

Protocolo para el conteo de tortugas marinas por el método de transecto: experiencias en buques oceanográficos

E. Betzabeth Palafox-Juárez, María de los Ángeles Liceaga-Correa y Eduardo Cuevas¹

Resumen

En el gran ecosistema del Golfo de México habitan cinco de las siete especies de tortugas marinas que existen en el mundo; todas catalogadas como especies protegidas a nivel nacional e internacional. Las tortugas marinas pasan más del 95 % de su vida en hábitats meramente marinos, utilizando ambientes pelágicos, neríticos y oceánicos en sus diferentes estadios de vida: reproducción, alimentación, crianza, desarrollo y migración. El estudio de estas especies en su medio marino implica grandes retos logísticos y técnicos, así como altos costos económicos. Entre las alternativas más utilizadas para estudios en estos ambientes, se encuentra el conteo de individuos desde plataformas móviles, usualmente embarcaciones mayores, implementando el método de transecto en línea. Algunos factores intrínsecos de las tortugas, como los hábitos etológicos y ecológicos; y extrínsecos como las condiciones ambientales, agregan complejidad a este tipo de estudios; sin embargo, se han desarrollado diversas estrategias para compensar el sesgo en los datos colectados. Este documento surge como resultado de la participación en diversas campañas oceanográficas realizadas a lo largo del litoral del Golfo de México y del Caribe Mexicano, y tiene como objetivo presentar un protocolo estandarizado para el conteo de tortugas marinas desde buques, y documentar los equipos y materiales mínimos necesarios para realizar los conteos. La información generada a

Abstract

The Large Ecosystem Gulf of Mexico is inhabited by five of the seven species of sea turtles in the world. All of them are protected by national and international laws and conventions. The Sea turtles spend more than 95% of their life cycle in marine ecosystems, inhabiting pelagic, neritic and oceanic habitats along their different life stages: breeding, feeding, nursing and migrating. The study of these species in their marine environments implies big logistical and technical challenges, usually associated to high economic costs. Among the most used alternatives for studies in these ecosystems is the counting of individuals from vessels, usually large ones, and implementing the line transect method. Some intrinsic factors such as the ethology and ecology of sea turtles, as well as extrinsic ones like the environmental conditions and the sea state, add more complexity to this type of studies; however, it has been developed some strategies to contend with biases in collected data. This document comes out as the result of our participation in various oceanographic campaigns along the Gulf of Mexico and the Mexican Caribbean, and aims to present an alternative of standardized protocol for counting sea turtles from large vessels, as well as to document the minimum necessary equipment and materials to carry on the count. The information generated from the implementation of a protocol like this, expands the knowledge of population

¹ Centro de Investigación y de Estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. Km 6 Antigua Carretera a Progreso, C. P. 97310, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 9429463.

Email: betzafox@gmail.com; maria.liceaga@cinvestav.mx; ecuevas@cinvestav.mx

Autor de correspondencia: María de los Ángeles Liceaga Correa (maria.liceaga@cinvestav.mx)

partir de la implementación de un protocolo como éste, amplía el conocimiento de la ecología poblacional de tortugas marinas, y contribuye al conocimiento de su distribución espacial y temporal; así como a la estimación de su abundancia y densidad en ambientes neríticos y oceánicos.

Palabras clave: Tortugas marinas; hábitats oceánicos; conteos; método de Distancia; Golfo de México.

ecology for these species, and contributes to the knowledge of their spatial and temporal distribution; as well as assessing their abundance and density in neritic and oceanic environments.

Key words: Marine turtles; oceanic habitats; sighting; distance method; Gulf of Mexico.

Introducción

Las tortugas marinas son especies de megavertebrados que utilizan ampliamente diferentes hábitats neríticos y oceánicos del Golfo de México. Este gran ecosistema es hábitat de cinco de las siete especies de tortugas marinas que existen en el mundo, mismas que están catalogadas como especies protegidas por la legislación mexicana, y por convenciones internacionales de las que México forma parte, como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas. Las especies que se distribuyen en el Golfo son: tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*; Linnaeus, 1766), tortuga blanca (*Chelonia mydas*; Linnaeus, 1758), tortuga lora (*Lepidochelys kempii*; Garman, 1880), tortuga caguama (*Caretta caretta*; Linnaeus, 1758) y tortuga laúd (*Dermochelys coriácea*; Linnaeus, 1766). Éstas utilizan hábitats neríticos y oceánicos a lo largo de sus diferentes estadios de vida, haciendo en conjunto, un uso prácticamente continuo de las aguas del Golfo. Este uso podría clasificarse en agregaciones (reproductivas, de alimentación y desarrollo), así como corredores migratorios (Blumenthal *et al.*, 2009a, Cuevas *et al.* 2008, Hart *et al.* 2012, Whiterington *et al.* 2012, Mansfield & Putman 2013, Saba 2013, Shaver *et al.* 2013).

Las etapas marinas de éstas especies, que representan más del 95% de su tiempo de vida (Byles, 1994), son complejas de estudiar debido a los costos y nivel de especialización requeridos para realizar estudios en estos hábitats, particularmente en aquellas zonas

alejadas de la costa, para las cuales se requieren embarcaciones con capacidades particulares de autonomía, por lo que los estudios en tales zonas no son frecuentes en el Golfo de México y el Caribe Mexicano.

