



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



Plan de Manejo sobre la excepción para la cosecha de subsistencia de huevos de *Lepidochelys olivacea*, Resolución CIT-COP6-2013R1

2 de marzo de 2020

Esta publicación fue producida para ser revisada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Fue preparada por Chemonics International Inc.

**Plan de Manejo sobre la excepción para la cosecha de
subsistencia de huevos de *Lepidochelys olivacea*,
Resolución CIT-COP6-2013R1**

**PRODUCTO 2: Programa de Monitoreo de la
tortuga parlama (*Lepidochelys olivacea*) en el
litoral Pacífico de Guatemala**

DISCLAIMER

Los puntos de vista del autor expresados en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional o del Gobierno de los Estados Unidos.

Contrato No. 72052018C000002

Foto de portada: Daniel Ariano Sánchez

DISCLAIMER

Los puntos de vista del autor expresados en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional o del Gobierno de los Estados Unidos.

CONTENIDO

ACRONIMOS.....	iii
PRESENTACIÓN	1
I. DESCRIPCIÓN DE LA TORTUGA PARLAMA	2
II. ECOLOGÍA DE LA TORTUGA PARLAMA	3
a. Alimentación de la parlama.....	3
b. Movimientos oceánicos de la parlama en el Pacífico Oriental.....	4
c. Ecología de anidación de la parlama en el litoral pacífico de Guatemala.....	7
III. LAS CUOTAS DE CONSERVACIÓN EN TORTUGARIOS Y EL APROVECHAMIENTO DE HUEVOS DE TORTUGA PARLAMA	10
IV. METAS DEL PROGRAMA DE MONITOREO	13
V. PROGRAMA DE MONITOREO	13
a. Reglas básicas del programa de monitoreo.....	14
b. Metas, indicadores y métodos de análisis.....	15
META I: Evaluar la efectividad de las estrategias de manejo y conservación en tortugarios para la tortuga parlama que se implementan en el Pacífico de Guatemala.....	15
META II: Cuantificar el impacto de la tasa de aprovechamiento de huevos de parlama que se implementa en el país sobre la población de tortuga parlama <i>Lepidochelys olivacea</i> en el Pacífico de Guatemala.....	23
META III: Evaluar el estado de conservación de las poblaciones adultas de tortuga parlama <i>Lepidochelys olivacea</i> en el Pacífico de Guatemala.....	28
LITERATURA CITADA	33

ACRONIMOS

AGHN	Asociación Guatemalteca de Historia Natural
CCM	Centro de Conservación Marina
CEAB	Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad
CEMA	Centro de Estudios del Mar y Acuicultura
CECON	Centro de Estudios para la Conservación, Universidad de San Carlos
CIT	Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
COP	Conferencia de las Partes
DIPRONA	Dirección de Protección a la Naturaleza y el Ambiente
LEA	Lista de Especies Amenazadas
MSY	Maximum Sustainable Yield
SIGAP	System of Protected Areas of Guatemala
SNIDB	Sistema Nacional de Información sobre Diversidad Biológica de Guatemala
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
UVG	Universidad del Valle de Guatemala
USAID	United States Agency for International Development

PRESENTACIÓN

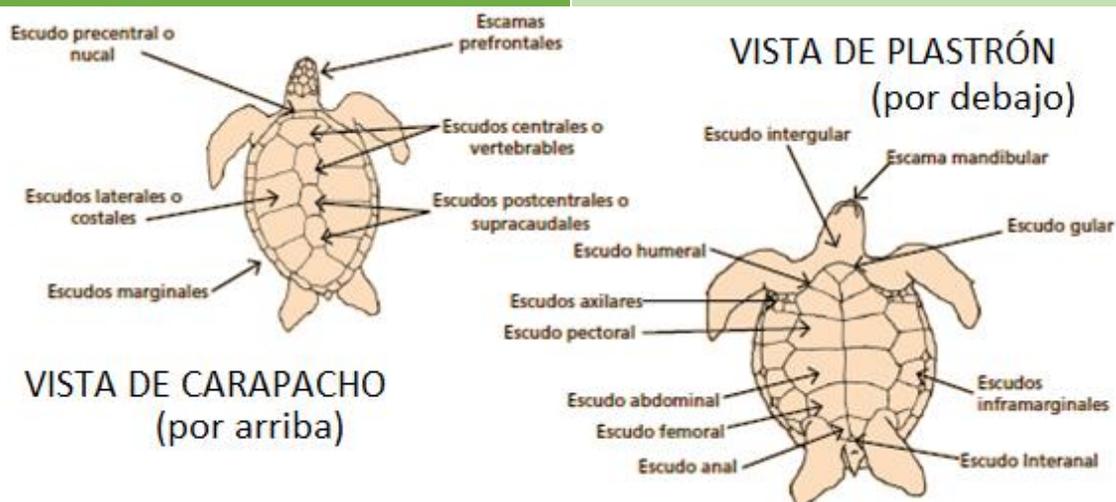
El aprovechamiento de huevos de tortuga marina de manera no sostenible fue una de las principales causas de la declinación poblacional de este grupo a nivel mundial. Debido a esto, se creó la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT) con el fin de “*promover la protección, conservación y recuperación de las poblaciones de tortugas marinas y de los hábitats de los cuales dependen, basándose en los datos científicos más fidedignos disponibles y considerando las características ambientales, socioeconómicas y culturales de las Partes*”. Guatemala es parte firmante de la CIT por lo que se comprometió internacionalmente a cumplir con la convención. La CIT en el artículo IV inciso 2.a establece que las partes firmantes se comprometen a implementar: “*La **prohibición** de la captura, retención o muerte intencionales de las tortugas marinas, así como del **comercio doméstico** de las mismas, de sus **huevos**, partes o productos*”. Sin embargo, también establece en el artículo IV inciso 3.a que: “*Cada una de las Partes podrá permitir excepciones al inciso 2(a) para satisfacer necesidades económicas de subsistencia de comunidades tradicionales, teniendo en cuenta las recomendaciones del Comité Consultivo, siempre y cuando dichas excepciones no menoscaben los esfuerzos para lograr el objetivo de la presente Convención*”.

Con base a esto, la resolución CIT-COP6-2013RI “Resolución sobre excepciones bajo el artículo IV (3^a y B) para la cosecha de subsistencia de huevos de *Lepidochelys olivacea* en Guatemala y Panamá” recomendó a Guatemala la implementación de actividades a Mediano Plazo (cuyo plazo venció en 2018) las cuales no han sido cumplidas a la fecha y de lo cual nace la necesidad del presente documento. Estas actividades contemplan: “*a) identificar el nivel de cosecha que no impacte negativamente la población explotada y que deberá ser alcanzado en el mediano plazo mediante la reducción gradual de la cosecha actual, b) establecer un programa de monitoreo de la población a largo plazo que incluya metas e indicadores y c) considerando que la colecta de huevos responde a la necesidad de subsistencia económica de comunidades costeras tradicionales, deben buscarse alternativas económicas que atiendan la necesidad de estos medios de subsistencia con la finalidad de reducir la cosecha a un nivel sustentable*”.

