

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

Satellite tracking of green turtle females *Chelonia mydas* and the evaluation of their home ranges
in the north coast of the Yucatán Peninsula, Mexico

Dennis Méndez¹, Eduardo Cuevas², Jorge Navarro¹, Blanca I.
González-Garza³ y Vicente Guzmán-Hernández⁴

¹Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Carretera Mérida-Xmatkuil km. 15,5, A.P. 4-116 Itzimmá, Yucatán, México

²Pronatura Península de Yucatán, A.C., Calle 32 No. 269 x 47 y 47 A Colonia Pinzón II. C.P. 97207, Mérida, Yucatán, México. ecuevas@pronatura-ppy.org.mx

³Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida, Km. 6 Antigua Carretera a Progreso, C.P. 97310, Mérida, Yucatán, México

⁴Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Av. Adolfo López Mateos, Prolongación Playa Norte, C. P. 24140, Ciudad del Carmen, Campeche, México

Abstract.- From the 32 worldwide post nesting *Chelonia mydas* sub populations 2 are found in the Mexican Coasts, one of them in Michoacan (Pacific Ocean) and the other in the Yucatán Peninsula (Atlantic Ocean). Lack of information about migration patterns, home ranges and anthropogenic interaction are factors that contribute to the intrinsic vulnerability of *C. mydas* populations anywhere around the world. The objective of this investigation was to identify migration routes and critical marine habitats for post nesting *C. mydas* individuals in the Yucatán Peninsula. Between June 2011 and January 2012 4 *C. mydas* post nesting individuals were tracked using satellite telemetry, 2 of them from continental beaches and the other 2 from insular ones. A geographic information system was used to integrate the collected information and used to identify migration routes for *C. mydas* as well as to estimate their home ranges. Three turtles moved and remained over the marine platform in the Banco de Campeche in Mexican territory, while one of the turtles migrated outside Mexican waters to Dry Tortuga (Florida, USA). The home ranges areas used by nesting females in continental beaches were significantly larger and further from the coast compared to those registered for females tracked from insular beaches. Based on the results we recommend management strategies planning for conservation of *C. mydas* in the Yucatán Peninsula.

Key words: Critical habitats, continental and insular home ranges, migratory patterns

Resumen.- A nivel mundial de las 32 subpoblaciones de *Chelonia mydas* post-anidadoras, 2 se encuentran en las costas de México, una en Michoacán (Océano Pacífico) y la otra en la península de Yucatán (Océano Atlántico). La carencia de información sobre patrones migratorios, ámbitos de hogar, e interacción antropogénica, son factores que contribuyen a la vulnerabilidad intrínseca de las poblaciones de *C. mydas* en cualquier parte del mundo. El objetivo de esta investigación fue identificar las rutas migratorias y hábitats críticos marinos para individuos de *C. mydas* post-anidadoras en la península de Yucatán. Entre junio de 2011 y enero de 2012, 4 individuos de *C. mydas* post-anidadoras se rastrearon utilizando telemetría satelital, 2 desde playas continentales y 2 desde playas insulares. Se utilizó un sistema de información geográfica para integrar la información recabada, y utilizándola para identificar las rutas migratorias de *C. mydas*, así como estimar sus áreas de ámbitos de hogar. Tres tortugas se desplazaron y se mantuvieron sobre la plataforma marina del Banco de Campeche en territorio Mexicano y una migró fuera de aguas nacionales Mexicanas hasta llegar a Dry Tortuga (Florida, USA). Las áreas abarcadas de los ámbitos de hogar por hembras anidadoras en playas continentales fueron significativamente mayores y se ubicaron a mayor distancia de la costa respecto a los registrados por las hembras rastreadas desde playas insulares. Con base en los resultados se recomienda la planificación de estrategias de manejo para la conservación de *C. mydas* en la península de Yucatán.

Palabras clave: Hábitats críticos, ámbitos de hogar continental e insular, rutas migratorias

INTRODUCCIÓN

En la costa del Atlántico mexicano, la tortuga marina de la especie *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) es conocida como tortuga blanca (Pritchard & Mortimer 1999, Seminoff 2004). En el Gran Caribe, la región de la península de Yucatán alberga algunas de las subpoblaciones más importantes de esta especie de las 32 reportadas a nivel mundial (Groombridge 1982, Groombridge & Luxmoore 1989). Al igual que las otras 6 especies de tortugas marinas, *C. mydas* tiene un ciclo de vida complejo, siendo de vital importancia para su desarrollo hasta la etapa adulta, el uso de varios hábitats marinos, entre ellos, playas, áreas marinas costeras neríticas, arrecifes de coral y aguas oceánicas (Groombridge & Luxmoore 1989, Eckert & Abreu-Grobois 2001).

Durante el siglo pasado, en el Golfo de México y la Región del Caribe, ha existido la explotación comercial de productos obtenidos de individuos de *C. mydas*, que redujo drásticamente colonias de subpoblaciones en su área de distribución natural, evidenciándose bajos índices de diversidad genética entre colonias de algunas subpoblaciones (McClenachan *et al.* 2006). Se han realizado estudios moleculares en hembras post-anidadoras de tortuga blanca para identificar y evaluar diferencias entre colonias de una misma subpoblación y de esta a otras subpoblaciones distribuidas en zonas tropicales (Peare & Parquer 1996). Un estudio realizado por Seminoff (2004) a nivel mundial para la evaluación del estatus de conservación de esta especie reportó un decremento entre el 48 y 76% del número de hembras reproductivas en las últimas décadas.

Desde la década de 1960 en aguas territoriales mexicanas del Pacífico, Atlántico, Caribe y del Golfo de México, se conoce sobre capturas dirigidas e incidentales de tortugas marinas por pescadores, debido a la superposición de hábitats críticos marinos de uso común (Lewison & Crowder 2007). Como medidas de protección, en la década de 1990, el Gobierno de México publicó en el Diario Oficial de la Federación la prohibición de la captura de las 7 especies de tortugas marinas, a la vez que se firmaron otros acuerdos internacionales y nacionales (Márquez 1996, CIT 2012). La norma mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 categorizó a *C. mydas* como en peligro crítico de extinción, y CITES desde 1981 la enlistó en el apéndice I, por su parte, la UICN, desde 1982 registró esta especie como en peligro (Groombridge 1982, Seminoff 2004).

En la actualidad, la planificación, conservación y manejo de tortugas marinas, cuenta con herramientas tecnológicas

de vanguardia para la identificación de hábitats críticos a través del entendimiento de la ecología espacial. Una de esas herramientas es la telemetría satelital que ha revolucionado el estudio de animales marinos con amplio rango de distribución y que utilizan hábitats poco accesibles para los investigadores.

La relevancia de este tipo de tecnologías es que permite generar información ecológica y biológica básica en diferentes etapas del ciclo de vida de los organismos de estudio. En el caso específico de las tortugas marinas, los rastreos satelitales se han constituido como una herramienta útil en la identificación de los hábitats críticos marinos (Troëng *et al.* 2005, James *et al.* 2005) ambientes poco o nada conocidos, donde las tortugas marinas pasan la mayor parte de su vida

Las técnicas tradicionales de marcaje y recaptura con marcas metálicas que tienen el objetivo de evaluar los movimientos de las tortugas en sus áreas marinas (Groombridge & Luxmoore 1989), fueron complementadas con tecnologías de mayor precisión y costos, como son la telemetría satelital y los sistemas de información geográfica (SIG) (Hoog *et al.* 2000, Coyne & Godley 2005), con las cuales es posible identificar rutas migratorias y delimitar ámbitos de hogar de tortugas marinas hembras adultas o individuos juveniles (Fancy *et al.* 1988).

Los hábitats críticos para *C. mydas* y otras especies de tortugas marinas, son de vital importancia para completar su ciclo de vida (Bowen *et al.* 1992, Lohmann *et al.* 2007). Comúnmente, éstas áreas son compartidas entre naciones diferentes (Witt *et al.* 2011, Hart *et al.* 2012), por lo que se considera fundamental priorizar acciones de conservación e investigación a escala regional y sin fronteras territoriales, dada la vulnerabilidad de la especie y la existencia de múltiples amenazas a diferentes escalas temporales y espaciales, particularmente por la degradación de hábitats críticos y pesca incidental (Witt *et al.* 2011, CIT 2012, Hart *et al.* 2012).