Entre las alternativas para conocer la distribución espacial y temporal de individuos de tortugas marinas en ambientes neríticos lejanos de la costa, y los meramente oceánicos, se encuentra el conteo de individuos por el método de transecto lineal desde buques pesqueros y de investigación (Eguchi *et al.* 2007). Desde estas plataformas y con observadores abordo, haciendo búsquedas desde un punto fijo de la embarcación durante las travesías, es posible observar y contabilizar individuos de tortugas en zonas costeras y oceánicas. Esta herramienta ha sido ampliamente utilizada en el estudio de mamíferos marinos (Carretta *et al.* 2001, Calambokidis & Barlow 2004, Jackson *et al.* 2004, Henkel & Harvey 2008), y se ha probado de manera exitosa para el estudio de aves (Camphuysen *et al.* 2004, Ronconi & Burger 2009) y tortugas marinas (Eguchi *et al.* 2007).

Entre los factores a considerar en la implementación del método de transecto al conteo de tortugas marinas, están: su comportamiento, las etapas de su ciclo de vida y la variabilidad anual en la que se realice el estudio (van Dam & Diez 1996, Hochscheid *et al.* 1999, Blumenthal *et al.* 2009b, I-Jiunn 2009, Okuyama *et al.* 2014). Las tortugas marinas son organismos que pasan cortos períodos en la superficie, generalmente sólo una fracción de minutos para respirar. Esta condición representa un importante reto para el conteo de tortugas marinas por el método convencional de

transecto. Algunos autores como Eguchi *et al.* (2007) han sugerido estrategias para compensar el sesgo que provoca este comportamiento en los datos colectados; sin embargo, es una realidad que debe ser contemplada en cualquier estudio de esta naturaleza.

A pesar de las particularidades que la biología de las tortugas marinas implica, el uso de esta estrategia es plenamente reconocido y validado por especialistas, y está ampliamente documentado. Además de ser una alternativa versátil que puede adaptarse a diferentes condiciones de la embarcación, siempre que tenga buena estabilidad (Henkel & Harvey 2008).

El objetivo de este trabajo fue presentar una alternativa de protocolo estandarizado para el conteo de tortugas marinas desde buques mexicanos (a diferencia de otras evidencias de estos conteos desde buques meramente oceanográficos, en otras regiones del mundo); así como, documentar el equipo y los materiales mínimos necesarios para realizar los conteos. Con ellos se busca información necesaria para la estimación y monitoreo de la abundancia y densidad de las poblaciones de tortugas marinas en sus ambientes neríticos y oceánicos.

La información presentada en este documento, se basa en experiencias adquiridas durante campañas oceanográficas realizadas a lo largo del litoral del Golfo de México y el Caribe Mexicano, incluyendo oportunidades de participación en diversas travesías de monitoreo, vigilancia y campañas de investigación oceanográfica de la Secretaría de Marina Armada de México.

Bases teóricas del método cuantitativo de estimación

El método más utilizado y recomendado para el estudio de poblaciones en vida silvestre por conteo de individuos es el muestreo en transectos lineales definido por Buckland *et al.* (1993), mismo que ha sido descrito a detalle junto con sus aplicaciones y software existente en Buckland *et al.* (2004) y Thomas *et al.* (2010). Presentamos aquí algunos aspectos clave, para mayor detalle ver Buckland *et al.* (2012).

En este método, una región es muestreada

mediante la colocación de una serie de líneas paralelas dispuestas de manera aleatoria o sistemática (transectos), en donde un observador se desplaza a lo largo de cada transecto, registrando cualquier organismo detectado a una distancia w de la línea. Las distancias perpendiculares " x ", desde el transecto a cada objeto de interés, son estimadas y registradas, y a partir de éstas mediciones se estima la densidad y la abundancia de los organismos de interés, mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{E(n)}{a \cdot Pa}$$

Donde D = es la densidad de objetos por unidad de área.

$E(n)$ = número esperado de animales por unidad de área.

a = número de objeto de interés

Pa = probabilidad de detectar al objeto.

El método asume tres supuestos que para la mayoría de las poblaciones de fauna en vida silvestre son complejos de cumplir. A partir de aplicación en diferentes grupos objetivo, se han logrado definir estrategias que han permitido contender con estos supuestos (Thomas *et al.* 2010), haciendo el análisis más objetivo. Los supuestos a saber son los siguientes:

1. Los individuos que se encuentren en el área del transecto se detectan con certeza, pero la probabilidad de detección disminuye al aumentar la distancia desde la línea del transecto al sitio de observación. Por lo tanto, no siempre todos los animales dentro del ancho del transecto son detectados (Thomas *et al.* 2010). Para atender esta suposición se recomienda: Adaptar una función de detección de las distancias observadas, y utilizar esta función ajustada para estimar la probabilidad de detección de los objetos en el muestreo (Thomas *et al.* 2002), y contar con dos observadores, o doble plataforma de observación (dos buques navegando en paralelo) (Laake & Borchers 2004). Los observadores trabajarán en "una sola vía

o con independencia”, de modo que cada observador tendrá sus propios avistamientos, y ambos estarán al tanto de las detecciones realizadas por el otro.

