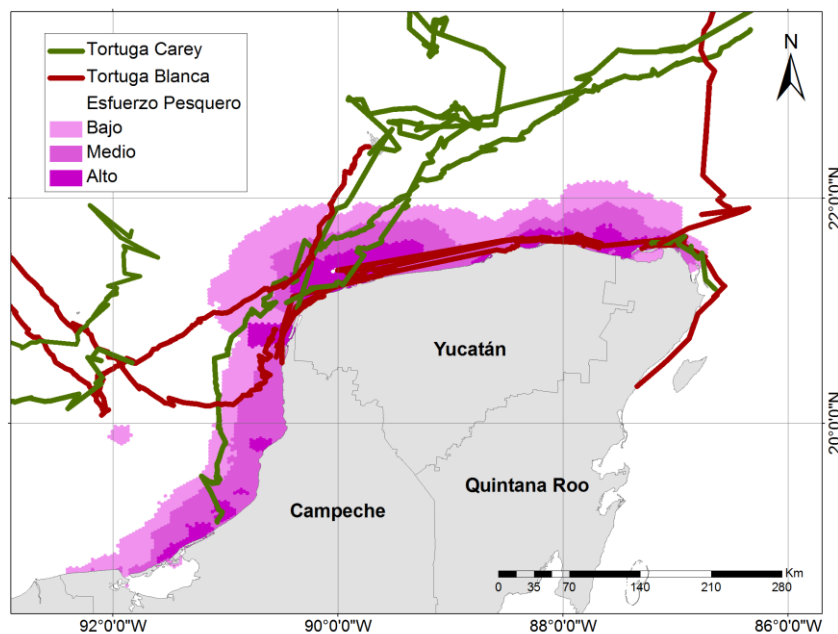


Figura 13. Ubicación espacial del esfuerzo pesquero en el sur del Golfo de México y coincidencia con los movimientos post-anidantes de 12 hembras de tortuga blanca y carey.

5. Discusión

5.1 Rastreo satelital

Mediante telemetría satelital se rastrearon los movimientos de 12 hembras post-anidantes de tortuga blanca (*Chelonia mydas*) y carey (*Erethmochelys imbricata*) capturadas en diferentes playas del sur del Golfo de México. La duración del rastreo (entre un mes y hasta dos años) fue suficiente para cubrir la fase de interanidación, migración y alimentación de la mayoría de las hembras, aunque hubo casos en los que no fue posible obtener datos acerca de sus etapas de alimentación o interanidación.

El porcentaje de localidades con las mejores exactitudes no suele ser alto debido al comportamiento de buceo de las tortugas marinas, pues pasan mucho tiempo sumergidas (Hays *et al.*, 2001), por lo que un mayor porcentaje de localidades de clase B es común en este tipo de estudios (*v.gr.* Godley *et al.*, 2002; Yasuda y Arai, 2005; Cuevas *et al.*, 2008; González, 2009; Gaos *et al.*, 2012).

Existen tecnologías de ubicación con mayor precisión mediante GPS, sin embargo, dadas las preguntas de investigación y los altos costos de la tecnología GPS, el sistema de ubicación ARGOS fue suficiente para responder las interrogantes del presente estudio.

5.2 Movimientos post-anidantes.

Interanidación. La colocación en el mes de agosto de los transmisores satelitales con respecto al inicio de la temporada de anidación (abril y mayo) no permitió el registro de localidades durante esta fase para algunas hembras (Sofía y Tormenta). Debido a la naturaleza del sistema Argos y la cobertura de los satélites, no se pudo determinar la fecha exacta de los eventos de desove, pero los días que pasaron las hembras en fase interanidatoria y el periodo entre-desove estimado para cada especie en la región por Cuevas *et al.* (2010) (blanca 11 d y carey 16 d) sugiere que algunos individuos de ambas especies pudieron haber regresado a anidar a la playa de una a tres veces más después de la colocación

de los transmisores y antes de viajar a las áreas de alimentación, aunque ningún desove fue confirmado en campo.

Migración. Las distancias recorridas por las hembras de tortuga blanca variaron entre 56 - 1,586 km y las de tortuga Carey entre 123 - 1,250 km; estos valores entran en el rango de lo reportado para ambas especies por otros autores (Tabla 6).

Tabla 6. Distancias reportadas por diversos autores durante la migración de hembras post-anidantes de tortuga blanca y Carey.

<i>Chelonia mydas</i>		<i>Eretmochelys imbricata</i>	
Autor	Distancia (km)	Autor	Distancia (km)
Balazs (1994)	830 - 1,260	Horrocks <i>et al.</i> (2001)	220 - 435
Cheng (2000)	193 - 1,909	Troeng <i>et al.</i> (2005b)	314 - 466
Godley <i>et al.</i> (2002)	320 - 2,200	van Dam <i>et al.</i> (2008)	84 - 2,051
Hays <i>et al.</i> (2002a)	2,334 - 3,025	Cuevas (2009)	182 - 1,694
Troeng <i>et al.</i> (2005a)	410 - 1,470	González (2009)	358 - 868
Blumenthal <i>et al.</i> (2006)	548 - 1,265	Hart <i>et al.</i> (2012b)	212-440
Seminoff <i>et al.</i> (2008)	692 - 2,525	Marcovaldi <i>et al.</i> (2012)	98 - 2,550
Méndez <i>et al.</i> (2013)	263 - 1,204	Moncada <i>et al.</i> (2012)	58 - 2,069

La gran variación entre distancias de migración reportadas en la literatura para ambas especies puede explicar el que no se hayan encontrado diferencias significativas, pues las dos son capaces de recorrer distancias cortas <200 km, estableciendo su zona de alimentación cerca de la playa donde anidan, al igual que grandes distancias >1,000 km, llegando a cruzar el Golfo de México. Plotkin (2003) señala que no han surgido patrones para explicar por qué algunas hembras migran cortas distancias mientras otras ignoran sitios de alimentación “adecuados” cercanos a sus playas de anidación y deciden migrar largas distancias para alimentarse, aun así diversos autores han tratado de explicar este comportamiento.

Broderick *et al.*, (2007) sugieren que factores como la limitación del recurso alimenticio, defensa territorial y tal vez la proximidad de buenos sitios para pasar el invierno influyen en la selección del sitio de alimentación, y por lo tanto en la distancia recorrida. Además al término de la temporada de anidación las hembras han reducido sus reservas de energía y necesitan localizar alimento para recuperarse de este déficit, por lo que, de acuerdo con van Dam *et al.* (2008), la estrategia migratoria que adoptan es regresar a su sitio de alimentación “ya conocido” el cual ha sido probablemente beneficioso anteriormente y le proporcione recursos alimenticios suficientes a diferencia de un hábitat nuevo no explorado o desconocido, evitando que las hembras fallen en el intento de encontrar suficiente alimento en zonas cercanas a sus playas de anidación y de esta manera gasten la poca energía que les queda.

Schofield *et al.* (2010) refuerzan lo anterior sugiriendo que regresar al mismo sitio, con abundantes recursos alimenticios predecibles, incluso si se encuentra a cientos o miles de kilómetros, puede ser una estrategia de bajo riesgo y menor costo energético comparado con la búsqueda especulativa de un mejor sitio de alimentación.

Las hembras de *C. mydas* que migraron desde playas de la punta nororiental hacia zonas de alimentación en la punta noroccidental (*v.gr.* Xcaci, Sofía y Adriana) compartieron un corredor migratorio paralelo a la costa de la península de Yucatán localizado en la plataforma continental, que de acuerdo con datos batimétricos (INEGI *et al.*, 1990) se encuentra a profundidades <30 m. En estudios anteriores tortugas blanca y carey post-anidantes de esta región utilizan el mismo corredor (Cuevas *et al.*, 2012), destacando la importancia de dicha zona. Cheng (2000) expone que los individuos podrían tomar ventaja de las aguas costeras como zonas de alimentación temporales durante su camino a los sitios de forrajeo permanente, como pasó con Xcaci.