Son pocos los estudios de conservación e investigación realizados para *C. mydas* en la península de Yucatán. Los existentes se han orientado en su mayoría a los hábitats terrestres de playas, dejando vacíos de información sobre los hábitats críticos en las áreas marinas costeras (Cuevas *et al.* 2008). Estudios pioneros de telemetría satelital y análisis espaciales de los hábitats críticos de *Eretmochelys imbricata* y *Caretta caretta* post-anidadoras de la península de Yucatán, brindaron información de áreas marinas importantes que posiblemente son utilizadas también por *C. mydas* en la

región (Byles & Swimmer 1994, Garduño *et al.* 2000a,b, Cuevas *et al.* 2007, Cuevas *et al.* 2008, Hart *et al.* 2012). Para *C. mydas* existen 2 estudios previos de rastreo satelital en el Golfo de México (Garduño *et al.* 1999, Kinzel 2001).

El presente estudio tuvo como objetivo principal, determinar las rutas migratorias de 4 hembras post-anidadoras de *C. mydas* y localizar las áreas utilizadas para su periodo de interanidación y alimentación en la península de Yucatán, además de comparar comportamientos migratorios entre hembras anidadoras en playas continentales y en playas insulares.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Para el rastreo por medio de telemetría satelital de 4 individuos de *C. mydas* post-anidadoras, se seleccionaron 4 playas importantes de desove en jurisdicciones estatales de Yucatán y Campeche: 2 en el continente peninsular (Ría Lagartos e Isla del Carmen) y 2 en islas (Arrecife Alacranes y Cayo Arcas) (Fig. 1). Entre la importancia de

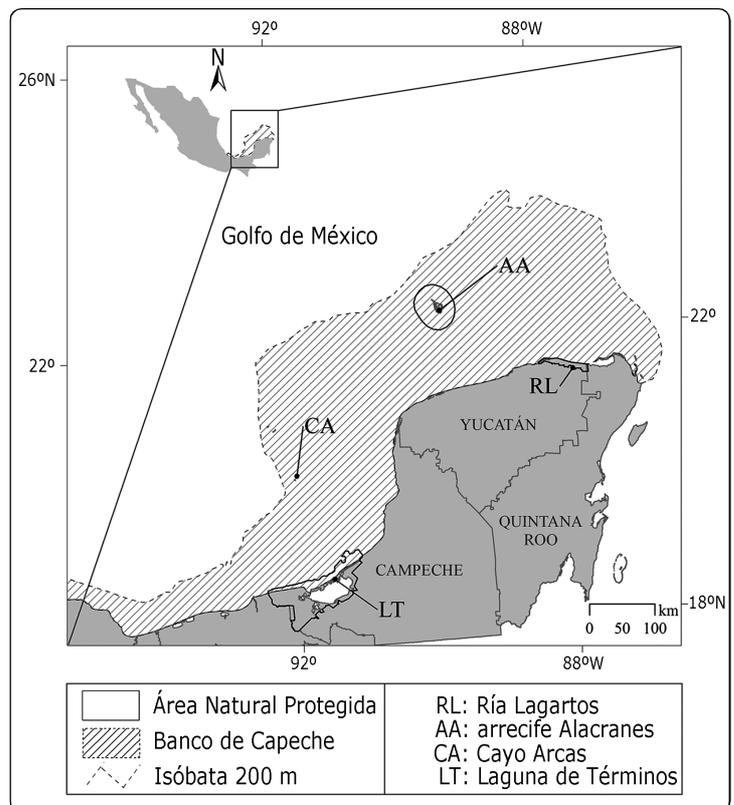
estas playas, además de que 3 de ellas se encuentran dentro de áreas naturales protegidas, se cuenta la magnitud del número de anidaciones que se registran anualmente, con alrededor de 5,000 anidaciones de *C. mydas* realizadas por ~1,000 individuos adultos de esta especie de tortuga marina (Ortega *et al.* 2011¹).

TRABAJO DE CAMPO

Durante patrullajes nocturnos, entre junio y agosto de 2011, 4 tortugas blancas post-anidadoras fueron capturadas al azar para la colocación de igual número de Terminales de Transmisión en Plataforma (PTTs por sus siglas en inglés), para su rastreo satelital. Con la finalidad de diferenciar los individuos, durante el proceso de análisis de datos, se utilizaron nombres para identificarlas: Gertrudis (G), Julieta (J), Marina (M) y Carmelita (C).

Los lugares de captura de los individuos de *C. mydas* fueron en Ría Lagartos (Gertrudis), Alacranes (Julieta), Arcas (Marina) y Laguna de Términos (Carmelita) (Fig. 1). La adhesión de los PTTs (ST-20 modelo A1010 de Telonics, Inc) en los caparazones de cada individuo fue

Figura 1. Área de estudio en la península de Yucatán. Playas de anidación de *Chelonia mydas* donde se colocaron las Terminales de Transmisión en Plataforma (PTT por sus siglas en inglés). Zonas continentales (Reserva de la Biósfera Ría Lagartos y Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos) y zonas insulares (Parque Nacional Arrecife Alacranes y Cayo Arcas) / Study area in the Yucatán Peninsula. Nesting beaches of *Chelonia mydas* where Platform Transmission Terminals were deployed. Continental zones (Ría Lagartos Biosphere Reserve and Laguna de Términos Flora and Fauna Protection Area) and insular zones (Arrecife Alacranes National Park and Cayo Arcas)



¹Ortega J, B González & E Cuevas. 2011. Reporte final temporada 2011. Programa para la conservación de la tortuga marina en la península de Yucatán, 21 pp. Pronatura península de Yucatán A.C., Yucatán.

realizada con fibra de vidrio y resina de poliéster, a través de metodologías estándar propuestas por Balazs *et al.* (1996).

El tiempo total de los trabajos de colocación del transmisor por tortuga, fue entre 1,5 y 2,0 h. Durante ese tiempo, se registraron también datos morfométricos y se colocaron marcas metálicas (Inconel modelo 681 en las aletas delanteras), para posteriormente liberar al individuo en el mismo sitio de su captura.

Los rastreos de las hembras variaron en duración: (G) (junio de 2011 a enero de 2012); (J) (julio a noviembre de 2011) (M) (agosto a octubre de 2011) y (C) (agosto a diciembre).

Los PTTs fueron programados para estar encendidos y enviar información durante las 24 h del día, durante todo el periodo de rastreo. El mecanismo de encendido y apagado de los PTTs fue controlado por un 'interruptor de sal'. El envío de los datos desde los PTTs fue realizada a través del sistema satelital ARGOS, que utilizan el principio doppler para la localización geográfica del transmisor, a través de un conjunto de satélites polares en órbita de la Administración Nacional Atmosférica y Oceánica (NOAA por sus siglas en inglés) del departamento de Comercio de los Estados Unidos de América del Norte.

Para el despliegue y análisis espacial de las coordenadas de las localidades y orientaciones de individuos de *C. mydas* post-anidadoras, se filtraron y seleccionaron las localidades de mayor precisión categorizadas como 3, 2, 1 y A, las cuales presentan menor margen de error, según el orden mencionado. La precisión respecto a la longitud y latitud de cada localización geográfica según la categoría es de: < 150 m para 3, entre 150 y 350 m para 2, entre 350 y 1000 m para 1. Finalmente, > 1000 m para 0, A, B y Z (Argos 1996).

Para la ordenación de los datos espaciales y su análisis, se utilizaron los programas ArcView 3.2 (ESRI 1999²) y ArcGIS 10 (ESRI 2010³), con los cuales se integró la información espacial para la elaboración de mapas temáticos de rastreo satelital. Estos procedimientos permitieron una descripción y análisis fundamentado de las rutas de desplazamiento migratorio y áreas de hábitats críticos de *C. mydas* post-anidadoras en la costa norte adyacente a la península de Yucatán.

