



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO

FACULTAD DE BIOLOGIA
DIVISION ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN
CIENCIAS BIOLÓGICAS

TESIS

“MOVIMIENTOS MIGRATORIOS DE MACHOS
REPRODUCTORES DE TORTUGA NEGRA (*Chelonia agassizii*)
EN LA COSTA DE MICHOACÁN, MÉXICO”

QUE PRESENTA

ROSA EUGENIA SANDOVAL PEREA

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

DIRECTOR DE TESIS
M.C. J. JAVIER ALVARADO DÍAZ

CO-DIRECTOR
M.C. CARLOS DELGADO TREJO

MORELIA, MICHOACÁN

AGOSTO 2012



INDICE GENERAL

Índice de Tablas	3
Índice de Figuras	4
Resumen	6
1. Introducción	7
2. Antecedentes Generales	9
2.1 Importancia de los aspectos oceanográficos en los desplazamientos a larga distancia	15
2.1.1 Corrientes marinas	15
2.1.2 Temperatura Superficial del agua	17
2.1.3 Profundidad del agua	18
2.1.4 Concentración de clorofila <i>a</i> en la superficie del agua	20
2.2 Hábitos alimenticios en machos de <i>Chelonia agassizii</i>	20
2.3 Caracterización morfométrica de <i>Chelonia agassizii</i>	22
2.3.1 Distribución Geográfica	22
3. Hipótesis	26
4. Objetivos	26
5. Área de estudio	27
5.1 Descripción del área de estudio	27
6. Métodos	30
6.1 Identificación de rutas migratorias	30
6.2 Relación de los aspectos oceanográficos con los movimientos	38
6.3 Comparación de movimientos migratorios entre hembras y machos	39
7. Resultados	40
7.1 Identificación de rutas migratorias	40
7.2 Relación de los aspectos oceanográficos con los movimientos	44
7.3 Comparación de movimientos migratorios entre hembras y machos	55
8. Discusión	58
8.1 Identificación de rutas migratorias	58
8.2 Relación de los aspectos oceanográficos con los movimientos	61
8.3 Comparación de movimientos entre hembras y machos	62
9. Conclusiones	64
10. Literatura Citada	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de las profundidades y duraciones de buceo en las diferentes especies de tortuga marina. Sacado de Spotila, 2004	19
Tabla 2. Contenido estomacal de ocho tortugas negras de Bahía de los Ángeles, Guerrero Negro, Puerto Vallarta y Zihuatanejo, México	21
Tabla 3. Información del tamaño corporal de los machos de tortuga negra (<i>Chelonia agassizii</i>) de la playa de Colola, Michoacán	40
Tabla 4. Información sobre transmisiones satelitales de los machos de tortuga negra marcados en la playa de Colola, Michoacán	41
Tabla 5. Cuadro comparativo de algunos aspectos de importancia de los movimientos a larga distancia de hembras de tortuga negra en relación con los Machos de este estudio	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características morfométricas de la tortuga negra (tomado de Pitchard y Mortimer 1999)	24
Figura 2a y b. Ambas (a y b) zonas de reproducción de la tortuga negra frente a la playa de Colola en Michoacán	25
Figura 3. Mapa de localización del área de estudio	28
Figura 4a y b. Playa de Colola y Playa de Motín del Oro, Michoacán, respectivamente.	29
Figura 5. Transmisores satelitales SPOT5 de <i>Wildlife Computers Inc</i>	30
Figura 6. Captura manual de macho de tortuga negra.	32
Figura 7. Inmovilización de las aletas delanteras del macho de tortuga negra	33
Figura 8. Limpieza del carapacho con acetona	35
Figura 9. Macho de tortuga negra con transmisor satelital liberado al mar	36
Figura 10. Rutas migratorias post-reproductivas de 2 machos adultos de Tortuga negra en la costa de Michoacán	42
Figura 11. Distancia en kilómetros de los sitios de localización del Macho 1 al área continental	43
Figura 12. Distancia en kilómetros de los sitios de localización del Macho 2 al área continental	43
Figura 13. Distancia recorrida por día en kilómetros en ambos machos de tortuga negra	44
Figura 14. Ruta del Macho 1 (a) y del Macho 2 (b) en la costa de Michoacán en relación con profundidad.	45
Figura 15. Ruta del Macho 1 (a) y del Macho 2 (b) en la costa de Michoacán en relación con la temperatura superficial del agua	46
Figura 16. Ruta del Macho 1 (a) y del Macho 2 (b) en la costa de Michoacán en relación la concentración de clorofila- α del agua.	47
Figura 17. Profundidades correspondientes a cada punto de localización perteneciente a los datos obtenidos del Macho 1	49
Figura 18. Temperatura superficial del agua correspondiente a cada	50

punto de localización perteneciente a los datos obtenidos del Macho 1	
Figura 19. Concentración de clorofila del agua correspondiente a cada	51
punto de localización perteneciente a los datos obtenidos del Macho 1	
Figura 20. Profundidades correspondientes a cada punto de	52
localización perteneciente a los datos obtenidos del Macho 2	
Figura 21. Temperatura superficial del agua correspondiente a cada	53
punto de localización del Macho 2	
Figura 22. Concentración de clorofila <i>a</i> del agua correspondiente a	
cada punto de localización perteneciente a los datos obtenidos del	54
Macho 2	
Figura 23. Ruta migratoria post-anidatoria de Hembra 3 de tortuga	56
negra marcada en Colola, Michoacán	

RESUMEN

Las tortugas marinas son animales migratorios por excelencia, sus movimientos requieren de desplazamientos de cientos a miles de kilómetros. Los estudios sobre migración en tortuga negra (*Chelonia agassizii*) son escasos, en especial en machos. Con la ayuda de transmisores satelitales se trazó un mapa de ruta de los movimientos que dos machos de tortuga negra siguieron después de aparearse frente a la playa de Colola a Michoacán en la temporada de anidación 2010-2011. Los mapas de ruta se relacionaron con valores de batimetría, concentración de clorofila *a* y temperatura superficial del agua. Con ayuda de sistemas de información geográfica y pruebas estadísticas se realizó el análisis y evaluación de los movimientos realizados por los machos y la relación que existe entre esta y las variables ambientales. El macho T1 con un total de 23 días de transmisión, recorrió un total de 180.5 km de distancia con una velocidad promedio de nado de 7.83 km/d. Éste se desplazó a una profundidad promedio de 67 m, a una temperatura promedio de desplazamiento de 25.9 °C y con una concentración promedio de clorofila *a* en la superficie del agua de 5.45 mg/m³. No se encontró relación significativa entre la ruta seguida por el macho T1 y las variables evaluadas. En el caso del macho T2, la transmisión duró 32 días, recorriendo una distancia total de 1459 km a una velocidad promedio de 45 km/d. El macho T2 se desplazó a una profundidad media de 461 m, a una temperatura superficial del agua de 20.8 °C y en aguas con una concentración de clorofila *a* de 0.13 mg/m³. La ruta de este macho sí tuvo relación significativa con las variables ambientales evaluadas. Los movimientos de los ejemplares rastreados indican que cuando menos algunos machos de tortuga negra se mantienen cerca de las áreas de reproducción aún después del término de la temporada de reproducción y sugiere la posibilidad que los machos se mantengan en las áreas de reproducción por temporadas largas. Esta información es importante en la planeación de estrategias de conservación para la población reproductora de tortuga negra en el Pacífico Oriental.

1. INTRODUCCIÓN

Las tortugas marinas son animales migratorios por excelencia, sus movimientos en el mar en la mayoría de los casos, implican cientos o miles de kilómetros (Meylan, 1982; Limpus, 1992; Balazs *et al.* 1994; Papi *et al.* 1995; Papi *et al.* 1996, Bentivengna, 2002). En general, las migraciones ocurren por razones relacionadas con la edad, el alimento, la reproducción, la densidad de la población, la estación del año y factores ambientales como la fotoperiodicidad y la época de lluvia (Márquez, 1996). Se encuentra bien establecido que las tortugas marinas migran entre sus áreas de alimentación y sus áreas de anidación con un alto grado de precisión incluyendo cientos y miles de kilómetros. Estos desplazamientos a veces complicados y con tiempos variables de residencia, acarrea como resultado, enigmáticos patrones de distribución que incluyen la convergencia de varias colonias anidadoras en las áreas de alimentación (Bjorndal, 2000).

Existen varios métodos y técnicas que han aportado información los movimientos migratorios de las especies de tortuga marina, que aparte de ayudar a la reconstrucción de sus rutas migratorias a larga distancia (Eckert, 1998) también proporcionan información sobre aspectos de su biología hasta ahora desconocidos en su hábitat marino: movimientos migratorios, velocidad de nado, profundidad de buceo, tiempo de inmersión y localización de áreas de alimentación y reproducción entre otros (Cornelius, 1986).

La tortuga negra (*Chelonia agassizii*), es una especie cuasi endémica al Pacífico Oriental (Márquez, 2003). Los sitios de anidación continental más importantes se encuentran en Michoacán, en las playas de Colola y Maruata. La población de esta especie que anida en Michoacán es una de las más amenazadas a lo largo de su estrecho rango de distribución (Alvarado y Delgado, 2005).

La tortuga negra se encuentra designada en la categoría “en peligro” (como *Chelonia mydas*) por la Comisión para la Sobrevivencia de las Especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN); y se

encuentra en el Apéndice I del CITES (Convenio Internacional sobre el Tráfico de Flora y Fauna Amenazada. En la legislación mexicana, se considera a *Chelonia agassizii* como una especie en peligro de extinción de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) (Semarnat, 2010) ya que sus áreas de distribución y su tamaño poblacional han sufrido una reducción drástica, poniendo en riesgo su viabilidad biológica (Alvarado y Delgado, 2005).

En tortuga negra, aunque se han definido los movimientos de las hembras reproductoras, los estudios en el segmento de machos son prácticamente nulos. Por lo tanto, es de vital importancia determinar los movimientos de larga distancia de machos de tortuga negra en el Pacífico Oriental, y así conocer las rutas migratorias que éstos toman mar adentro después de reproducirse.

La estancia (duración corta o larga) de machos de tortuga marina en las zonas de reproducción (y anidación) es un aspecto del comportamiento de los machos sobre el cual existe información escasa y contradictoria. En un estudio con machos de *Lepidochelys kempii* rastreados con transmisores de satélite los resultados sugieren que en esta especie los machos permanecen en la zona de reproducción por periodos largos (> de un año), mientras que las hembras migran de las zonas de reproducción a las de alimentación al final de la temporada de anidamiento (Shaver et al., 2005), mientras que machos de *L. olivácea* migran de regreso a las zonas de alimentación en la parte media de la temporada de anidamiento (Plotkin et al. 1996).

En el presente estudio se abordó las siguientes preguntas: 1) ¿los machos de *Chelonia agassizii*, permanecen por temporadas largas (periodo mayor a la temporada de reproducción y anidamiento) en la zona de reproducción y anidamiento en la costa de Michoacán? 2) ¿usan los machos de *C. agassizii* sitios de forrajeo en o cerca de la zona de reproducción durante su estancia en la costa de Michoacán?

2. ANTECEDENTES GENERALES

La tecnología ha avanzado de manera importante y han evolucionado métodos y técnicas de gran utilidad para el monitoreo de poblaciones de tortugas marinas en procesos migratorios que hasta la fecha continúan permitiendo la adquisición y el esclarecimiento de las rutas migratorias y la identificación de poblaciones (Bjorndal, 2000). Algunos ejemplos de estas técnicas son la Telemetría de Alta Frecuencia (VHF), las telemetrías sónicas, dispositivos de relocalización, marcadores genéticos y moleculares, y microsátélites. La información obtenida mediante reconocimientos aéreos sobre la distribución de las tortugas marinas a lo largo de las costas ha sido trascendente (Hoffman y Fritts 1982), sin embargo, los datos son difíciles de obtener (Byles, 1988).

Otra técnica usada en el seguimiento de los quelonios, es el marcaje con marcas de acero inoxidable, que ha sido importante para el historial en el conocimiento de sus movimientos gracias a la información recabada desde ese tiempo hasta la fecha.

Los primeros estudios sobre migraciones fueron en tortuga verde realizados por Archie Carr en 1955 en Tortuguero, Costa Rica; iniciando con la técnica de marcaje a un total de 46 983 tortugas verdes y recapturando 4 699 en lugares como Sudamérica, Centroamérica, México y Estados Unidos de América entre los años de 1955 y 2003.

Un estudio realizado por Pritchard (1976), menciona que las recapturas proporcionan información sustancial en términos cuantitativos sobre los movimientos migratorios en hembras de las diferentes especies de tortuga marina (*Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Caretta caretta*, *Lepidochelys olivacea* y *Dermochelys coriacea*), donde durante las temporadas de 1971 a 1973 un total de 2 247 tortugas laúd, 2 841 verdes, 3 359 golfinas, 33 carey y 2 caguamas fueron marcadas tras su anidación en la Guyana Francesa. Con esto se demostró que las tortugas marinas migran distancias kilométricas en busca de sus áreas de alimentación.

Existe una importante cantidad de estudios que aportan interesantes descubrimientos de la ecología las tortugas marinas que se han dado a conocer gracias a la aplicación de esta técnica mediante maracas de acero. Una proporción significativa de estos estudios se han realizado para establecer las rutas y los movimientos pre y post-anidatorios (Cornelius y Robinson, 1986; Carr *et al.*, 1978; Balazs, 198; Mortimer y Portier, 1984; Limpus *et al.*, 1992; Alvarado y Figueroa, 1992; Meylan, 1992; Miller, 1997; Tröeng, 2004; Pihen *et al.*, 2006) para realizar análisis ecológicos y espaciales sobre las poblaciones en las áreas de anidación, alimentación y/o reproducción (Mortimer, 1981; Moncada *et al.*, 1999; Seminoff, 2000; López-Mendilaharsu, 2002; López-Mendilaharsu *et al.*, 2003; Moncada *et al.*, 2010) y en la aplicación de estrategias para su conservación a nivel mundial (Nichols *et al.*, 2002; Seminoff, 2003). Sin embargo, las recapturas de marcas no proveen la suficiente información sobre el comportamiento migratorio y rutas de las tortugas marinas

Los radiotransmisores aparte de recrear las rutas migratorias también son útiles en determinar las duraciones de inmersión, un ejemplo de esto es el estudio realizado a nueve tortugas cabezonas (*Caretta caretta*) post-anidadoras rastreadas utilizando trasmisores de sonido y radio telemetría donde el 67 % de las duraciones de inmersión fueron de menos de tres minutos, lo que sugiere el nado continuo y donde las rutas evaluadas de estos individuos sugieren movimientos directamente en alta mar inmediatamente después de anidar (Addison *et al.*, 2002)

La tecnología de la telemetría satelital permite la obtención de la información de las localizaciones por el Sistema de Rastreo Satelital Argos (www.argosinc.com) y ha ayudado a la reconstrucción las rutas migratorias de las tortugas marinas a larga distancia (Eckert, 1998) y de igual manera proporciona información sobre aspectos de su biología hasta ahora desconocidos en su hábitat marino: movimientos migratorios, velocidad de nado, profundidad de buceo, tiempo de inmersión y localización de áreas de alimentación y reproducción entre otros (Cornelius, 1986).

Balazs *et al.* (1996) indican que las hembras de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) presentan movimientos generalmente costeros y con desplazamientos cortos (135 a 315 km). Los datos de marcas recuperadas y la telemetría satelital indican que las tortugas carey tienen comportamientos migratorios similares a las demás especies tortugas marinas. Sin embargo, son escasos los registros de movimientos de larga distancias en esta especie (Miller *et al.*, 1998).

Una hembra de *Caretta caretta* marcada con trasmisor satelital en Baja California, México, siguió una ruta migratoria hasta la zona de reproducción en Japón (Bowen *et al.*, 1995). La presencia de la tortuga caguama en la zona central y oriental del Pacífico Norte es un enigma importante en la distribución de tortugas marinas y se debe a que las áreas de anidación de esta especie se encuentran en las costas de Australia y Japón a unos 10 000 km de Baja California.

El Centro Regional de Investigaciones Pesqueras en Ensenada con la participación del investigador Wallace J. Nichols ha unido esfuerzos con otras instituciones nacionales, incluidas la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), para identificar los movimientos en adultos de tortugas negras en el Océano Pacífico. Desde 1997 se han monitoreado hembras con el fin de conocer sus movimientos de larga distancia.

Los primeros estudios sobre los movimientos a larga distancia de las tortugas negras se determinaron con la ayuda del marcaje de aletas (Carr *et al.*, 197; Alvarado y Figueroa, 1992) y más recientemente con análisis genéticos (Bass *et al.*, 2000; Dethmers *et al.*, 2006)

De un total de 5176 tortugas negras que fueron marcadas entre agosto de 1981 y diciembre de 1987 (con marcas de acero inoxidable y/o plástico en las playas de Colola y Maruata, Michoacán), 47 fueron recapturadas a más de 100 km del lugar de marcaje (Alvarado y Figueroa, 1992). Estos resultados sugieren que la tortuga negra se dirige a sus áreas de alimentación después

de anidar siguiendo de cerca la línea costera. La distribución geográfica de los sitios de recuperación indica que después de anidar en Michoacán, las tortugas negras siguen dos rutas de dispersión general. Algunas se dispersan hacia el norte principalmente al Golfo de California y el resto viaja hacia el sur rumbo a América Central y Colombia (Byles *et al.*, 1995)

La distancia más larga cubierta por *Chelonia agassizii* fue de 3500 km para una hembra marcada en Michoacán el 1 de Noviembre de 1976 y recuperada cerca de Buena Ventura, Colombia, después de 266 días (Márquez, 1990).

En 1991, cinco hembras de tortuga negra fueron marcadas con transmisores satelitales Telonics (2x13x9 cm) montados en la parte más alta del caparazón con resina de fibra de vidrio y utilizando el sistema satelital Argos (Byles *et al.*, 1995). Los resultados obtenidos en estudios de movimientos de larga distancia de tortugas negras mediante recaptura de hembras marcadas con placas de metal y plástico sugirieron que las tortugas negras se mantuvieron cerca de las costas durante su viaje a sus zonas de alimentación (Alvarado y Figueroa, 1992). Sin embargo, los datos arrojados por localización satelital mostraron que al menos algunas tortugas pueden desplazarse varios cientos de kilómetros lejos de la costa (Byles *et al.*, 1995).

A principios del año 2000 se marco una hembra de tortuga negra con marca de acero monel después de anidar en la playa de Colola. Ese mismo año en Septiembre, este individuo fue recuperado enredado entre el sargazo en el Campo de Víboras en el Canal de Infiernillo en el Golfo de California, después de recorrer una distancia de 1520 km en 246 días; esto representa evidencia de las migraciones de que tortugas negras incluyen en sus movimientos la costa continental del Golfo de California (Seminoff *et al.*, 2002).