Los movimientos migratorios de las tortugas carey se caracterizaron por ser distantes de su costa respectiva, abandonando en ocasiones la plataforma continental (Bani, Poxy, Dian y Giovanna), contrariamente a lo reportado en la región por Cuevas (2009) y González (2009), quienes encontraron que la tendencia de las tortugas de carey que anidan en las playas del oriente de la península migran hacia el poniente y viceversa.

El comportamiento migratorio de Xcaci y Poxy es notable. Ambas hembras se detuvieron durante su viaje hacia su zona de alimentación por varios días y establecieron una residencia temporal en áreas costeras, lo cual no se observó en ningún otro individuo. Este comportamiento también es reportado para tortuga blanca por Cheng (2000), Hays *et al.*, (2002a) y Broderick *et al.*, (2007); y para tortuga carey por Cuevas *et al.* (2008) y González (2009) sugiriendo que, a pesar de que las hembras post-anidantes tienen un sitio específico de alimentación (fidelidad al sitio), éstas pueden detenerse temporalmente en lugares donde hay alimento disponible para “abastecerse de combustible” permitiendo a los individuos continuar su viaje migratorio. Incluso Dingle y Drake (2007) mencionan que la migración puede ser interrumpida fácilmente por el encuentro con un recurso en particular, permitiendo la “alimentación en ruta” de algunos animales migratorios, comportamiento que se ve en otros taxos del reino animal como en las aves.

A pesar de la gran variación entre las distancias y el tiempo recorrido, se pueden distinguir dos patrones principales de movimiento. De acuerdo a la clasificación propuesta por Godley *et al.* (2008), el comportamiento migratorio de las hembras rastreadas de tortuga blanca y carey en este estudio puede ser identificado como tipo A1 y A3. Las migraciones más cortas corresponden al tipo A3 (residencia local; Godley *et al.*, 2008) e incluye a los individuos que permanecieron en zonas neríticas cercanas a su playa de anidación (57 km Milagros y 124 km Tormenta). Este tipo de comportamiento también ha sido documentado en tortuga blanca por Seminoff *et al.* (2008) y Hart *et al.* (2013); y en tortuga carey por Horrocks *et al.*

(2001), van Dam *et al.*, (2008), Troeng *et al.* (2005b) y Moncada *et al.*, (2012), mostrando que no todos los individuos migran grandes distancias desde sus sitios de anidación a sus zonas de alimentación.

Mientras que las demás migraciones fueron clasificadas como tipo A1, con movimientos oceánicos (Nacha, Yayis, Dian, Giovanna, Celestina, Poxy) o costeros (Xcaci, Adriana, Sofía) hacia zonas de alimentación neríticas (Godley *et al.*, 2008) incluyendo a las hembras que presentaron “forrajeo en ruta” hacia las áreas de alimentación destino (Xcaci y Poxy). Rastreos anteriores han reportado movimientos similares en tortuga blanca (Cheng, 2000; Troeng *et al.*, 2005a; Blumenthal *et al.*, 2006; Broderick *et al.*, 2007); y tortuga carey (Troeng *et al.*, 2005b; Cuevas *et al.*, 2008; González, 2009).

De acuerdo con Cheng (2000) y Hays *et al.* (2002a), las rutas de migración seguidas por las hembras no siempre suelen ser tan directas, pues algunas veces llegan a su destino después de largos rodeos, este comportamiento se puede observar en Nacha y Celestina al presentar ciertos “desvíos o bucles” en sus movimientos. Bailey (2008) propone que podría deberse a que las hembras van buscando alimento mientras viajan; o podría ser por efecto de las corrientes oceánicas, Luschi *et al.* (2003) mencionan que aunque a veces las corrientes las pueden ayudar a llegar más rápido a su destino, también les pueden proporcionar desafíos en su navegación.

Alimentación. Las localidades recibidas permitieron la localización de los ámbitos hogareños durante esta etapa. A pesar de que las hembras fueron interceptadas en diferentes sitios de anidación, estos individuos migraron a sitios de alimentación comunes. Se reconocieron en este estudio tres regiones importantes de alimentación para tortuga blanca, el sitio conocido como los “Petenes-Celestún-Palmar” ha sido identificado anteriormente como zona de alimentación de hembras procedentes de Campeche y Yucatán (Méndez *et al.*, 2013), Islas Caimán (Blumenthal *et al.*, 2006) y en este estudio de hembras que anidan en Quintana

Roo; al igual se ha reportado como sitio de alimentación de tortuga lora (Shaver *et al.*, 2013).

Por otro lado los cayos de Florida también fueron identificados por Garduño *et al.* (1999b), Kinzel *et al.* (2003), Blumenthal *et al.* (2006), Cuevas *et al.* (2012), Hart *et al.* (2013) y Méndez *et al.* (2013) como zona de alimentación de tortuga blanca. Adicionalmente Cuevas *et al.* (2012) reportan la zona de Cabo Catoche y las inmediaciones con Isla Contoy (donde Xcaci estableció residencia temporal) como área importante de alimentación de esta especie.

Los destinos de las hembras post-anidantes de carey rastreadas en este estudio también coinciden con los sitios de alimentación reportados en la literatura. Cuevas *et al.* (2008) y González (2009) rastrearon hembras post-anidantes de carey hasta la cercanía de Isla Mujeres, aunque las playas de anidación difieren de la de este estudio, indicando que esta área de alimentación alberga ejemplares procedentes de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. De la misma manera el Banco Inglés fue identificado por González (2009) para esta especie, siendo sitio de alimentación para hembras de Quintana Roo y Veracruz.

Poxy, una tortuga carey anidante en la costa noroccidental de Yucatán se dirigió hacia los Cayos de Florida, sitio que no había sido identificado para esta especie ni para esta playa. Adicionalmente Bani, una hembra post-anidante de carey rastreada desde playas de Campeche al parecer seguía la misma ruta que Poxy antes de dejar de transmitir, dirigiéndose posiblemente hacia los Cayos de Florida o Cuba, este comportamiento es el primero reportado para tortugas anidantes en este estado, puesto que individuos rastreados desde estas playas por Byles y Swimmer (1994), Cuevas *et al.* (2008) y González (2009) han establecido sitios de alimentación en el Banco de Campeche e Isla Mujeres, por lo que se considera una nueva ruta y destino identificados.

Bajos del Norte y Arrecifes de Campeche tampoco habían sido reconocidos en la literatura disponible como sitios de alimentación de hembras *E. imbricata* anidantes en el sur del Golfo de México.

Contrariamente a la hipótesis planteada, la tortuga blanca y carey sí pueden llegar a compartir hábitats críticos de alimentación y corredores migratorios, incluso con otras especies de tortugas marinas.

Los datos batimétricos de la región (INEGI *et al.*, 1990) indican que todas las hembras rastreadas de tortuga blanca y carey establecieron sus ámbitos hogareños de alimentación en zonas neríticas del Golfo de México y Caribe Mexicano, donde la profundidad no excede los 200m. La localización de las zonas de alimentación donde se establecieron las tortugas blancas del presente estudio coinciden con áreas conocidas por albergar praderas de pastos marinos, el principal alimento de esta especie (CONABIO *et al.*, 2007b; Acosta-Lugo *et al.*, 2010; Liceaga-Correa *et al.*, 2013; Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, 2014). Así mismo las zonas para tortuga carey corresponden a bajos (INEGI *et al.*, 1990), arrecifes de coral (Moretzsohn *et al.*, 2014) o hábitats de fondo duro (Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, 2014), lo cual podría explicar la permanencia en esos lugares.

Aunque la mayoría de las hembras rastreadas permanecieron en aguas nacionales para establecer sus hábitats críticos de alimentación, una pequeña porción migró hacia Estados Unidos, por lo que la tortuga blanca y carey anidante en el sur del Golfo de México representan un recurso compartido entre ambas naciones y de acuerdo con Blumenthal *et al.* (2006) una protección efectiva de las especies debe incluir esfuerzos internacionales de conservación.

5.3 **Ámbito Hogareño**

Interanidación. Algunas hembras post-anidantes, tanto de tortuga blanca como de carey, fueron capturadas al final de su temporada de anidación (Nacha, Milagos, Poxy), razón por la cual no fue posible presentar movimientos

restringidos y en consecuencia no poder estimar el ámbito hogareño de interanidación mediante EDK, misma situación reportada por González (2009).