El presente programa de monitoreo está estructurado tomando en cuenta las capacidades técnicas y humanas existentes en las diferentes organizaciones y tortugarios que están trabajando en la conservación y manejo de tortugas marinas en la costa sur, con base a entrevistas realizadas a administradores y encargados de tortugarios en la región durante febrero 2020. Además, este programa sigue las recomendaciones y directrices brindadas por Eckert et al. (1999), CIT (2008), Baker-Gallegos et al. (2009), Girondot (2010) y SWOT (2011) sobre la implementación de programas de monitoreo de tortugas marinas en Latinoamérica. El presente plan de monitoreo está estructurado de manera tal que, además de cumplir con los requerimientos de la CIT, pueda alimentar la base de datos SWOT, o Estado mundial de las tortugas marinas (State of the World’s Sea Turtles), la cual es una base global de datos continuamente actualizada sobre tortugas marinas y que depende de una red global de proveedores de datos que aporta y utiliza los datos. Esta base constituye la base global de datos sobre la anidación de tortugas marinas más completa que se tenga en existencia y se encuentra en una buena posición para servir como el repositorio de datos y sistema de monitoreo primordial a nivel mundial para las tortugas marinas. Asimismo, los datos recopilados son compatibles para incorporarse al Sistema Nacional de Información sobre Diversidad Biológica de Guatemala (SNIDB) de CONAP.

I. DESCRIPCIÓN DE LA TORTUGA PARLAMA

Nombre común	Parlama
Nombre científico	<i>Lepidochelys olivacea</i>
Categoría Lista Roja UICN	Vulnerable
Apéndice CITES	I
Categoría LEA CONAP	3
Longitud promedio del largo curvo del caparazón	65 cm
Edad de madurez sexual	14 años (rango 7- 17 años)
Frecuencia de puesta promedio	2-3 veces por temporada
Intervalo entre puestas	14-20 días
Intervalo de remigración a playas de anidación	1-2 años
Tamaño de nidada promedio	92.66 huevos/nido (Muccio 2019)
Profundidad/ancho del nido promedio	45 cm de profundidad / 30 centímetros de ancho
Tiempo de incubación	43-55 días (Morales-Mérida et al. 2017).
Temperatura pivotante	29.1°C (Ackerman 1997) 30.5°C (Valverde et al. 2010)
Ancho de huella de anidación	70-80 cm
Forma de la huella de anidación	Huellas de aletas poco profundas y alternadas. Marcas de cola ausente o casi imperceptibles.
Peso	35-45 kg
Pares de escudos laterales	5-9
Uñas en aleta delantera	2



Características de lepidosis y morfología general de tortugas marinas. MODIFICADA DE CIT 2008.

II. ECOLOGÍA DE LA TORTUGA PARLAMA

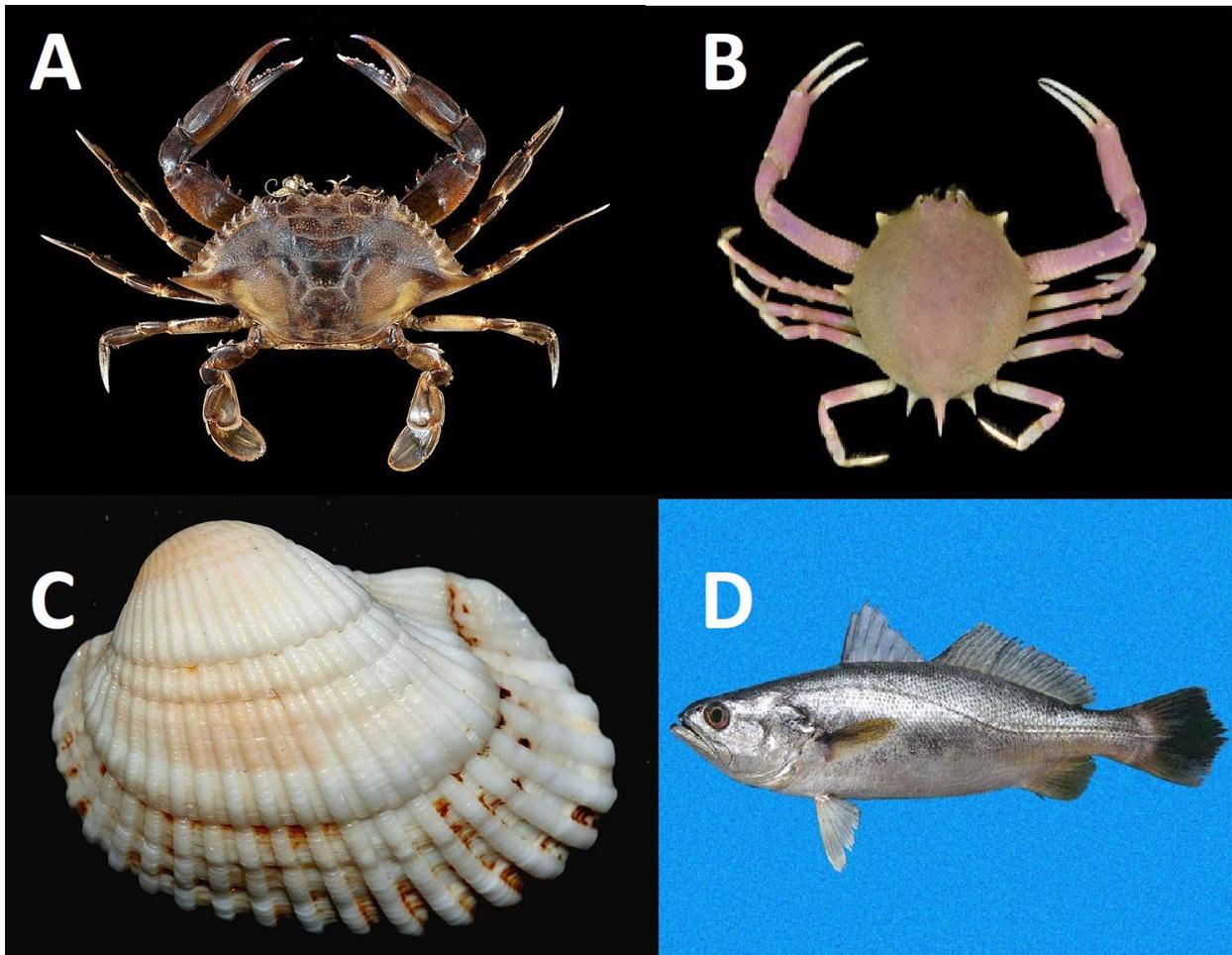
La parlama (*Lepidochelys olivacea*) es la tortuga que anida en mayores números en la costa sur. Esta especie está catalogada como Vulnerable por la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Abreu-Grobois y Plotkin 2008). Las mayores amenazas para la especie son la degradación de sus playas de anidación (Cornelius *et al.* 2007), la pesca incidental (Frazier *et al.* 2007), el cambio climático (Howard *et al.* 2014) y la sobre explotación de los huevos en playas (Campbell 2007). Esta especie es afectada también por la fibropapillomatosis, una enfermedad infecciosa causada por un herpes-virus (Brenes *et al.* 2013) y en los últimos años, varios ejemplares han sido encontrados muertos o agonizantes debido a obstrucciones estomacales causadas por desechos plásticos (Ariano *obs. Pers.*).