RASTREO SATELITAL

Con la extensión de análisis de movimientos de animales (AMAE por sus siglas en inglés) para ArcView 2.0 (Hooge *et al.* 2000), se estimaron los ámbitos de hogar de *C. mydas* post-anidadoras utilizando 2 métodos distintos, (1) El Polígono Mínimo Convexo (PMC), el cual es sensible a datos extremos y tiende a la sobre estimación de áreas de los ámbitos de hogar, pero también es el método más utilizado por su fácil interpretación y por la posibilidad comparativa con investigaciones similares; y (2) el de probabilidades de ocurrencia para datos no paramétricos de Kernel Fijos (KF) (al 50 y 95%), metodología que determina áreas de ámbitos de hogar con mayor precisión que la anterior (Worton 1989, Yasuda & Arai 2005).

Las áreas obtenidas por ambos métodos, fueron sometidas a pruebas de distribución normal (Shapiro-Wilk, con un nivel de significación de 5%) para evaluar la distribución de los datos.

Se realizaron análisis comparativos no paramétricos (Kruskall Wallis y pruebas post-hoc de Dunn, con un nivel de significación de $\alpha = 0,05$) (Day & Quinn 1989) para evaluar diferencias entre: áreas de cobertura de ámbitos de hogar delimitados por el PMC y KF (50 y 95%) cuantificados para tortugas anidadoras en playas continentales y en playas insulares; y sobre la distancia de localidades de *C. mydas* a la costa, diferenciando entre individuos anidadoras en playas continentales e insulares.

Para los análisis espaciales, se ajustaron los datos de las localidades a unidades métricas Transversales de Mercator (UTM) proyectadas en un sistema de coordenadas geográficas mundial de 1984 (WGS84). Dicho ajuste fue realizado para las zonas 15 N, 16 N y 17 N para las localidades en Campeche, Yucatán y Florida (USA) respectivamente.

NAVEGACIÓN Y RUMBO

Se realizó un análisis descriptivo de las tendencias en la navegación y orientación de las tortugas blancas durante su fase migratoria con herramientas de estadística circular utilizando el programas Oriana 4 (Kovach 2012)⁴.

²ESRI. 1999. Arcview 2.0. Environmental Systems Research Institute, Inc. New York.

³ESRI. 2010. Arcmap 10.0. Esri Inc., New York. <<http://www.arcgis.com/about>>

⁴Kovach CS. 2012. Oriana version 4.01. Kovach Computing Services

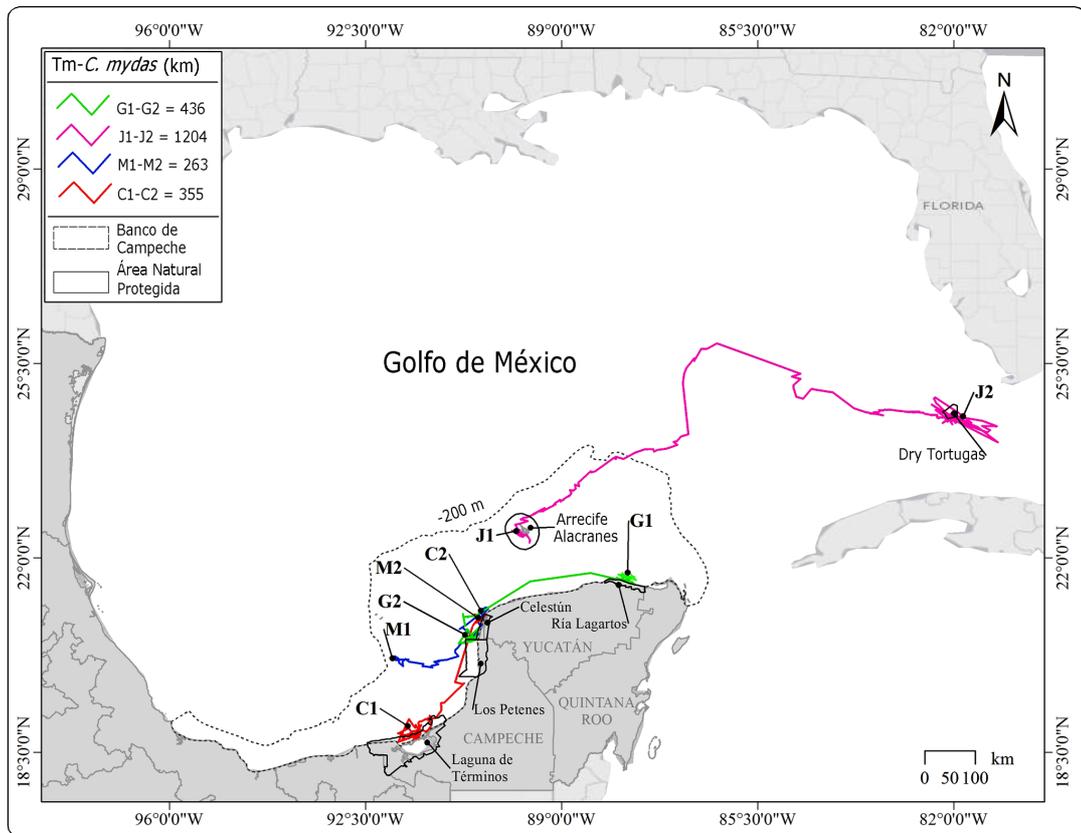


Figura 2. Rutas de migración de 4 hembras post-anidadoras de tortuga *C. mydas* rastreadas: Gertrudis (G), Julieta (J), Marina (M) y Carmelita (C). Se indican sus puntos iniciales (1) (interanidación) y finales (2) (alimentación) / Migration routes of 4 tracked post-nesting *C. mydas* females showing their initial (1) (between nesting) and final (2) (feeding) points. Movements of the 4 females tracked are included: Gertrudis (G), Julieta (J), Marina (M) and Carmelita (C)

RESULTADOS

RUTAS DE MIGRACIÓN

Las trayectorias migratorias de los 4 individuos adultos de *Chelonia mydas* post-anidadoras desde sus ámbitos de hogar interanidatorio (1) y de alimentación (2), además de las distancias recorridas, fueron variables (Fig. 2, Tabla 1).

Tres de los 4 individuos de *C. mydas* post-anidadoras (G, M y C) establecieron sus ámbitos de hogar (interanidatorios y de alimentación) adyacentes a playas continentales e insulares en la península de Yucatán, a diferencia de (J) que interanidó en territorio mexicano (Arrecife Alacranes) y luego migró a su ámbito de hogar de alimentación en el Parque Nacional Dry Tortugas (en Florida, USA).

Los individuos (G) y (C) utilizaron corredores migratorios adyacentes a las costas de la península de Yucatán en el Banco de Campeche, a isobatas menores a los 100 m de profundidad dentro de Áreas Naturales Protegidas de México (Reservas de la Biósfera Ría Celestún y Los Petenes, Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos y el Parque Nacional Arrecife Alacranes), y una (J) en USA (Parque Nacional Dry Tortugas) (Fig. 2).

La distancia promedio (km) de las localidades de trayectoria a la costa, entre G1 y G2, fue de $15,0 \pm 3,1$ km (Fig. 2) y de $23,3 \pm 8,7$ km (entre C1 y C2) para Carmelita.