En el Pacífico, una hembra de tortuga negra marcada con un transmisor satelital en Baja California recorrió aproximadamente 2000 km al sur, con una velocidad promedio de desplazamiento de 44 km/día, con dirección a las costas de Michoacán (Delgado, 2003). De la misma manera, en 2001, tres hembras de tortuga negra con trasmisores satelitales, marcadas en las costas

de Colola, Michoacán, siguieron su ruta hacia sus áreas de alimentación en Centroamérica (Guatemala, Nicaragua, etc.) y con esto se confirman las rutas migratorias desde las áreas de anidación en Michoacán (Alvarado y Figueroa, 1992).

A pesar de la poca información disponible sobre los movimientos en machos de tortuga marina los resultados obtenidos son interesantes. Green (1984) reporta distancias promedio de 2 150 km recorridos por dos machos de tortuga verde (*Chelonia mydas*) desde las Islas Galápagos hasta su recaptura en Perú.

Shaver *et al.*, (2005) llevaron a cabo estudios sobre los movimientos migratorios de 11 machos adultos de tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) en Tamaulipas, México entre 1999 y 2001. Con la ayuda de plataformas satelitales, fue posible demostrar que estos individuos parecían ser en su mayoría residentes de las áreas de anidación al menos por un año, mientras que la mayoría de las hembras marcadas con transmisores satelitales, después de anidar dejaron las aguas costeras de sus áreas de anidación, viajando cerca de la plataforma costera directamente hacia sus áreas de alimentación.

Otros estudios sobre los movimientos de machos de tortuga golfita (*Lepidochelys olivacea*) en las áreas de reproducción en Costa Rica, han concluido la disminución de la población de machos debido a que se marchan a mitad de la temporada ya que la mayoría de las hembras han sido apareadas para ese tiempo (Plotkin *et al.*, 1996).

Los movimientos de juveniles y tres machos de tortuga verde (*Chelonia mydas*) seguidas desde Panamá, al parecer siguieron un patrón estacional que parecía ser activado por la temperatura, (Estep *et al.*, 2000), y/o por la disponibilidad de alimentos (Bentivegna y Pagliolonga, 1997; Bentivegna, 2002), como ocurre con las tortugas marinas en la Bahía de los Angeles, BCS, México (Seminoff *et al.*, 2008). Al parecer en el otoño e invierno las tortugas migran de oeste a este en busca de aguas cálidas y de regresan al área occidental de la cuenta? en primavera, donde los recursos alimenticios son

generalmente más abundantes (Owen *et al.*, 1982), sin embargo, hay algunos machos que se mueven en aguas con temperaturas más bajas –alrededor de los 20 °C- como es el caso de dos hembras y un macho de caguama marcadas en Japón (Sakamoto *et al.*, 1997), o como el caso de Beevers y Cassano, (1996) donde un macho de golfina en el pacífico oriental presenta inmersiones ocasionales en profundidades donde la temperatura es más fría.

Existe una cantidad importante de información sobre los movimientos de larga distancia en el mar en la mayoría de las especies de tortuga marina, sin embargo, la mayor parte de estos trabajos está referida a crías, juveniles y hembras reproductoras (Hatase *et al.*, 2002; Green, 2002; Morreale *et al.*, 1996; Sakamoto *et al.*, 1997; Kalb *et al.*, 1995; Beevers y Cassano, 1996; Hughes *et al.*, 1998; Cheng y Balazs, 1998; Schroeder y Foley, 1998; Shanker *et al.*, 2003; Chan *et al.*, 2003; Seminoff *et al.*, 2007; McClellan *et al.*, 2010, Broderick *et al.*, 2007, entre otros). La información sobre movimientos migratorios en machos reproductores es muy escasa, en algunos determinando sus áreas de forrajeo y en otras solo sus movimientos (Owen *et al.*, 1982; Beevers y Cassano, 1996; Plotkin *et al.*, 1996; Sakamoto *et al.*, 1997; Balazs y Ellis, 2000; Hays *et al.*, 2001; Bentivegna, 2002; James *et al.*, 2005; Shaver *et al.*, 2005) y más aún en tortuga negra son nulos.

2.1 Importancia de los aspectos oceanográficos en los desplazamientos a larga distancia.

Existen algunos factores oceanográficos que pueden determinar la variabilidad de los patrones de movimientos migratorios en tortugas, como la temperatura, salinidad, concentraciones de clorofila-a, profundidad, entre otro (Tröeng, 2004; Takayoshi *et al.*, 2008). Algunos de los factores que deben considerarse en la planeación de estudios de tortugas en el medio marino son: la profundidad de la columna de agua, el sustrato de fondo, la presencia/ausencia de flujo de mareas, el oleaje y/o corrientes, la velocidad del viento y la transparencia del agua (Ehrhart y Ogren, 2000; Tröeng, 2004).

2.1.1 Corrientes Marinas

Las corrientes marinas son movimientos de aguas oceánicas producidas por la acción combinada del viento, las mareas y la densidad del agua; éstas a su vez son originadas por las variaciones de temperatura de las masas de agua de diversas latitudes, como en el Ecuador o en los Polos. Gracias a estos movimientos, las aguas oceánicas han conservado durante millones de años sus características y permitido el desarrollo y conservación de diversas formas de vida ricas en nutrientes.

Richard y Hughes (1972) han sugerido que las migraciones de *Chelonia* se realizan siguiendo corrientes marinas. Existe sin embargo, evidencia de que la migración en tortugas marinas puede darse en contra de la corriente (Bustard 1974, Carr *et al.*, 1978, Cornelius y Robinson, 1986).

En un estudio realizado por Balazs y Ellis (2000) sobre los movimientos de machos de tortuga verde; mencionan que realizan sus viajes hacia sus áreas de alimentación en aguas a gran profundidad donde predominan las corrientes y vientos que les permite alcanzar una mayor velocidad de nado.

La dirección de las principales corrientes marinas y giros oceánicos influye en la navegación de las tortugas marinas para encontrar sus playas de anidación (Bennet y Kleerekoper, 1978) y juegan un papel importante en la ecología de las tortugas (Carr *et al.*, 1978); como es el caso de la influencia en los recorridos de las tortugas laúd (Eckert y Eckert, 1987) donde se cuestiona si los viajes deben ser considerados migraciones o estadías prolongadas en sus amplias áreas de alimentación. Sin embargo, en los movimientos post-anidatorios en tortuga verde se duda que las corrientes superficiales sean importantes, ya que se encontraron a tortugas nadando contracorriente en otras áreas durante este estudio (Seminoff *et al.*, 2007). Las rutas fueron comparadas con otras variables oceanográficas para observar la influencia de algunos factores ambientales en los movimientos de los individuos.

La zona costera del Pacífico Mexicano presenta diferencias estacionales en los patrones de corrientes superficiales. La Contracorriente Ecuatorial se origina en la zona ecuatorial y se desplaza en dirección Noroeste hasta alcanzar en agosto-septiembre su punto más septentrional en la entrada del Golfo de California (Crownwelly y Bennet, 1959). Entre febrero y mayo predomina la Corriente de California que se origina en el Pacífico Norte y se desplaza en dirección Sureste, alcanzando su fuerza máxima entre febrero y abril cuando llega hasta las Costas del Estado de Oaxaca (Alvarado y Figueroa, 1992). Esto es de interés conocerse, debido a que los movimientos de las tortugas en mar abierto se encuentran influenciados por estas corrientes, lo que ayuda a determinar sus movimientos.

Alvarado y Figueroa (1992) comparan los movimientos de corrientes superficiales del Pacífico Oriental con los datos de su trabajo de las recapturas post-anidadoras de hembras en Michoacán, y concluyen que aparentemente los desplazamientos de las tortugas negras de y hacia Michoacán pueden ser pasivos o contra corriente. Al final de la temporada de anidación las tortugas que se dirigen a sus zonas de alimentación ubicadas al sur de Michoacán al parecer nadan contra corriente superficial, mientras que las que se dirigen a las zonas al norte de sus áreas de anidación flotan con la corriente.

2.1.2 Temperatura Superficial del Agua

En muchos aspectos de la historia de vida de las tortugas y principalmente en los movimientos migratorios, pueden verse influidos por ciertas variables ambientales, como por ejemplo la temperatura del agua (Lutcavage, 1981; Hawks *et al.*, 2009) ya que tiene una influencia dinámica en muchos aspectos fisiológicos y de alimentación en las tortugas marinas. Como reptiles, las tortugas marinas navegan en aguas templadas, la distribución de la mayoría de las especies se encuentran entre aguas tropicales y subtropicales que van desde unos 30 ° Sur hasta 30° Norte; la excepción es la tortuga laúd la cual tiene la habilidad de tolerar aguas frías (Hamann *et al.*, 2008).

Algunas poblaciones de tortugas caguama y verde viven en zonas tropicales y templadas y año tras año se ven sujetas a cambios drásticos de temperatura en el agua cuando el aire frío del ártico alcanza su hábitat en invierno (Cornelius, 1986). Las rutas migratorias de 12 hembras post-anidadoras fueron comparadas con otras variables oceanográficas para observar la influencia de algunos factores ambientales en los movimientos de los individuos sus movimientos oceánicos ocurrieron en aguas con una media de temperatura superficial del agua de 26.5 °C y una temperatura media de 24.3 °C en las áreas neríticas (Seminoff *et al.*, 2007).

Henwood y Ogren (1987) determina que el bajo número de juveniles de *Lepidochelys kempii* capturadas en Florida, Georgia y Carolina del Sur no es inesperado ya que estas tortugas prefieren hábitats más tropicales. Por otro lado, las tortugas caguamas aparentemente pueden elevar su temperatura corporal sobre la temperatura del agua (Mrosovsky, 1980).

El monitoreo de la migración en aguas oceánicas en dos tortugas golfinas después de su anidación en la playa de La Escobilla, en el estado de Oaxaca, México, contribuyó en la determinación de la ruta de migración de esta especie así como los factores ambientales involucrados.

El patrón de temperatura de la superficie del océano en el Golfo de Tehuantepec muestra un descenso notable con respecto a la temperatura observada frente al área de anidación. Los mapas muestran las rutas migratorias donde se observa que las hembras evitan cruzar zonas con bajas temperaturas por lo que no entran en el Golfo de Tehuantepec (Vasconcelos *et al.*, 2005).

Del rastreo de juveniles de tortuga amarilla o caguama en las costas de Perú, se reconoció que estas tortugas prefirieron aguas con temperatura promedio fue de 22.5° C y con concentración de clorofila superficial de 0.29 mg m⁻³ (Mangel *et al.*, 2010)

2.1.3 Profundidad del Agua

Generalmente las tortugas invierten aproximadamente el 95% de su tiempo bajo el agua y cerca de una hora al día comúnmente en la superficie (Spotila, 2004). Las tortugas tienen un metabolismo ajustable el cual les permite permanecer largos periodos de tiempo bajo el agua (Tabla 1), por ejemplo, la tortuga verde hasta 5 horas o la tortuga Carey cerca de unos 45 minutos (Gulko y Eckert 2004). Normalmente las tortugas emplean de 15 a 20 minutos de tiempo bajo el agua, buscando alimento, aunque pueden permanecer bajo el agua hasta unos 45 minutos o más sin salir a tomar aire a la superficie (Spotila, 2004), como es el caso de la tortuga carey e incluso hasta 5 horas como en el caso de la tortuga verde (Gulko y Eckert, 2004).

Estudios sobre distribución de tortuga en el golfo de la Florida, indican que la distribución de los individuos de *Caretta caretta* no está precisamente correlacionada con la batimetría, donde la mayor ocurrencia se llevo a una profundidad de entre 24 y 70 metros (Hoffman y Fritts, 1982). En este mismo estudio, los registros de profundidad de Laúd son mayores a los 70 metros.

Meylan (1982) encontró un patrón en las tortugas verdes en la playa de Tortuguero en Costa Rica, donde las hembras anidantes viajaban paralelo a la costa y encontró que los viajes en alta mar se limitaban a los 4.8 km de la costa.

En la península de Yucatán, México, se determinan los movimientos migratorios post-anidatorios de hembras de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*). En este análisis se integraron datos de seguimiento tipo físico y biológica en un SIG (sistema de información geográfica). Se obtuvo información sobre los patrones de migración de tortuga carey, áreas de alimentación y las interacciones entre las actividades antropogénicas y las tortugas marinas y sus hábitats en Yucatán (Cuevas *et al.*, 2008).

Tabla 1. Cuadro de las profundidades y duraciones de buceo en las diferentes especies de tortuga marina. Sacado de Spotila, 2004.

ESPECIE	PROFUNDIDAD (metros)	DURACIÓN (minutos)	
		Normal	Máxima
<i>Chelonia mydas</i>	110	9 – 23	66
<i>Caretta caretta</i>	233	15 – 30	60
<i>Lepidochelys olivacea</i>	290	28 – 40	45
<i>Lepidochelys kempii</i>	50	12 – 18	45
<i>Dermochelys coriacea</i>	1200	5 – 20	45
<i>Eretmochelys imbricata</i>	100	56	74
<i>Natator depressus</i>	150	?	?

Alvarado y Figueroa (1992), mencionan que la profundidad registrada en 11 sitios de recaptura varía de 10-72 m con un promedio de 31.8 m y la distancia de la costa a los sitios de tres recapturas fue de 17, 24 y 25 km respectivamente. Como se mencionaba anteriormente, esta información sobre la profundidad y la distancia de la costa de los sitios de recaptura sugiere que las tortugas capturadas, después de anidar en Michoacán, se desplazaron siguiendo de cerca la línea costera; lo cual puede atribuirse a la estructura del talúd que se encuentra en el litoral de las costas de México y que así contribuya de manera importante en los patrones de dispersión observados,

como las estructuras bénticas que proveen áreas de resguardo y alimento a las caguama (Addison *et al.*, 2002)

2.1.4 Concentración de clorofila *a* en la superficie del agua

Las migraciones oceánicas se producen generalmente en aguas con una concentración de clorofila superficial de 0.18 mg/m³. El seguimiento satelital en tortugas caguamas en áreas de alimentación y a lo largo de la zona de transición del Pacífico Norte, demuestra que las localizaciones obtenidas coinciden con una concentración de 0.2 mg/m³ (Polovina *et al.*, 2001) que es un indicador de zona de convergencia entre aguas con mayor y menor concentración. Existen datos oceanográficos obtenidos por muestras en plataformas y se ha garantizado que algunas variables, incluyendo en gran parte la concentración de clorofila (Chl), controla la productividad primaria en el agua (Millan-Nuñez, Santamaría del Ángel y González-Silvera 2006).

2.2 Hábitos alimenticios en machos de *Chelonia agassizii*

Nieves (1993) realiza un estudio sobre los hábitos alimenticios de la tortuga negra en los sitios de anidación en la reserva de Colola- Maruata en Michoacán. Realizando un lavado estomacal en 11 individuos (8-hembras, 3-machos) determina los contenidos estomacales en los cuales se encontraban variedad de invertebrados como esponjas, artrópodos, cnidarios y moluscos. Los géneros sobresalientes fueron *Laurencia*, *Tyloriella*, *Dictiurus*, *Hipnea*, *Ulva*, *Padina duverllei*. Márquez y Carrasco (2002) informan sobre los contenidos estomacales en 8 individuos de tortuga negra (Tabla 2).

Tabla 2. Contenido estomacal de ocho tortugas negras de Bahía de los Ángeles, Guerrero Negro, Puerto Vallarta y Zihuatanejo, México.

<i>GRUPO</i>	<i>GÉNERO</i>	<i>VOLUMEN</i> (<i>ml</i>)	<i>%</i>
Rhodophyta	<i>Gracilaria</i>	240	19.5
	<i>Rhodymenia</i>	160	13
	<i>Gelidium</i>	150	12.2
	<i>Grateulopia</i>	20	1.62
	<i>Gigartina</i>	14	1.14
	<i>Griffitsia</i>	14	1.14
	<i>Laurentia</i>	12	0.97
	<i>Liagora</i>	11	0.89
	<i>Polysiphonia</i>	10	0.81
	7 especies	15.5	1.24
Phaeophyta	<i>Sargassum</i>	260	21.1
	<i>Padina</i>	16	1.29
	<i>Scystociphon</i>	7	0.57
Clorophyta	<i>Ulva</i>	42	3.41
	<i>Cladophora</i>	6	0.47
Otros *	Varias especies	12	0.97
Desconocido		230	18

*Moluscos, crustáceos, briozoarios, Esponjas, Equinodermos, Tremátodos.

2.3 Caracterización morfológica de *Chelonia agassizii*

La tortuga negra se distingue principalmente de la tortuga verde por su tamaño, coloración y forma del caparazón, siendo el de la negra, el caparazón más angosto y alto (Alvarado y Delgado, 2005). La tortuga prieta o negra no es reconocida como una especie independiente de la tortuga verde por algunos autores, aunque algunos las citan como subespecie del género *Chelonia* = *Chelonia mydas agassizii* (Alvarado y Delgado, 2005).

Tiene el carapacho oval lateralmente escotado en el tercio posterior. Cabeza mediana y chata, con un par de escamas prefrontales, pico córneo y filoso y aserrado en sus bordes. Carapacho con 3 escudos mayores yuxtapuestos: 5 costales y 4 pares laterales. El plastrón con 4 escudos inframarginales en cada puente, sin poros. Con una uña en el borde anterior de cada aleta. La longitud del carapacho es de 70.5 y 96.0 cm, con un promedio de 77.5 cm; presenta un peso que puede ir desde los 36.4 hasta 126 Kg. con un promedio de 52.2 Kg. (Fig. 1) Los adultos tienen el dorso color casi negro brillante, manchas con tonos gris verdoso jaspeado en forma radial o irregular; las crías dorsalmente son café oscuro casi negro, con márgenes claros, centralmente color crema casi blanco con puntas de las aletas oscuras (Márquez, 2003).

Estas tortugas se alimentan de diferentes vegetales marinos, algas e invertebrados. Ellas habitan generalmente en el Golfo de California y en las costas del Pacífico hasta el norte del Perú (Márquez, 2003).

2.3.1 Distribución Geográfica

Los principales sitios de reproducción y anidación de la tortuga negra se encuentran en las playas de Colola, Maruata y Motín de Oro en el estado de Michoacán, México (Fig.2) y en las Islas Galápagos, Ecuador (Cliffon *et al.*, 1982). También se encuentran playas de anidación de menor importancia en otras costas mexicanas del Pacífico (Jalisco, Oaxaca, Guerrero) y en costas del pacífico en Centroamérica, anidando principalmente en zonas tropicales y subtropicales con temperaturas arriba a los 24 °C.