2. Los objetos no se mueven. Se asume que el organismo no responde al movimiento del barco antes de la detección, ya que supone que los individuos se encuentran de forma independiente de la posición y recorrido del buque (Buckland *et al.* 2001).
3. Las mediciones son exactas. Los observadores no entrenados tienden a estimar distancias poco precisas. Para tener mayor actitud en el muestreo, se recomienda usar binoculares con gradilla, y registrar la retícula y el ángulo, a la cual se detectó al individuo (Alldredge *et al.* 2007, Buckland *et al.* 2001).

Conteo de tortugas marinas

Para el estudio de tortugas marinas, la adecuación al método considera el registro y conteo de individuos detectados a la distancia w de la línea del transecto; en este caso, los conteos se deberán realizar durante los recorridos de navegación del buque, con luz natural, desde la parte más alta y accesible de la embarcación.

Entre las desventajas de la aplicación de éste método en el estudio de poblaciones de tortugas marinas en hábitats oceánicos, está la suposición de que todos los individuos en el transecto serán detectados, pues no todas las tortugas lo serán. La probabilidad de detección disminuye al aumentar la distancia al buque (Figura 1), tanto por hábitos propios de la especie (son organismos solitarios), por su comportamiento de buceo (sólo están en superficie para respirar o descansar), porque se sumergen al paso del buque, y porque se refugian y ocultan en objetos flotantes, entre otros. Aunado a ello, el estado del mar y condiciones ambientales como la visibilidad, nubosidad, reflejo del sol, etc., son factores que influyen en los conteos desde buques; por ello es recomendable registrar toda la información posible, que contribuya a documentar las condiciones generales bajo las cuales se obtuvo cada uno de los registros.

Entre las recompensas de afrontar el reto, están la posibilidad de estudiar a este grupo en un ambiente poco estudiado, la oportunidad de incluir tanto a machos como hembras; así como, una amplia gama de clases de edad, y etapas de vida como alimentación, reproducción y crianza (Chaloupka & Musick 1997, Seminoff *et al.* 2003, Fuentes *et al.* 2015).

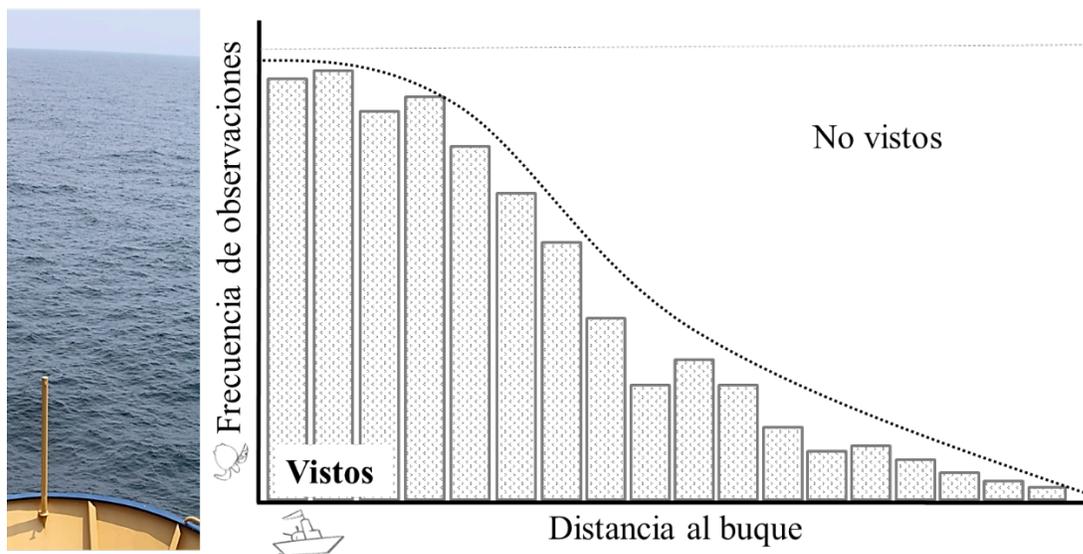


Figura 1. Representación de una distribución de la probabilidad de detección de individuos de tortuga marina, observados desde embarcaciones mayores (Gráfica modificada de Thomas *et al.*, 2002; Fotografía B. Palafox).

Los datos derivados de la aplicación de un protocolo como éste, son clave para, entre otras cosas, conocer zonas de agregación y rutas migratorias, necesarias para la evaluación de amenazas tanto humanas como naturales, potenciales riesgos de colapso de la población, así como la identificación de áreas prioritarias para su conservación y manejo (Eguchi *et al.* 2007, Blumenthal *et al.* 2009a, Cuevas *et al.* 2010).

Protocolo para el avistamiento y conteo de individuos

Para realizar los conteos de tortugas marinas desde el buque oceanográfico se recomienda seguir los siguientes pasos:

Una vez abordado, los observadores deberán buscar un punto elevado, accesible y seguro desde donde puedan realizar los conteos. Se sugiere utilizar como plataforma de observación el magistral de la embarcación (Figura 2 A, B, C y D)



A



B



C



D

Figura 2. Ubicación sugerida para la plataforma de observación. Se ilustran diferentes buques que operan en el Golfo de México. A) Buque tipo patrulla costera clase "Azteca" de la Secretaría de Marina Armada de México P224 – Yucatán; B) Buque de Investigación Oceanográfica de la Universidad Autónoma de Tamaulipas UAT-1 CIDIPORT; C) Buque de Investigación Oceanográfica de la Secretaría de Marina Armada de México BIO 4-Antares; D) Buque de Investigación Oceanográfica de la Universidad Nacional Autónoma de México Justo Sierra. Fotografías B. Palafox.