Las trayectorias migratorias (interanidatorio y de alimentación) de Marina y Julieta fueron las más distantes a la línea de costa donde anidaron. Marina realizó su

Tabla 1. Valores descriptivos de la migración y establecimiento de 4 tortugas *C. mydas* hembra rastreadas desde la península de Yucatán, México. Distancia total (Dt) de las trayectorias migratorias, ámbito hogareño interanidatorio (1) y de alimentación (2) por el Polígono Mínimo Convexo (PMC), por Kernel Fijo (50-95%), y su distancia a la costa / Descriptive values of migration and establishment of 4 *C. mydas* females tracked from the Yucatán Peninsula, Mexico. Total distance of migratory trajectories, internesting (1) and feeding (2) home ranges by Minimum Convex Polygon (PMC), by Fixed Kernel (50-95%), and its distance to shore

<i>C. mydas</i>	Fase Migratoria	Dt (km)	PMC (km ²)	Kernel Fijo (km ²)		Distancia a la costa (km) (Promedio ± DE)
				50%	95%	
Gertrudis (G)	G-1	475	145	15	110	1,0 ± 1,2
	Migración	436	*	*	*	15,0 ± 3,1
	G-2	304	719	76	738	12,9 ± 9,0
	Total	1215				
Julieta (J)	J-1	116	26	3	27	3,6 ± 1,2
	Migración	1204	*	*	*	*
	J-2	606	65	2	24	4,8 ± 1,4
	Total	1926				
Marina (M)	M-1	140	39	4	33	1,0 ± 1,0
	Migración	263	*	*	*	*
	M-2	350	67	6	46	7,1 ± 1,4
	Total	753				
Carmelita (C)	C-1	645	1918	42	282	7,3 ± 7,9
	Migración	355	*	*	*	23,3 ± 8,7
	C-2	72	322	90	692	7,6 ± 4,8
	Total	1072				

trayectoria migratoria sobre el Banco de Campeche (a isóbatas menores a los 200 m) y la segunda (J), sobre el Canal del Golfo México por donde ingresa la Corriente de Yucatán a isóbatas mayores a los 1,000 m.

CLASIFICACIÓN DE LOCALIDADES GEOGRÁFICAS

La tortuga blanca (G) registró en total 528 localidades, de las cuales se utilizaron 235 (45%); 901 localidades fueron registradas para (J) de las cuáles se utilizaron 757 (84%); (M) registró 551 localidades de las cuales 480 (87%) fueron utilizadas. Finalmente, fueron registradas 253 localidades para (C) y se utilizaron 202 (80%).

El promedio en días del rastreo satelital de las 4 tortugas blancas fue de 123 ± 58 . El rango porcentual sumado del tiempo de permanencia registrado dentro de los ámbitos de hogar (interanidatorio y de alimentación) de los 4 individuos post-anidadores fue de 89-93%, el restante 7-11% del tiempo fue utilizado por las tortugas para desplazarse entre ámbitos de hogar (trayectoria migratoria o migración).

Las trayectorias descritas dentro de los límites de ámbitos de hogar delimitados por el PMC para (G) durante su interanidación fue de 475 km y 304 km durante su alimentación (Fig. 3); para (J) en su interanidación y alimentación fue de 116 y 606 km respectivamente; 140 km y 350 km para (M) en su interanidación y alimentación. Finalmente, (C) se desplazó 645 km y 72 km en sus ámbitos hogareños de interanidación y alimentación. Finalmente, la tortuga blanca (C), se desplazó en C1 y C2, 645 km y 72 km respectivamente dentro de sus ámbitos de hogar inicial y final.

TRAYECTORIAS MIGRATORIAS, ÁMBITOS DE HOGAR INTERANIDATORIOS Y DE ALIMENTACIÓN

La distancia promedio total de desplazamiento migratorio por las 4 tortugas blancas fue de 1242 ± 496 km. Las distancias promedio entre localidades registradas por las 4 tortugas blancas post-anidadoras dentro de los ámbitos de hogar en zonas marinas continentales fue de $0,7 \pm 2.4$ km y de $0,5 \pm 1.0$ km en zonas marinas insulares.

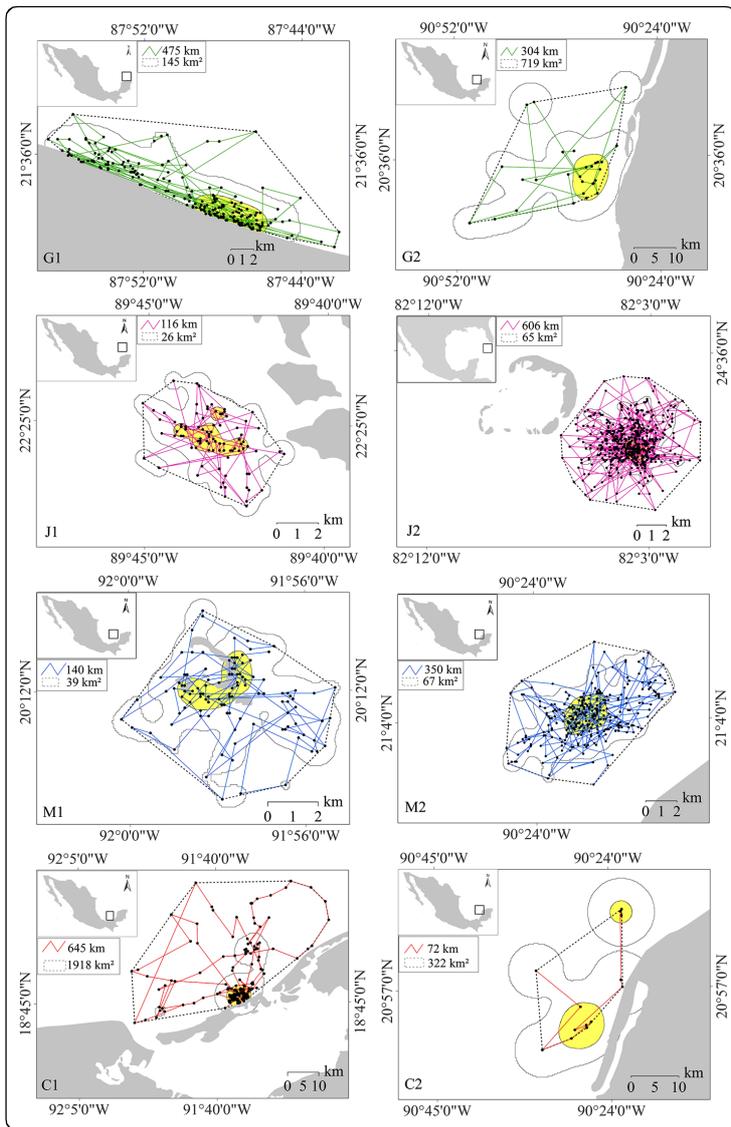


Figura 3. Mapas de los movimientos dentro de los ámbitos de hogar interanidatorio (1) y de alimentación (2) para 4 individuos de *C. mydas* post-anidadoras (G: Gertrudis, J: Julieta, M: Marina, y C: Carmelita), rastreadas desde la península de Yucatán, México / Movements inside internesting (1) and feeding (2) home ranges by 4 post nesting *C. mydas* individuals (G: Gertrudis, J: Julieta, M: Marina, and C: Carmelita), tracked from the Yucatán Peninsula, Mexico

Los individuos de *C. mydas* (G), (M) y (C) coincidieron con su ámbito de hogar de alimentación en Celestún y Los Petenes superponiéndose entre áreas delimitadas por el PMC en una superficie de 25 km².

Las áreas abarcadas por los ámbitos de hogar adyacentes a la costa continental (península de Yucatán) e islas, estimados por los métodos de PMC y KF50-95% para las 4 hembras de *C. mydas* post-anidadoras fueron significativamente diferentes ($H = 14,6; P < 0,01; \alpha = 0,05$) (Fig. 4).

También se aprecian diferencias significativas entre las áreas delimitadas por el PMC adyacentes al continente respecto de las áreas de KF50% adyacentes de islas, y de esta última con áreas de KF95% adyacentes también a islas (Fig. 5).

DISTANCIA DE LAS LOCALIDADES A LA COSTA

La distancia promedio de los ámbitos hogareños a la costa de los individuos que establecieron sus áreas cerca de las costas continentales fue de $5,7 \pm 5,4$ km, distancia significativamente mayor que la distancia promedio de las tortugas blancas que establecieron sus ámbitos de hogar cerca de las costas insulares $4,0 \pm 1,9$ km ($H = 38,0; P < 0,05; \alpha = 0,05$).