Se ha determinado que el sitio donde las tortugas del género *Chelonia* desovan, se encuentra relacionado con la playa en donde nacieron (Meylan *et al.*, 1999), por tal motivo, con el transcurso de los años se han localizado tortugas que en temporadas pasadas han anidado en las mismas playas. Generalmente la anidación de la tortuga negra ocurre durante las noches al parecer como respuesta a la depredación y a las altas temperaturas de la arena durante el día.

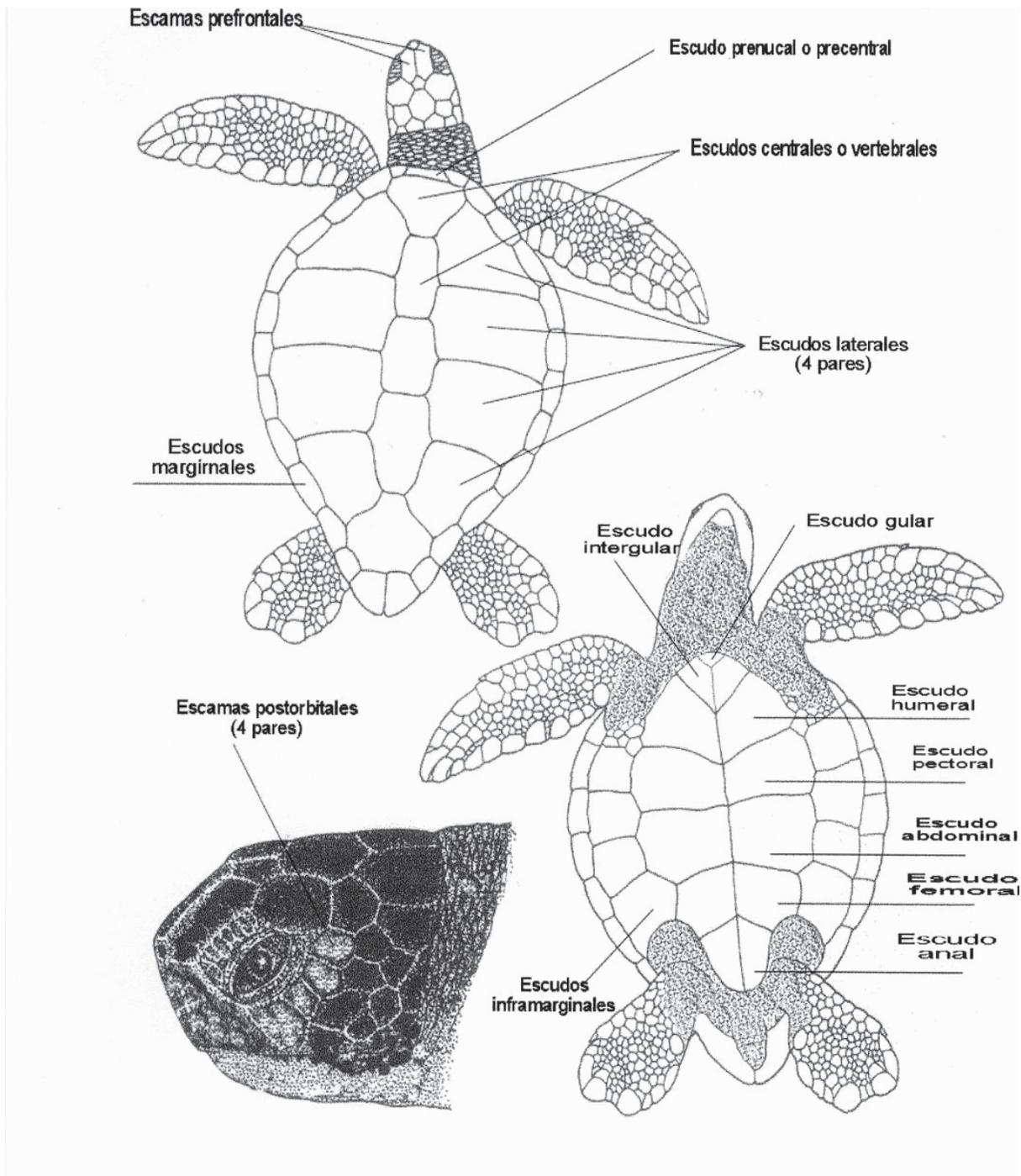


Figura 1. Características morfométricas de la tortuga negra (tomado de Pitchard y Mortimer 1999)



Figura 2a y b. Ambas (a y b) son zonas de reproducción de la tortuga negra frente a la playa de Colola en Michoacán.

3. HIPOTESIS

1. Los machos de *C. agassizi* permanecen por temporadas largas (periodo mayor a la duración de la temporada de anidamiento) en la costa michoacana.
2. Durante su permanencia en la costa michoacana los machos de *C. agassizi* usan sitios de forrajeo, lo que les permite permanecer por periodos largos en esta área.

4. OBJETIVOS

Objetivo General

1. Identificar los movimientos migratorios de los machos de tortuga negra que se reproducen en Michoacán.

Objetivos Particulares

1. Determinar la dirección y rutas de los movimientos.
2. Evaluar la posible relación entre las rutas seguidas con la profundidad, la temperatura superficial del agua y la concentración de clorofila superficial del agua.
3. Comparar los movimientos migratorios entre hembras y machos de tortuga negra.

5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Descripción del área de Estudio

Una de las principales áreas de reproducción de la población de tortuga negra en el Pacífico Oriental es la Costa Michoacana en México. Esta área está limitada entre El Faro de Bucerías ($18^{\circ} 19' N$ y $103^{\circ} 29' W$) y el delta del Río Nexpa ($18^{\circ} 08' N$ y $102^{\circ} 58' W$) que cubre una longitud de casi 80 km del litoral michoacano (Delgado, 2003).

Las Planicies Costeras de Michoacán se encuentran ubicadas entre la Sierra Madre del Sur y el Océano Pacífico, son una angosta faja que va desde la desembocadura del Río Coahuayana hasta la desembocadura del Río Balsas, límites naturales con Colima y Guerrero, respectivamente. Su litoral que se extiende a lo largo de 210 Km. sobre el Océano Pacífico (INEGI, 2000).

La playa Colola se localiza en las coordenadas $18^{\circ} 18' 38'' N$ y $103^{\circ} 25' 50'' W$; (Fig. 3) ubicados en la zona litoral del estado de Michoacán, es una playa abierta desprotegida de 4.8 km de largo y una anchura de 150 metros (Alvarado y Figueroa, 1989) (Fig. 4)

Las corrientes que influyen en el área de estudio son la Corriente Ecuatorial del Norte que circula hacia el Oeste por los vientos alisios, gira hacia el Norte cerca de la Filipinas para convertirse en corriente cálida, girando hacia el Este. La corriente de las Aleutianas se divide al aproximarse a Norte América y forma la base de un giro en contra de las agujas del reloj en el mar de Bering, su brazo sur se convierte la Corriente de California, que fluye hacia el sur- (Pitchard *et al.*, 1999).

La Corriente de California domina hacia el Sur, siendo la causa de que las temperaturas más bajas se presenten en los meses de mayo a septiembre. La convergencia intertropical se desplaza hacia el norte dominando la corriente deriva de Costa Rica y la Norecuatorial, y de esta manera provoca un aumento en la temperatura. (León, 1983; en Méndez y Ávalos, 1992).

La vegetación del sustrato marino de las aguas adyacentes al litoral de Michoacán es de tipo rocoso aunque en determinadas épocas del año cubiertas por arena. Las algas bénticas que predominan en el litoral son: *Chaetomorpha antennina*, *Ulva californica*, *Codium jirafa*, *Codium cuncatum*, *Enteromorpha sp.* *Halimeda discoidea*, *Caulerpa peltata f. imbricata*, *Cladophora prolifera*, *Padina durvillae*, *Sphacelaria furcigera*, *Gracilaria crispata*, *Sargassum sp.*, *Amphiroa mexicna*, *Amphiroa sp.*, *Jania adherens*, *Hypnea cervicornis*, *Polysiphonia pacífica var. Delicatula*, *Laurencia sp.* *Centroceras sp.*(Ceballos, 1988).

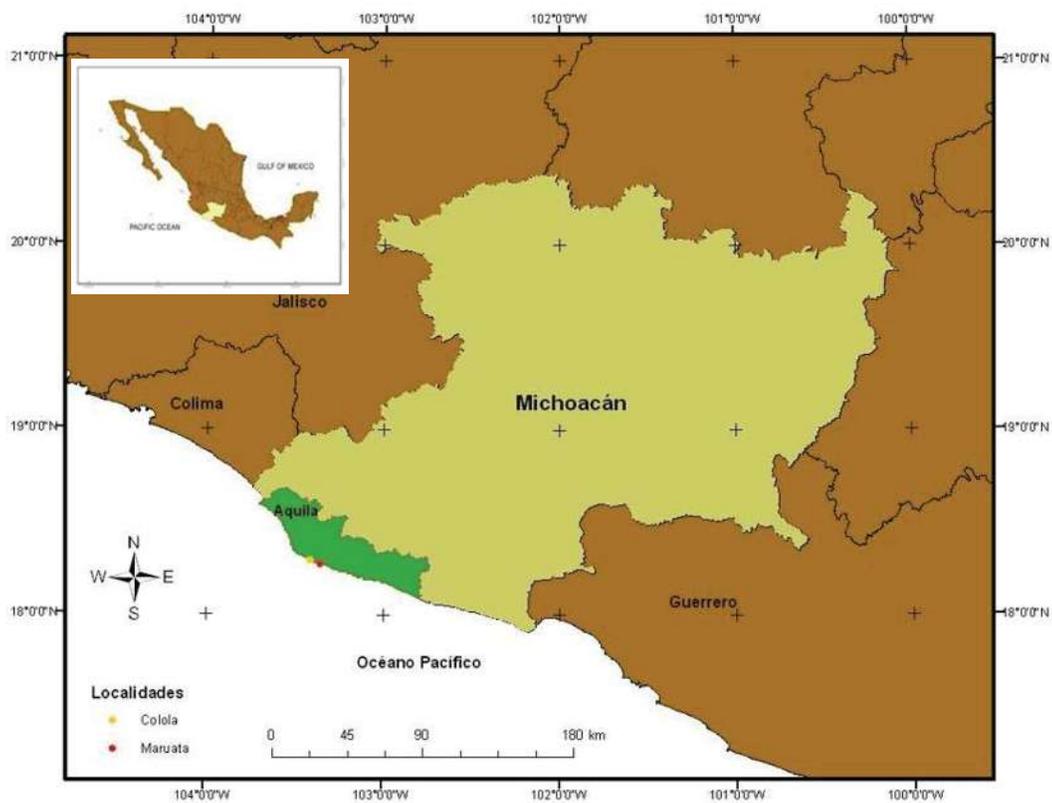


Figura 3. Mapa de localización del área de estudio



Figura 4a y b. Playa de Colola, y Playa de Motín del Oro, Michoacán, respectivamente.

6. MÉTODOS

6.1 Identificación de rutas migratorias

Para la identificar las rutas migratorias que realizan los machos reproductores de tortuga negra que se reproducen frente a Colola, Michoacán se colocaron 2 transmisores satelitales marca SPOT5 de *Wildlife Computers Inc* (Fig.5) en el carpacho de dos machos adultos de tortuga negra capturadas frente a la playa de Colola.

Para el seguimiento de la señal de los trasmisores satelitales se instaló el software SPOT5Host en el PC para sincronizar la comunicación con la plataforma terminal (Trasmisores). A través de éste programa se envían y reciben comandos a la PTT (del inglés platform terminal transmitters) que consiste en la modificación de los parámetros que son aplicados al transmisor y que a su vez son descargados en la PC. La configuración de los transmisores se hizo antes de su colocación en campo.



Figura 5. Transmisores satelitales SPOT5 de *Wildlife Computers Inc*.

Los parámetros de programación de los transmisores que se modificaron fueron los siguientes:

Horas de transmisión: de entre las opciones que provee el sistema se eligió la de 24/24 para tener una recepción de datos las 24 horas del día. Para predecir la hora exacta en la que pasa los satélites por el área determinada y el Sistema Argos sugiere el uso de un programa SatScape que se encuentra gratuitamente en la red (<http://www.satscape.co.uk/>).

Fecha de transmisión: se estableció durante que tiempo transmitió el satélite (días/año).

Intervalos de transmisión: Se programó la frecuencia de transmisión. Estas tasas de repetición son fijas por el fabricante. En este frecuencia es de entre 401.6401 a 401.680 MHz, para mejor calidad de transmisión.

Finalizada la configuración de los parámetros se actualizó y se generó un reporte con los datos modificado para llevar el control de cada plataforma.

Colocación del transmisor satelital.- Se trabajó en aguas frente y cercanas a las costas de las playas de Colola y Motín de Oro en el municipio de Aquila. Se realizaron recorridos en lancha con motor fuera de borda durante las mañanas, entre las 08:00h y 11:00h, del mes de Diciembre de 2010 y a principios del mes de Enero de 2011. Las salidas a mar adentro dependieron de las condiciones ambientales y del mar para poder ingresar sin ningún riesgo.

Para determinar los movimientos migratorios de los machos de tortuga negra se colocó un transmisor satelital (Kalb *et al.*, 1995; Shanker *et al.*, 2003; Hughes *et al.*, 1998; Cheng y Balaz, 1998; Shaver *et al.*, 2005) a un macho adulto capturado frente a la playa de Colola y se registraron los datos de campo (lugar de colecta, fecha y hora de colecta y observaciones).

La técnica empleada para la captura de individuos en el mar, fue la de captura manual por medio de la técnica del “brinco” desde una embarcación (Fig. 6). En este caso el nadador se tira al agua desde una lancha con motor fuera de borda para atrapar la tortuga que se encuentra sobre la superficie. La velocidad adquirida al tirarse, el nadador cae sobre la tortuga sujetándola del escudo prenucal y los escudos infracaudales colocando a la tortuga en posición vertical en relación a la superficie del agua evitando que las aletas anteriores se sumerjan en el agua, posteriormente el nadador conduce a la tortuga capturada hacia un lado de la lancha donde se sube a la misma con la ayuda de dos personas en la lancha (Ehrhart y Ogren, 2000).



Figura 6. Captura manual de macho de tortuga negra.

Para colocar las plataformas satelitales se revisó un protocolo de fijación de PTT (Balazs *et al.*, 1996; Coyne *et al.*, 2008) y utilizado por investigadores en tortugas marinas, el cual explica de manera detallada los pasos y métodos a seguir para la colocación del transmisor de manera exitosa.

Fue necesario inmovilizar a la tortuga amarrándola de las aletas con el uso de un cordón inhibiendo el movimiento hacia delante de la tortuga (Figura 7).



Figura 7. Inmovilización de las aletas delanteras del macho de tortuga negra.

Los materiales utilizados para la colocación de la plataforma fueron:

Cartucho auto mezclable de adhesivo epóxico Sika AnchorFix del n° 2 de 300 ml (un tubo por plataforma).

Pistola aplicadora de silicón y tubos mezcladores.

Papel de lija de grano 150

Espátulas, esponjas, fibras

Agua

Acetona

Trapos de limpieza

Guantes

1 lt. de pintura anti-incrustante

Antes de colocar el transmisor nos aseguramos que este se encontraba encendido y en el modo de “Desplegue” o “Deploy”, con la ayuda de la PC o bien con el imán.

Se registró el Largo Curvo de Carapacho (LCC) y se revisó cuidadosamente si los machos capturados tenían alguna marca en las aletas. Al no traer marcas metálicas se procedió a colocar una marca en cada aleta anterior, anotando el número de marca. Estos datos pueden desempeñar un papel importante en la interpretación futura de los datos obtenidos (Balazs *et al.*, 1996; Coyne *et al.*, 2008).

El procedimiento de colocación de las plataformas fue el siguiente:

1.- Se limpió el carapacho de epibiontes adheridos a él. Con la ayuda de las espátulas, esponjas, fibras y agua se removió cuidadosamente toda clase de organismos externos sobre el carapacho de los machos capturados.

2.- Se utilizó acetona pura, para limpiar más minuciosamente el área donde se colocó el transmisor y las uniones de los escudos, con el fin de remover grasa y cualquier otra sustancia que impidiera la fijación del transmisor.

3.- Una vez seco el carapacho, éste se lijó levemente en la zona de colocación con una lija de grano 150, para que la superficie de colocación en el carapacho quedara totalmente libre de bordes. Al finalizar se limpió nuevamente el área con un trapo humedecido con acetona hasta que quedó totalmente limpia, teniendo cuidado de no derramar líquido sobre la cabeza de la tortuga (Fig. 8).



Figura 8. Limpieza del carapacho con acetona.

4.- El proceso de lijado y limpiado se repitió en la parte inferior del transmisor, con el fin de obtener también un área limpia y plana para una mejor adherencia al carapacho.

5.- Una vez terminada la limpieza del carapacho, se procedió a la colocación del transmisor. Coyne *et al.* (2008) y Balasz *et al.* (1996) recomiendan colocarlo en la parte más alta y plana del caparazón y con la parte de la antena cerca de la cabeza de la tortuga. En este caso el transmisor fue colocado con la antena dirigida hacia la parte trasera de la tortuga, de manera que no se tensara a la hora de entrar al agua y para que tuviera un mejor arrastre hidrodinámico (Troëng *et al.*, 2006).

6.- Antes de colocar el adhesivo epóxico sobre el transmisor, se aseguró de que los sensores fueran tapados con cinta de aislar para evitar que se cubrieran con el adhesivo a la hora de colocarlo sobre el transmisor.

6.- Para colocar el adhesivo en la base del transmisor previamente limpio, se fijó el tubo mezclador estático que se suministra con el cartucho del adhesivo.

7.- Con ayuda del tubo mezclador y de espátulas, se aplica el adhesivo en la parte inferior del transmisor y se coloca sobre el área limpia del caparazón. Es

necesario esperar alrededor de 5 minutos mientras seca un poco la mezcla. Posteriormente se colocó más del adhesivo alrededor del transmisor para maximizar el área de adherencia. Se aplicaron dos capas delgadas de adhesivo esperando entre 7 y 10 minutos entre cada capa para evitar la producción de calor excesiva durante el curado. El tiempo total de curado fue de aproximadamente 60 minutos esperando hasta que la mezcla no se adhiriera al dedo cuando se tocara.