Godley *et al.* (2008) recomiendan la colocación de los PTT's en la última parte de la temporada de anidación debido a que el comportamiento interanidatorio y de anidación (descanso bajo salientes rocosas, excavación en la arena) podrían dañar o dificultar la transmisión durante esta fase e incluso aumentar el riesgo por captura incidental de los ejemplares, por lo que la colocación de los PTTs hacia el final de la temporada reproductiva aumenta el éxito del rastreo de los movimientos post-anidantes, pero no permite obtener suficiente información de la interanidación. Por su parte Bailey (2008) recomienda colocar los transmisores al inicio de la temporada y así rastrear el mayor tiempo posible de dicha fase.

Las zonas núcleo de los ámbitos hogareños de interanidación en el Golfo de México no han sido estudiadas a fondo, pues la mayoría de los autores únicamente logran estimar el tamaño de los ámbitos hogareños mediante PMC, probablemente por la misma razón de colocación tardía de los transmisores. Estudios previos en la región han reportado zonas núcleo para hembras post-anidantes de tortuga blanca de 3 – 42 km² en México (Méndez *et al.*, 2013) y 3 km² en Costa Rica (Blanco *et al.*, 2013), valores similares a los encontrados en este estudio; mientras que para tortuga carey González (2009) documentó zonas núcleo de 17 – 20 km².

De acuerdo con Hays *et al.* (2000) y Zbinden *et al.* (2007) el uso de áreas pequeñas es parte de la estrategia empleada para minimizar el gasto energético durante la interanidación, sin embargo algunas hembras (Bani y Giovanna) presentaron tamaños grandes en comparación con otros individuos, esto se puede deber a que durante esta fase, además de periodos de descanso, algunos estudios de comportamiento de buceo han sugerido alimentación (*v.gr.* Hays *et al.*, 2002b), por lo que Marcovaldi *et al.* (2012) proponen que el tamaño del ámbito hogareño puede estar asociado a la búsqueda de recursos alimenticios y es

posible que se presente una alimentación oportunista durante el periodo interanidatorio, especialmente si hay alimento disponible en la zona.

Alimentación. En el presente estudio se obtuvieron zonas núcleo de 2 a 14 km² para tortuga blanca, estudios previos han reportado tamaños de 225 y 368 km² (Kinzel *et al.*, 2003) y 2 a 90 km² (Méndez *et al.*, 2013). Por otro lado para tortuga Carey se estimaron zonas núcleo entre 3.5 y 44 km², resultados similares a aquellos reportados por Cuevas (2009) para la Península de Yucatán (10 a 39 km²), Hart *et al.* (2012b) de 9 a 21.5 km² para hembras de Florida, mientras que Gonzáles (2009) y Marcovaldi *et al.* (2012) han reportado las zonas núcleo más grandes para esta especie de 4 a 351 km² en México y 92 a 421 km² en Brasil, respectivamente.

De acuerdo con Plotkin (2003) la tortuga blanca y la tortuga Carey utilizan pequeños ámbitos hogareños en comparación con otras especies. Broderick *et al.* (2007) proponen que el tamaño del ámbito hogareño refleja las diferencias en el tipo de alimentación de las tortugas marinas, pues las esponjas y los pastos marinos (alimento de *E. imbricata* y *C. mydas* respectivamente) son un recurso sésil por lo que el área utilizada será más pequeña, mientras que el alimento de especies como la tortuga caguama o laúd son recursos móviles (*v.gr.* crustáceos, moluscos y medusas), lo que implica utilizar áreas más grandes (Bailey *et al.*, 2008). Lo anterior puede explicar el hecho de no se encontraron diferencias estadísticas entre las especies estudiadas pues presentan un comportamiento de alimentación similar.

Powell y Mitchell (2012) sugieren que las diferencias en el tamaño del ámbito hogareño pueden estar relacionadas con la distribución irregular de los recursos críticos (alimento y refugio), mientras que Vander Wal y Rodgers (2012) atribuyen el tamaño con la disponibilidad y accesibilidad de los recursos, pues en algunas zonas el alimento puede estar distribuido en parches y en otras concentrado en un sitio pequeño.

De acuerdo con Cuevas *et al.* (2008), los tamaños pequeños de ámbito hogareño obtenidos en el presente estudio pueden ser un reflejo de la buena calidad del recurso alimenticio en la zona y por eso no necesitan áreas tan grandes para alimentación, además un mismo sitio les puede proporcionar descanso, refugio y alimento, por ejemplo, los arrecifes de coral poco profundos pueden tener una alta abundancia de alimento y la estructura misma del arrecife puede permitir suficientes áreas para descanso debajo de las salientes rocosas (Berube *et al.*, 2012).

Marcovaldi *et al.* (2012) proponen que una alta densidad de individuos en un área limitada también puede dar lugar a ámbitos hogareños individuales pequeños, indicando que la competencia intra-específica en la zona puede ser alta.

Dian y Giovanna tuvieron la zona núcleo más grande y también presentaron el mayor tiempo de rastreo durante la alimentación, pero de acuerdo con Blanco *et al.* (2012), Gaos *et al.* (2012) y Marcovaldi *et al.*, (2012) el tamaño del ámbito hogareño no está relacionado con el número de días que pasan en el sitio de alimentación, sino que probablemente el gran tamaño se deba a que en la zona donde se alimentan (Banco de Campeche) los recursos no son abundantes o están distribuidos en parches por lo que necesitan una mayor área para cubrir sus necesidades de alimentación.

5.4 Conservación

Interanidación. La mayoría de las playas de anidación de las hembras de tortuga blanca y carey rastreadas (excepto Chenkán y Xcacel) cuentan con alguna asignación de protección por parte del gobierno federal como Reserva de la Biosfera (RB), Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) o Parque Nacional (PN) y los polígonos de protección de las ANP's se extienden a la zona marina, razón por la cual los ámbitos hogareños de interanidación presentan el mayor

porcentaje de protección en términos de área (57% y 30% del área total respectivamente).

Sin embargo la RB Ría Lagartos es la única ANP federal de este estudio que deja fuera del polígono de protección a la zona marina adyacente a la playa de anidación. Cuevas *et al.* (2007) presentan fuertes argumentos para considerar esa área marina dentro del polígono de la reserva debido a que es una zona importante de alimentación y desarrollo para tortugas juveniles de carey; por otro lado González (2009) y Méndez *et al.* (2013) la han señalado como corredor migratorio de tortuga blanca y carey, y con éste estudio se fortalecen los argumentos como zona de interanidación de tortuga blanca.

Zbinden *et al.* (2007) y Blanco *et al.* (2013) han enfatizado la vulnerabilidad de las hembras grávidas durante la interanidación a altos niveles de interacción con actividades humanas (pesca, lesiones, golpes de lanchas) mientras permanecen en estas áreas cercanas a la costa, debido al comportamiento de reposo en el fondo marino o la superficie y disminución del metabolismo en esta fase. En este estudio se observó que algunas zonas de interanidación se localizan en áreas donde el esfuerzo pesquero es mayor (probablemente por la cercanía a la costa) dejando a las hembras expuestas a esta amenaza, por lo que una conservación efectiva no depende únicamente de la protección de las playas de anidación sino también de la zona marina adyacente a ellas (Walcott *et al.*, 2012).

Migración. Por otra parte, aunque el 60% de las hembras rastreadas de tortuga blanca y carey se encontraron protegidas durante su etapa de interanidación, una vez terminada la temporada reproductiva salieron de las ANP's para dirigirse a zonas de alimentación distantes. En este estudio la migración presentó los niveles de protección más bajos (9% y 12%), Gaos *et al.* (2012) también encontraron que esta fase, en comparación con la interanidación y la alimentación, es la que cae en menor medida dentro de las ANP's pero con tortugas carey del Pacífico Oriental.

Lo anterior puede deberse a que la mayoría de las ANP's costeras del país dejan fuera o colindan apenas con la zona litoral y todos los sitios del mar profundo están sin protección alguna (CONABIO *et al.*, 2007a; Rivera, 2011), por lo que una vez que inician su viaje migratorio dirigiéndose a mar abierto quedan totalmente desprotegidas, a menos que sus rutas migratorias sean cercanas a la costa.