Los ámbitos de hogar (interanidatorio y de alimentación) pueden estar adyacentes a las costas continentales e insulares, por lo general distantes y de mayor área en el primer caso respecto al segundo. Dentro de los ámbitos de hogar interanidatorio y de alimentación se evidencian además centros de mayor y menor actividad.

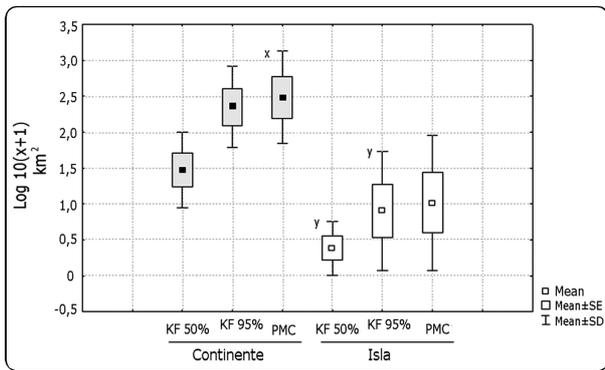


Figura 4. Gráfico de cajas y bigotes de comparación de superficies de ámbitos hogareños interanidatorios y de alimentación (PMC y KF) de 4 individuos de *C. mydas* post-anidadoras, con base en la prueba de Dunn ($H = 14,6$; $P < 0,05$, $\alpha = 0,05$). La diferencia en letras (x, y) indican una correspondencia significativa entre medianas / Comparative box and whiskers graph for interesting and feeding home range surfaces for 4 *C. mydas* post-nesting females, based on a Dunn test ($H = 14.6$; $P < 0.05$, $\alpha = 0.05$). Different letters (x, y) indicate a significant correspondence between medians

NAVEGACIÓN Y RUMBO

En la figura 5 se presentan los registros de los rumbos y acimut que describieron las 4 tortugas rastreadas durante sus trayectorias migratorias, desde el ámbito de hogar inicial (interanidación) hasta ámbitos de hogar de alimentación (ámbito de hogar final). De manera general, se observó un rumbo definido para el movimiento de las hembras entre sus hábitats de internadición y alimentación. Dicho movimiento con un rumbo definido y constante, sin variaciones significativas en su navegación, muestra la capacidad de navegación y orientación para moverse por cientos de kilómetros en mar abierto hacia un punto particular *a priori* que ellas definen con base en su experiencia y necesidades.

DISCUSIÓN

RUTAS MIGRATORIAS

Dado el uso como hábitat de alimentación y migración de las aguas adyacentes a la península de Yucatán de al menos 4 especies diferentes de tortugas marinas (Cuevas *et al.* 2008), se sugiere que dichas poblaciones simpátricas comparten sus hábitats críticos marinos en alguna proporción, y la información sobre ámbitos de hogar y patrones de migración obtenida para una especie de tortuga marina, podría ser de utilidad para las otras especies también (Mortimer & Portier 1989, Cuevas *et al.* 2008, Marcovaldi *et al.* 2010).

Durante la temporada de anidación, los 4 individuos de *C. mydas* post-anidadores estudiados) evidenciaron ámbitos de hogar interanidatorios y de alimentación, ocupando entre un 89 y 93% de su tiempo para esta actividad y el restante 7 y 11% del tiempo lo utilizan para migrar entre ámbitos de hogar.

Tröeng *et al.* (2005) encontraron comportamientos similares con el rastreo satelital de 10 tortugas hembras adultas de *C. mydas* en Tortuguero, Costa Rica, evidenciando rutas migratorias y zonas de alimentación e interanidación adyacentes a las costas. Por su parte, Hart & Fujisaki (2010) encontraron con el rastreo de 6 individuos juveniles de *C. mydas* desde la costa sudoeste de la península de Florida, evidencia del establecimiento de ámbitos de hogar de alimentación cercanos a la costa.

MacDonald *et al.* (2012) reportaron en su estudio realizado en el rastreo de 25 individuos de *C. mydas* (machos y hembras), un comportamiento de establecimiento de áreas de ámbitos de hogar de

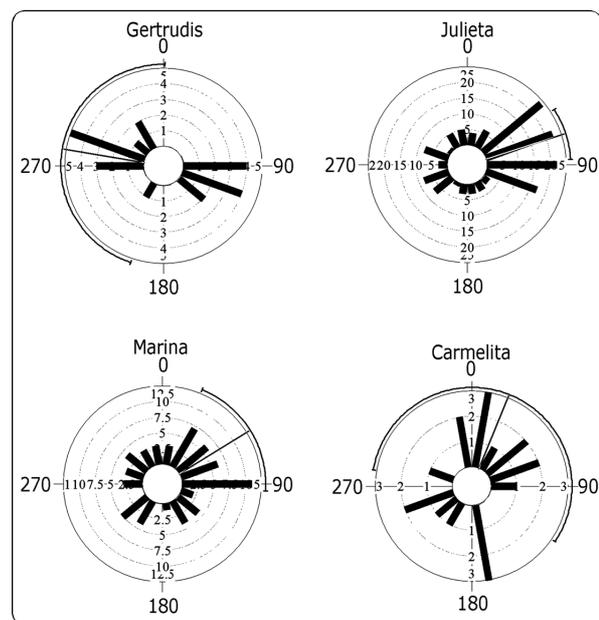


Figura 5. Histogramas circulares del rumbo de navegación de las trayectorias migratorias de 4 *C. mydas* post-anidadoras desde sus playas de anidación a sus sitios de alimentación. La línea sólida curva representa la desviación estándar y el eje perpendicular conectado a ésta (línea sólida delgada), indica el acimut de orientación promedio del desplazamiento / Circular histograms of the navigation heading during migratory routes by 4 post nesting *C. mydas* from their nesting beaches to their feeding places. Solid curve line represents standard deviation and the perpendicular axis connected to this line indicates the average movement orientation azimuth

alimentación en la zona marina de San Diego Bay, California, USA.

En este estudio, las tortugas más pequeñas, Julieta y Gertrudis se desplazaron distancias mayores de (1,204 y 436 km respectivamente) entre ámbitos de hogar interanidatorio y de alimentación, mientras que Marina y Carmelita de mayor talla se desplazaron distancias menores (110 y 112 km respectivamente) entre sus ámbitos de hogar interanidatorio y de alimentación.

La mayor distancia de trayectoria migratoria registrada para *C. mydas* superó los 2.496 km entre la Isla Ascención y Brasil (Seminoff *et al.* 2008, Hays *et al.* 2002). Distancias migratorias largas suponen poblaciones de mayor distribución en hábitats críticos marinos, y distancias cortas una distribución más localizada para especies como *E. imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Lepidochelys kempii* (Meylan 1999, Proietti *et al.* 2009).

En la península de Yucatán, en los ámbitos de hogar para *C. mydas* estimados por el PMC, hubo una tendencia de mayor área (629 ± 766 km²) en la zona marina insular respecto a las áreas menores de los ámbitos de hogar insulares (53 ± 23 km²). También se evidenciaron mayores distancias entre áreas de ámbitos de hogar con la costa continental peninsular ($5,7 \pm 5,4$ km), mientras en costas insulares, las áreas de ámbitos de hogar estaban a menor distancia ($4,0 \pm 1,9$ km). Esta información sugiere un uso distinto de las áreas marinas aledañas a sus playas de anidación entre zonas continentales e insulares, pudiéndose relacionar con la disponibilidad de refugio y alimento (Hays *et al.* 2002, Van Dam *et al.* 2008).

Cuevas *et al.* (2008) reportaron en áreas marinas de la península de Yucatán para un individuo de *E. imbricata* post-anidador rastreado satelitalmente, una distancia menor a los 10 km entre ámbitos de hogar con la costa insular (Isla Mujeres). Mientras que la distancia entre el ámbito de hogar y la costa continental para un segundo individuo post-anidador de la misma especie fue menor a los 70 km. Estos mismos autores, en su investigación sobre *E. imbricata* post-anidadoras en la misma región que el presente estudio, reportaron superficies de ámbitos de hogar similares (en un rango de 88 a 618 km²) al reportado en este estudio para *C. mydas*. Los autores señalan además que ámbitos de hogar de superficies menores respecto a los de mayor superficie, podrían estar relacionados a la disponibilidad de recursos alimenticios.