8.- Una vez seca la pasta, toda el área se cubrió con pintura anti-incrustante (Dodd y Byles, 2003) asegurándose de resguardar toda la superficie del transmisor y sin cubrir los sensores y la antena. El proceso de secado de la pintura tomó aproximadamente 23 minutos.

9.- Al término de este tiempo se retiró la cinta aislante de los sensores. Por último se comprobó que el transmisor se encontrara en modo de “*Despliegue*” y se libero al macho al mar (Fig.9).

El transmisor satelital fue colocado al final de la temporada de anidación 2010 para evitar la pérdida del transmisor por interacciones entre los machos marcados con otros machos o entre éstos y las hembras durante el cortejo.



Figura 9. Macho de tortuga negra con transmisor satelital liberado al mar.

Obtención y procesamiento de los datos para la elaboración del mapa de ruta.- Una vez colocados las plataformas se comenzó a recibir la señal de los transmisores por medio del sistema *ARGOS Inc.* (www.argos-system.org) ((Alvarado y Figueroa, 1992; Byles *et al.*, 1995; Seminoff, 2002; Seminoff *et al.*, 2007; Shaver *et al.*, 2005). Se rastreó la posición geográfica de los individuos marcados con los transmisores durante un mes aproximadamente. El sistema satelital *Argos Inc.* consta de satélites en órbita de la NOAA (METOP-A, NOAA-15, NOAA-16, NOAA-17, NOAA-18 Y NOAA-19) que colecta la información de los satélites y difunde los resultados procesados (Byles, 1988).

Se contrataron los servicios de *Argos Worldwide tracking and environmental monitoring by satellite* para tener acceso a los datos transmitidos por las plataformas mediante Argos system. De aquí se descargaron los datos de transmisión, informes sobre las plataformas, configuraciones del programa y equipo utilizado, predicciones de pasajes satelitales, información de fabricantes y preferencias sobre visualización y cartografía.

De las aplicaciones disponibles en la página de Argos System, se seleccionó la clase de localización tipo 3, 2, 1 y A que son las recomendadas para algunas especies marinas con el fin de maximizar la confiabilidad de los datos (Hays *et al.*, 2001).

De toda la información posible a obtenerse se utilizó solamente las coordenadas geográficas (latitud y longitud), las fechas de localización, ID de plataforma y tiempo de transmisión. Con estas se elaboró una matriz de datos que se ingresa al programa Global Mapper 12 (64-bit) para cambiar la proyección y la extensión del archivo para leerla en los sistemas de información geográfica. Para obtener el mapa de ruta se utilizó el software Maptool disponible en seaturtle.org que permite una mejor interpretación de los datos.

6.2 Relación de los aspectos oceanográficos con los movimientos

Para la evaluación de los factores oceanográficos se tomaron en cuenta datos de profundidad del agua, de temperaturas de la superficie del agua y por último datos de la concentración de clorofila *a* en el agua.

El mapa de batimetría se obtuvo con los datos proporcionados por la *General Bathymetric Chart of the Ocean (GEBCO)* (<http://www.gebco.net/>). Los datos se encuentran disponibles en resoluciones de 30 segundos (usados para este estudio) y un minuto de arco –red, (es posible seleccionar para descargar los datos globales completos o para un área definida). Los datos de temperatura de la superficie del agua se obtuvieron de la base de datos de la página de la *NOAA CoastWatch* (<http://coastwatch.noaa.gov>); los datos están disponibles diariamente. Para este estudio se usaron los datos diarios y con ellos se obtuvo el promedio mensual para crear el mapa correspondiente a temperatura media del agua. Por último, la información correspondiente a la concentración de Clorofila-*a* se obtuvieron en la Ocean Color Web de la NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>) a las cuales es posible acceder para obtener datos desde el año 2002 hasta la fecha y en diferentes modalidades (datos mensuales, diarios, cada tres días, anual, por temporada, entre otras). Se decidió la versión HDF Standard Mapped Image File con una resolución de 4 km. Ya obtenidos y procesados los datos a través del programa IDRISI Andes 15.0 se procedió a generar los mapas en el software ArcGis 9.3.

Pruebas Estadísticas. Se realizaron pruebas de correlación de Pearson entre la ruta seguida por los machos y las variables de profundidad, temperatura superficial del agua y la concentración de clorofila *a* en la superficie del agua. Las pruebas de correlación se obtuvieron con el paquete estadístico R-project (versión 2.12.2).

6.3 Comparación de movimientos migratorios entre hembras y machos

Los movimientos de los machos se compararon de manera cualitativa, en términos de las rutas seguidas, y cuantitativamente sobre la velocidad de desplazamiento y las distancias totales recorridas con los movimientos de hembras estudiadas previamente en los trabajos de Marquez (1990), Byles *et al.* (1995), Seminoff *et al.* (2000) y Nichols *et al.* (2004).

7. RESULTADOS

7.1 Identificación de rutas migratorias

En los meses de Enero 2011 y Diciembre de 2011 se capturaron dos machos adultos de tortuga negra en las aguas frente a la playa de Colola. Se tomaron algunas medidas morfométricas (Largo Curvo del Carapacho (LCC), Ancho Curvo del Carapacho (ACC), marcas colocadas en las aletas) (Tabla 2) y los datos de transmisión obtenidas (Tabla 3).

Tabla 3. Información del tamaño corporal de los machos de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) de la playa de Colola, Michoacán.

<i>ID</i>	<i>Tamaño corporal</i>		<i>Marcas</i>	
	<i>(cm)</i>			
	LCC	ACC	AI	AD
T1	77.3	71.1	GT0052	GT0053
T2	76.9	67	GT0054	GT0055

Nota: abrev.:T1= macho uno, T2= macho dos, LCC=largo curvo del carapacho, ACC=ancho curvo del carapacho, AI=aleta anterior izquierda, AD=aleta anterior derecha.

Los dos machos capturados de tortuga negra se monitorearon con las plataformas satelitales por periodos de tiempo de entre 23 y 32 días, respectivamente (Tabla 4). Durante el tiempo de rastreo se obtuvieron 606 localizaciones para el macho 103871 (T1) y 719 localizaciones para el macho 103872 (T2). De los datos obtenidos se eliminaron los datos repetidos y los que salían geográficamente en tierra firme.

Las rutas generadas mediante el software Maptool (www.seaturtle.org) indican que los machos no coincidieron en las rutas seguidas a lo largo de sus movimientos registrados (Fig. 10) y que permanecían en aguas cercanas a la costa de Michoacán (Macho 1) o que al menos regresaban a las aguas frente a

reproductivos exhibidas por lo machos de tortuga negra se describen más adelante.

Tabla 4. Información sobre transmisiones satelitales de los machos de tortuga negra marcados en la playa de Colola, Michoacán.

ID	Fechas de Transmisión		Días Monitoreados	Distancia total recorrida (km)	Velocidad promedio de nado (km/d)
	Inicio	Término			
T1	05/01/2011	28/01/2011	23	180.1	7.83
T2	01/12/2011	01/01/2012	32	1452	45

Macho T1 (103871)

Una vez liberado el macho comenzó a desplazarse mar adentro y sin mostrar una ruta definida, hubo movimientos en los que se acercaba y alejaba de la costa donde permaneció en aguas frente a la playa de Colola al menos por los primeros 17 días. Los últimos 5 días de transmisión, parecía dirigirse hacia el Noroeste, aproximadamente a unos 3.06 kilómetros de distancia del litoral. El punto más lejano fue frente a la playa Las Brisas a unos 30.5 km de la playa Xicuasa, donde fue liberado, y a 18,7 km hacia el Sureste del último punto de localización. El último punto rastreado se detectó a 1.43 km de la línea costera frente a la playa de El Zapote.

El macho exhibió movimientos cercanos a la costa donde el promedio de distancia de los puntos de localización al área continental fue de 1.78 km (rango= 0.10 – 10.47) (Fig.11) y la distancia total de la ruta recorrida dentro del periodo de 23 días fue de 180.1 km (rango= 0.5 – 23.26) con una velocidad promedio de nado de 7.8 km/día.

Macho T2 (103872)

Este macho a comparación del macho 1 comenzó sus desplazamientos recién liberado, al principio se dirigió al Suroeste durante los primeros dos días de transmisión, pasando el tercer día comenzó su viaje en dirección hacia el Sureste y viajando a distancias más lejanas de la línea costera aproximadamente ente los 6 metros y 71.1 km (promedio 13.5 km) durante su recorrido total (Fig. 12).

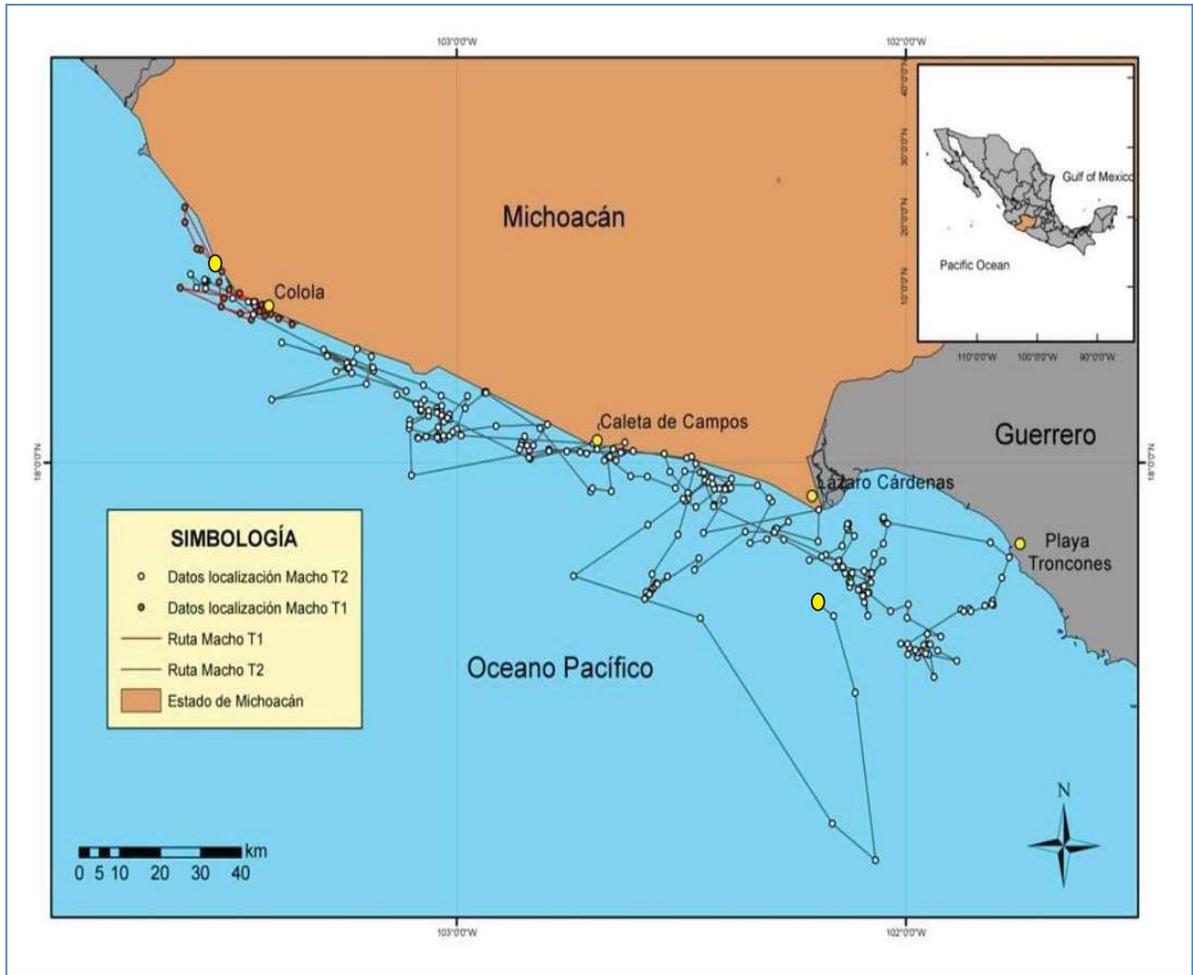


Figura 10. Rutas migratorias post-reproductivas de 2 machos adultos de Tortuga negra en la costa de Michoacán.

Después de desplazarse 1 458 km a través de la costa de Michoacán, la tortuga aparentemente dejó de transmitir señal de referencia a una distancia de 21.6 km de la costa de Lázaro Cárdenas ($17^{\circ} 43' N$ y $102^{\circ} 11' O$) con una velocidad promedio de nado de 45 km/día.

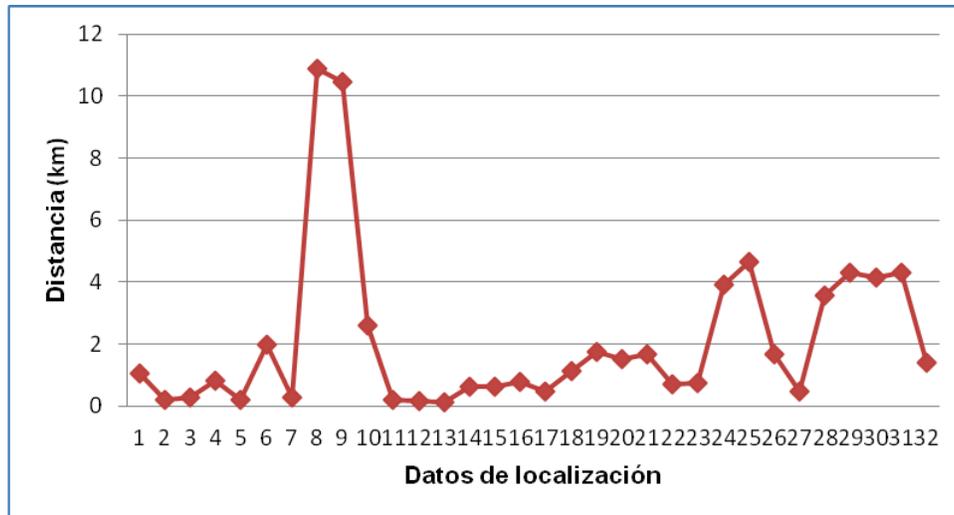


Figura 11. Distancia en kilómetros de los sitios de localización del **Macho 1** al área continental.

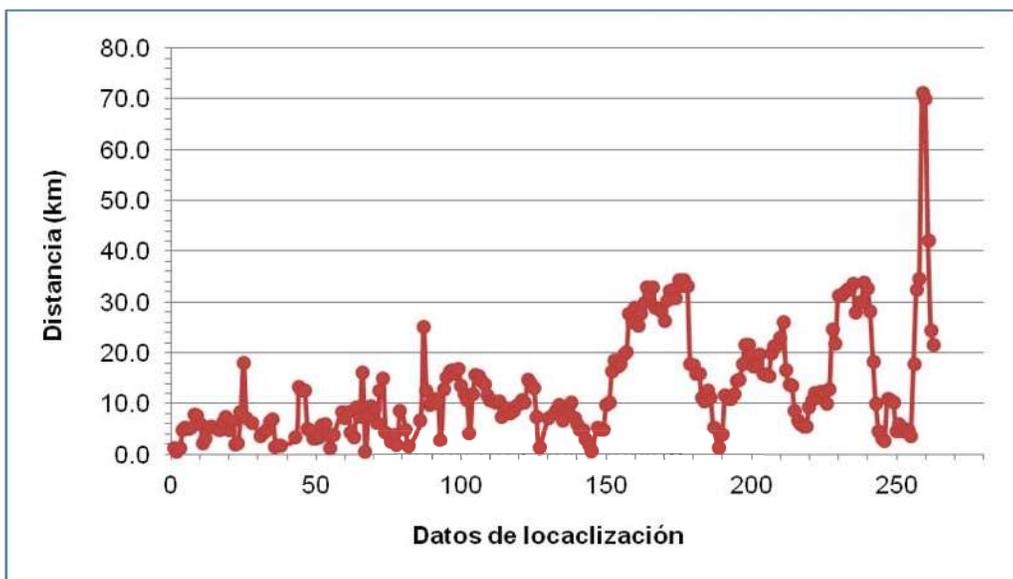


Figura 12. Distancia en kilómetros de los sitios de localización del **Macho 2** al área continental.

Para una mejor evaluación de los movimientos realizados por los machos, se analizaron los datos de desplazamiento por día (Fig. 13) para observar el comportamiento durante sus recorridos.

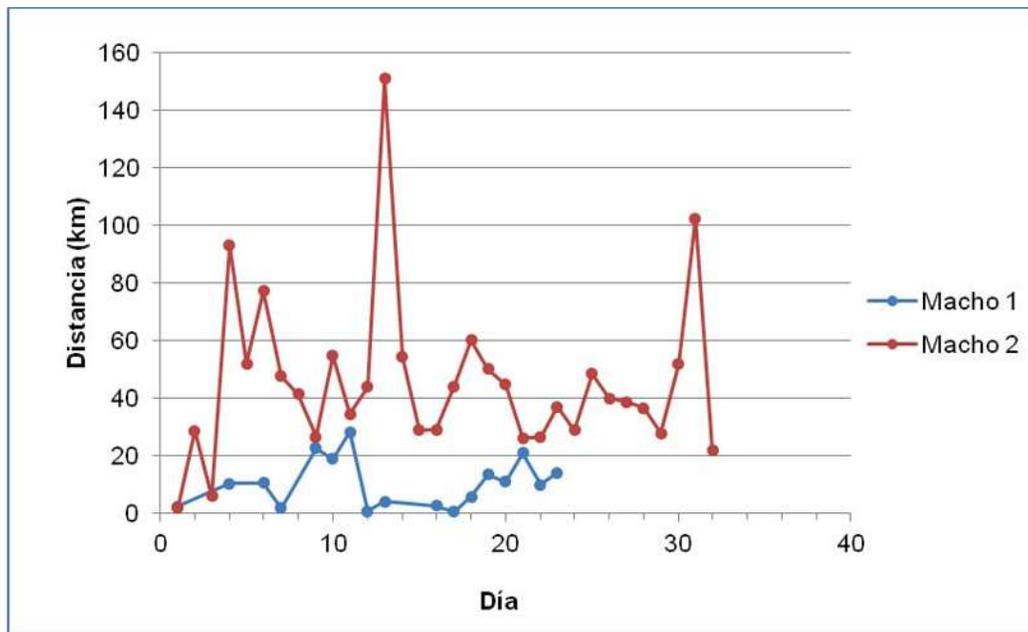


Figura 13. Distancia recorrida por día en kilómetros en ambos machos de tortuga negra.

Para el Macho 1, el día con mayor distancia recorrida fue el día 11, después de ser liberado, con un total de 28.44 km de desplazamiento. En cuanto al Macho 2, la mayor distancia recorrida fue durante el día 13 con un total de 151 km de desplazamiento realizado.