Además se observó que durante los viajes hacia las zonas de alimentación las tortugas cruzan áreas con actividad pesquera, lo que puede incrementar las probabilidades de interactuar con artes de pesca y por lo tanto de captura incidental. De hecho, autores como Lewison *et al.* (2004), Southwood y Avens (2010) y Gaos *et al.* (2012) sugieren que es durante los movimientos migratorios cuando estas especies son más vulnerables a fuentes antropogénicas de mortalidad como la captura incidental por redes agalleras o palangres en la costa o alta mar.

Alimentación. Los sitios de alimentación se encontraron protegidos para el 36% de las hembras de tortuga blanca rastreadas en este estudio, sin embargo la tortuga carey se estableció en zonas sin ningún estatus legal de protección, condición desfavorable para la conservación de esta especie en peligro crítico de extinción.

Lo anterior se debe a que durante la alimentación los individuos de carey utilizan áreas marinas distantes a la costa (aguas oceánicas) donde no existen ANP's (CONANP, 2013). En la literatura se encontró una propuesta por parte de González y Torruco (2004) para la creación de una Reserva de la Biosfera en los arrecifes de Campeche cuyo polígono de protección incluiría el ámbito hogareño de algunas hembras de tortuga carey.

Por otra parte la cercanía de los sitios de alimentación de las tortugas blancas a la costa, además de ofrecerles protección por parte de ANP's costeras de la Península de Yucatán, también puede incrementar la probabilidad de captura

incidental pues coinciden con zonas donde el esfuerzo pesquero es medio, y de acuerdo con Lewison *et al.* (2004) el esfuerzo pesquero es directamente proporcional a la captura incidental.

CIT (2006) mencionan que lo anterior se debe a que las tortugas marinas tienden a concentrarse en áreas sumamente productivas para alimentarse (*v.gr.* arrecifes y pastos marinos) y por eso coinciden con la mayor parte del esfuerzo de pesca, pues los arrecifes y praderas de pastos marinos son ecosistemas altamente productivos y proporcionan sustrato, alimento, refugio y áreas de crianza a muchas otras especies de peces y crustáceos de importancia comercial (Horrocks, 2001).

Cabe mencionar que los porcentajes de protección de los hábitats críticos de interanidación y alimentación son bajos (<50%), contrariamente a la hipótesis planteada, lo que pone en evidencia que los tamaños de las ANP's no son suficientes para proteger el 100% de los ámbitos hogareños y mucho menos el área de las zonas núcleo de las hembras de tortugas marinas, por lo que se debe considerar que el objetivo de las ANP's no era proteger los hábitats críticos de estas especies y por eso no los incluyen. También es preocupante el hecho de que todas o la mayoría de las rutas migratorias se localizan en áreas con altos niveles de esfuerzo pesquero, por lo que es urgente establecer medidas de mitigación para reducir las amenazas.

Rivera (2011) señala que las estrategias de manejo espaciales, como el establecimiento de ANP's, únicamente funcionan con especies de baja movilidad y en el caso de las tortugas marinas, que viajan cientos o miles de kilómetros entre hábitats, se recomienda también tomar estrategias espacio-temporales. Horrocks (2001), Bjorndal (2001), CIT (2006) proponen que una forma de limitar las interacciones de las tortugas marinas con las pesquerías sería reduciendo el esfuerzo de pesca a través de vedas en tiempo y espacio de especies comerciales, que coincidan con los sitios y durante periodos de altas concentraciones de tortugas, como la interanidación, alimentación y migración.

Los hábitats críticos de las tortugas marinas presentan ciertas características que las hacen candidatas a ser protegidas de una manera efectiva, como la fidelidad a los sitios de interanidación (Marcovaldi *et al.*, 2010; Hart *et al.*, 2013), alimentación (Broderick *et al.*, 2007; Marcovaldi *et al.*, 2010; Schofield *et al.*, 2010; Shaver *et al.*, 2013) y rutas migratorias (Broderick *et al.* 2007 y Marcovaldi *et al.* 2012), pues este comportamiento asegura que las hembras llegarán a los mismos lugares durante y después de cada temporada reproductiva y recorrerán la misma ruta que utilizaron anteriormente desde las zonas de alimentación de regreso a los sitios de reproducción y viceversa. Lo expuesto anteriormente representa una ventaja para establecer estrategias de conservación y protección de esos hábitats críticos.

Es de gran interés mencionar que además de las ANP's, las hembras post-anidantes utilizaron sitios prioritarios marinos para la conservación en todas las etapas críticas estudiadas. Con este trabajo se aportan nuevos registros para actualizar y ampliar la información contenida en la ficha técnica de algunos sitios prioritarios marinos (Cabo Catoche, Dzilam y Petenes-Ría Celestún- Palmar) como zonas de interanidación, alimentación y corredores migratorios de *C. mydas* y *E. imbricata* (ver Fig. 6-8 y Tabla 5).

La falta de uso de la zona marina protegida en el país por parte de las hembras post-anidantes de tortuga marina en sus etapas críticas ejemplifica los problemas de conservación para estas especies en peligro de extinción. Marcovaldi *et al.* (2012) proponen que una buena oportunidad para intensificar la protección a los hábitats críticos de interanidación, alimentación y rutas migratorias es la extensión espacial de las ANP's ya establecidas. Con base en lo anterior, se observó que en la mayoría de casos los SPM son una buena referencia como áreas adicionales de protección, pues si se toman en cuenta sus polígonos se protegería un mayor porcentaje de los hábitats críticos y rutas migratorias de las tortugas marinas en el Golfo de México, por lo que se deberían iniciar esfuerzos para reconocerlas legalmente y así elevar su nivel de protección, pues también son importantes por

albergar hábitats críticos para otras especies marinas (ver CONABIO *et al.*, 2007b).

6. Conclusión

El presente estudio identificó las rutas de migración utilizadas por las hembras de tortuga blanca y carey después de anidar en playas del sur del Golfo de México y reveló los destinos de alimentación donde permanecerán hasta la siguiente temporada reproductiva. La tortuga blanca y carey comparten hábitats críticos de alimentación en la región (incluso con otras especies) y las aguas que rodean a la Península de Yucatán, Banco de Campeche y los cayos del sur de Florida son de vital importancia para estas especies. El uso de la zona marina protegida del país por parte de las hembras post-anidantes de tortuga blanca y carey es mínimo y sus hábitats críticos coinciden con sitios prioritarios para la conservación y zonas pesqueras de la región. En este trabajo se reconoce que la telemetría satelital puede ser una herramienta útil en la determinación de la efectividad de los límites de las ANP's y en el establecimiento de áreas protegidas adicionales. Finalmente estos resultados indican dónde deberían centrarse los esfuerzos futuros de conservación de estas especies, enfatizando la importancia del sur del Golfo de México para las tortugas marinas.

7. Literatura citada

Ackerman, B., Leban, F., Samuel, M., Garton, E., 1990. User's manual for program Home Range. Second edition. Technical Report 15, Forestry, Wildlife and Range Experiment Station. University of Idaho, Moscow, Idaho, USA. 80pp.

Acosta-Lugo, E., Alonzo-Parra, D., Andrade-Hernández, M., Castillo-Tzab, D., Chablé-Santo, J., Durán, R., Espadas-Manrique, C., Fernández-Stohanzlova, I., Fraga, J., Galicia, E., González-Iturbide, J.A., Herrera-Silveira, J., Sosa-Escalante, J., Villalobos-Zapata, G.J., Tun-Dzul, F. 2010. Plan de conservación de la Eco-

región Petenes-Celestún-Palmar. Primera Edición. Universidad Autónoma de Campeche. Pronatura Península de Yucatán A.C. 184p.

Alvarado, J., Murphy, T.M. 1999. Nesting periodicity and Internesting behaviour. En: Eckert, K.L., Bjorndal, A., Abreu-Gobrois, F.A., Donnelly, M. (Eds.), Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4, Washington DC, USA, pp. 115-118.