Existen reportes de individuos juveniles de *C. mydas* con ámbitos de hogar en un rango de 3.741 a 2.060 km² adyacentes a la costa de la península de Florida, lo que

hace suponer que tal diferencia en el área abarcada por juveniles y adultos de la misma especie representa un uso más diversificado de sus áreas de estancia por parte de los primeros (Hart & Fujisaki 2010).

Por su parte Senko *et al.* (2010) reportaron en promedio $4,040 \pm 3,860$ (DE) km² de superficie de ámbitos de hogar para juveniles de tortuga blanca en la zona marina nerítica de la Península de California.

Kinzel *et al.* (2003) reportó ámbitos hogareños de alimentación (Polígono Mínimo Convexo) de entre 335 y 2740 km² para tortugas hembra de *C. mydas*, y de entre 220 y 360 km² para la zona de mayor densidad de ubicaciones por el método Kernel. Estos valores son mayores que los registrados en este estudio, lo que podría deberse a errores de las ubicaciones geográficas de los transmisores tal y como lo sugieren los mismos autores.

Renaud & Carpenter (1994) reportaron un rango de ámbito de hogar de 954 a 4,279 km² para *Caretta caretta* en la zona marina poco profunda al norte del Golfo de México. Es evidente que *Caretta caretta* ocupó ámbitos de hogar de mayor área respecto a *C. mydas* y *E. imbricata*. Van Dam & Diez (1996), León & Bjorndal (2002) señalaron que las diferencias entre el tamaño de las superficies de áreas de ámbitos de hogar, de diferentes especies de tortugas marinas, podrían estar relacionadas con requerimientos de ámbitos de hogar diferentes que demandan durante la etapa post-anidatoria.

Por otra parte, los resultados sugieren que *C. mydas* post-anidadora utiliza corredores migratorios en la plataforma marina del Banco de Campeche para trasladarse entre áreas de descanso y alimentación. Pero también tiene la capacidad de trasladarse grandes distancias ocupando áreas marinas en territorio de otros países para dichas actividades, como fue el caso de Julieta, que se trasladó 1.204 km entre su ámbito de hogar interanidatorio (J1) en Arrecife Alacranes hasta su ámbito de hogar de alimentación (J2) (en Dry Turtles) ubicado en la plataforma marina de la península de Florida (USA).

Hays *et al.* (2002) reportaron distancias migratorias para *C. mydas* post-anidadoras mayores a los 2.000 km, y más de 60 km al día. En nuestro estudio *C. mydas* se desplazó en promedio 564 ± 432 km de distancia entre ámbitos de hogar interanidatorio y de alimentación a $48,7 \pm 24,9$ km día⁻¹. Lo que evidencia que *C. mydas* tiene gran capacidad para migrar y ocupar hábitats críticos compartidos entre naciones de una misma región, como lo reportaron Moncada *et al.* (2006) a través de datos de marca y recaptura de hembras anidadoras.

Debido a la gran capacidad migratoria de algunas especies de tortugas marinas, entre ellas *C. mydas* y la importancia de áreas marinas cercanas entre sí compartidas entre países que integran el Gran Caribe, Blumenthal *et al.* (2006) y Seminof *et al.* (2008) recomiendan que los esfuerzos de conservación para estos quelonios debieran fortalecerse a escalas internacionales. Colonias de tortugas marinas que comparten corredores migratorios y áreas de descanso y alimentación, son vulnerables o favorecidas, por las diferentes políticas y realidades socio-económicas de cada país (CIT 2012).

En esta investigación 3 de las 4 tortugas blancas post-anidadoras rastreadas (G, C y M) atravesaron y establecieron sus ámbitos de hogar (interanidatorio y de alimentación) en zonas neríticas marinas de la península de Yucatán.

NAVEGACIÓN DE *CHELONIA MYDAS*

Marcovaldi *et al.* (2010), Mortimer and Portier (1989) reportaron que los individuos post-anidadores de tortugas marinas tienen un patrón de migración adyacentes a la línea de la costa entre ámbitos de hogar. En la península de Yucatán, las tortugas blancas rastreadas en este estudio, y carey post-anidadoras (Cuevas *et al.* 2008) evidenciaron un patrón migratorio por las zonas marinas poco profundas. Ambos resultados respaldan con mayor certeza la presencia de corredores importantes para estas 2 especies de tortugas marinas en la zona nerítica poco profunda.

Por otro lado, las corrientes geostróficas no evidenciaron tener influencia en las tendencias de desplazamiento durante los periodos de migración de *C. mydas* post-anidadoras. Zavala-Hidalgo *et al.* (2003) y Cuevas *et al.* (2008) indicaron que en varias regiones oceánicas las corrientes marinas no son un factor que pueda determinar el desplazamiento de las tortugas marinas en periodo de migración, fundamentados en el tamaño, que sugiere independencia en el traslado de los individuos adultos en ambientes marinos pelágicos.

Sin embargo, Walcott *et al.* (2012) señalan que las corrientes marinas sí podrían ser un factor ambiental a favor de las tortugas marinas que se desplazan largas distancias en mar abierto. La tortuga Julieta (J) mostró una tendencia de asociación a la Corriente de Lazo (después de la isóbata 200 del Banco de Campeche) para atravesar el Canal del Golfo de México y llegar a su ámbito de hogar de alimentación en Dry Tortugas (Florida en USA).

En 1999 Garduño-Andrade *et al.* reportaron un comportamiento similar de migración de una tortuga *C. mydas* hembra liberada desde Isla Mujeres, México. Esta hembra cruzó el Golfo de México para establecerse en una zona aleadaña a la registrada en Florida con el rastreo de hembras en este estudio. Adicionalmente, Kinzel *et al.* (2003) registraron 2 hembras de *C. mydas* cruzando el Golfo de México con un comportamiento similar a las de este estudio, y estableciéndose de igual forma en el Santuario Marino Nacional de los Cayos de Florida.

Se sugiere que las tortugas marinas post-anidadoras utilizan las corrientes marinas alternativamente cuando tienen la oportunidad, permitiéndoles hacer un uso eficiente de su energía destinada para la migración (Walcott *et al.* 2012). En el Golfo de México, es probable que algunas de las tortugas blancas post-anidadoras asocian alternativamente sus movimientos migratorios de desplazamientos local (dentro de los límites de la plataforma marina del Banco de Campeche) a las corrientes de origen geostrófico ciclónicas y anticiclónicas, estos últimos originados en la Corriente de Lazo en el Golfo de México.

La Corriente de Yucatán ingresa a aguas del Golfo de México ($2.522 \pm 106 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) por el canal del mismo nombre (estimación basada en 10 meses de muestreo). La velocidad de entrada de la Corriente de Lazo es de 9 km h^{-1} aproximadamente (Sheinbaum *et al.* 2002). La tendencia de la orientación de Julieta en medio del Canal de Golfo, con la orientación de la Corriente de Lazo (en forma de 'U'), sugiere una desviación involuntaria de la tortuga en su recorrido directo a su zona de alimentación, lo cual podría deberse a la deriva causada por cruzar el fuerte flujo de corriente de agua en esta zona del Golfo de México. Una vez que entró a la plataforma de la península de Florida, donde la Corriente de Lazo pierde velocidad, mantuvo nuevamente un rumbo fijo y directo a la zona donde estableció finalmente su ámbito de hogar de alimentación alrededor de la isla Dry Tortugas.

La dinámica de entrada y salida de corrientes en la Cuenca del Golfo, al margen de la importancia que representa para el transporte de nutrientes, posiblemente representa un mecanismo importante de transporte que algunas especies de tortugas marinas post-anidadoras, entre ellas *C. mydas*, aprovecha para establecerse entre distintos ámbitos de hogar, utilizando la menor energía corporal para transportarse.