7.2 Relación de los aspectos oceanográficos con los movimientos

Con la información recopilada de la localización de los machos y los datos de las variables ambientales obtenidas en la web, se elaboraron los mapas de rutas sobreponiendo información de algunos aspectos ambientales a evaluar como son la batimetría (Fig. 14), la temperatura superficial del agua (Fig. 15), y concentración de clorofila- α del agua (Fig. 16). De esta manera se sobrepuso la ruta seguida por ambos machos durante el tiempo evaluado.

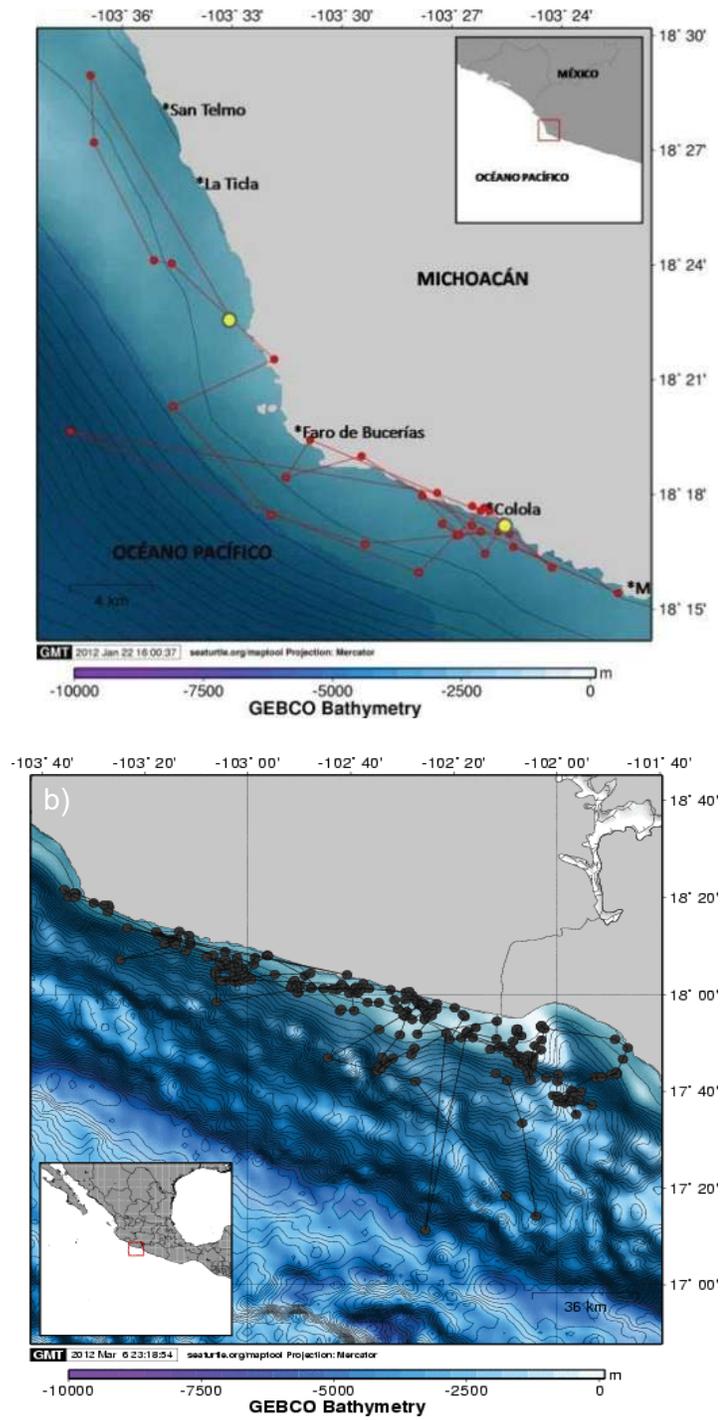


Figura 14. Ruta del Macho 1 (a) y del Macho 2 (b) en la costa de Michoacán en relación con profundidad.

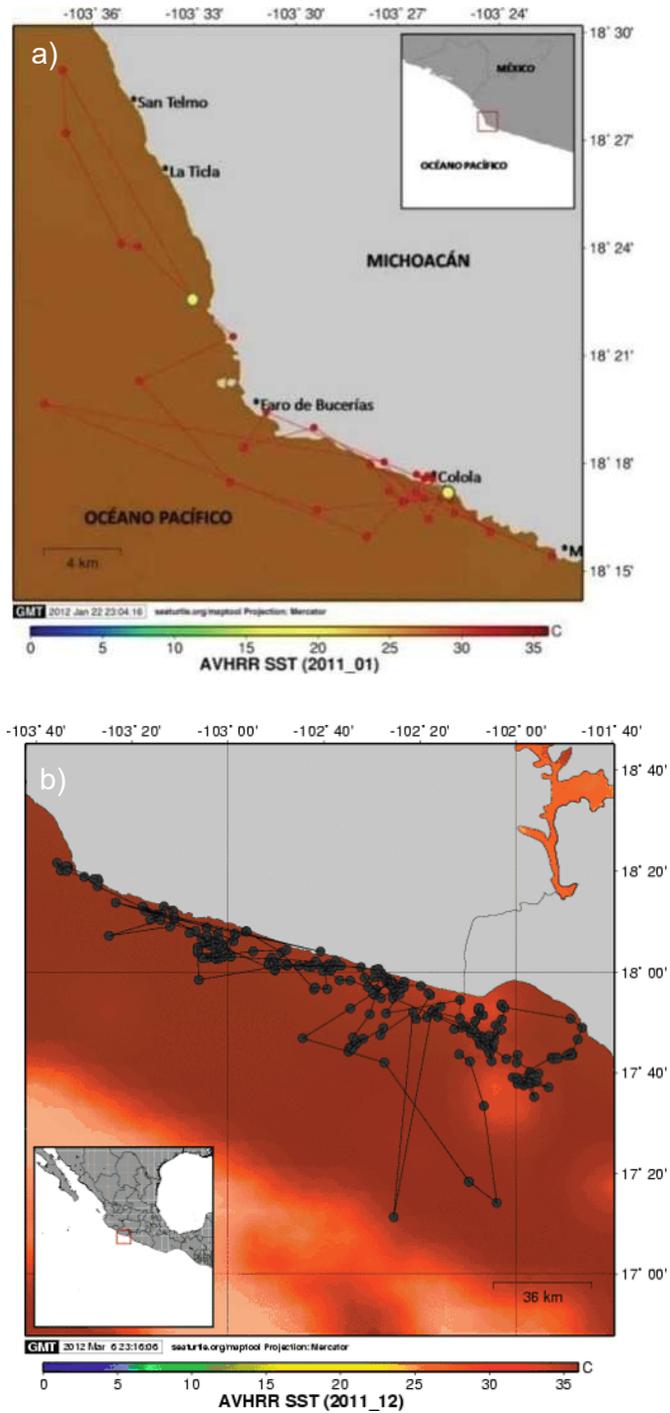


Figura 15. Ruta del Macho 1 (a) y del Macho 2 (b) en la costa de Michoacán en relación con la temperatura superficial del agua.

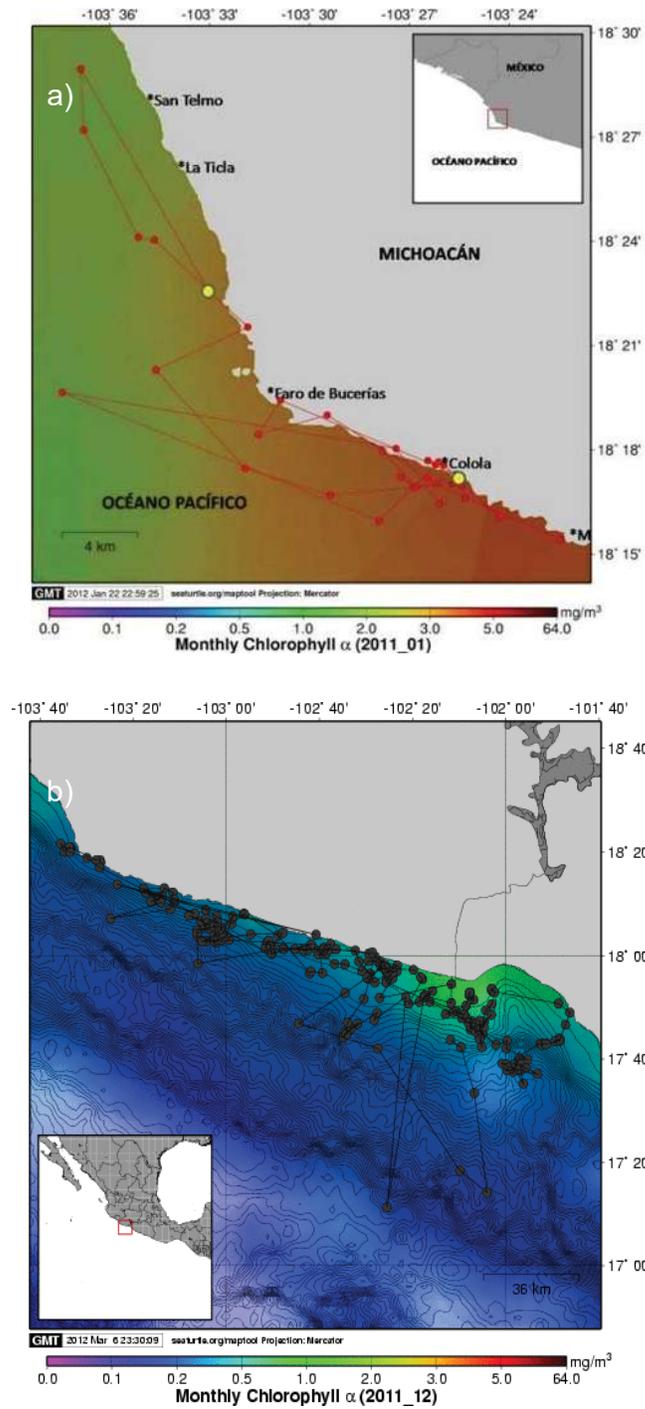


Figura 16. Ruta del Macho 1 (a) y del Macho 2 (b) en la costa de Michoacán en relación la concentración de clorofila- α del agua.

El **Macho 1** se desplazó a una profundidad promedio de 67 m (rango= 0.65 – 966 m) (Fig. 17). La temperatura promedio de desplazamiento fue de 25.9 °C (rango= 23.57 – 28.12 °C) (Fig. 18). La concentración promedio de clorofila en la superficie del agua de los sitios de localización fue de 5.45 mg/m³ (rango= 1.5 – 13.68 mg/m³) (Fig. 19).

El **Macho 2** se desplazó a una profundidad promedio de 461.0 m (rango= 2 – 2497 m) (Fig. 20). La temperatura promedio superficial del agua de la ruta fue de 20.85 °C (rango= 20.58 – 21.43 °C) (Fig. 21). Por último, la concentración promedio de clorofila- α encontrada en la superficie del agua de los sitios de localización fue de 0.27 mg/m³ (rango= 0.13 – 1.23 mg/m³) (Fig. 22).

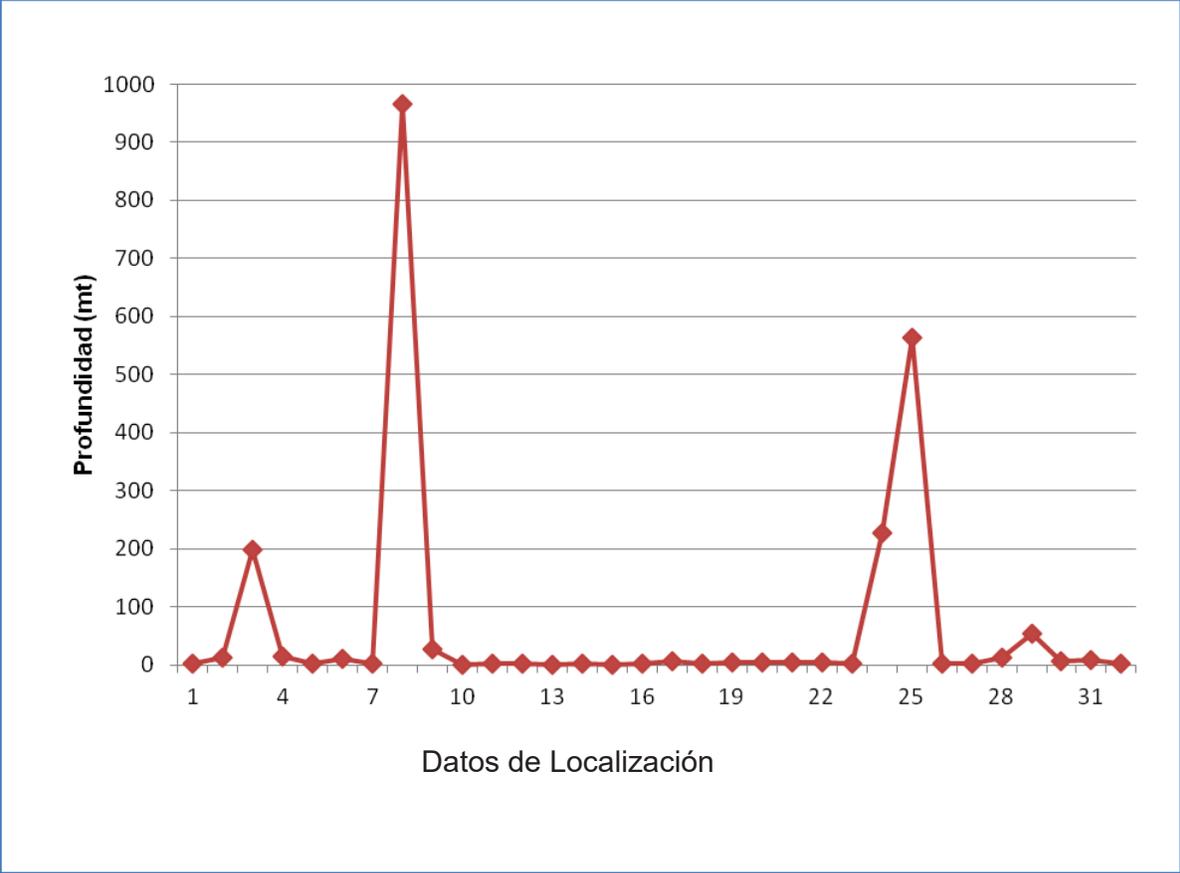


Figura 17. Profundidades correspondientes a cada punto de localización perteneciente a los datos obtenidos del Macho 1.

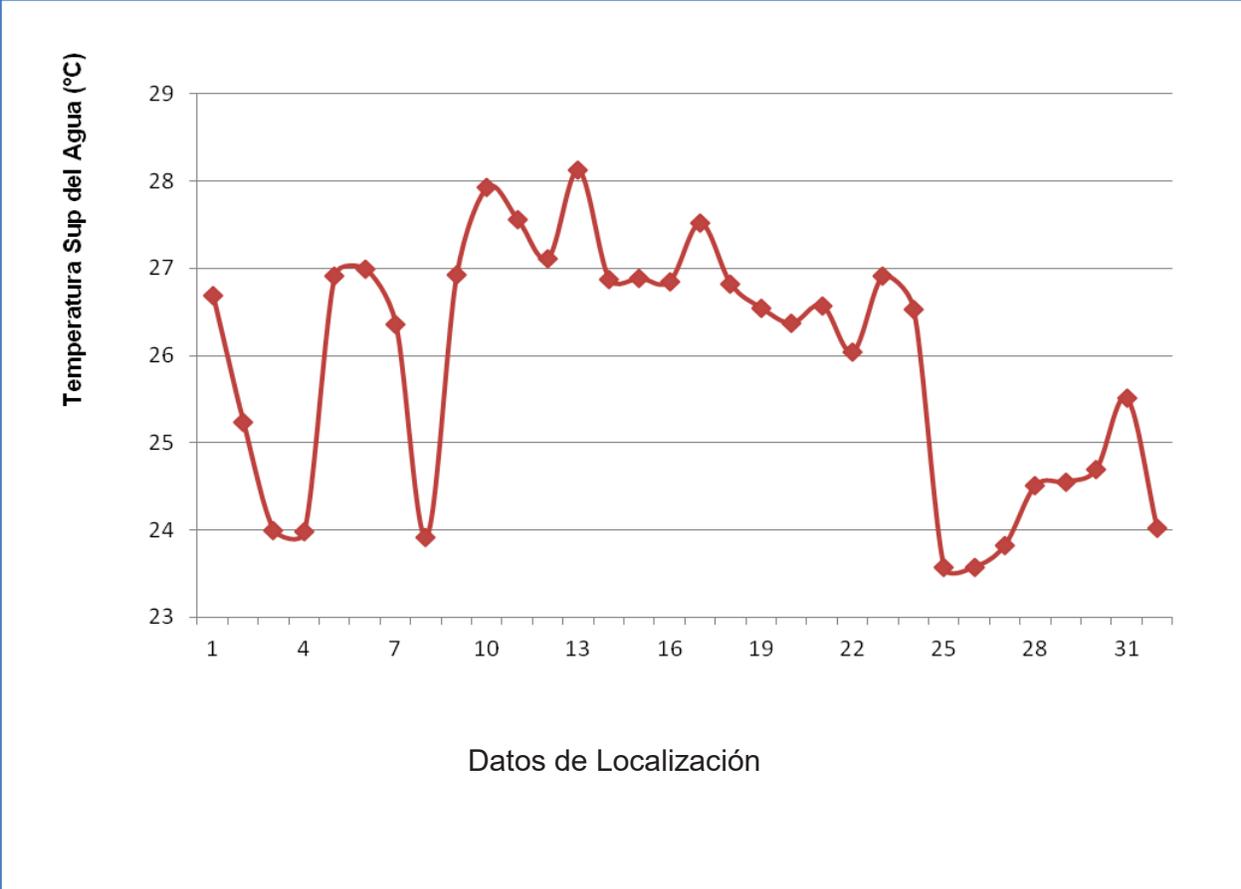


Figura 18. Temperatura superficial del agua correspondiente a cada punto de localización perteneciente a los datos obtenidos del Macho 1.