Parlama rescatada de red fantasma en mar abierto a aproximadamente 20 km de la costa Pacífica de Guatemala. DANIEL ARIANO PARA EL PROYECTO DE BIODIVERSIDAD DE USAID GUATEMALA

a. Alimentación de la parlama

Esta especie se alimenta principalmente de cangrejos bentónicos como los cangrejos monedero *Persephona* spp. (Decapoda, Leucosiidae), las jaibas *Callinectes* spp. (Decapoda, Portunidae), cangrejos caja *Calappa* spp. (Decapoda, Callapidae), cangrejos de la familia Majidae, camarones de la familia Penaidae, calamares de profundidad *Histioteuthis* spp. (Cephalopoda, Histioteuthidae), concha orejona *Anadara notabilis* (Bivalvia, Arcidae). Asimismo, su dieta comprende peces de fondo tales como la curvina pequeña *Isopisthus remifer* (Sciaenidae), curvinas del género *Cynoscion* sp. (Sciaenidae), bagres de la familia Ariidae y peces de la familia Clupeidae (Poggio *et al.* 2014).

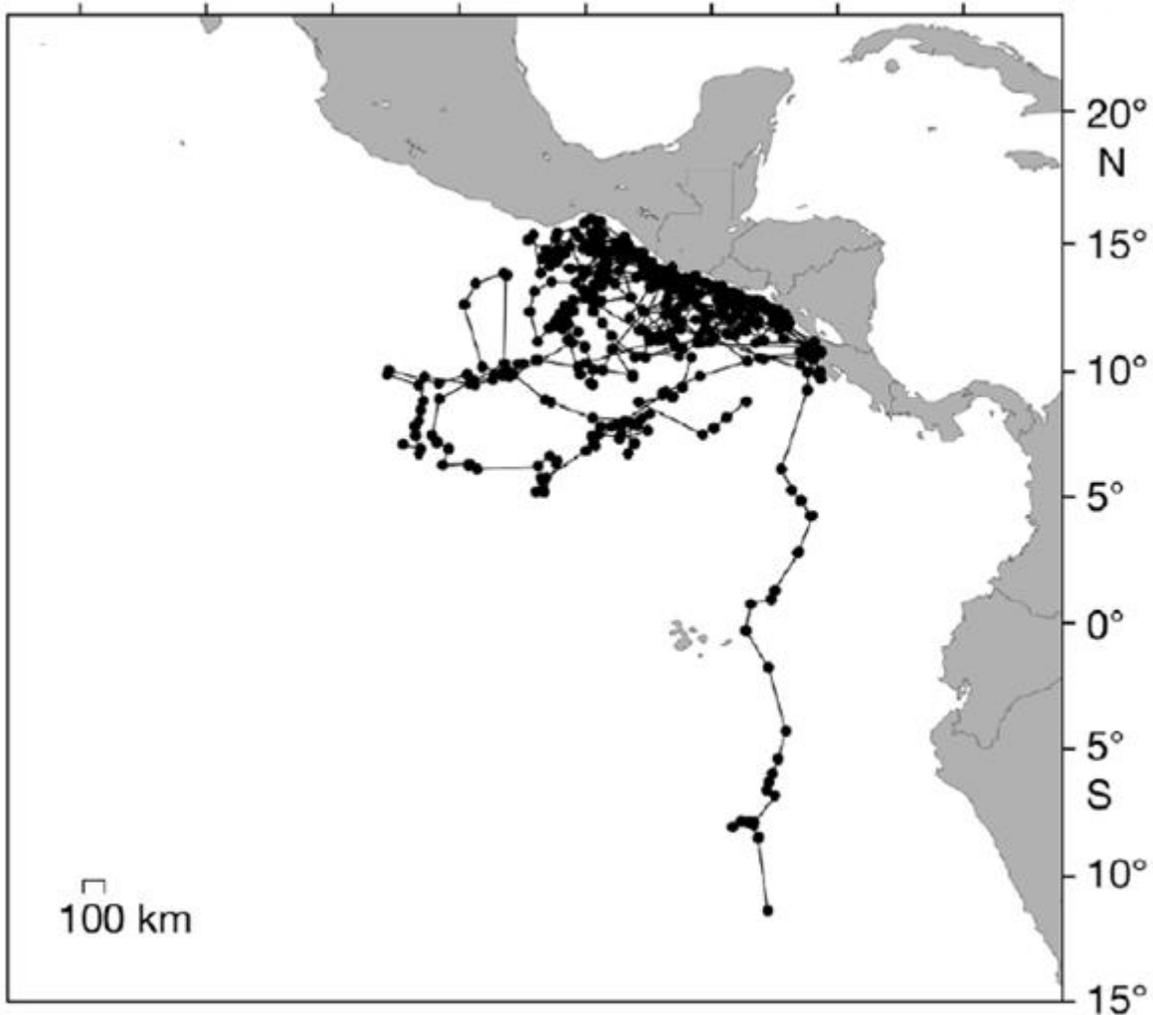


Especies principales en la dieta de tortuga parlama *Lepidochelys olivacea*. A. Jaiba *Callinectes sapidus*, B. Cangrejo monedero *Persephona* sp., C. Concha orejona *Anadara notabilis*, y D. Curvina aguada *Cynoscion squamipinnis*. FOTOGRAFÍAS PROVENIENTES CON PERMISOS DE WIKICOMMONS, A: ERIC A. LAZO-WASEM; B: HANS HILLEWAERT; C: WAYNE FIDLER, D: ROSS ROBERTSON

b. Movimientos oceánicos de la parlama en el Pacífico Oriental

En cuanto a los movimientos de las parlamas en mar abierto se sabe que se mueven por distancias enormes a nivel oceánico, siendo una especie nómada sin territorios definidos y que deambulan anualmente entre las aguas costeras de los países tropicales entre las zonas oceánicas y neríticas, generalmente buscando aguas cálidas (Plotkin *et al.* 1995, Beavers and Cassano 1996, Plotkin *et al.* 1997, Polovina *et al.* 2004, McMahon *et al.* 2007, Whiting *et al.* 2007, Swimmer *et al.* 2009, Behera *et al.* 2010, Dawson *et al.* 2017). El estudio más completo de movimientos de parlamas en mar abierto, realizado por Plotkin (2010) encontró que los patrones de movimiento de esta especie se pueden definir como nómádicos, sin tener rutas migratorias definidas, especialmente después del período reproductivo. Estos datos se obtuvieron de tortugas marcadas en el Golfo de Papagayo, Costa Rica. Los datos obtenidos muestran que las parlamas se mueven ampliamente en la zona pelágica desde México hasta Perú, sin tener corredores migratorios definidos. Las

parlamas nadan largas distancias, nadan continuamente, no tienen fidelidad hacia sitios específicos de alimentación, caracterizando por patrones nomádicos de movimiento. Esta misma investigación reveló también que las parlamas responden al fenómeno de El Niño, modificando sus rutas de movimiento en mar abierto, para ajustarse a la disponibilidad de presas.