Kinzel *et al.* (2003) reportaron un incremento de la velocidad de nado de la tortuga rastreada al ingresar a la

Corriente de Lazo, sugiriendo una relación directa con esta característica oceanográfica en la región.

CONFLICTOS CON LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE

El conocimiento del comportamiento de los movimientos de tortugas marinas es importante dentro de los programas de gestión y manejo costero marino, debido a los roles ecológicos y económicos que se pueden generar con poblaciones estables de las especies de tortugas presentes a la región, beneficiando a los ambientes marinos donde habitan peces de importancia comercial y que podrían ser además considerados dentro de programas de turismo (Troëng & Drews 2004).

Identificar y localizar los hábitats utilizados por las tortugas marinas es útil para definir áreas prioritarias de conservación para su protección, asegurando que cumplan con sus funciones ecológicas y generen beneficios económicos locales y/o regionales.

Las tortugas marinas son particularmente vulnerables a capturas incidentales durante la etapa migratoria, debido a la actividad pesquera (Wallace *et al.* 2010). Las costas de la península de Yucatán, se han constituido desde hace más de 5 décadas como zonas de pesca de especies comerciales importante para la economía local, regional y nacional, actividad realizada por flotas pesqueras artesanales e industriales (Mexicano-Cintora *et al.* 2009, Aguilar & Tuz 2010).

La flota artesanal generalmente opera cerca de las costas (a isóbatas menores a los 100 m), y a isóbatas mayores a los 100 m, son las operaciones de la flota industrial (Salas *et al.* 2006). En ésta investigación las áreas de ámbitos de hogar de *C. mydas* post-anidadoras fueron registradas a isóbatas menores a los 100 m, lo que sugiere que las poblaciones de tortugas blancas de esta cohorte, actual e históricamente estuvieron expuestas a la pesca incidental artesanal al igual que *E. imbricata*. Cuevas *et al.* (2008) identificaron también áreas de ámbitos de hogar y rutas migratorias para *E. imbricata* en zonas neríticas de la península de Yucatán. Los resultados expuestos en este trabajo de investigación son de relevante importancia para determinar nuevos retos en la planificación de áreas de conservación para las especies de tortugas marinas presentes en la península de Yucatán.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Sectorial de Investigación CONACYT-SEMARNAT por el financiamiento del

proyecto N°107770 en el cual se dio esta investigación. A la Cooperación Técnica Belga en Bolivia, por financiar los estudios de posgrado, que dieron como resultado esta publicación del primer autor. A la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT por el permiso de colecta científica SGPA/DGVS/04530/11 otorgado para la realización de este proyecto. A la Dirección del Parque Nacional Arrecife Alacranes, Reserva de la Biosfera Ría Lagartos y Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, en particular a Patricia Huerta-Rodríguez Pedro García-Alvarado, de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el apoyo brindado para la colocación de los transmisores satelitales. A la Secretaría de Marina Armada de México, Estación de Investigación Oceanográfica del Carmen, Tercera Región Naval, en especial al Capitán Roberto Flores Rodríguez y al Teniente Edwalt Hernández Torralba, por el apoyo crítico y decidido para la colocación de un transmisor satelital en Cayo Arcas. A los Doctores Alfonso Aguilar y Silvia Hernández por dar seguimiento al manuscrito. Y a los revisores por sus valiosas aportaciones para completar este manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Aguilar A & A Tuz. 2010. Pesca, manejo y conservación del negrilla (*Mycteroperca bonaci*) en la costa norte de la Península de Yucatán. *Bioagrociencias* 3(1):35-37.
- ARGOS. 1996. User's Manual. CLS/Service Argos, Toulouse. <<http://www.argos-system.org/manual>>
- Balazs GH, RK Miya & SC Beavers. 1996. Procedures to attach a satellite transmitter to the carapace of an adult green turtle, *Chelonia mydas*. In: Keinath JA, DE Barnard JA Musick & BA Bell (eds). *Proceedings of the 15th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation NMFS-SEFSC-387*: 21-26.
- Blumenthal JM, JL Solomon, CD Bell, TJ Austin, G Ebanks-Petrie, MS Coyne, AC Broderick & BJ Godley. 2006. Satellite tracking highlights the need for international cooperation in marine turtle management. *Endangered Species Research* 7: 1-11.
- Bowen BW, AB Meylan, P Ross, CJ Limpus, GH Balazs & JC Avise. 1992. Global population structure and natural history of the green turtle (*Chelonia mydas*) in terms of matriarchal phylogeny. *Evolution* 46: 865-881.
- Byles RA & YB Swimmer. 1994. Post-nesting migration of *Eretmochelys imbricata* from the Yucatan Peninsula. In: Bjorndal KA, AB Bolten, DA Jhonson & PJ Eliazar (eds). *Proceedings of the 14th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation NMFS-SEFSC-351*: 202.
- CIT. 2012. Estado de conservación y uso de hábitats de las tortugas marinas en el océano pacífico oriental. CIT-CC8-2011-Tec.1: 1-27.

- Coyne MS & BJ Godley. 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.
- Cuevas E, MA Liceaga-Correa & M Garduño-Andrade. 2007.** Spatial characterization of a foraging area for immature hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in Yucatan, Mexico. *Amphibian-Reptilia* 28: 337-346.
- Cuevas E, FA Abreu-Grobois, V Guzmán-Hernández, MA Liceaga-Correa & RP Van Damme. 2008.** Post-nesting migratory movements of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* in waters adjacent to the Yucatan Peninsula, Mexico. *Endangered Species Research*: 1-12. <doi: 10.3354/esr00128>
- Day RW & GP Quinn. 1989.** Comparisons of treatments after an analysis of variance in ecology. *Ecological Monographs* 59(4): 433-463.
- Eckert KL & FA Abreu-Grobois. 2001.** Conservación de tortugas marinas en la Región del Gran Caribe - un diálogo para el manejo regional efectivo, 170 pp. WIDECAST, UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas (MTSG), WWF y el Programa Ambiental del Caribe del PNUMA, St. Croix, U. S. Virgin Islands. [Traducción al español por R Briseño Dueñas y F Alberto Abreu Grobois]
- Fancy SG, LF Pank, DC Douglas, CH Curby, GW Garner, SC Amstrup & WL Regelin. 1988.** Satellite telemetry: A new tool for wildlife research and management, 84 pp. Fish and Wildlife Service, Alaska Fish and Wildlife Research Center, Washington.
- Garduño M, A Maldonado, R Márquez, B Schroeder & G Balazs. 2000.** Satellite tracking of an adult male and female green turtle from Yucatan in the Gulf of Mexico. In: Kalb HJ & T Wibbels (Comps). *Proceedings of the Nineteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. U. S. Dept. Commerce. NOAA Technical Memorandum, NMFS-SEFSC-443: 158-159.
- Garduño M, R Márquez, B Schroeder & G Balazs. 2000a.** Migración y buceo de la tortuga Carey en la Península de Yucatán. In: *Memorias del X Taller y I Congreso Regional sobre Programas de Conservación de Tortugas Marinas en la Península de Yucatán*. [CD ROM].
- Garduño M, A Maldonado & R Lope. 2000b.** Dinámica poblacional de la tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*) en su área de forrajeo, Río Lagartos, Yucatán, 60 pp. CONABIO, México.
- Groombridge B. 1982.** The IUCN Amphibian-Reptilia red data book, part 1. Testudines Crocodylia Rhynchocephalia, 426 pp. IUCN, Gland.
- Groombridge B & R Luxmoore. 1989.** The green turtle and hawksbill (Reptilia: Cheloniidae) world status, exploitation and trade, 573 pp. IUCN Conservation Monitoring Centre, Cambridge.
- Hart KM & I Fujisaki. 2010.** Satellite tracking reveals habitat use by juvenile green sea turtles *Chelonia mydas* in the Everglades, Florida, USA. *Endangered Species Research* 11: 221-232.
- Hart KM, MM Lamont, I Fujisaki, AD Tucker & RR Carthy. 2012.** Common coastal foraging areas for loggerheads in the Gulf of Mexico: Opportunities for marine conservation. *The Biological Conservation* 145: 185-194.
- Hays CG, AC Broderick, BJ Godley, P Lovell, C Martin, BJ McConnell & S Richardson. 2002.** Biphasal long-distance migration in green turtles. *Animal Behaviour* 64: 895-898.
- Hooge PH, WM Eichenlaub & EK Solomon. 2000.** Using GIS to analyze animal movements in the marine environment, 20 pp. United States Geological Survey, Alaska Biological Science Center, Gustavus.
- James MC, CA Ottensmeyer & RA Myers. 2005.** Identification of high-use habitat and threats to leatherback sea turtles in northern waters: new directions for conservation. *Ecology Letters* 8: 195-201.
- Kinzel M, G Carter, G Tiburcio-Pintos & R Bravo-Gamboa. 2003.** Home range and habitat analysis of green sea turtles, *Chelonia mydas*, in the Gulf of Mexico. In: Seminoff JA (Comp). *Proceedings of the Twenty-Second Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Technical Memorandum, NMFS-SEFSC-503: 289-290.
- León YM & KA Bjørndal. 2002.** Selective feeding in the hawksbill turtle, an important predator in coral reef ecosystems. *Marine Ecology Progress Series* 245: 249-258.
- Lewison RL & LB Crowder. 2007.** Putting longline bycatch of Sea Turtles into perspective. *Conservation Biology* 21(1): 79-86.
- Lohmann KJ, CMF Lohmann & NF Putman. 2007.** Magnetic maps in animals nature's GPS. *The Journal of Experimental Biology* 210: 3697-3705.
- MacDonald BD, RL Lewison, SV Madrak, JA Seminoff & T Eguchi. 2012.** Home ranges of East Pacific green turtles *Chelonia mydas* in a highly urbanized temperate foraging ground. *Marine Ecology Progress Series* 461: 211-221.
- McClenachan L, JBC Jackson & MJH Newman. 2006.** Conservation implications of historic sea turtle nesting beach loss. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4(6): 290-296.
- Mexicano-Cintora G, MA Liceaga-Correa & S Salas. 2009.** Usos de sistemas de información geográfica en pesquerías: la pesca en Yucatán, al sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia* 25(1): 23-38.
- Marcovaldi MA, GG Lopez, LS Soares, E Lima, J Thomé & A Almeida. 2010.** Satellite tracking of female loggerhead turtles highlights fidelity behavior in northeastern Brazil. *Endangered Species Research* 12: 263-272.
- Márquez R. 1996.** Las tortugas marinas y nuestro tiempo, 197 pp. Fondo de Cultura Económica, México, México. <<http://www.bionica.info/biblioteca/Marquez1996LasTortugasMarinas.pdf>>
- Meylan A. 1999.** International movements of immature and adult Hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in the Caribbean Region. *Chelonian Conservation Biology* 2: 189-194.