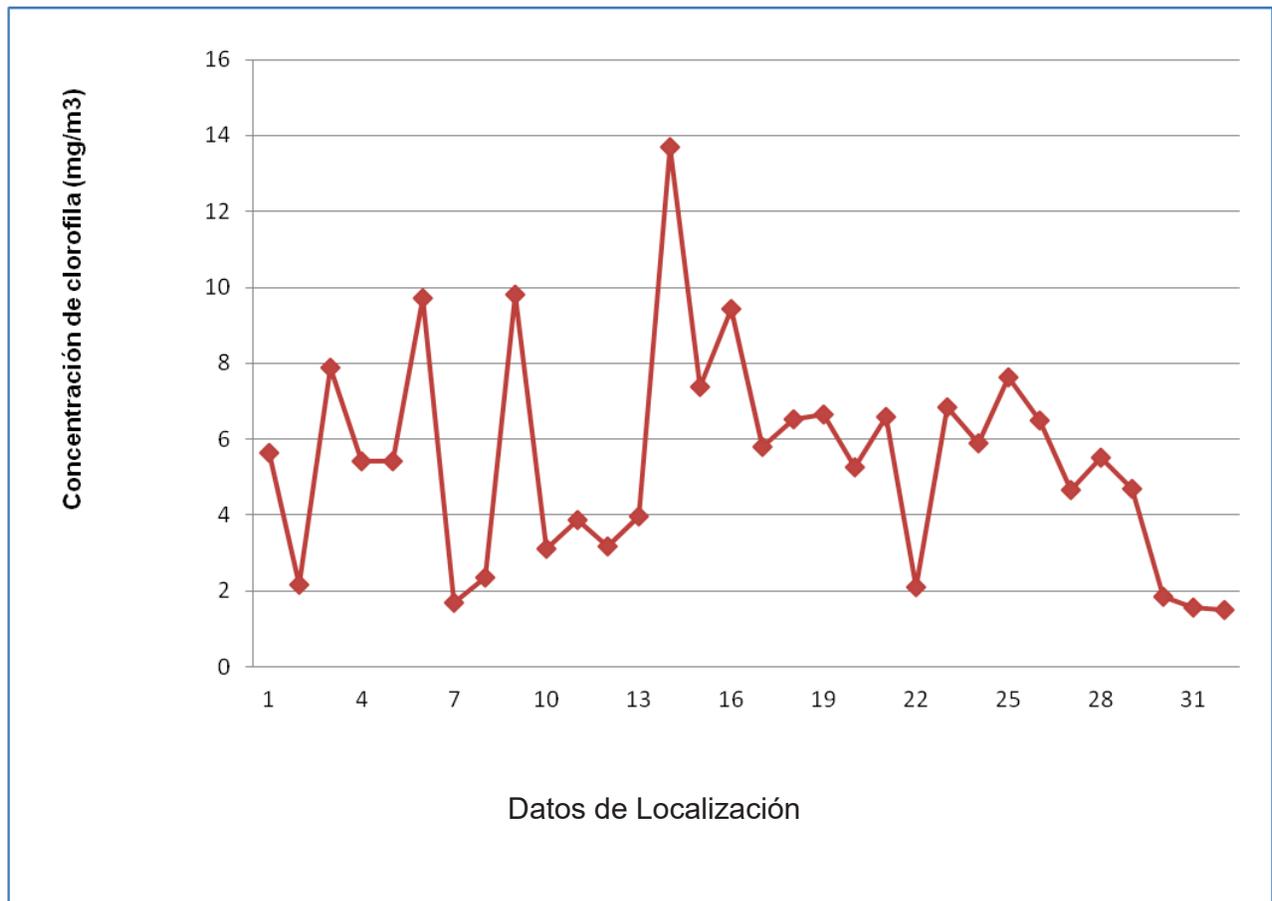


Figura 19. Concentración de clorofila del agua correspondiente a cada punto de localización perteneciente a los datos obtenidos del Macho 1.

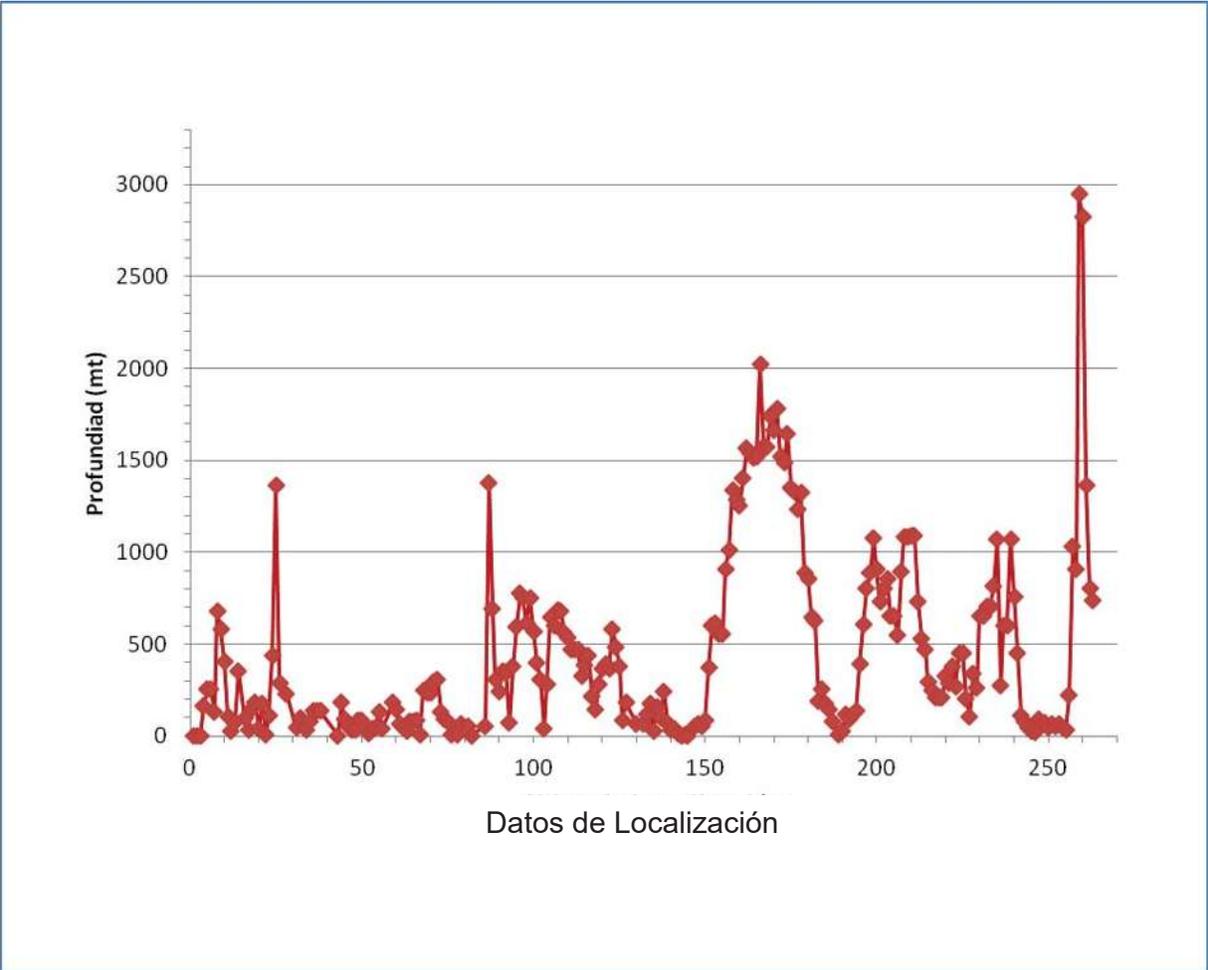


Figura 20. Profundidades correspondientes a cada punto de localización perteneciente a los datos obtenidos del Macho 2.

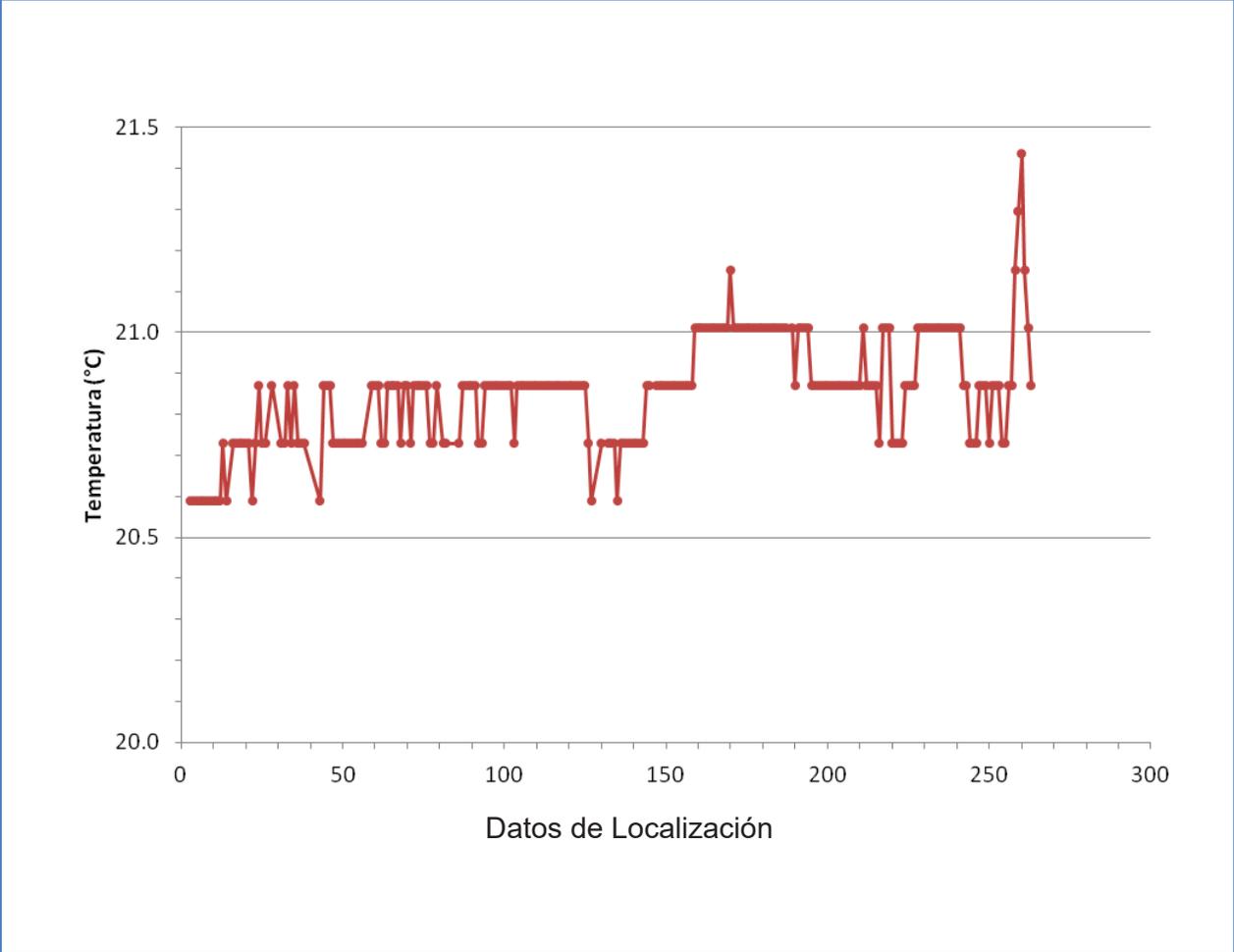


Figura 21. Temperatura superficial del agua correspondiente a cada punto de localización del Macho 2.

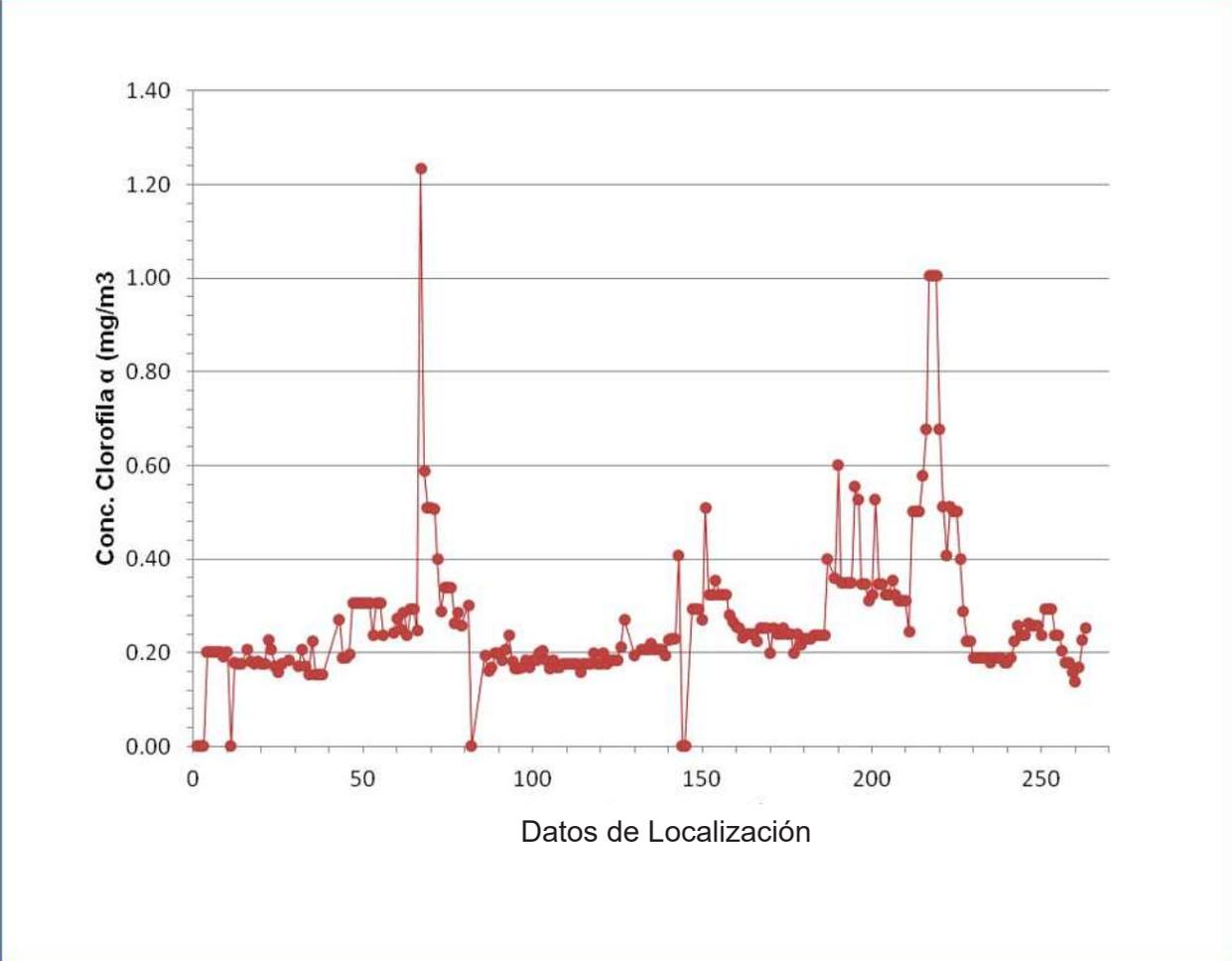


Figura 22. Concentración de clorofila del agua correspondiente a cada punto de localización perteneciente a los datos obtenidos del Macho 2.

Las prueba de correlación entre la ruta del Macho T1 y la temperatura superficial del agua ($r=-0.33$, $p = 0.06$), con la profundidad ($r=-0.07$, $p=0.70$) y la concentración de clorofila a en el agua ($r=-0.17$, $p=0.34$) no presentaron ninguna relación significativa.

En cambio, para las pruebas realizadas correspondientes al Macho 2, las tres variables: temperatura del agua ($r=0.19$, $p=0.002$), profundidad ($r=0.35$, $p=0.00$) y la concentración de clorofila a ($r=0.26$, $p=0.00$)- presentaron relaciones estadísticamente significativas con los movimientos seguidos por el macho T2.

7.3 Comparación de movimientos migratorios entre hembras y machos

Para la realización de las comparaciones cuantitativas de los movimientos diferenciales entre hembras y machos, se obtuvo la información existente de trabajos realizados anteriormente con hembras (Márquez, 1990; Byles *et al.* 1995; Seminoff *et al.* 2000; Nichols *et al.* 2004) con los movimientos de machos de tortuga negra muestreados en este estudio (Tabla 5).

El Macho 1 recorrió un total de 180.3 km, con una velocidad de nado de 7.83 km/d, mientras que el Macho 2 recorrió 1452.4 km con una velocidad promedio de nado de 45.4 km/d; esto quiere decir que el Macho 2 recorrió aproximadamente ocho veces más en kilómetros lo recorrido por el Macho 1 es un lapso de tiempo de 32 días.

En comparación con la Hembra 1, que tuvo la mayor distancia total de desplazamiento (3 500 km), recorrió 2 047.6 km más que el Macho 2, y 3 319 km excediendo al Macho 1. Sin embargo, la velocidad de promedio de nado de esta hembra es un 28.8 % menor en comparación con el Macho 2 y un 59.7 % más que el Macho 1.

Se observa que la hembra 3 sigue su ruta por la costa directamente desde su marcado en la playa de Colola hacia la Bahía de los Ángeles, Baja California, recorriendo un total de 2027 km (Fig. 23).

Las hembras recorren mayores distancias (km) a comparación de los machos. Sin embargo los dos machos tuvieron una velocidad promedio de nado de 26.3 km/d a comparación de las 5 hembras evaluadas para este trabajo que fue de 20.84 km/d.