Durante los recorridos del buque con luz natural (transectos), los observadores buscarán de manera constante individuos de tortugas marinas. Se sugiere que los conteos inicien al amanecer y finalicen al atardecer, todos los días de operación de la embarcación en aguas abiertas.

Una vez en la plataforma de observación y equipados con los materiales referidos en la tabla I. Los avisadores llevarán a cabo búsquedas de manera constante, alternando entre observaciones a simple vista y con binoculares. Un telescopio con mayor capacidad de medición de distancia y telescópica (p. ej. lentes 25 x 150) puede ser de gran utilidad.

Tabla I. Listado de equipos y materiales requeridos para los avistamientos

Materiales	Equipos
Formatos Avistamiento.	Binoculares con gradilla y brújula p.ej. Barska, modelo Battalion 7x50.
Tabla de acrílico.	Reloj.
Libros de identificación.	GPS.
Lápices.	Anemómetro.
Hojas blancas.	Radio.
Pilas.	Cámara.
Broches/pinzas.	
Carpeta de protocolos.	

Las observaciones se centrarán hacia el frente del buque en un arco de aproximadamente 200° (Figura 3). Los barridos de observación deberán incluir también búsquedas sistemáticas hacia la popa del buque (LGL, Ltd., 2005).

El campo visual por cubrir es amplio, y el trabajo a cielo abierto por largos período de tiempo, es extenuante, por ello se recomiendan turnos de 4 hrs de observación por 1 o 2 hrs de descanso, dependiendo del número de observadores y las horas con luz natural disponibles.

Para aumentar la certeza y robustez en las observaciones, e incrementar la capacidad de detección de individuos de tortugas marinas, se recomienda la participación simultánea de al menos 2 observadores (Figura 4). Cuando sólo se cuente con un observador, se sugiere que los periodos de búsqueda no excedan las 4 horas para evitar fatiga visual y merma en la certeza de las observaciones.

Es necesario registrar y mantener el número de observadores en cada campaña, pues el método de transecto contempla variaciones en el procesamiento y análisis de los datos, dependiendo del número de observadores que participan en los conteos (ver Buckland *et al.* 2004).



Figura 3. Vista panorámica de la superficie en observación, desde el Magistral del Buque Oceanográfico Justo Sierra. Fotografías B. Palafox.



Figura 4. La participación de dos observadores abordo, uno a cada lado del buque, fortalece la eficiencia del muestreo. Fotografías B. Palafox.

Para contar con la mayor cantidad de información posible de las condiciones ambientales durante los avistamientos, se recomienda llenar una bitácora con parámetros ambientales cada hora, durante los transectos (Anexo 1), incluyendo la siguiente información (Modificados de LGL Ltd 2005; Figura 5):

Nombre del buque en el que se realice la travesía. Código o nombre de la campaña de que se trate. Nombres de los observadores

para el turno específico en que se llene el formato. Identificador consecutivo de las hojas de la bitácora de campo.

Especificar el área del buque utilizada como plataforma de observación (Cofa, Magistral, Puente). Fecha completa, es recomendable escribir el mes con letras, por ejemplo, 21 abril 2015. Registrar la hora del inicio y fin de cada transecto, y especificar si fue por fin de jornada, por manobras del buque, o

Anexo 1.- Formato de campo para el registro de variables ambientales durante la búsqueda activa de tortugas marinas a bordo de embarcaciones mayores

Buque: _____		Campaña: _____					
Observadores: _____				Folio: _____			
Observador	Ubicación del observador	Fecha	Hora del turno		Latitud	Longitud	Observaciones
			Inicio	Fin			
Hora de la Observación	Edo. Mar	Visibilidad	Deslumbre		Profundidad	# ID Avistamiento	
Observador	Ubicación del observador	Fecha	Hora del turno		Latitud	Longitud	Observaciones
			Inicio	Fin			
Hora de la Observación	Edo. Mar	Visibilidad	Deslumbre		Profundidad	# ID Avistamiento	
Observador	Ubicación del observador	Fecha	Hora del turno		Latitud	Longitud	Observaciones
			Inicio	Fin			
Hora de la Observación	Edo. Mar	Visibilidad	Deslumbre		Profundidad	# ID Avistamiento	
Observador	Ubicación del observador	Fecha	Hora del turno		Latitud	Longitud	Observaciones
			Inicio	Fin			
Hora de la Observación	Edo. Mar	Visibilidad	Deslumbre		Profundidad	# ID Avistamiento	