Anderson, D.J. 1982. The home range: A new nonparametric estimation technique. *Ecology*. 63(1), 103-112.

Balazs, G.H. 1994. Homeward bound: Satellite telemetry of hawaiian green turtles from nesting beaches to foraging pastures. En: Schroeder, B.A., Witherington, B.E. (Comps.). Proceedings of the Thirteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, February 23-27, 1993, Jekyll Island, Georgia. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-341, 205-208.

Balazs, G.H., Miya, R.K., Beavers, S.C., 1996. Procedures to attach a satellite transmitter to the carapace of an adult green turtle, *Chelonia mydas*. En: Keinath J.A., Barnard, D.E., Musik, J.A., Bell A.B. (Comps.). Proceedings of the Fifteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, February 20-25, 1995, Hilton Head, South Carolina. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-387, 21-26.

Bailey, H., Shillinger, G., Palacios, D., Bograd, S., Spotila, J., Paladino, F., Block, B. 2008. Identifying and comparing phases of movement by leatherback turtles using state-space models. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 356, 128–135.

Berube, M.D., Dunbar, S.G., Rutzler, K., Hayes, W.K. 2012. Home range and foraging ecology of juvenile hawksbill sea turtles (*Eretmochelys imbricata*) on inshore reefs of Honduras. *Chelonian Conservation and Biology*. 11 (1), 33-43.

Bjorndal, K.A., 1999. Priorities for research in foraging areas. En: Eckert, K.L., Bjorndal, A., Abreu-Gobrois, F.A., Donnelly, M. (Eds.), *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4, Washington DC, USA, pp. 12-14.

Blanco, G.S., Morreale, S.J., Bailey, H., Seminoff, J.A., Paladino, F.V., Spotila, J.R. 2012. Post-nesting movements and feeding grounds of a resident East Pacific green turtle *Chelonia mydas* population from Costa Rica. *Endangered Species Research*. 18, 233-245.

Blanco, G.S., Morreale, S.J., Seminoff, J.A., Paladino, F.V., Pineda, R., Spotila, J.R. 2013. Movements and diving behavior of internesting Green turtles along Pacific Costa Rica. *Integrative Zoology*. 8, 293-306.

Blumenthal J.M., Solomon J.L., Bell C.D., Austin T.J., Ebanks-Petrie G., Coyne M.S., Broderick A.C., Godley, B.J. 2006. Satellite tracking highlights the need for international cooperation in marine turtle management. *Endangered Species Research*. 2, 51-61.

Blumenthal, J.M., Austin, T.J., Bothwell, J.B., Broderick, A.C., Ebanks-Petrie, G., Olynik, J.R., Orr, M.F., Solomon, J.L., Witt, M.J., Godley, B.J. 2009. Diving behavior and movements of juvenile hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* on a Caribbean coral reef. *Coral Reefs*. 28, 55-65.

Bolten, A.B. 2003. Variation in Sea Turtle Life History Patterns: Neritic vs. Oceanic Developmental Stages. En: Lutz, P.L., Musick, J.A., Wyneken, J. (Eds.), *The Biology of Sea Turtles Volume II*. CRC Press, Boca Raton, pp. 243-257.

Broderick A.C., Coyne M.S., Fuller W.J., Glen F., Godley, B.J. 2007. Fidelity and over-wintering of sea turtles. *Proceedings of the Royal Society*. 274, 1533-1538.

Burt, H., 1943. Territoriality and Home Range concepts as applied to Mammals. *Journal of Mammalogy*. 24(3), 346-352.

Byles, R.A., Swimmer, Y.B. 1994. Post-nesting migration of *Eretmochelys imbricata* in the Yucatan Peninsula. En: Bjorndal, K.A., Bolten, A.B., Johnson, D.A., Eliazar, P.J. (Comps.). 1994. *Proceedings of the Fourteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*, March 1-5, 1994, Hilton Head, South Carolina. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-351, 202.

Carr, A., Hirth, H., Ogren, L. 1966. The ecology and migrations of sea turtles, 6: the hawksbill turtle in the Caribbean sea. *American Museum Novitates*. 2248, 1-29.

Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E. (Eds.). 2004. *Diagnóstico ambiental del Golfo de México Volumen 1*. Primera edición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología A.C., Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. México, D.F. 627 pp.

Cheng, I.-J. 2000. Post-nesting migrations of green turtles (*Chelonia mydas*) at Wan-An Islands, Penghu Archipelago, Taiwan. *Marine Biology*. 137,747-754.

CIT Secretaría. 2006. *Pesquerías y Tortugas Marinas*. San José, Costa Rica.

CIT Secretaría. (Recopilación). 2010. Informe del "Taller Regional sobre la Tortuga Carey en el Gran Caribe y el Atlántico Occidental". Septiembre 23-25, 2009, Puerto Morelos, Quintana Roo, México. CIT, CITES, SPAW, CONANP, SEMARNAT, WWF. 56 pp.

CITES. 2013. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Appendices I, II & III <<http://www.cites.org>> (Fecha de consulta: 27 Marzo 2013).

CLS. 2013. Argos user's manual: Worldwide tracking and environmental monitoring by satellite. CLS, Toulouse.

CMS. 2013. Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. <<http://www.cms.int>> (Fecha de consulta: 27 Marzo 2013).

CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. 2007a. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura A.C. México, D.F.

CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. 2007b. Sitios marinos prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Escala 1: 1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy – Programa México, Pronatura. México. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/gap/index.php/Sitios_prioritarios_marinos:_SHP> (Fecha de consulta 13 Marzo 2014).

CONANP. 2013. Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Escala: 1:4,500,000. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: <<http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/informacion/info.htm>> (Fecha de consulta 14 Marzo 2014).

Coyne, M.S., Godley, B.J., 2005. Satellite Tracking and Analysis Tool (STAT): an integrated system for archiving, analyzing and mapping animal tracking data. Marine Ecology Progress Series. 301, 1-7.

Coyne, M., Godfrey, M., Godley, B. y Lay, K. 2012. Hard Shell Sea Turtle PTT Attachment Protocol. 8pp.

Cuevas, E., Liceaga-Correa, M.A., Garduño-Andrade, M., 2007. Spatial characterization of a foraging area for immature hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in Yucatan, Mexico. *Amphibia-Reptilia*. 28,337-346.

Cuevas, E., Abreu-Grobois, F.A., Guzman-Hernandez, V., Liceaga-Correa, M.A., van Dam, R.P., 2008. Post-nesting migratory movements of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* in waters adjacent to the Yucatan Peninsula, Mexico. *Endangered Species Research*. 10, 123-133.

Cuevas, E. 2009. Ecología espacial de la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*, Linnaeus 1766) y sus hábitats críticos en la península de Yucatán, México. Tesis Doctoral. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Mérida, Yucatán. 150 pp.

Cuevas, E., González, B.I., Segovia, A., Sosa, J. 2010. Tortugas marinas: poblaciones y hábitats críticos. En: Durán, R., Méndez, M. (Eds.). 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. Primera edición. CICY, PPD-FMAM, Conabio, Seduma. Mérida, Yucatán, 262-263.

Cuevas, E., González-Garza, B.I., Guzmán-Hernández, V., van Dam, R.P., García-Alvarado, P., Abreu-Grobois, F.A., Huerta-Rodríguez, P. 2012. Tracking turtles off Mexico's Yucatán Peninsula. SWOT Report State of the World's Sea Turtles, vol. VII, 8-9.

Dingle, H., Drake, V.A. 2007. What is Migration? *BioScience*. 57(2), 113-121.

Dixon, K.R., Chapman, J.A. 1980. Harmonic mean measure of animal activity areas. *Ecology*. 61(5), 1040-1044.

Dow, W., Eckert, K., Palmer, M., Kramer, P., 2007. An Atlas of Sea Turtle Nesting Habitat for the Wider Caribbean Region. The Wider Caribbean Sea Turtle Conservation Network and The Nature Conservancy. WIDECAST Technical Report No. 6. Beaufort, North Carolina. 267 pages plus electronic Appendices <http://seamap.env.duke.edu/widecast>

Eckert, K.L. 1999. Designing a Conservation Program. En: Eckert, K.L., Bjorndal, A., Abreu-Gobrois, F.A., Donnelly, M. (Eds.), *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4, Washington DC, USA, pp 6-8.