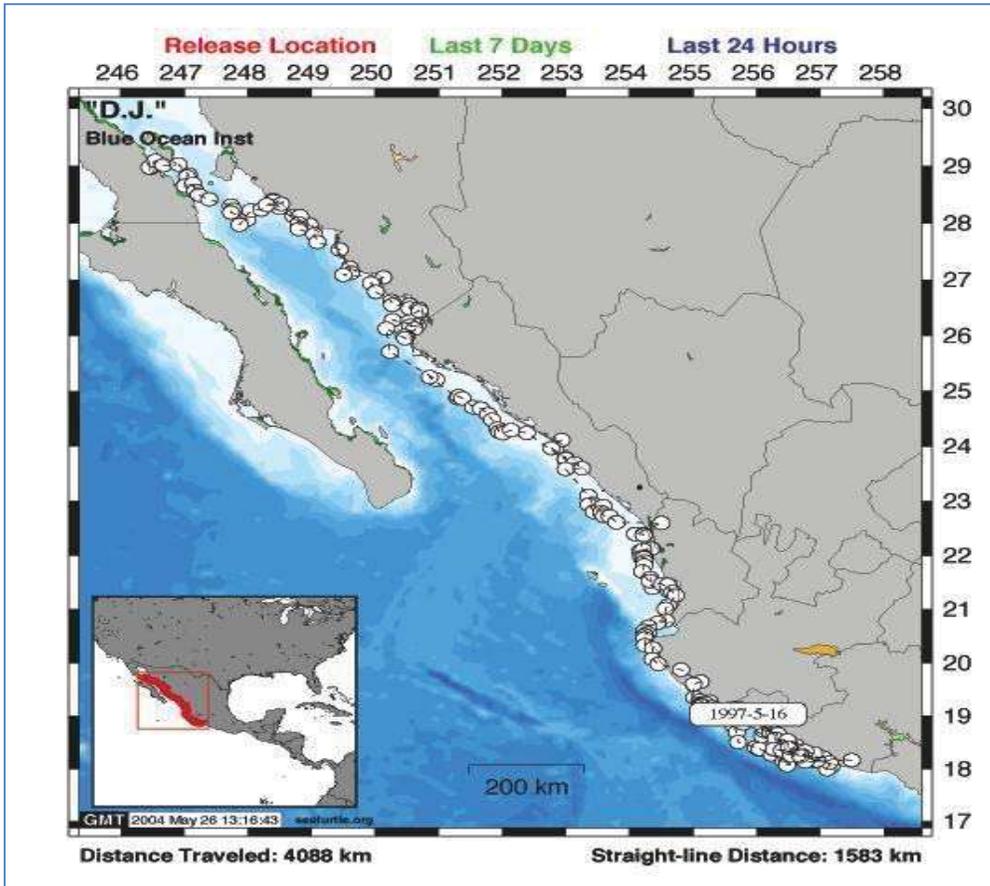


Figura 23. Ruta migratoria post-anidatoria de Hembra 3 de tortuga negra marcada en Colola, Michoacan

Tabla 5. Cuadro comparativo de algunos aspectos de importancia de los movimientos a larga distancia de hembras de tortuga negra en relación con los Machos de este estudio.

	HEMBRA 1 (Márquez, 1990)	HEMBRA 2a (Byles et al. 1995)	HEMBRA 2b (Byles et al. 1995)	HEMBRA 3 (Nichols et al. 2004)	HEMBRA 4 (Seminoff et al. 2000)	MACHO T1	MACHO T2
FECHA DE LIBERACIÓN	1976	1991	1991	1997	2000	05/01/2011	01/12/2011
DURACIÓN (d)	266	60	90	113	246	23	32
DISTANCIA RECORRIDA (km)	3 500	2 000	700	2 027	1 520	180.3	1452.4
VEL. PROM. NADO (km/d)	13.1	33.3	7.7	44	6.17	7.83	45.4

8. DISCUSION

8.1 Identificación de rutas migratorias

Los machos muestreados en este estudio, recorrieron distancias relativamente cortas dentro de los límites costeros del estado de Michoacán.

Los movimientos característicos que exhibieron cada uno de los machos muestreados podría explicarse por dos aspectos importantes: 1) La biología reproductiva de tortuga negra a través de la maximización del éxito reproductivo y 2) El comportamiento de forrajeo y la disponibilidad de alimento, está definida por la presencia y abundancia de los recursos asociados a los lugares preferidos y a la proporción de cada uno de estos (Guseman y Ehrhart, 1990).

Es probable que los movimientos de los machos muestreados respondieron a la búsqueda de hembras receptivas dentro del rango de distribución de tortuga negra en Michoacán para maximizar su éxito reproductivo y la inversión de una gran cantidad de tiempo en la zona se deba a la búsqueda intensa de hembras por parte de los machos y al final estar determinando los movimientos característicos que exhiben dentro de su rango de distribución en Michoacán, como se ha demostrado con los machos de tortuga lora en el Golfo de México, seguidos por telemetría satelital (Shaver *et al.* 2005). La permanencia por cuando menos un mes después del pico de la temporada de anidamiento (Diciembre y Enero) de los dos machos sugiere que cuando menos algunos machos permanecen en la zona de reproducción por periodos largos, lo que coincide con los resultados de Shaver *et al.* (2005) para los machos de *L. kempii* en Tamaulipas.

En cuando al acceso al alimento, el comportamiento referido a los movimientos de ambos machos (especialmente del Macho T2) los cuales en su mayoría en aguas profundas, podrían estar asociados con alimentación oceánica o con esfuerzos para localizar algún sitio de forrajeo temporal

(Cheng, 2000). Se ha demostrado que los organismos del género *Chelonia* forrajean en mar abierto lejanas a las áreas continentales (Tröeng, 2004). La disponibilidad de alimento no es factor limitante, como es el caso de las tortugas carey en Isla mona, Puerto Rico (Diez y Van Damm, 2002) ya que es probable que en el transcurso de la ruta que siguen hacia sus áreas permanentes de forrajeo continúen alimentándose.

Es probable que el alimento cerca de las áreas de reproducción, en el caso de esta especie, se encuentra limitado, lo que crea un potencial de competencia por los recursos lo que hace que las tortugas deben considerar adoptar algunas estrategias oportunísticas alimentándose de otros organismos, como ocurre con los individuos de tortuga prieta en Bahía Los Angeles, en México (Seminoff *et al.*, 2008).

Se desconoce como las tortugas verdes pueden adaptar su comportamiento de forrajeo, estudios previos sugieren que la flora microbial de los tractos florintestinales de la tortuga verde son especializados para ambas dietas (Bjorndal, 1980; Fuentes *et al.*, 2006). A pesar de que se ha definido a las algas –*Rhodophyta Phaeophyta Clorophyta* especialmente del género *Macrocystis*, *Thodymenia* y *Gigartina*, *Sargassum* y *Ulva*- como principal componente de la dietas de las tortugas negra (Hays-Brown y Brow, 1982; Nieves, 1993; Rincón-Díaz y Rodríguez-Zárate, 2004; Alvarado y Delgado, 2005) para los sitios de Colola y Maruata en Michoacán, existe evidencia de que también se alimentan de otros organismos según resultado de lavados estomacales realizados a machos de tortuga negra en la costa michoacana por Martínez-Ruiz y Delgado (sin publ.) quienes afirman que juveniles y machos de tortuga negra se alimentan de tunicados (*Salpa máxima*) y medusas y sugiriendo que existe búsqueda activa de alimento basado en organismos gelatinosos. A pesar de que Mortimer (1981) no menciona diferencia en la dieta entre hembras y machos, Bjorndal (1985) concluye que es posible que los individuos puedan cambiar su dieta en periodos o movimientos a largo plazo siempre y cuando no exista disponibilidad de su dieta principal.

El macho T1, tuvo movimientos que se encontraron generalmente más cercanos al litoral costero (promedio= 1.75 km distancia de la costa) donde es probable que a pesar de pasar varios días cercana a las costas de Colola (aprox. 17 d) llegó el momento en que comenzó a migrar hacia el Noroeste, quizá en busca de alimento lejano a las áreas de reproducción. Estos movimientos costeros pueden servir para: 1) facilitar la navegación, 2) evitar riesgo de mortalidad y 3) reducir el costo de las migraciones que pueden permitir forrajeo aunque sea a costa de aumentar la distancia total de las migraciones, como es definido por Godley *et al.* (2002) y Hays *et al.* (2002). Esto bien podría referirse a que los machos tomaron ventaja de las rutas costeras como zona temporal de alimentación y/o reposo, como en el caso de las tortugas verdes en Taiwán en sus migraciones post-anidadoras (Cheng, 2000). Broderick *et al.* (2007) en su estudio por demostrar la fidelidad de las rutas migratorias de hembras anidadoras de tortuga verde y caguama menciona que la presencia de escalas a lo largo de su migración es evidencia de alimentación. En comparación con el Macho 2, que mostró tanto movimientos costeros como en mar adentro, puede argumentar que esta combinación de movimientos es por razones de energía más que por simple navegación, como se observa en los movimientos realizados por hembras de tortuga verde en el Mediterráneo (Godley *et al.*, 2002),

El estudio hecho por Van Damm *et al.* (2008) ha demostrado que la mayoría de los machos de carey migran de algún lugar lejano y puede incluir costos energéticos con el nado, pero que una vez arribando a las zonas de reproducción estos pueden reponer sus reservas alimentándose en dichas áreas. A pesar de que los machos presentan un gasto energético mucho menor en la época de reproducción, a comparación de las hembras, y el hecho de mantenerse alimentándose de lo que encuentran en estas áreas, ha permitido que estos machos de tortuga negra se mantengan por mayores tiempos en las áreas de reproducción.

8.2 Relación de los aspectos oceanográficos con los movimientos

Las condiciones ambientales presentes en las zonas de alimentación pueden generar disponibilidad de alimento y adquisición de recursos y por lo mismo la decisión de reproducirse en determinado año, así como el tiempo de migración (Kwan, 1994; Miller, 1997; Broderick *et al.*, 2001; Saba *et al.*, 2007; Chaloupka *et al.*, 2008; Reina *et al.*, 2009). El hecho de encontrar una probable permanencia del macho T2 en ciertos puntos a lo largo de la costa, podría indicar una búsqueda de fuentes de alimento. Observaciones de este macho definen su permanencia en áreas donde desembocan ríos o riachuelos –no precisamente en tiempo de lluvias- cerca de Caleta de Campos y de Lázaro Cárdenas, que traen consigo una cantidad de nutrientes que permiten el acercamiento y agrupamiento de gran variedad de especies de donde las tortugas, en ese caso los machos, pueden alimentarse en gran cantidad.

La temperatura del agua es quizá el factor más importante en la navegación de la familia Cheloniidae (Milton y Lutz, 2003) y causa cambios en la distribución y tipos de especies de macroalgas presentes en los hábitats costeros (Lapointe, 1999; Bjork *et al.*, 2008) por lo que permite el desplazamiento de los machos de zonas cercanas a la costa a zonas lejanas a la costa y viceversa, en busca de alimento.

Esta área de convergencia como menciona Seminoff *et al.* (2007) es biológicamente importante, ya que la intersección de dos masas de clorofila *a* a menudo dan como resultado una mayor abundancia de zooplancton y otros organismos flotantes que constituyen importantes recursos alimenticios para los depredadores marinos. Sin embargo, en Nicaragua se ha observado a las tortugas verdes que cuando es época de lluvias y los ríos desembocan con fuerza en el mar, las tortugas se alejan mar adentro (Mortimer, 1981). Por lo tanto, no es posible generalizar en comportamiento en todas las especies de tortuga marina en cuanto a los factores que influyen en los desplazamientos.

Aunque no se evaluaron los movimientos de los machos de tortuga negra en cuestión de la importancia de las corrientes marinas. Se ha demostrado que

pueden ser de ayuda lo cual les permite alcanzar mayor velocidad de nado (Balazs y Ellis, 2000), aunque respecto a los movimientos encontrados con hembras post anidatorias por Seminoff (2007) se duda que las corrientes superficiales sean de importancia ya que se han encontrado nadando contra corriente, implicando un mayor gasto energético.

Igualmente la temperatura del agua y los patrones de las corrientes marinas podrán ser importantes determinantes de la disponibilidad de presas para estas poblaciones de tortugas, particularmente cerca de las zonas frontales donde algunas tortugas forrajeen. Quizá la temperatura explica de mejor manera la ocurrencia de las tortugas marinas, algunas poblaciones de caguamas realizan sus movimientos migratorios latitudinalmente para alimentarse en ciertas aguas según la estación, regresando a las áreas templadas en invierno para comenzar la hibernación (Shoop y Kenney, 1992) En Australia, se ha observado a las tortugas verdes forrajeando en aguas con temperaturas tan bajas como 15 °C. (Read *et al.*, 1996). En este estudio la media de temperatura a la que se mueven tanto el macho T1 como el macho T2 fue de 25.9 y 20.8 °C respectivamente.

A pesar de que ha demostrado que algunos aspectos oceanográficos intervienen de alguna manera en los movimientos de las tortugas marinas, en el macho T1 no se encuentra ninguna relación significativa entre las rutas y las variables ambientales mientras que en el macho T2 se prueba que estadísticamente existe una relación entre sus movimientos y los tres aspectos oceanográficos evaluados. Esto puede sugerir que no existe un patrón definido para que los machos sigan una ruta hacia sus posibles áreas de alimentación.

8.3 Comparación de movimientos entre hembras y machos

Las diferencias significativas observadas en el rango migratorio y distancias de desplazamientos entre machos y hembras de tortuga negra pueden ser interpretadas en un contexto evolutivo en cuestión de predicción de abundancia de comida, lo que para Diez y Van Damm (2002) es una hipótesis

alternativa de la variación geográfica en rango de mortalidad también considerados.

La diferencia en la necesidad de recursos para la reproducción de las hembras en comparación de los machos puede explicar la diferencia observada en los procesos remigratorios el cual es más bajo para los machos (Godley *et al.*, 2002; Shroeder *et al.*, 2003).

Como se sabe, las hembras andantes de tortuga negra tienen sus áreas de forrajeo y alimentación definidas, a comparación de los machos que aún es desconocido. Es probable que por ellos estas hembras tengan una ruta migratoria hacia dichas áreas más definida a diferencia de los machos.

A lo largo del año, se observaron juveniles y machos de tortuga rondando en aguas del litoral michoacano, y no ha existido alguna razón especial la cual defina su permanencia, sin embargo, con este estudio sobre los movimientos en machos reproductores fue posible plantear estas dos teorías que con el tiempo es necesario comprobar. Este estudio es el inicio del conocimiento sobre desplazamientos de machos de tortuga negra, principalmente, lo que de ahí surgen numerosos cuestionamientos a los cuales hay que dar respuesta.

Todo esto sugiere la posibilidad de que los machos de tortuga negra se alimentan en aguas cercanas a las áreas de reproducción y que permanecen ahí por temporadas largas.

Como se mencionaba, esta información recopilada es solo un pequeño paso en este gran aspecto desconocido en términos biológicos y de comportamiento de los machos y por eso se recomienda seguir con investigaciones que permitan contribuir al mejor conocimiento y entendimiento de su ecología.

9. CONCLUSIONES

- Los machos muestreados recorrieron una distancia total de 180.3 y 1452.4 km en 23 y 32 días de transmisión respectivamente dentro del litoral costero de Michoacán.
- Los machos de tortuga negra se desplaza a una velocidad de 7.83 y 45.4 km/d durante el tiempo obtenido de transmisión.
- Al parecer las condiciones de temperatura del agua, profundidad y concentración de clorofila a no son determinantes en los movimiento de larga distancia de los machos muestreados.
- Los machos de tortuga negra exhibieron una velocidad promedio de nado de 31.9 km/d a diferencia de las hembras de tortuga negra que tienen una velocidad de nado promedio de 20.8 km/d.
- Los machos muestreados se mantuvieron a una distancia promedio de la costa 816.15 km a diferencia de las 5 hembras que recorrieron un promedio de 1 949.4 km de distancia. O sea que las hembras recorrieron un porcentaje de 58.2 % más que los machos rastreados.
- Los movimientos exhibidos por los machos al parecer puede deberse a que los machos intentan maximizar su éxito reproductivo buscando hembras a lo largo del rango de distribución de tortuga negra en Michoacán y/o al comportamiento de forrajeo activo debido a la ausencia de campos de macroalgas y pastos marinos en la costa de Michoacán y a la adopción de una dieta mas carnívora en relación con las hembras.
- Es probable que la poca accesibilidad al alimento cerca de las áreas de reproducción hace que los machos consideren adoptar algunas estrategias oportunistas alimentándose de otros organismos.
- Estos movimientos costeros presenciados por los machos, en especial por el Macho 1, permiten facilitar la navegación, evitar riesgo de mortalidad y reducir el costo de las migraciones rumbo a sus áreas bastas de forrajeo.
- En cuanto a los aspectos oceanográficos, no existe un patrón definido para que los machos sigan una ruta hacia sus posibles áreas de

alimentación, sin embargo la temperatura puede ser el mayor factor determinante de disponibilidad de alimento para las tortugas.

- En este trabajo es un avance importante que genera por primera información sobre los movimientos de machos reproductores de tortuga negra de la población de Michoacán, sin embargo, falta mucho por conocer sobre este aspecto tan importante de la biología de la tortuga negra y dista mucho de ser concluyente.

10.LITERATURA CITADA

- Addison, D. S., J. A. Gore, J. Ryder, and K. Worley. 2002. Tracking post-nesting movements of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) with sonic and radio telemetry on the southwest coast of Florida, USA. *Mar. Biol.* 141:201 - 205.
- Alvarado, J. and A. Figueroa. 1990. The ecological recovery of sea turtles of Michoacán, Mexico. Special attention: the black turtles *Chelonia agassizii*. Final report 1989 – 1990, U. S. Fish and Wildlife Service. Albuquerque, New Mexico. 51.
- Alvarado, J. and A. Figueroa. 1992. Recapturas post-anidadoras de hembras de tortuga marina negra (*Chelonia agassizii*) marcadas en Michoacán, México. *Biotropica* 24 (4):560 - 566.
- Alvarado, J. and C. Delgado. 2005. Tortugas Marinas de Michoacán: Historia Natural y Conservación. Comisión de Pesca del Estado de Michoacán, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 152.
- Bass A. L, Epperly S. P, Braun-McNeill J. 2006. Green turtle (*Chelonia mydas*) foraging and nesting aggregations in the Caribbean and Atlantic: impact of currents and behavior on dispersal. *J Hered* 97:346–354
- Balazs, G. H. 1978. A hawksbill turtle in Kaneohe Bay, Oahu. *Elapio* 38:128 - 129.
- Balazs, G. H. 1983. Sea turtles and their traditional usage in Tokelau. *Atoll Research Bulletin* 279: 30.
- Balazs, G. H. and Ellis, D. M. 2000. Satellite telemetry of migrant male and female green turtles breeding in the Hawaiian islands. In: Abreu-Grobois, F. A. et al. (eds), *Proc. of the 18th Annu. Symp. on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-436. 281 - 283.
- Balazs, G. H., P. Craig, B. R. Winton, and R. K. Miya. 1994. Satellite telemetry of green turtles nesting at French Frigate Shoals, Hawaii, and Rose Atoll, American Samoa. NOAA Tech. Memo., NMFS-SEFSC-351:184.
- Balazs, G.H., Miya, R.K. and Beavers, S.C. 1996. Procedures to attach a satellite transmitter to the carapace of an adult green turtle, *Chelonia mydas*. *Proceedings of the 15th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. US Dept. Commerce, NOAA Technical Memo. NOAA-TM-NMFSSWFSC- 37: 21–26.
- Bennet, J. A. and H. Kleerekoper. 1978. A preliminary investigation of the effects of chemical simulation on the locomotor behavior of hatchling green turtles (*Chelonia mydas*). *Florida Marine Research Publications* 33: 3 - 7.
- Bentivegna, F. 2002. Intra-Mediterranean migrations of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) monitored by satellite telemetry. *Marine Biology* 141:795-800.
- Bjorndal, K. A. 1985. Nutritional ecology of sea turtle. *Copeia* 3: 736 - 751.
- Bjorndal, K. A. 1997. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. P. Lutz and J. A. Musick (editors). *The Biology of Sea Turtles*, CRC Press, Boca Raton, FL. 199 - 231.