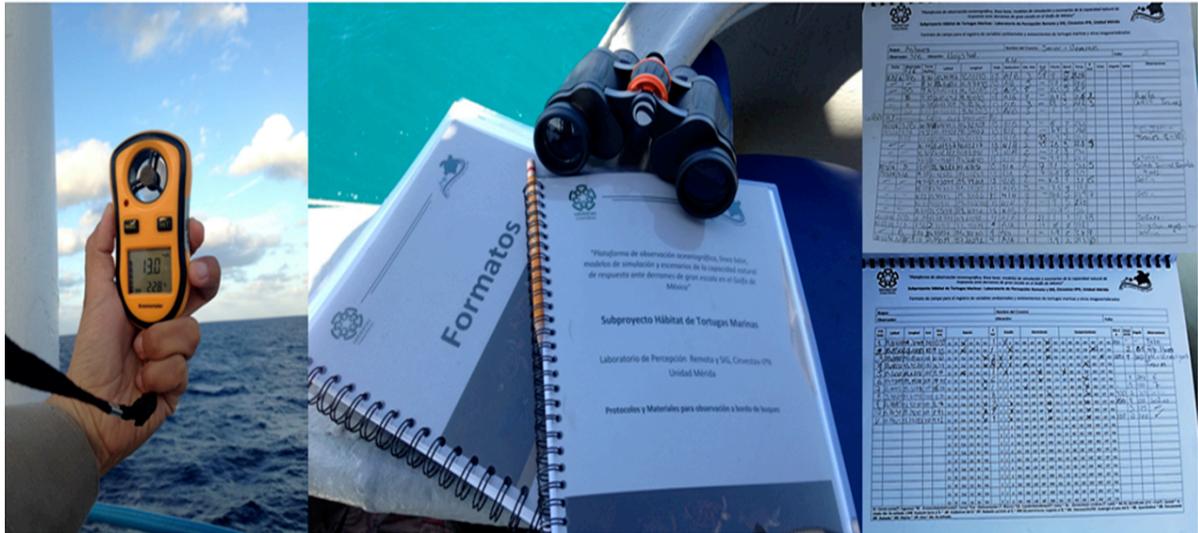


Figura 5. Registro de variables ambientales y avistamientos de tortugas marinas durante las jornadas de trabajo. Fotografías B. Palafox.

cualquier otro motivo por el cual la embarcación se detenga, o reinicie la navegación. Esta información es clave para identificar el inicio, fin, duración y longitud de cada transecto.

También es importante contar con una estimación de la distancia máxima, a la cual los observadores pueden ver al horizonte desde el buque, a simple vista y con binoculares, este dato, aunque subjetivo es importante pues permite definir el área efectiva de observación.

De manera adicional, al inicio la travesía, se deberá encenderse un navegador GPS y asegurarse de que éste guarde el recorrido del buque durante todo el tiempo de navegación, con el fin de contar con el derrotero de la campaña.

Bajo ciertas condiciones, la luz del sol es reflejada por la superficie del agua y ésta toma un aspecto opaco o de espejo, lo que dificulta la observación de organismos que puedan estar nadando cerca de la superficie (Figura 6); por lo que es necesario registrar el nivel de deslumbramiento, para ello se sugiere considerar al menos dos condiciones particulares del deslumbramiento causado por el reflejo de la luz solar sobre la superficie del mar, qué tan intenso es (cantidad) y su ubicación. Ésta también esta es una variable cuya medición de intensidad es subjetiva, pero es de gran

importancia para estimar la precisión y calidad de los registros (Figura 7).

El estado del mar y la velocidad son otras variables que deberán tenerse en cuenta en la bitácora de campo. Se recomiendan estimaciones visuales basadas en la escala de Beaufort y de ser posible contar con un anemómetro, además de apoyarse en de los equipos de navegación del buque. Se sugiere no realizar observaciones con un estado del mar por arriba de 4 en la escala de Beaufort 4 (20 – 28 km/h; Figura 8), por seguridad de los observadores que se encuentran en una zona desprotegida y abierta del buque y porque los registros de tortugas marinas tienen un alto grado de incertidumbre bajo estas condiciones.

Es necesario contar con los datos de profundidad, para obtener esta información se recomienda apoyarse en los instrumentos de navegación del buque.

Los parámetros antes citados se registrarán en la bitácora de datos ambientales, cada hora y durante todos los días que dure la campaña oceanográfica, esto para contabilizar el número de horas de observación, estimar el esfuerzo de muestreo y contar con cualquier incidencia u observación durante los turnos de observación (Anexos 1 y 2, Modificados de LGL Ltd 2005; Figura 5).



Figura 6. A la izquierda, con buena transparencia en el agua, se observa un delfín; a la derecha, con agua turbia se distingue una raya diablo, ambos nadando cerca de la superficie. Fotografías B. Palafox.



Figura 7. Imágenes representativas de un deslumbramiento alto, dependiendo de la hora del día y posición del observador y del buque respecto al sol. Después del amanecer y antes del atardecer la superficie del mar refleja sobremanera la luz del sol, lo que dificulta la observación y reduce el área de detección. Fotografías B. Palafox.