Florida Fish and Wildlife Conservation Commission-Fish and Wildlife Research Institute. 2014. The Unified Florida Reef Map. <<http://ocean.floridamarine.org/IntegratedReefMap/UnifiedReefTract.htm>>(Fecha de consulta: 20 Diciembre 2014).

Gaos, A.R., Lewison, R.L., Wallace, B.P., Yañez, I.L., Liles, M.J., Nichols, W.J., Baquero, A., Hasbún, C.R., Vasquez, M., Urteaga, J., Seminoff, J.A. 2012. Spatial ecology of critically endangered hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata*: implications for management and conservation. *Marine Ecology Progress Series*. 450, 181-194.

Garduño, M., Guzmán, V., Miranda, E., Briceño-Dueñas, R., Abreu-Grobois, F.A., 1999a. Increases in Hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) nestings in the Yucatan Peninsula, Mexico, 1977-1996: Data in support of successful conservation? *Chelonian Conservation and Biology*. 3, 286-295.

Garduño, M., Maldonado, A., Márquez, R., Schroeder, B., Balazs, G. 1999b. Satellite tracking of an adult male and female Green turtle from Yucatan in the Gulf

of Mexico. En: Kalb, H.J., Wibbels, T. (Comps.). 2000. Proceedings of the Nineteenth Annual Symposium on Sea Turtles Biology and Conservation. March 2-6, 1999, South Padre Island, Texas. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-443, 158.

Godley, B. J., Richardson, S., Broderick, A. C., Coyne, M. S., Glen, F., Hays, G.C. 2002. Long-term satellite telemetry of the movements and habitat utilisation by green turtles in the Mediterranean. *Ecography* 25, 352–362.

Godley, B.J., Blumenthal, J.M., Broderick, A.C., Coyne, M.S., Godfrey, M.H., Hawkes, L.A., Witt, M.J. 2008. Satellite tracking of sea turtles: Where have we been and where do we go next? *Endangered Species Research*. 4, 3-22.

Godley, B.J., Barbosa, C., Bruford, M., Broderick, A.C., Catry, P., Coyne, M.S., Formia, A., Hays, G.C., Witt, M.J. 2010. Unravelling migratory connectivity in marine turtles using multiple methods. *Journal of Applied Ecology*. 47, 769-778.

González, A., Torruco, D. 2004. Diagnóstico para la creación de una reserva de la biosfera en los arrecifes de Campeche, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. 55, 685-692.

González, B.I. 2009. Identificación y evaluación de hábitats marinos críticos para tortugas post-anidantes de carey (*Eretmochelys imbricata*) en la península de Yucatán. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados. Mérida, Yucatán. 132 pp.

González-Díaz-Mirón, R.J., Tiburcio-Pintos, G., Seminoff, J.A. 2010. Wild movements of a male hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) tracked in the Gulf of Mexico with an argos-linked gps transmitter after 14 years in captivity. En: Dean, K., López-Castro, M.C. (Comps.). *Proceedings of the Twenty-eighth Annual*

Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. January 22-26, 2008, Loreto, Baja California Sur. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-602, 38.

Hart, K.M., Lamont, M.M., Fujisaki, I., Tucker, A.D., Carthy, R.R., 2012a. Common coastal foraging areas for loggerheads in the Gulf of Mexico: Opportunities for marine conservation. *Biological Conservation*. 145, 185-194.

Hart K.M, Sartain A.R., Fujisaki I., Pratt H.L., Morley D., Feeley, M.W. 2012b. Home range, habitat use, and migrations of hawksbill turtles tracked from Dry Tortugas National Park, Florida, USA. *Marine Ecology Progress Series*. 457,193 - 207.

Hart K.M., Zawada D.G., Fujisaki I., Lidz, B.H. 2013. Habitat use of breeding green turtles *Chelonia mydas* tagged in Dry Tortugas National Park: Making use of local and regional MPAs. *Biological Conservation*. 161,142-154.

Hays, G.C., Adams, C.R., Broderick, A.C., Godley, B.J., Lucas, D.J., Metcalfe, J.D., Prior, A.A. 2000. The diving behaviour of green turtles at Ascension Island. *Animal Behaviour*. 59,577–586.

Hays, G.C., Akesson, S., Godley, B.J., Luschi, P., Santidrian, P. 2001. The implications of location accuracy for the interpretation of satellite-tracking data. *Animal Behaviour*. 61, 1035-1040.

Hays, G.C., Broderick, A.C., Godley, B.J., Lovell, P., Martin, C., McConnell, B.J., Richardson, S. 2002a. Biphasal long-distance migration in green turtles. *Animal Behaviour*. 64, 895-898.

Hays, G.C., Glen, F., Broderick, A.C., Godley, B.J., Metcalfe, J.D. 2002b. Behavioral plasticity in a large marine herbivore: contrasting patterns of depth

utilization between two green turtle (*Chelonia mydas*) populations. *Marine Biology*. 141,985-990.

Hooge, P. N., Eichenlaub, B. 2000. Animal movement extension to ArcView®. Version 2.0. Alaska Science Center - Biological Science Office, U.S. Geological Survey, Anchorage, AK, USA. Disponible en: <http://alaska.usgs.gov/science/biology/spatial/gistools/index.php/> (Fecha de consulta: 2 Diciembre 2013).

Hooge, P.N., Eichenlaub, W.M., Solomon, E.K. 2001. Using GIS to Analyze Animal Movements in the Marine Environment. En: Kruse, G.H., Bez, N., Booth, A., Dorn, M.W., Hills, S., Lipcius, R.N., Pelletier, D., Roy, C., Smith, S.J., Witherell, D. (Eds.). *Proceedings of the Symposium on Spatial processes and management of marine populations*, October 27-30, 1999, Anchorage, Alaska. University of Alaska Sea Grant, Report No. AK-SG-01-02, 37–51.

Horne, J., Garton, E., 2006. Selecting the best home range model: An information-theoretic approach. *Ecology*. 87 (5), 1146-1152.

Horrocks, J.A. 2001. Reducing threats on foraging grounds. En: Eckert, K.L., Abreu Grobois, F.A. (Eds.). *Proceedings of the Regional Meeting: "Marine Turtle Conservation in the Wider Caribbean Region: A Dialogue for Effective Regional Management"*. November 16-18, 1999, Santo Domingo, Dominican Republic. WIDECAS, IUCN-MTSG, WWF, UNEP-CEP, 121-126.

Horrocks J.A., Vermmer L.A., Krueger B., Coyne M., Schroeder B.A., Balazs, G.H. 2001. Migration routes and destinations characteristics of Post-nesting hawksbill turtles satellite-tracked from Barbados, West Indies. *Chelonian Conservation and Biology*. 4(1), 107-114.

INEGI, Lugo-Hupb J., Vidal-Zepeda, R., Fernández-Equiarte, A., Gallegos-García, A., Zavala-H, J. y otros. 1990. *Hipsometría y Batimetría*. Escala 1:4,000,000.

Instituto de Geografía, UNAM. México. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/hips4mgw.xml?_httpcach=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no(Fecha de consulta 20 Octubre 2014).

IUCN. 2013. Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org> (Fecha de consulta: 27 Marzo 2013).

Kinzel, M., Carter, G., Tiburcio-Pintos, G., Bravo-Gamboa, R. 2003. Home range and habitat analysis of green sea turtles, *Chelonia mydas*, in the Gulf of Mexico. En: Seminoff, J.A. (Comp.). Proceedings of the Twenty-Second Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. April 4-7, 2002, Miami, Florida. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-503, 289-290.

Lara, J. 2012. Distribución cualitativa del esfuerzo de pesca con palangre y red agallera en la Península de Yucatán. 32nd Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. March 11-16, 2012, Huatulco, Oaxaca, México.

Lewison, R.L., Crowder, L.B., Read, A.J., Freeman, S.A. 2004. Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. Trends in Ecology and Evolution. 19(11), 598-604.