- Moncada F, FA Abreu-Grobois, A Muhlia-Melo, C Bell, S Tröeng, KA Bjorndal, AB Bolten, AB Meylan, J Zurita, G Espinosa, G Nodarse, R Márquez-Millán, A Foley & L Ehrhart. 2006.** Movement patterns of green turtle (*Chelonia mydas*) in Cuba and adjacent Caribbean waters inferred from flipper tag recaptures. *Journal of Herpetology* 1: 22-34.
- Mortimer JA & KM Portier. 1989.** Reproductive homing and interesting behaviour of the green turtle (*Chelonia mydas*) at Ascension Island, South Atlantic Ocean. *Copeia* 1989: 962-977.
- Peare T & PG Parquer. 1996.** Local genetic structure within two rookeries of *Chelonia mydas* (The green turtle). *Heredity* 77: 619-628.
- Pritchard PCH & JA Mortimer. 1999.** Taxonomía, morfología externa e identificación de las especies. En: Eckert KL, KA Bjorndal & FA Abreu-Grobois & M Donnelly (eds). *Técnicas de Investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas* 4: 23-41. UICN/SCE Grupo especialista en tortugas marinas, Pensilvania.
- Proietti MC, P Lara-Ruiz, JW Reisser, LS Pinto, OA Dellagostin & LF Marins. 2009.** Green turtles (*Chelonia mydas*) foraging at Arvoredo Island in Southern Brazil: Genetic characterization and mixed stock analysis through mtDNA control region haplotypes. *Genetics and Molecular Biology* 32(3): 613-618.
- Renaud ML & JA Carpenter. 1994.** Movements and submergence patterns of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) in the Gulf of Mexico determined through satellite telemetry. *Bulletin of Marine Science* 55(1): 1-15.
- Salas S, G Mexicano-Cántora & MA Cabrera. 2006.** ¿Hacia dónde van las pesquerías en Yucatán? Tendencias, retos y perspectivas, 97 pp. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Mérida.
- Seminoff JA. 2004.** *Chelonia mydas*. In: IUCN (ed). *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2013.2. Southwest Fisheries Science Center, IUCN. <<http://www.iucnredlist.org/details/4615/0>>.
- Seminoff AJ, P Zárate, M Coyne, DG Foley, D Parker, BN Lyon & PH Dutton. 2008.** Post-nesting migrations of Galápagos green turtles *Chelonia mydas* in relation to oceanographic conditions: integrating satellite telemetry with remotely sensed ocean data. *Endangered Species Research* 4: 57-72.
- Senko J, V Koch, WM Megill, RR Carthy, RP Templeton & WJ Nichols. 2010.** Fine scale daily movements and habitat use of East Pacific green turtles at a shallow coastal lagoon in Baja California Sur, Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 391: 92-100.
- Sheinbaum J, J Candela, A Badan & J Ochoa. 2002.** Flow structure and transport in the Yucatan Channel. *Geophysical Research Letters* 29(3): 1040.
- Troëng S & C Drews. 2004.** Money talks: economic aspects of marine turtle use and conservation, 64 pp. WWF-International, Gland.
- Troëng S, DR Evans, E Harrison & CJ Lagueux. 2005.** Migration of green turtles *Chelonia mydas* from Tortuguero Costa Rica. *Marine Biology* 148: 435-447.
- Van Dam RP & CE Diez. 1996.** Predation by hawksbill turtles on sponges at Mona Island, Puerto Rico. In: Lessios HA & IG Macintyre (eds). *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium* 2: 1421-1426.
- Van Dam RP, CE Diez, GH Balaz, LA Colón-Colón, WO McMillan & B Schoerder. 2008.** Sex-specific migration patterns of hawksbill turtles breeding at Mona Island, Puerto Rico. *Endangered Species Research* 3: 85-94.
- Walcott J, S Eckert & JA Horrocks. 2012.** Tracking hawksbill sea turtles (*Eretmochelys imbricata*) during inter-nesting intervals around Barbados. *Marine Biology* 159: 927-983.
- Wallace BP, RL Lewison, SL McDonald, CY Kot, S Kelez, RK Bjorkland, EM Finkbeiner, S Helmbrecht & LB Crowder. 2010.** Global patterns of marine turtle bycatch. *Conservation Letters* 3(3): 131-142.
- Witt MJ & EA Bonguno, AC Broderick, MS Coyne, A Formia, A Gibudi, GA Mounguengui, C Moussounda, M Nsafou, S Nougessono, RJ Parnell, GP Sounguet, S Verhade & BJ Godley. 2011.** Tracking leatherback turtles from the world's largest rookery: assessing threats across the South Atlantic. *Proceedings of the Royal Society B*, 10 pp. <10.1098/rspb.2010.2467>
- Worton BJ. 1989.** Kernel methods for estimating the utilization distribution in home range studies. *Ecology* 70: 164-168.
- Yasuda T & N Arai. 2005.** Fine-scale tracking of marine turtles using GPS-Argos PTTs. *Zoological Science* 22: 547-553.
- Zavala-Hidalgo J, SL Morey & JJ O'Brien. 2003.** Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research* 108 (12): 1-19.

Recibido el 30 de abril 2013 y aceptado el 30 de septiembre 2013

Editor: Claudia Bustos