- Bjorndal, K. A. 2000. Prioridades para la investigación en Hábitats de Alimentación. Técnicas de Investigación y Manejo para la conservación de las Tortuga Marinas. K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editores). UICN/CSE Grupo Especialista en Tortuga Marina 4. 13 - 15.
- Bowen, B. W., F. A. Abreu-Grobois, G. H. Balasz, N. Kamezaki, C. J. Limpus, and R. J. Ferl. 1995. Trans-pacific migration of the loggerhead turtle (*Caretta caretta*) demonstrated with mitochondrial DNA markers. . Proc. Natl. Acad. Sci. 92:3731 - 3734.
- Byles, R. A. 1988. Satellite telemetry of kemp's ridley sea turtle, *Lepidochelys kempii*, in the gulf of Mexico. Report to the National Fish and Wildlife Foundation.
- Byles, R. A., J. Alvarado, and D. Rostal. 1995. Preliminary analysis of post-mating movements of the black turtle (*Chelonia agassizii*) from Michoacan, Mexico. In Proc. 12th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. J. I. Richardson and T. H. Richardson (compilers). NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-361:274.
- Carr, A. 1963. Orientation problems in the high seas travel and terrestrial movements of marine turtles. In *Bio-Telemetry*, Slater, L. E. (Ed), MacMillan, New York:179.
- Carr, A., M. H. Carr, and A. B. Meylan. 1978. The ecology and migrations of sea turtles, 7. The West Caribbean green turtle colony. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 162 (1):1 - 46.
- Carr, A. and L. H. Ogren. 1960. The ecology and migration of sea turtles, 4. The green turtle in the Caribbean Sea. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 121 (1):1 - 48.
- Carr, A., M. H. Carr, and A. B. Meylan. 1978. The ecology and migrations of sea turtles, 7. The West Caribbean green turtle colony. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 162 (1):1 - 46.
- Chassin, N. O. 2002. Estructura genética y sistemática molecular de la tortuga negra *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758) del Estado de Michoacán México. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, Universidad Autónoma de México.
- Cliffton, K., Cornejo, D. Felger, S. 1982. Sea turtle of the Pacific coast in México. In: *Biology and Conservation of sea turtle*. K. Bjorndal (ed.). Smithsonian Institution Press. Washington D. C.
- Cormack, R. M. 1979. Models for capture and recapture. In: R. M. Cormack, G. Patil y D. S. Robson, *Sampling Biological Population*. International Cooperative Publishing House, Fairland Maryland.
- Cornelius, S. E. 1986. The Sea Turtles of Santa Rosa National Park. Fundación de Parques Naturales Costa Rica, Costa Rica.
- Cornelius, S. E. y D. C. Robinson. 1986. Post-nesting movements of female olive ridley turtles tagged in Costa Rica. *Vida Silv. Neotrop.* 1(1): 12 - 23.
- Cromwell T. L. and E. Bennet. 1959. Surface drift charts for the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Bull. Inter-American Tropical Tuna Comm.* 3(5): 217-237.
- Dethmers K. E. M, Broderick D, Moritz C, FitzSimmons N. N. and others. 2006. The genetic structure of Australasian green turtles (*Chelonia mydas*): exploring the geographical scale of genetic exchange. *Mol. Ecol.* 15:3931-3946

- Diez, C.E. y J. A. Ottenwalder. Estudios de hábitat. Técnicas de Investigación y Manejo para la conservación de las Tortuga Marinas. K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editores). UICN/CSE Grupo Especialista en Tortuga Marina 4. 45 - 50.
- Eckert, K. L. and S. A. Eckert. 1987. Pre-reproductive movements of leatherback sea turtles (*Demochelys coriacea*) nesting in the Caribbean. *Copeia* 2:400 - 406.
- Eckert, S. A. 1998. Perspectives on the use of satellite telemetry and electronic technologies for the study of marine turtles, with reference to the first year long tracking of leatherback sea turtles. In Proc. 17th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. S. P. Epperly and J. Braun (Ed.). NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-415.
- Eckert, S. A. 2000. Sistemas de Adquisición de datos para el seguimiento del comportamiento y la fisiología de las Tortugas Marinas. Técnicas de Investigación y Manejo para la conservación de las Tortuga Marinas. K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editores). UICN/CSE Grupo Especialista en Tortuga Marina. 101 - 107.
- Ehrhart, L. M. 1982. A review of sea turtle reproduction. In: *Biology and Conservation of sea turtles*. K. A. Bjorndal (ed.). Smithsonian Institution Press, Washington D. C. 29 - 38.
- Forbes, G. A. 2000. Muestreo y Análisis de los Componentes de la Dieta. Técnicas de Investigación y Manejo para la conservación de las Tortuga Marinas. K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editores). UICN/CSE Grupo Especialista en Tortuga Marina 4. 165-170.
- Fritts TH (1981b) Pelagic feeding habits of turtles in the eastern Pacific. *Mar turt Newsl* 17:4-5
- Gerrodette, T. y B. L. Taylor. 2000. Estimación del Tamaño de la Población. Técnicas de Investigación y Manejo para la conservación de las Tortuga Marinas. K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editores). UICN/CSE Grupo Especialista en Tortuga Marina 4: 78 - 82.
- Godley, B. J., Richardson, S., Broderick, A. C., Coyne, M. S., Glen, F. and Hays G. C. 2002. Long-term satellite telemetry of the movements and habitat utilisation by green turtles in the Mediterranean. *Ecography* 25: 352-362.
- Green, D. 1984. Long-distance movements of Galapagos green turtles. *Journal of Herpetology* 18 (2): 121 - 130.
- Gulko, D.A. y K.L.Eckert. 2004. *Sea turtles: an ecological guide*. Mutual Publishing, Honolulu, HI. 128.
- Hamann, M., L. Sutherland, F. Ioban, R. Kennett, M. Fuentes, K. Dobbs y C. Limpus. 2008. Thermometers in the sand: research into sea turtles and climate change. *Wildlife Australia Magazine* 45 (4): 12 - 19.
- Hays G. C., Akesson S. y Godley B. J. 2001. The implications of location accuracy for the interpretation of satellite-tracking data. *Animal Behaviour*, 61: 1035-1040.
- Hays-Brown C, Brown WM. 1982. Status of sea turtles in the southeastern Pacific: emphasis on Peru. In: Bjorndal KA (ed) *Biology and conservation of sea turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 235 - 240
- Hendrickson, J. R. 1980. The ecological strategies of sea turtles. *Amer. Zool.* 20 (3); 597- 608.

- Henwood, T. A. y L. H. Ogren. 1987. Distribution and migrations of immature Kemp's ridley turtles (*Lepidochelys kempii*) and green turtles (*Chelonia mydas*) off Florida, Georgia and South Carolina. *Northeast Gulf Sci.* 9 (2):153 - 159.
- Henwood, T. A. y L. H. Ogren. 2000. Estudios en hábitats de alimentación: Captura y Manejo de tortugas. Técnicas de Investigación y Manejo para la conservación de las Tortuga Marinas. K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editores). UICN/CSE Grupo Especialista en Tortuga Marina 4. 75 - 77.
- Hirt, H. F. 1997. Synopsis of the Biological data on the Green Turtles *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758). Fish and Wildlife Service, Biological Report 97 (1).
- Hoffman, W. and T. H. Fritts. 1982. Sea turtle distribution along the boundary of the gulf stream current of Eastern Florida. *Herpetologica* 38: 405 - 409.
- Hughes, G. R. and Mentis, M. T. 1967. Further studies on marine turtles in Tongaland, II. *Lammergeyer*, 3(7): 55 72.
- Hughes, G. R. 1974. The sea turtles of south-east Africa. II. Status, morphology and distributions. *South African Assoc. Marine Biol. Res., Ocean Res. Inst.* 36: 1 -44.
- Hughes, G. R., P. Luschi, R. Mencacci, and F. Papi. 1998. The 7000 km oceanic journey of a leatherback turtle tracked by satellite. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 229 (2):209 - 217.
- Kalb, H. I., R. Valverde, and D. W. Owens. 1995. What is the reproductive pathc of the olive ridley sea turtle?. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-361:57.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. Benjamin/ Cummings Edt. 2a. ed. 620.
- Leslie, A. J., D. N. Penick, J. R. Spotila, y F. V. Paladino. 1996. Leatherback turtle, *Dermodochelys coriacea*, nesting and nest success at Tortuguero, Costa Rica, in 1990-1991. *Chel. Cons. Biol.* 2:159-168.
- Limpus, C. J. 1971. The flatback turtle, *Chelonia depressa* Garman, in south east Queensland, Australia. *Herpetológica* 27: 431 - 446.
- Limpus, C. J. 1984. The Flatback turtle, *Chelonia depressa*, in Queensland: Reproductive periodicity, philopatry and recruitment. *Aust. Wild. Res.* 11:579.
- Limpus, C. J., J. D. Miller, C. J. Parmenter, D. Reimer, N. McLachlan, y R. Webb. 1992. Migration of Green (*Chelonia mydas*) and Loggerhead (*Caretta caretta*) turtles to and from Eastern Australian Rookeries. *Wildlife Research* 19.
- Lutcavag, M. E. 1981. The status of marine turtles in Chesapeake Bay and Virginia coastal waters. Unpubl. Master's thesis, College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia.
- Márquez, R. 1990. FAO species catalogue: sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtles know to date. *FAO Fisheries Synopsis* 11 (125):81.
- Márquez, R. 2003. *Las Tortugas Marinas y nuestro tiempo*. 3a edition. Fondo de Cultura Económica.
- Mangel, J., Alfaro-Shigeto, J., Pajuelo, M., Cáceres-Bueno, C., Bernedo, F., Foley, D., Godley, B., Dutton, P. y J. Seminoff. 2010. Use of satellite telemetry to asses loggerhead turtle movements and fisheries interaction off Peru. Pag 113-114 En Dean, Kama & Lopez- Castro, Melania

- C.,compilers. Proceedings of the Twenty-eighth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation.
- Mendoca, M. T. and P. C. H. Pritchard. 1986. Offshore movements of post-nesting kemp's ridley sea turtles (*Lepidochelys kempi*). *Herpetologica* 42 (3):373 - 381.
- Meylan, A. 1982. Behavioral ecology of the west Caribbean green turtle (*Chelonia mydas*) in the internestig habitat. In *Biology and Conservation of Sea Turtles*, Bjorndal, D. (Ed.) Smithsonian Institution Press, Washington D.C.:67.
- Meylan, A. 1999. Status of the Hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) in the Caribbean region. *Chelonian Conservation and Biology* 3 (2): 177 - 184.
- Millan Nuñez, R., E. Santamaría del Angel y A. González-Silvera, 2006. Metodología para la regionalización de la zona oceánica mediante aspectos biológicos. Ana Córdova y Vázquez, Fernando Rosete Verges, Gilberto Enríquez Hernández y Benigno Hernández de la Torre (compiladores). Ordenamiento ecológico marino; Visión temática de la regionalización. México. 226.
- Moncada, F. , F. Carillo, E. Saenz and G. Nodarse. 1999. Reproduction and nesting of the hawksbill turtle, *Eretmochelysimbricata*, in the Cuban archipelago. *Chelonian Conservation and Biology* 3(2): 257-263.
- Mortimer, J. A. The feeding ecology of the west Caribbean Green Turtle (*Chelonia mydas*) in Nicaragua. *Biotropica* 13: 49 - 58.
- Mrosovsky, N. 1980. Thermal biology of sea turtles. *Amer. Zool.* 20 (3): 531 - 547.
- Nichols, W. J., R. Rangel and J. Seminoff. 2004. Black turtle working group 2004: feeding ground monitoring and conservation update. Blue Oceanic Institue. NMFS-SWFSC.
- Owen, D. W., M. A. Grassan, and J. R. Hendrickson. 1982. The imprinting hypothesis and sea turtle reproduction. *Herpetologica* 38.
- Parker D.M, Balazs G.H. (in press) Diet of the oceanic green turtle, *Chelonia mydas*, in the North Pacific. In: *Proceedings of the 25th International Symposium on Sea Turtle Biology 15 and Conservation*, National Marine Fisheries Service, Miami, FL
- Parker, D. M., W.J. Cooke y G.H. Balazs. Diet of oceanic loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Central North Pacific Fishery Bulletin [Fish. Bull.]. 103(1): 142 - 152.
- Pihen, Estefanía, Vanessa Nielsen y Mario Espinoza. 2006. Cap. XI Tortugas marinas. Informe Técnico: Ambientes Marino Costeros de Costa Rica. Vanessa Nielsen y Marco A. Quesada Alpízar (editores). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. 159 - 166.
- Papi, F., H. C. Liew, P. Luschi, and E. H. Chang. 1995. Long-range migratory travel of a green turtle tracked by satellite: evidence for navigational ability in the open sea. *Mar. Biol.* 12: 171.
- Plotkin, P. T., M. K. Wicksten, and A. F. Amos. 1993. Feeding ecology of the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* in the Northwestern Gulf of Mexico. *Marine Biology* 115 (1):1 - 5.
- Polovina JJ, Howell EE, Kobayashi DR, Seki MP. 2001. The transition zone chlorophyll front, a dynamic global feature defining migration and forage habitat for marine. *Resources. Prog Oceanogr* 49:469–483

- Pritchard, P. C. H. 1976. Post-Nesting Movements of Marine Turtles (Cheloniidae and Dermochelyidae) Tagged in the Guianas. *Copeia* 4:749 - 754.
- Reina, R. D., J. R. Spotila, P. A. Mayor, R. Piedra, and F. V. Paladino. 2002. Nesting Ecology of the Leatherback Turtle, *Dermochelys coriacea*, at Parque Nacional Marino Las Baulas, Costa Rica: 1988-1989 to 1999-2000. *Copeia* 2002: 653 - 664.
- Ress, A. F., Jony M., Margaritoulis D. and B. J. Godley. 2008. Satellite tracking of a Green Turtle, *Chelonia mydas*, from Syria further highlights importance of North Africa for Mediterranean turtles. *Zoology in the Middle East* 45: 49 - 54.
- Richardson, J. I. 2000. Prioridades para los Estudios sobre la Biología de la Reproducción y de la Anidación. Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editores). UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas 4. 9 - 12
- Seminoff, J., J. Alvarado, C. Delgado, J. L. López, and G. Hoeffler. 2002. First direct evidence of migration by an east pacific green sea turtle from Michoacán, Mexico to a feeding ground on the Sonoran coast of the Gulf of California. *Southwestern Naturalist* 47 (2):314 - 316.
- Seminoff, J. 2003. Ecology of *Chelonia mydas* at feeding grounds in the Eastern Pacific: perspectives from Baja California. In: Jeffrey A. Seminoff (compiler). *Proceedings of the 22th annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*:309
- Seminoff, J., A. Resendiz-Hidalgo, B. Jiménez de R. W. Nichols y T Todd-Jones. 2008. Tortugas marinas. Capítulo 16. Bahía de los Angeles; recursos naturales y comunidad. Gustavo D. Danemann y Exequiel Ezcurra (Eds). SEMARNAT, INECOL, Pronatura Noroeste A.C. San Diego Natural History Museum.
- Shanker, K. B. C., B. Pandav, B. Tripathy, C. S. Kar, S. K. Kar, N. K. Gupta, and J. G. Frazier. 2003. Tracking olive ridley turtles from Orissa. In *Proc. 22th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. J. A. Seminoff (compiler). NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-503:50 - 51.
- Shaver, D. J., B. A. Shroeder, R. A. Byles, P. M. Burchfield, J. Peña, R. Márquez, and H. J. Martínez. 2005. Movements and home ranges of adult male Kemp's ridley sea turtles (*Lepidochelys kempii*) in the Gulf of Mexico investigated by satellite telemetry. *Chelonian Conservation and Biology* 4 (4):817 - 827.
- Shoop, C. R. and C. Ruckdeschel. 1989. Long. Distance movements of a juvenile loggerhead sea turtle. *Marine Turtle Newsletter* 47:15.
- Spotila, J. R. 2004. *Sea Turtles: a complete guide to their biology, behavior, and conservation*. The Johns Hopkins university Press. 227.
- Takayoshi, I., N. Kamezaki, Y. Matsuzawa, T. Shima, K. Mizuno, and S. Higashi. 2008. Analysis of the movement of loggerhead sea turtles off coast of Japan. In *Proc. 27th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. A. R. Rees, M. Frick, A. Panagopoulou and K. Williams (compilers). NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-569:45.
- Thayer, G. W., K. A. Bjorndal, J. C. Ogden, S. L. Williams, and J. C. Ziemann. 1984. Role of larger herbivores in seagrass communities. *Estuaries* 7: 351-376.

- Troeng, S. 2004. Especie migratorias de Costa Rica. Migraciones de tortuga narina. Revista semestral de la escuela de ciencias ambientales Univ. Nac. de Costa Rica. Eduardo Mora (ed).
- Troëng S, Evans DR, Harrison E, Lagueux CJ. 2005. Migration of green turtles *Chelonia mydas* from Tortuguero, Costa Rica. *Mar Biol* 148:435–447.
- Troëng, S. y E. Rankin. 2005 Esfuerzos de conservación de largo plazo contribuyen a una tendencia positiva de anidación de tortuga verde *Chelonia mydas* en Tortuguero, Costa Rica. *Biol. Conserv.* 121: 111 - 116.
- Troëng, S. R. Solano, A. Díaz-Merry, J. Ordoñez, J. Taylor, D.R. Evans, D. Godfrey, D. Bagley, L. Ehrhart y S. Eckert. 2006. Report on Long-Term transmitter harness retention by a Leatherback turtle. *Marine Turtle Newsletter* 111:6 - 7.
- Vasconcelos, P. J., G. H. Balazs, C. Peñaflores, D. M. Parker, and E. Albavera. 2005. Tracking the migration in oceanic waters of two olive ridley turtles *Lepidochelys olivacea* after they nested at La Escobilla beach, Oaxaca, Mexico. In *Proc. 21th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. M. S. Coyne and R. D. Clark (compilers). NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-528.:271 - 273.
- Wilson, E. G., K. L. Miller, D. Allison and M. Magliocca. 2010. Why healthy oceans need sea turtles: The importance of sea turtles to marine ecosystems. *Oceana Protecting the World's Oceans*. 17.