Patrones de movimiento de 20 tortugas parlama marcadas con rastreadores satelitales en el Golfo de Papagayo, Costa Rica, y que evidencian sus movimientos a lo largo de toda la zona Pacífica del sur de México y Centro América. FUENTE DEL MAPA PLOTKIN (2010).

Durante el período de menor reproducción (noviembre-junio), las parlamas viajan largas distancias en mar abierto, pasando largos períodos en la superficie oceánica (Plotkin 2007). En el caso de Costa Rica, se ha reportado que las parlamas que anidan allí viajan en cerca de 1,800 km durante períodos de 40 días, con promedios de distancias recorridas en mar abierto de 42 km por día, viajando desde Costa Rica hasta las islas Galápagos y luego algunos ejemplares moviéndose al norte hacia las costas de Guatemala y México (Swimmer *et al.* 2009). Los datos de Swimmer *et al.* (2009) muestran que las parlamas se mueven a lo largo del Pacífico oriental siguiendo el movimiento del conocido como Domo Térmico de Centro América, también llamado Domo Térmico de Costa Rica (Lizano 2016).



Ubicación generalizada del domo térmico de Centro América. FUENTE DEL MAPA MARVIVA-IUCN (2013).

Con una posición media de cerca de 9°N , 90°O , el Domo es una zona altamente productiva que varía en tamaño y posición a lo largo del año. Este se encuentra principalmente en altamar y también se extiende a las aguas jurisdiccionales de Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Guatemala y México. Se forma cerca de la costa en febrero-marzo forzado por el viento costero, antes de fortalecerse en altamar entre julio y noviembre y, finalmente disminuye en diciembre-enero (Umatani y Yamagata 1991). El Domo de Centroamérica es un hábitat biológico bien diferenciado y altamente productivo en el noreste del Pacífico tropical, creado mediante una interacción entre el viento y las corrientes. Aquí, la biomasa de plancton es mayor que en las aguas tropicales circundantes, proporcionando una fuente de alimento para diversas especies marinas, incluidas la tortuga parlama (MARVIVA-IUCN 2013). El domo térmico de Centro América conforma la región en la cual las parlamas se mueven luego de anidar, mientras que las crías son transportadas al Domo por los remolinos costeros (Swimmer *et al.* 2009).

En otro estudio se documentó que un macho de parlama viajó 2,691 km durante un período de 113 días (cerca de 4 meses) en mar abierto cerca de la costa Pacífica del sur de México (Beavers y Cassano 1996). También se sabe que estas tortugas son capaces de sumergirse hasta los 400 metros de profundidad, lo cual está asociado principalmente con su dieta de crustáceos y peces bentónicos (Poggio *et al.* 2014). A la fecha, no existen datos de movimientos satelitales en mar abierto de parlamas provenientes de costas guatemaltecas.

c. Ecología de anidación de la parlama en el litoral pacífico de Guatemala

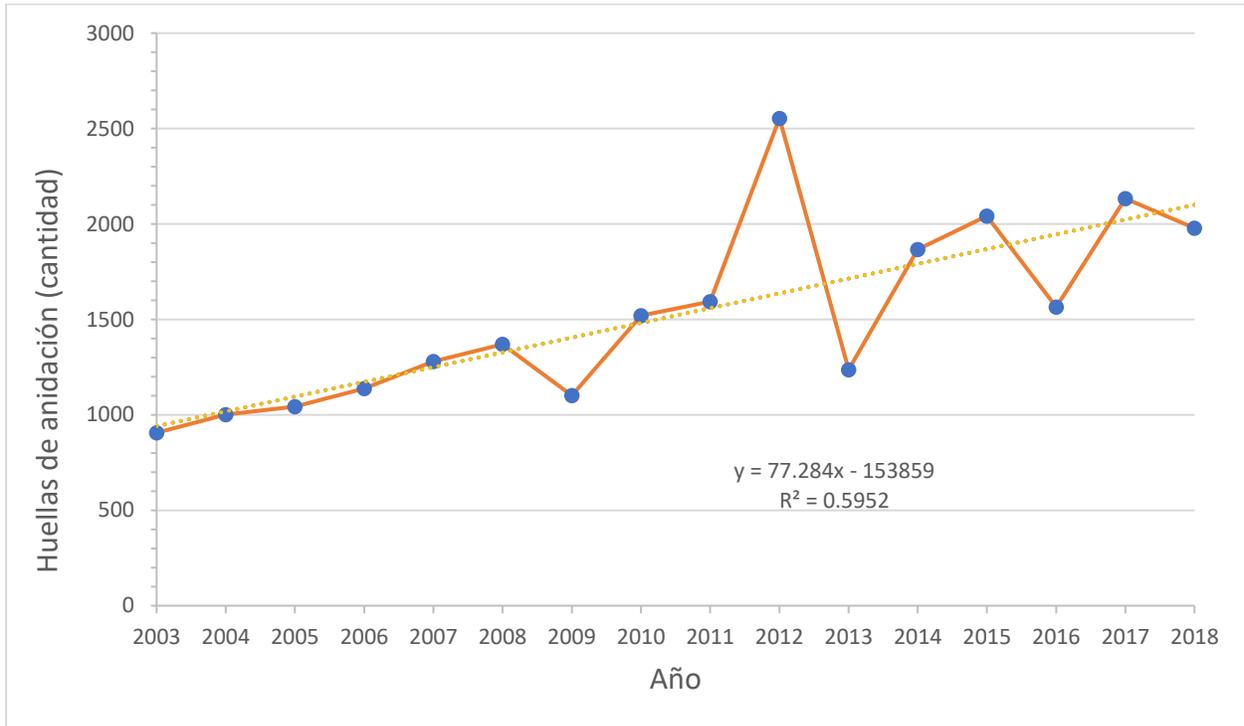
La zona oriental del Litoral Pacífico de Guatemala comprende las playas principales de anidación de parlama en el país. Las playas hacia el este, como Hawaii, La Barrona, La Candelaria y Monterrico son los lugares con mayor actividad de anidación de parlamas; mientras que las playas de El Chico, El Chuirrin, El Triunfo, El Paredón y El Conacaste poseen el menor número de anidaciones reportadas (Montes 2004). Las causas de este patrón aún no están determinadas, pero algunas causas plausibles es que puede ser producto de las acciones de manejo de conservación en tortugarios (estando los programas más antiguos en el este del litoral Pacífico), diferencias en la topografía del litoral y la otra puede ser la cercanía al cañón submarino de San José, lo que puede proveer de fuentes de alimento abundantes para las tortugas durante su época de anidación, así como la cercanía del domo térmico centroamericano (Ariano com. pers.).