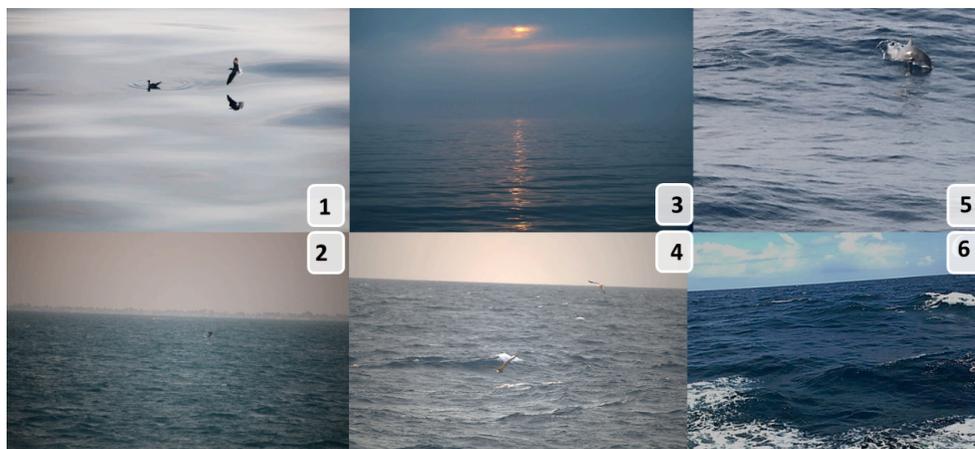


Figura 8. Diferentes condiciones del mar de acuerdo con la escala de la fuerza de los vientos de Beaufort (Nivel en la esquina inferior derecha). Fotografías B. Palafox.

En caso de un avistar a un individuo de tortuga marina, además de todas las variables ambientales antes señaladas (Anexo 1), se registrarán las coordenadas geográficas y aspectos biológicos o de comportamiento particulares (Anexo 2, Figura 9).

Se recomienda asignar un identificador único consecutivo, a cada registro de avistamiento. Anotar fecha y hora. Nivel taxonómico al que fue posible identificar al individuo. Número de individuos y estadio de vida. Movimiento, dirección y comportamiento de los individuos respecto al buque al momento de su registro. *Distancia al buque, a*

la que se encontraba el individuo al momento del avistamiento y certeza del mismo (Probable o Certero).

Deberá procurarse tener comunicación constante con el resto del buque, con el fin de escuchar cualquier aviso o alerta emitida por el capitán, así como para tener acceso a información que se despliegue en monitores del buque, como condiciones climáticas y oceánicas del sitio.

Los datos deberán vaciarse en una base de datos al final de cada jornada, para evitar errores de interpretación.

Anexo 2.- Formato de campo para el registro de avistamientos de tortugas marinas, a bordo de embarcaciones mayores.

Buque: _____				Campaña: _____		
Observadores: _____				Folio: _____		
Latitud	Longitud	#ID avistamiento	Hora	Especie	No. Individuos	Observaciones
Estadio	Movimiento	Comportamiento	Certeza	Distancia al Buque		
				Aproximada	Radícula	Ángulo
Latitud	Longitud	#ID avistamiento	Hora	Especie	No. Individuos	Observaciones
Estadio	Movimiento	Comportamiento	Certeza	Distancia al Buque		
				Aproximada	Radícula	Ángulo
Latitud	Longitud	#ID avistamiento	Hora	Especie	No. Individuos	Observaciones
Estadio	Movimiento	Comportamiento	Certeza	Distancia al Buque		
				Aproximada	Radícula	Ángulo

Cc - T. Caguama (*Caretta caretta*). Eí - T. Carey (*Eretmochelys imbricata*). Cm - T. Blanca (*Chelonia mydas*). Lk - T. Lora (*Lepidochelys kempi*). Dc - T. Laúd (*Dermochelys coriacea*). NA - No identificada. // C: Cria. J: Juvenil. A: Adulto. NA: No definido. // NB: Nadando hacia el B. AB: Alejándose del B. NP: Nadando paralelo al B. NM: Sin movimiento respecto al B. NA: Desconocido. // SU: Sumergió al paso del B. RE: Apareándose. DE: Descansando. SW: Nadando. MU: Muerto. OT: Otro. NA: No definido.



Figura 9. A la izquierda se observa un individuo adulto de *C. caretta* (tortuga caguama) descansando a ≈ 250 m del buque. En el centro un juvenil de tortuga blanca (*C. mydas*), descansando y resguardándose del sol bajo un objeto flotante a ≈ 100 m del buque. A la derecha, dos individuos adultos de *C. mydas* (blanca o verde) apareándose a ≈ 600 m del buque.

Conclusiones y Recomendaciones

Esta propuesta de protocolo, es el resultado de la participación en diversas campañas oceanográficas para el conteo de individuos de tortugas marinas. Los resultados obtenidos a partir de la implementación del muestreo en transectos desde embarcaciones, proporcionan información complementaria a la que se puede obtener de playas de anidación; que, en conjunto, contribuyen al conocimiento integral de las poblaciones de tortuga marina de las poblaciones del Golfo de México, y se espera que sean una base sólida para la toma de decisiones en el manejo a largo plazo de las poblaciones de tortugas.

El conocimiento de la distribución espacial y temporal en el medio marino de las tortugas marinas aún representa mucha incertidumbre, entre otras cosas, por aspectos propios de su historia de vida y su densidad actual de las poblaciones. Aumentar la escala de estudio en espacio y tiempo deberá ser una directriz en el estudio de las poblaciones de tortuga marina, para estar en condiciones de predecir y mitigar potenciales afectaciones por actividades humanas y cambio climático.