Lewison, R.L., Crowder, L.B. 2007. Putting longline bycatch of sea turtles into perspective. Conservation Biology. 21(1),79-86.

Liceaga-Correa, M.A., Díaz-Aguilar, C., Cuevas, E., Hernández-Núñez, H. 2013. Distribución y cobertura de pastos marinos en el litoral somero del estado de Yucatán, México. Escala 1:500,000. CINESTAV Unidad Mérida. Disponible en <http://kanab.mda.cinestav.mx/cainfomacay/index.html>(Fecha de consulta 13 Septiembre 2014).

Lohmann, K.J., Luschi, P., Hays, G.C. 2008. Goal navigation and island-finding in sea turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 356, 83-95.

Luschi, P., Hays, G.C., Papi, F. 2003. A review of long-distance movements by marine turtles, and the possible role of ocean currents. *OIKOS*. 103, 293-302.

Marcovaldi, M.A., Lopez, G.G., Soares, L.S., Lima, E.H.S.M., Thomé, J.C.A., Almeida, A.P. 2010. Satellite-tracking of female loggerhead turtles highlights fidelity behavior in northeastern Brazil. *Endangered Species Research*. 12, 263-272.

Marcovaldi, M.A., Lopez, G.G., Soares, L.S., López-Mendilaharsu, M. 2012. Satellite tracking of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* nesting in northern Bahia, Brazil: turtle movements and foraging destinations. *Endangered Species Research*. 17, 123-132.

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

Márquez, R. 2004. Las tortugas marinas del Golfo de México. Abundancia, distribución y protección. En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E. (Eds.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México Volumen 1. Primera edición.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología A.C., Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. México, D.F, 173-197.

Maxwell, S.M., Bredd, G.A., Nickel, B.A., Makanga-Bahouna, J., Pemo-Makaya, E., Parnell, R.J., Fomia, A., Ngouesso, S., Godley, B.J., Costa, D.P., Witt, M.J., Coyne, M.S. 2011. Using satellite tracking to optimize protection of long-lived

marine species: Olive ridley sea turtle conservation in Central Africa. Plos One 6(5): e19905.

Méndez, D., Cuevas, E., Navarro, J., González-Garza, B.I., Guzmán-Hernández, V. 2013. Rastreo satelital de las hembras de tortuga blanca *Chelonia mydas* y evaluación de sus ámbitos hogareños en la costa norte de la península de Yucatán, México. *Biología Marina y Oceanografía*. 48(3), 497-509.

Meylan, A. 1988. Spongivory in Hawksbill turtles: A diet of glass. *Science*. 239(4838), 393-395.

Meylan, A.B. 1999a. International movements of immature and adult hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in the Caribbean Region. *Chelonian Conservation and Biology*. 3(2), 189-194.

Meylan, A.B. 1999b. Status of the hawksbill turtles in the Caribbean region. *Chelonia conservation and biology. International Journal of turtle and Tortoise Research*. 3(2), 177-184.

Meylan, A.B., Meylan, P.A., 1999. Introduction to the evolution, life history, and biology of sea turtles. En: Eckert, K.L., Bjørndal, A., Abreu-Gobrois, F.A., Donnelly, M. (Eds.), *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4, Washington DC, USA, pp 3-5.

Miller, J.D., 1997. Reproduction In Sea Turtles. En: Lutz, P.L., Musick, J.A. (Eds.), *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, pp. 51-82.

Moncada, F.G., Hawkes, L.A., Fish, M.R., Godley, B.J., Manolis, S.C., Medina, Y., Nodarse, G., Webb, G.J.W. 2012. Patterns of dispersal of hawksbill turtles from

the Cuban shelf inform scale of conservation and management. *Biological Conservation* 148,191-199.

Moretzsohn, F., Sánchez-Chávez, J.A., Tunnell, J.W. (Eds). 2014. GulfBase: Resource Database for Gulf of Mexico Research. Reefs, Banks and Islands. World Wide Web electronic publication. <<http://www.gulfbase.org>> (Fecha de consulta 15 Diciembre 2014).

Mortimer, J.A., Donnelly, M. 2008. *Eretmochelys imbricata*. En: IUCN 2013 Red List of Threatened Species <<http://www.iucnredlist.org>> (Consultada 30 Octubre 2013).

Musick, J.A., Limpus, C.J. 1997. Habitat utilization and migration in Juvenile sea turtles. En: Lutz, P.L., Musick, J.A. (Eds.), *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, pp. 137-163.

Papi, F., Liew, H.C., Luschi, P., Chan, E.H. 1995. Long-range migratory travel of a green turtle tracked by stellite: evidence for navigational ability in the open sea. *Marine Biology*. 122,171-175.

Plotkin, P. 2003. Adults migration and habitat use. En: Lutz, P.L., Musick, J.A., Wyneken, J. (Eds.), *The Biology of Sea Turtles Volume II*. CRC Press, Boca Raton, pp. 225-241.

Powell, R.A., Mitchell, M.S. 2012. What is a home range?. *Journal of Mammalogy*. 93(4), 948-958.

Pritchard, P. 1997. Evolution, Phylogeny and Current status. En: Lutz, P.L., Musick, J.A. (Eds.), *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, pp. 1-28.

Pritchard P.C.H., Mortimer. J.A. 1999. Taxonomy, external morphology, and species identification. En: Eckert, K.L., Bjorndal, A., Abreu-Gobrois, F.A., Donnelly,

M. (Eds.), Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4, Washington DC, USA, pp 21-38.

Rivera, M.G. 2011. Evaluación de las Áreas Marinas Protegidas en México. Tesis Doctoral. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S. 146 pp.

Samuel, M.D., Pierce, D.J., Garton, D.O. 1985. Identifying áreas of concentrated use within the home range. *Journal of Animal Ecology*. 54,711-719.

Schoeder, B.A. 2001. Reducing threats at nesting beaches. En: Eckert, K.L., Abreu Grobois, F.A. (Eds.). Proceedings of the Regional Meeting: "Marine Turtle Conservation in the Wider Caribbean Region: A Dialogue for Effective Regional Management". November 16-18, 1999, Santo Domingo, Dominican Republic. WIDECAS, IUCN-MTSG, WWF, UNEP-CEP, 115-120.

Schofield, G., Hobson, V.J., Fosette, S., Lilley, M.K.S., Katselidis, K.A., Hays, G.C. 2010. Fidelity to foraging sites, consistency of migration routes and habitat modulation of home range by sea turtles. *Diversity and Distributions*. 16, 840-853.

SEMARNAT, 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio de listas de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. D.F., México. Última reforma publicada 30/12/2010.

SEMARNAT, 2012. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación. D.F., México. Última reforma publicada 06/06/2012.

Seminoff, J.A. 2004. *Chelonia mydas*. En: IUCN 2013 Red List of Threatened Species. <<http://www.iucnredlist.org>> (Fecha de consulta: 30 Octubre 2013).

Seminoff, J.A., Zárata, P., Cooyne, M., Foley, D.G., Parker, D., Lyon, B.N., Dutton, R.H. 2008. Post-nesting migrations of Galápagos green turtles *Chelonia mydas* in relation to oceanographic conditions: integrating satellite telemetry with remotely sensed ocean data. *Endangered Species Research*. 4,57-72.

Shaver, D.J., Hart, K.M., Fujisaki, I., Rubio, C., Sartain, A.R., Peña, J., Burchfield, P.M., Gomez, D., Ortiz, J. 2013. Foraging area fidelity for Kemp's ridleys in the Gulf of Mexico. *Ecology and Evolution*. 3(7), 2002-2012.

Southwood, A., Avens, L. 2010. Physiological, behavioral, and ecological aspects of migration in reptiles. *Journal of Comparative Physiology B*. 180, 1-23.

Spotila, J.R., 2004. *Sea turtles: A complete guide to their biology, behavior and conservation*. Johns Hopkins University Press. 240 pp.

Timko, R.E., Kolz, A.L. 1982. Satellite sea turtle tracking. *Marine Fisheries Review*. 44(4), 19-24.