El período de anidación de la parlama se extiende de julio a octubre, con anidaciones esporádicas todo el año (Montes 2004). Usualmente las parlamas depositan dos nidos en la costa, estando estos períodos de anidación espaciados por alrededor de 20 días (Barrientos-Muñoz et al. 2014). La selección de sitios de anidación depende de características como pendiente topográfica, amplitud y tipo de sedimento. La extensión de la playa parece no ser importante observándose altas densidades de anidación en playas de corta longitud. Otros factores importantes para la selección del sitio de desove son la humedad, la calidad de la arena y la temperatura, para lo cual las tortugas se valen principalmente de su olfato (Bolongaro et al. 2010).



Principales zonas de anidación (en amarillo) de parlama, *Lepidochelys olivacea* en Guatemala. DANIEL ARIANO PARA EL PROYECTO DE BIODIVERSIDAD DE USAID GUATEMALA

Las únicas actividades de monitoreo sistemático de anidación de parlama en la costa Pacífica que se realiza actualmente en Guatemala es el monitoreo de huellas de anidación y huevos sembrados coordinado por Colum Muccio de ARCAS, a través del denominado “Análisis situacional de la conservación de tortugas marinas en Guatemala”. Este monitoreo de huellas de anidación se lleva realizando desde el año 2003 para la zona de Hawaii, Chiquimulilla, Santa Rosa



Cantidad de huellas de anidación de tortuga parlama *Lepidochelys olivacea* en el área de Hawaii, Chiquimulilla, Santa Rosa, para el período 2003-2018. Fuente: Elaboración propia con base a datos de Muccio 2003-2018.

Los datos de huellas de anidación para la playa de Hawaii muestran una clara tendencia ascendente, lo cual puede ser evidencia del incremento en la población adulta reproductiva de parlama en las costas guatemaltecas, probablemente debido a las acciones de conservación llevadas a cabo principalmente en los tortugarios de la región.

Las parlamas son reptiles con determinación del sexo dependiente de la temperatura (Binckley et al. 1998, Valenzuela y Lance 2004). El manejo de las temperaturas de incubación es una variable muy importante que debe ser tomada en cuenta en el manejo de tortugarios, para asegurar que los mismos produzcan una proporción de sexos equitativa. Mientras más se acerquen a la temperatura pivotal ¹de la especie en cuestión, más efectiva será la producción de crías en proporciones de sexos equitativas. Ackerman (1997) reporta una temperatura pivotal para

¹ La temperatura pivotal es la temperatura a la cual un nido produce neonatos con una razón de sexos de 50:50.

parlomas de 29.1° C, sin embargo, otros autores como Valverde *et al.* (2010) reportan una temperatura pivotal de 30.5°C para Costa Rica.

Un estudio reciente concluyó que en el Pacífico guatemalteco solamente se producen hembras de *Lepidochelys olivacea* de acuerdo a lo esperado por el aumento de temperatura causado por el cambio climático (Morales 2013). Esto concuerda con otro estudio previo que evaluó el efecto de profundidad de siembra y la sombra sobre el éxito de eclosión en el tortugario de Monterrico y que obtuvo como resultado que independientemente de la profundidad de siembra, siempre se produjo un mayor porcentaje de hembras de acuerdo a la temperatura de incubación (Rivas 2002).

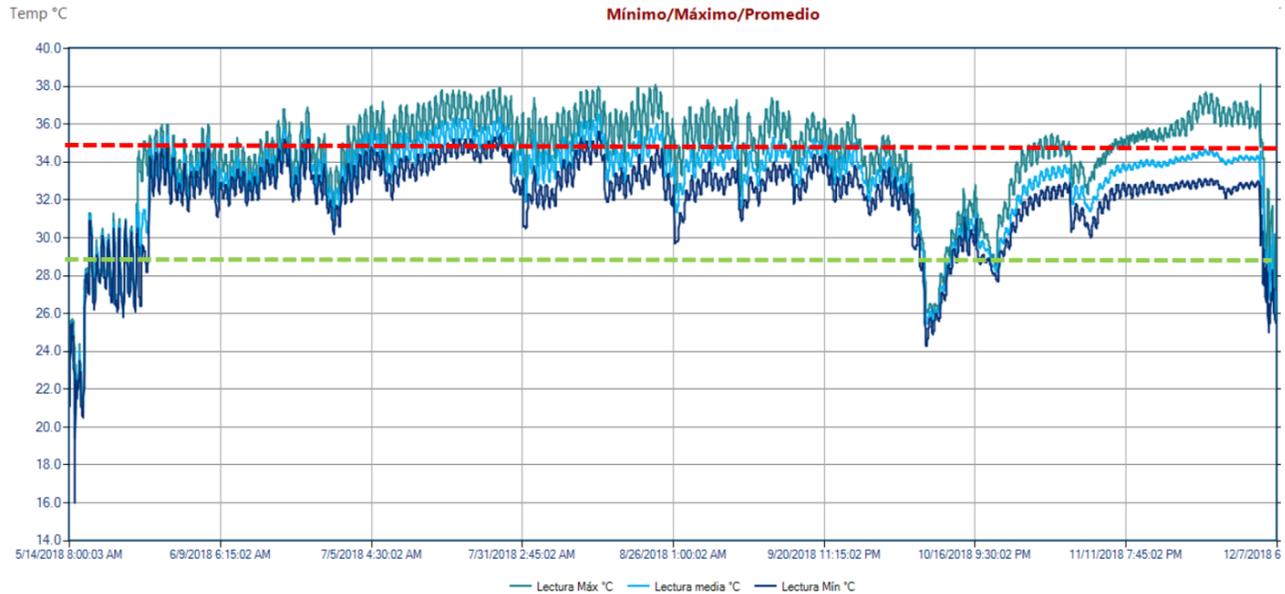
Morales (2013) sugiere que las playas de arena negra de Guatemala producen principalmente hembras que luego se aparean con machos producidos en playas de arena blanca de otras regiones de Mesoamérica. Sin embargo, esto no ha sido comprobado a nivel experimental debiéndose realizar más estudios al respecto. Asimismo, esta misma autora encontró que nidos expuestos a temperaturas inferiores a la temperatura pivotal reportada por Ackerman (1997) de 29.1°C, seguían produciendo hembras, por lo que probablemente para el país, la temperatura pivotal sea menor a la reportada para otras regiones, aunque esto no ha podido determinarse experimentalmente.