Por lo anterior y dada la importancia ecológica de las tortugas marinas, se recomienda la instrumentación rutinaria y periódica de protocolos como éste, en campañas oceanográficas de las diversas instituciones de investigación científica que operan en los mares mexicanos; así como, aprovechar la fortaleza de la Secretaría de Marina Armada de México en sus esfuerzos de investigación, para colaborar de manera cercana y dar un valor agregado a las investigaciones oceanográficas rutinarias que se realizan en el Golfo de México y Mar Caribe.

Se considera que las estrategias planteadas en este documento son factibles para su adecuación e implementación en diferentes embarcaciones, incluyendo pequeñas, utilizadas frecuentemente en la zona costera, así como por un gran número de investigadores en tortugas marinas, lo cual representa una gran fortaleza del método de transecto.

Esta aproximación proveerá de información

de gran relevancia para la toma de decisiones y política pública en términos de Especies Marinas Prioritarias para la Conservación en México; así como, para enriquecer la aproximación ecosistémica y biológica de las mediciones oceanográficas físicas, químicas y biológicas que se realizan en las campañas oceanográficas.

La presente propuesta resulta del esfuerzo por concretar en manuscritos la transferencia y e intercambio de experiencias entre investigadores mexicanos, de utilidad para la comunidad de actores relacionados con la investigación y conservación de tortugas marinas. Así como este, se espera que otros trabajos igualmente valiosos que contienen décadas de experiencias, y considerados hasta ahora como bibliografía gris, salgan a la luz en oportunidades como la preparación de este tipo de protocolos, y contribuyan al en la construcción de conocimiento holístico en pro de la conservación de tortugas marinas.

Agradecimientos

El estudio del que se derivan estas experiencias es el Subproyecto "Hábitats críticos de tortugas marinas", el cual es parte del proyecto N0 201441 "Implementación de redes de observación oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la exploración y producción de hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México", financiado por el fondo sectorial SENER-CONACyT Hidrocarburos. A S. Gallegos Fernández por su participación en varios de estos cruceros, para el conteo de tortugas marinas en el Golfo de México, así como en la sistematización de datos colectados. A la Secretaría de Marina Armada de México por las facilidades otorgadas para participar en travesías de sus buques en el Golfo de México, en particular a la Novena Zona Naval de Yucalpetén, a la Dirección General de Investigación y Desarrollo, a la Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología, y a la Dirección de Oceanografía. A los árbitros asignados para el manuscrito por sus sugerencias para mejorar el documento.