Troeng, S., Evans, D.R., Harrison, E., Lagueux, C.J. 2005a. Migration of green turtles *Chelonia mydas* from Tortuguero, Costa Rica. *Marine Biology*. 148,435-447.

Troeng, S., Dutton, P.H., Evans, D. 2005b. Migration of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* from Tortuguero, Costa Rica. *Ecography*. 28, 394-402.

van Dam, R.P., Diez, C.E., Balazs, G.H., Colón, L.A., McMillan, W.O., Schroeder, B. 2008. Sex-specific migration patterns of hawksbill turtles breeding at Mona Island, Puerto Rico. *Endangered Species Research* 4, 85-94.

Vander Wal, E., Rodgers, A.R. 2012. An individual-based quantitative approach for delineating core areas of animal space use. *Ecological Modelling*. 224, 48-53.

Walcott, J., Eckert, S., Horrocks, J.A. 2012. Tracking hawksbill sea turtles (*Eretmochelys imbricata*) during inter-nesting intervals around Barbados. *Marine Biology*. 159, 927-938.

Witzell, W.N. 1983. Synopsis of biological data on the hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766). FAO Fisheries Synopsis. No. 137.

Worton, B.J. 1987. A review of models of home range for animal movement. *Ecological Modelling*. 38, 277-298.

Worton, B.J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology*. 70(1), 164-168.

Xavier R., Barata A., Palomo L., Quiroz N., Cuevas, E., 2006. Hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*, Linnaeus 1766) and Green turtle (*Chelonia mydas*, Linnaeus 1754) nesting activity (2002-2004) at El Cuyo beach, Mexico. *Amphibia-Reptilia* 27, 539-547.

Yasuda, T., Arai, N. 2005. Fine-Scale tracking of marine turtles using GPS-Argos PTTs. *Zoological Science*. 22, 547-553.

Zbinden, J.A., Aebischer, A., Margaritoulis, D., Arlettaz, R. 2007. Insights into the management of sea turtles interesting area through satellite telemetry. *Biological Conservation*. 137, 157-162.

8. Anexos

Anexo I. Detalle de las localidades obtenidas para las 12 hembras de tortuga blanca y carey rastreadas en el sur del Golfo de México.

Especie	Tortuga	No. de localidades recibidas	No. de localidades usadas	No. de localidades en cada clase					
				3	2	1	0	A	B
<i>C. mydas</i>	Xcaci	603	518	0	2	6	6	28	476
	Nacha	930	914	21	43	33	27	131	659
	Yayis	641	622	5	8	10	7	42	550
	Adriana	339	322	5	3	1	1	25	287
	Sofia	321	304	9	2	6	1	34	252
	Milagros	308	302	5	5	2	1	39	250
<i>E. imbricata</i>	Dian	2005	1718	7	30	154	427	542	651
	Giovanna	1871	1546	6	18	132	342	539	653
	Celestina	648	639	8	23	54	59	121	369
	Poxy	239	235	2	5	7	5	23	193
	Bani	345	334	9	16	8	1	62	236
	Tormenta	98	97	0	0	0	1	6	90

Anexo II. Resultados de la prueba de homocedasticidad mediante *F-test*.

Variable	n		Var		F	p
	Cm	Ei	Cm	Ei		
Duración (d)	6	5	254.57	113.6	2.24	0.4549
Distancia (km)	6	5	379832.09	220826.53	1.72	0.6193
Interanidación (km ²)	2	4	7.61	4638.92	0.0016	0.0003
Alimentación (km ²)	5	5	28.71	368.34	0.08	0.0299

Decisiones:

$p \geq 0.05$ Aceptamos H_0 , es decir, las varianzas son homogéneas.

$p < 0.05$ Rechazamos H_0 , es decir, las varianzas son diferentes.

Las hipótesis son:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Anexo III. Resultados de la prueba de normalidad mediante el Test de Shapiro-Wilk.

Variable	n	Promedio	s.d.	W	p
Duración (d)	11	17.27	13.15	0.91	0.3592
Distancia (km)	11	762.99	527.75	0.91	0.3582
Interanidación (km ²)	6	45.30	59.12	0.74	0.0186
Alimentación (km ²)	10	13.52	14.51	0.75	0.0020

Decisiones:

$p \geq 0.05$ Aceptamos H_0 , es decir, la variable sigue una distribución normal.

$p < 0.05$ Rechazamos H_0 , es decir, la variable no sigue una distribución normal

Las hipótesis son:

H_0 : = Distribución normal

H_1 : \neq Distribución normal

Anexo IV. Resultados de la prueba no paramétrica Mann-Whitney.

Variable	n		Promedio		s.d.		Mediana		W	p
	Cm	Ei	Cm	Ei	Cm	Ei	Cm	Ei		
Duración (d)	6	5	16.83	17.8	15.96	10.66	12.00	16.00	32.00	0.7619
Interanidación (km ²)	2	4	10.89	62.5	2.76	68.11	10.89	49.66	6.00	0.8000
Alimentación (km ²)	5	5	7.98	19.06	5.36	19.19	6.85	6.71	25.00	0.6905

Decisiones:

$p \geq 0.05$ Aceptamos H_0 , es decir, no hay diferencias significativas.

$p < 0.05$ Rechazamos H_0 , es decir, hay diferencias significativas.

Las hipótesis son:

H_0 : $F(x) = F(y)$

H_1 : $F(x) \neq F(y)$

Anexo V. Resultado de la prueba paramétrica *t*-student.

Variable	n		Promedio		Var		gl	T	p
	Cm	Ei	Cm	Ei	Cm	Ei			
Distancia (Km)	6	5	748.50	780.39	379832.09	220826.53	9	-0.09	0.9266

Decisiones:

$p \geq 0.05$ Aceptamos H_0 , es decir, no hay diferencias significativas.

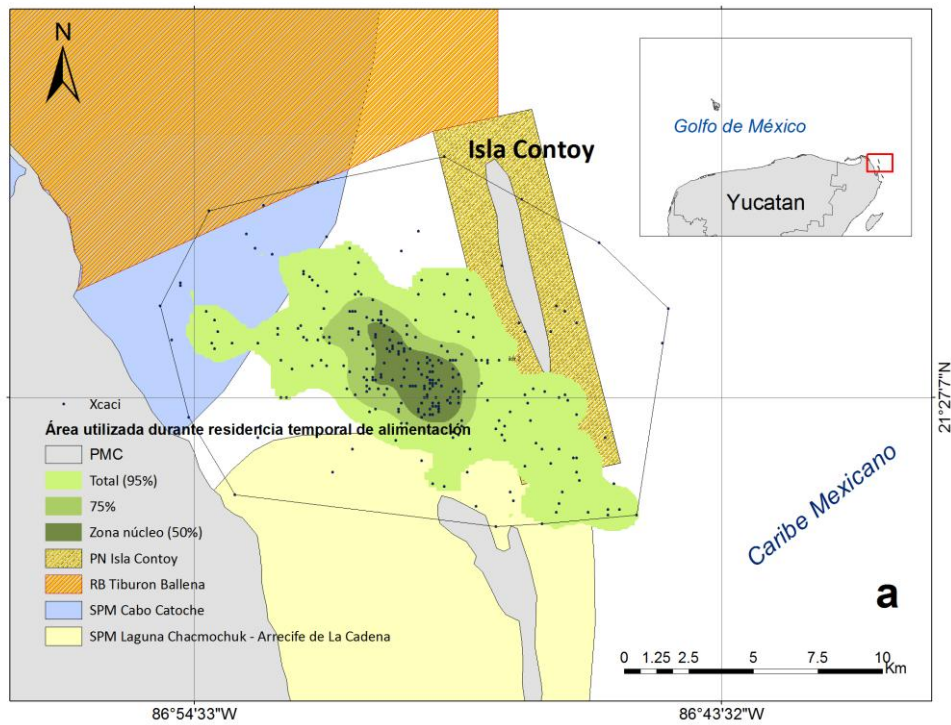
$p < 0.05$ Rechazamos H_0 , es decir, hay diferencias significativas.

Las hipótesis son:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

Anexo VI. Área de alimentación en ruta: (a) Xcaci y (b) Poxy.



Anexo VI. (Continuación).