Por tal razón es importante el asegurar la proporción equitativa de sexos por medio del manejo de la sombra, el albedo y el enfriamiento de los nidos por riego dirigido (Hill *et al.* 2015). En el caso de los tortugarios guatemaltecos, el interés principal sería aumentar la producción de machos en los tortugarios, lo que requiere de temperaturas relativamente bajas de incubación en la arena. Este manejo puede lograrse principalmente con el control de la sombra y el manejo de la ventilación en el tortugario. El control de sombra tradicionalmente se ha realizado con hojas de palma, sin embargo, esto no permite una regulación adecuada de la insolación que reciben los nidos por lo que la mejor práctica sería el manejo de diferentes condiciones de sombra utilizando sarán. La ventilación se puede controlar teniendo paredes bajas que delimiten el tortugario (menores a 50 cm) y circulación con malla.

El cambio climático, al aumentar la temperatura atmosférica y por lo tanto la temperatura de incubación de los nidos, puede alterar la proporción de sexos, favoreciendo los nacimientos de machos bajo condiciones naturales en los nidos depositados en las playas o incluso, a temperaturas superiores a 35°C, matando por completo a los embriones (Valverde *et al.* 2010). Estos cambios en la proporción de sexos pueden tener serios impactos sobre la viabilidad de las poblaciones de estas especies, así como en la cantidad de tortugas anidando en playas (Howard *et al.* 2014).

De acuerdo a datos de monitoreo de temperaturas de arena a 30 centímetros de profundidad realizados de mayo a diciembre 2018 en la playa de El Banco por Ariano *et al.* (*en preparación*), las temperaturas se mantuvieron por encima de los 35 °C principalmente en el periodo entre julio y septiembre, la cual es el límite máximo térmico que soportan los embriones de parlama. Esto evidencia que la estrategia de conservación a través de tortugarios con manejo de sombra y humedad para control de temperaturas de incubación es fundamental, y que la propuesta de mantener una proporción de nidos naturales por parte de cada tortugario, establecida en el

artículo 17, Resolución 03-17-2017, Normativo para el Manejo y Conservación de Tortugas Marinas, puede no ser viable como una opción adecuada para conservación de la especie, pues es muy probable que la mayoría de embriones de nidos naturales perezca debido a las altas temperaturas a las que se ven expuestos, especialmente entre julio y septiembre.



Temperaturas en arena a 30 cm de profundidad, playa El Banco, Taxisco, Santa Rosa para el período del 14 de Mayo al 7 de Diciembre de 2018. En línea roja se muestra el límite máximo térmico que soportan los embriones de parlama *Lepidochelys olivacea* (35°C, Valverde et al. 2010) y en línea verde se muestra la temperatura pivotante usualmente reportada para la especie (29.1°C, Ackerman 1997). Fuente: Ariano-Sánchez et al. 2020.

Estos mismos resultados muestran que únicamente en una semana del mes de octubre 2018, que coincidió con una tormenta tropical, se alcanzaron temperaturas en playa inferiores a la temperatura pivotante, lo cual recalca la relevancia del manejo de temperaturas en los tortugarios para la producción de machos.

III. LAS CUOTAS DE CONSERVACIÓN EN TORTUGARIOS Y EL APROVECHAMIENTO DE HUEVOS DE TORTUGA PARLAMA

Las acciones de conservación de tortugas marinas constituyen el programa más largo de protección de especies silvestres en peligro de extinción en Guatemala. Los esfuerzos de conservación enfocados principalmente en la incubación de huevos y liberación de neonatos al mar iniciaron en el año 1971 (Sánchez-Castañeda et al. 2005). En ese año, la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS) del Ministerio de Agricultura (MAGA), estableció el

primer tortugario en la aldea de Hawaii departamento de Santa Rosa, el cual marcó el inicio del establecimiento de nuevos tortugarios en ambos litorales (CONAP 2015). Desde entonces, diferentes organizaciones gubernamentales y no gubernamentales como también personas individuales han participado sosteniendo y administrando los centros de incubación de huevos y liberación de neonatos, comúnmente llamados “Tortugarios” (Sánchez-Castañeda *et al.* 2006).

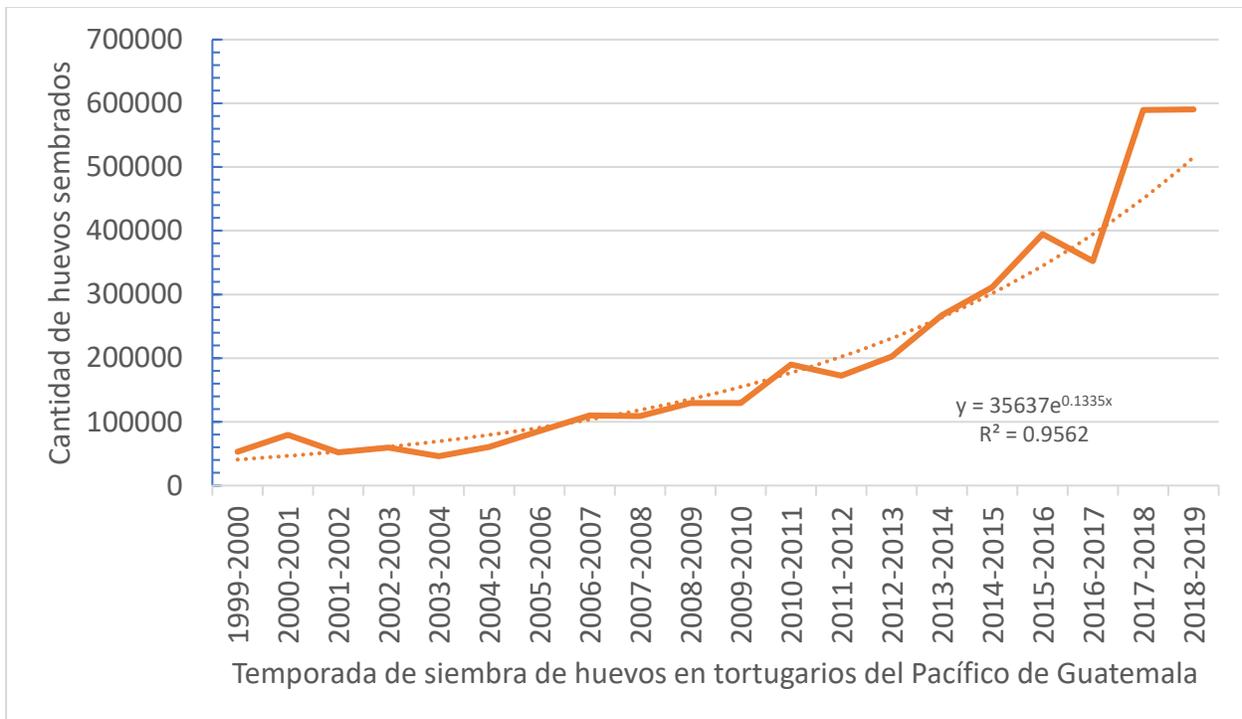
A través de los años, el número de tortugarios que funcionan en Guatemala han variado entre 16 a 30, dependiendo de los recursos y patrocinadores disponibles (Sánchez-Castañeda *et al.* 2005, Muccio y Pérez 2016). A pesar de ser indispensables para respaldar el sistema de cuotas de conservación, en 2011 solamente 50% del litoral guatemalteco contaba con un tortugario funcionando, siendo los principales vacíos las zonas de Champerico y Tecojate (CONAP 2015).