Literatura Citada

- Allredge, M.W., T.R. Simons & K.H. Pollock. 2007. A field evaluation of distance measurement error in auditory avian point count surveys. *Journal of Wildlife Management* 71: 2759-2766.
- Blumenthal, J. M., F.A. Abreu-Grobois, T.J. Austin, A.C. Broderick, M.W. Bruford, M.S. Coyne, G. Ebanks-Petrie, A. Formia, P.A. Meylan, A.B. Meylan & B.J. Godley. 2009a. Turtle group or turtle soup: dispersal patterns of hawksbill turtles in the Caribbean. *Molecular Ecology*, 18: 4841 - 4853.
- Blumenthal, J. M., T.J. Austin, J.B. Bothwell, A.C. Broderick, G. Ebanks-Petrie, J.R. Olynik, M.F. Orr, J.L. Solomon, M.J. Witt, & B.J. Godley. 2009. Diving behavior and movements of juvenile hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* on a Caribbean coral reef. *Coral Reefs* 28: 55 - 65.
- Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham, & J.L. Laake. 2012. *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Springer Netherlands. 446 pp.
- Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham, J.L. Laake, D.L. Borchers, & L. Thomas. 2001. *Introduction to Distance Sampling*. Oxford University Press, Oxford.
- Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham, J.L. Laake, D.L. Borchers & L. Thomas (eds). 2004. *Advanced Distance Sampling*. Oxford University Press, Oxford.
- Byles, R. A. 1994. Telemetría por satélite de tortugas marinas. En: J. Frazier, R. Vázquez, E. Galicia, R. Durán y L. Capurro (Eds.) *Memorias del IV Taller Regional sobre Programas de Conservación de Tortugas Marinas en la Península de Yucatán*. p 27 - 36.
- Calambokidis, J. & J. Barlow. 2004. Abundance of Blue and Humpback whales in the Eastern North Pacific estimated by capture-recapture and line-transect methods. *Marine Mammal Science* 1: 63 - 85.
- Camphuysen, K., T. Fox, M. Leopold & I.K. Petersen. 2004. Towards standardized seabirds at sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U. K. COWRIE, Royal Netherlands Institute for Sea Research.
- Carretta, J.V., B.L. Taylor & S.J. Chivers. 2001. Abundance and depth distribution of harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) in northern California determined from a 1995 ship survey. *Fishery Bulletin* 99: 29 - 39.
- Chaloupka, M. & J.A. Musick. 1997. Age, growth, and population dynamics. CRC Press, Boca Raton.
- Cuevas, E., F.A. Abreu-Grobois, V. Guzmán-Hernández, M.A. Liceaga-Correa & R.P. van Dam. 2008. Post-nesting migratory movements of hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) around the Yucatan Peninsula, Mexico. *Endangered Species Research* doi: 10.3354/esr0012.
- Fuentes, M. M. P. B., I. Bell, R. Hagihara, M. Hamann, J. Hazel, A. Huth & H. Marsh. 2015. Improving in-water estimates of marine turtle abundance by adjusting aerial survey counts for perception and availability biases. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 471, 77-83.
- Eguchi, T., T. Gerrodette, R.L. Pitman, J.A. Seminoff & P.H. Dutton. 2007. At-sea density and abundance estimates of the olive ridley turtle *Lepidochelys olivacea* in the eastern tropical Pacific. *Endangered Species Research* 3: 191 - 203.
- Hart., K.M., A.R. Sartain, I. Fujisaki, H.L. Pratt-Jr, D. Morley & M. W. Feeley. 2012. Home range, habitat use, and migrations of hawksbill turtles tracked from Dry Tortugas National Park, Florida, USA. *Marine Ecology Progress Series* 457: 193 - 207.
- Henkel, L. A. & J. Harvey. 2008. Abundance and distribution of marine mammals in nearshore waters of Monterey Bay, California. *California Fish and Game* 94: 1 - 17.
- Hochscheid, S., B.J. Godley, A.C. Borderick, & R.P. Wilson. 1999. Reptilian diving: highly variable dive patterns in the green turtle *Chelonia mydas*. *Marine Ecology Progress Series* 185: 101 - 112.
- I-Jiunn, C. 2009. Changes in diving behavior during the interesting period by green turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 381: 18 - 24.
- Jackson, A., T. Gerrodette, S. Chivers, M. Lynn, P. Olson & S. Rankin. 2004. Marine mammal data collected during a survey in the Eastern Tropical Pacific Ocean aboard the NOAA ships McArthur II and David Starr Jordan, July 29 - December 10, 2003. NOAA Technical Memorandum NMFS, NOAA-TM-NMFS-SWFSC-366.
- Laake, J.L. & D.L. Borchers. 2004. Methods for incomplete detection at distance zero. *Advanced Distance Sampling* (eds S.T. Buckland, D.R. Anderson, K.P. Burnham, J.L. Laake, D.L. Borchers & L. Thomas), pp. 108-189. Oxford University Press, Oxford.
- LGL, Ltd. 2005. Marine mammal monitoring during Lamont-Doherty Earth Observatory's Chicxulub Crater Marine Seismic Program, Yucatan Peninsula, January - February 2005. Por LGL Ltd., Environmental Research Associates. Ontario, Canada.
- Mansfield, K.L. & N.F. Putman. 2013. Oceanic habits and habitats: *Caretta caretta*. En: J. Wyneken, K. J. Lohmann y J. A. Musick (Eds.). *The Biology of Sea Turtles*, Vol. III. CRC Press, Boca Raton, FL. Pp: 189 - 210.
- Okuyama, J., R. Tabata, K. Nakajima, N. Arai, M. Kobayashi & S. Kagawa. 2014. Surfacing change their dive tactics depending on the aim of the dive: evidence from simultaneous measurements of breaths and energy expenditure. *Proceedings of the Royal Society of London Biology* 281: 20140040. Doi:

dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.00.40.

- Ronconi, R.A. & A.E. Burger. 2009. Estimating seabird densities from vessel transects: distance sampling and implications for strip transects. *Aquatic Biology* 4: 297 - 309.
- Saba, V.S. 2013. Oceanic habits and habitats: *Dermodochelys coriacea*. En: J. Wyneken, K. J. Lohmann y J. A. Musick (Eds.). *The Biology of Sea Turtles*, Vol. III. CRC Press, Boca Raton, FL. Pp: 163 - 188.
- Seminoff, J.A., T.T. Jones, A. Resendiz, W.J. Nichols, M.Y. Chaloupka., 2003. Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico: multiple indices to describe population status. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 83 (06): 1355-1362.
- Shaver, D.J., K.M. Hart, I. Fujisaki, C. Rubio, A.R. Sartain, J. Peña, P.M. Burchfield, D. Gomez-Gamez & J. Ortíz. 2013. Foraging area fidelity for Kemp's ridley in the Gulf of Mexico. *Ecology and Evolution* Doi: 10.1002/ece3.594.
- Thomas, L., S.T. Buckland, K.P. Burnham, D.R. Anderson, J.L. Laake, D.L. Borchers, & S. Strindberg. 2002. Distance sampling. *Encyclopedia of Environmetrics*.
- Thomas, L., S.T. Buckland, E.A. Rexstad, J.L. Laake, S. Strindberg, S.L. Hedley, J.R.B. Bishop, T.A. Marques & K.P. Burnham. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47: 5 - 14.
- Van Dam, R. P. & C. E. Diez. 1996. Diving behavior of immature hawksbills (*Eretmodochelys imbricata*) in a Caribbean cliff wall habitat. *Marine Biology* 1: 171 - 178.
- Witherington, B., S. Hiram & R. Hardy. 2012. Young sea turtles of the pelagic Sargassum-dominated drift community: habitat use, population density, and threats. *Marine Ecology Progress Series* 463: 1 - 22.

Recibido: 15 de junio de 2016

Aceptado: 15 de marzo de 2017