Aparte de la recolección de huevos, en Guatemala no parece haber un aprovechamiento de otros productos de la tortuga marina. En la costa del Pacífico, aparte de reportes ocasionales de la utilización de la carne de parlama para carnada en la pesca de tiburones, no hay una cultura de aprovechamiento de carne u otros productos de la tortuga marina (CONAP 2015). Los huevos de tortuga marina han sido utilizados por las poblaciones costeras a nivel mundial como una importante fuente de proteína y Guatemala no es la excepción. Los huevos de la parlama (*Lepidochelys olivacea*) son los más estimados y aprovechados por las personas que se dedican a la recolección de los mismos, los cuales son denominados “parlameros” (González 2002).

Con el establecimiento de las primeras medidas regulatorias sobre el aprovechamiento de los huevos de las tortugas marinas en Guatemala por parte de CONAP se estableció una cuota de conservación en la que los parlameros deben entregar un 20% de lo colectado a los tortugarios (Resolución 03-17-2017). En el caso del litoral pacífico de Guatemala existen 34 tortugarios activos al 2019. Los cuatro tortugarios que manejan las mayores cantidades de huevos sembrados por temporada son El Banco con 224,815 huevos sembrados, Monterrico con 73,552 huevos sembrados, Marina del Sur (tortugario no registrado en CONAP), con 50,909 huevos sembrados y Hawaii con 34,077 huevos sembrados para la temporada 2018-2019 (Muccio 2019).

De acuerdo a los registros oficiales de CONAP y a los informes de Análisis situacional de tortugas marinas elaborados por ARCAS (Muccio y Pérez 2016, Muccio 2017 y 2018), desde 1999 hasta 2019 se hace evidente un incremento constante en los números de huevos sembrados en los tortugarios del litoral Pacífico de Guatemala, pasando de 52,879 para la temporada 1999-2000 hasta 590,405 huevos sembrados para la temporada 2018-2019.

Con base a los datos de huevos sembrados obtenidos de registros oficiales en CONAP, registros de tortugarios y los informes del “Análisis situacional de la conservación de tortugas marinas en Guatemala” realizados por ARCAS, se observa como cada año incrementa la cantidad de huevos sembrados, teniéndose principalmente un aumento significativo a partir de la temporada 2017-2018, el cual coincide con la implementación sistemática de los tortugarios de recurrir a la compra de huevos a los parlameros para complementar las cuotas de conservación.



Cantidad de huevos sembrados en tortugarios de la ZMC del litoral Pacífico de Guatemala para el periodo 1999-2019. Fuentes: base de datos de Sánchez-Castañeda et al. 2005, Informes anuales ante la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas CONAP 2005-2015, Base de datos CONAP 2011-2019, Análisis situacional de la conservación de tortugas marinas en Guatemala elaborado por Muccio 2016-2019.

La cantidad de huevos sembrados muestra una tendencia exponencial ($r^2 = 0.94$), con un incremento claro a partir del año 2017. Esto contrasta con la tendencia lineal ($r^2 = 0.60$) de las huellas de anidación en la playa de Hawaii. Con base a esto se evidencia que el aumento en la cantidad de huevos sembrados es un producto de la compra de huevos y no de un aumento exponencial en la cantidad de tortugas anidando. Sin embargo, la clara tendencia lineal del aumento de las huellas de anidación en la playa de Hawaii muestra que la población de parlamas en la costa Pacífica está aumentando de manera constante, lo cual es una noticia satisfactoria para la conservación de la especie en el país.

También se ha notado que existe un cambio importante en el destino de las nidadas obtenidas por parlameros durante la temporada de mayor anidación (julio-diciembre) en los últimos 3 años, pues actualmente la gran mayoría de parlameros prefiere vender estos huevos a los tortugarios que a comercializadores. Por lo general, el precio promedio de compra por parte de los tortugarios es de Q15 por docena de huevos en la actualidad. Tomando en cuenta los 590,405 huevos sembrados para la temporada 2018-2019, y restando el 20% de cuota de conservación, esta cantidad representa Q590,405 que en total se repartió entre los parlameros por la venta de huevos a los tortugarios durante la temporada 2018-2019.

IV. METAS DEL PROGRAMA DE MONITOREO

1. Evaluar la efectividad de las estrategias de manejo y conservación en tortugarios para la tortuga parlama *Lepidochelys olivacea* que se implementan en el Pacífico de Guatemala.
2. Cuantificar el impacto de la tasa de aprovechamiento de huevos de parlama que se implementa en el país sobre la población de tortuga parlama *Lepidochelys olivacea* en el Pacífico de Guatemala.
3. Evaluar el estado de conservación de las poblaciones adultas de tortuga parlama *Lepidochelys olivacea* en el Pacífico de Guatemala.

V. PROGRAMA DE MONITOREO

El presente programa de monitoreo se divide en tres grandes ejes: monitoreo en playa, monitoreo en tortugarios y monitoreo en mar abierto. Los indicadores y análisis planteados para cada uno de estos ejes contribuyen a alcanzar las metas del programa de monitoreo. El programa está estructurado tomando en cuenta las capacidades técnicas y humanas existentes en las diferentes organizaciones y tortugarios que están trabajando en la conservación y manejo de tortugas marinas en la costa sur, con base a entrevistas realizadas a administradores y encargados de tortugarios en la región durante febrero 2020. Además, este programa sigue las recomendaciones y directrices brindadas por Eckert et al. (1999), CIT (2008), Baker-Gallegos et al. (2009), Girondot (2010) y SWOT (2011) sobre la implementación de programas de monitoreo de tortugas marinas, sus hábitats y sus amenazas en Latinoamérica. Asimismo, los datos recopilados son compatibles para incorporarse al Sistema Nacional de Información sobre Diversidad Biológica de Guatemala (SNIDB) de CONAP.

Tal y como menciona la SWOT (2011), las estrategias exitosas de conservación se construyen sobre cimientos científicos sólidos. El primer paso para evaluar el estado de conservación de una población o especie, es determinar el número de individuos que existen en una población o especie, cuál ha sido la tendencia de esos números, cuál es la tendencia en la actualidad, y cuál podría ser en el futuro. La precisión de esos cálculos depende de la cantidad de esfuerzo invertido en la colecta de los datos de abundancia. El conteo de las hembras anidadoras y de sus actividades de anidación son una parte importante para los cálculos de abundancia y la evaluación de las tendencias, pero esta información en sí sola no es suficiente para entender los procesos que determinan la condición de la población y sus tendencias. Es por esta razón que la SWOT (2011) recomienda que para evaluar con precisión la abundancia y las tendencias en las poblaciones de las tortugas marinas y asimismo tener la capacidad de identificar las causas de los patrones que se están observando, el enfoque preferido es la implementación de programas a largo plazo de captura, marcaje y recaptura en las playas de anidación y en las áreas de alimentación y agregación de tortugas dentro del mar. El presente programa de monitoreo contempla esta recomendación como uno de sus ejes principales.

a. Reglas básicas del programa de monitoreo

- Los indicadores propuestos se consideran viables de implementar contemplando las capacidades instaladas tanto técnicas como de recurso humano de los actores relacionados con el manejo y conservación de tortugas en el litoral Pacífico de Guatemala.
- Todas las actividades de anidación deben ser contadas durante cada corrida del monitoreo, y todos los valores cero deben ser registrados. Es decir, si el monitoreo es realizado, pero no se detectan intentos de anidación, debe marcarse un valor de cero en el reporte general sobre el monitoreo de la temporada.
- Debido a que la unidad mínima de la actividad de anidación es el número huellas o rastros de anidación, se deben utilizar factores de conversión específicos al sitio para obtener cálculos precisos del número de nidadas (o hembras) derivados del número de rastros.
- Los cálculos sobre la abundancia deberían realizarse empleando un método publicado y reportarse con un cálculo sobre el error asociado con el valor obtenido.
- Los métodos de captura-marca-recaptura en las playas de anidación y en las áreas de alimentación constituyen la forma más precisa para el cálculo de las tasas demográficas vitales, evaluar la abundancia y diagnosticar las tendencias poblacionales.
- El monitoreo periódico de todo el Litoral Pacífico debería ser llevado a cabo aproximadamente cada 5 años para dar cuenta de la variación espacial de las actividades de anidación.
- Los comprobantes de aprovechamiento y cuota de conservación de huevos deben llenarse de manera estandarizada y acorde a las directrices de CONAP en todos los tortugarios que emiten los mismos, para asegurar un adecuado registro de la cantidad de huevos legales en comercio.
- Las tortugas nacidas muertas en los tortugarios no deben desecharse de manera sistemática, sino que una submuestra aleatoria debe ser enviada a las colecciones biológicas de las Universidades del país para posteriores análisis histológicos de proporciones de sexos.
- Las tortugas encontradas muertas varadas en playa o en alta mar, no deben ser enterradas inmediatamente, sino que deben tomarse submuestras de tejidos (muscular e hígado de ser posible), para posteriores análisis ecotoxicológicos.

b. Metas, indicadores y métodos de análisis

A continuación, se presenta el desarrollo del programa de monitoreo. Los indicadores se dividen en indicadores fundamentales y en indicadores especializados. Los indicadores fundamentales son viables de aplicar en todas las regiones de interés, mientras que los indicadores especializados requieren ciertas capacidades técnicas y humanas específicas que hacen que los sitios de aplicación se restrinjan a los sitios con las capacidades instaladas y/o convenios de cooperación con instituciones con capacidades instaladas para poder realizar estas mediciones.

META I: Evaluar la efectividad de las estrategias de manejo y conservación en tortugarios para la tortuga parlama que se implementan en el Pacífico de Guatemala

INDICADORES FUNDAMENTALES	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD DE REGISTRO DE DATOS	PERIODICIDAD DE REPORTE DE DATOS A CONAP	SITIOS
# de huevos sembrados por nido	Contar la cantidad de huevos sembrados por nido en el tortugario	Diaria	Mensual	Todos los tortugarios
# de huevos sembrados por temporada	Sumar la cantidad de huevos sembrados por toda la temporada en el tortugario	Diaria	Al final de temporada	Todos los tortugarios
# de neonatos nacidos vivos por nido	Contar la cantidad de tortuguitas nacidas vivas por nido en el tortugario	Diaria	Mensual	Todos los tortugarios
# de neonatos nacidos vivos por temporada	Sumar la cantidad de neonatos nacidos vivos por toda la temporada en el tortugario	Diaria	Al final de temporada	Todos los tortugarios
# de neonatos muertos por nido	Contar la cantidad de tortuguitas encontradas muertas en superficie o al realizar la exhumación del nido	Diaria	Mensual	Todos los tortugarios
# de neonatos muertos por temporada	Sumar la cantidad de neonatos muertos por toda la temporada en el tortugario	Diaria	Al final de temporada	Todos los tortugarios
# de huevos güeros o sin eclosionar por nido	Contar la cantidad de huevos encontrados sin eclosionar por nido.	Diaria	Mensual	Todos los tortugarios
# de huevos güeros o sin eclosionar por temporada	Sumar la cantidad de huevos güeros o sin eclosionar por toda la temporada en el tortugario	Diaria	Al final de temporada	Todos los tortugarios
# de neonatos nacidos con deformidades por nido	Contar la cantidad de neonatos nacidos con deformidades (dos	Diaria	Mensual	Todos los tortugarios

INDICADORES FUNDAMENTALES	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD DE REGISTRO DE DATOS	PERIODICIDAD DE REPORTE DE DATOS A CONAP	SITIOS
	cabezas, sin aletas, sin ojos, etc.) por nido.			
# de neonatos nacidos con deformidades por temporada	Sumar la cantidad de neonatos nacidos con deformidades por toda la temporada en el tortugario	Diaria	Al final de temporada	Todos los tortugarios
# de neonatos liberados por cada evento de liberación	Contar la cantidad de neonatos nacidos vivos que son capaces de llegar a orilla del mar por si mismos	Diaria	Mensual	Todos los tortugarios
# de neonatos liberados por temporada	Sumar la cantidad de neonatos liberados por toda la temporada en el tortugario	Diaria	Al final de temporada	Todos los tortugarios
% de éxito de eclosión por nido	$(\# \text{ de neonatos nacidos vivos por nido} / \# \text{ de huevos sembrados por nido}) \times 100$	Diaria	Mensual	Todos los tortugarios
% de éxito de eclosión por temporada	$(\# \text{ de neonatos nacidos vivos por temporada} / \# \text{ de huevos sembrados por temporada}) \times 100$	Diaria	Al final de temporada	Todos los tortugarios
% de éxito de liberación por evento	$(\# \text{ de neonatos liberados} / \# \text{ total de huevos sembrados que corresponden al evento de liberación}) \times 100$	Diaria	Mensual	Todos los tortugarios
% de éxito de liberación por temporada	$(\# \text{ de neonatos liberados por temporada} / \# \text{ de huevos sembrados por temporada}) \times 100$	Diaria	Al final de temporada	Todos los tortugarios
% de neonatos nacidos con deformidades por nido	$(\# \text{ de neonatos nacidos con deformidades por nido} / \# \text{ de neonatos nacidos vivos por nido}) \times 100$	Diaria	Mensual	Todos los tortugarios
% de neonatos nacidos con deformidades por temporada	$(\# \text{ de neonatos nacidos con deformidades por temporada} / \# \text{ de huevos sembrados por temporada}) \times 100$	Diaria	Al final de temporada	Todos los tortugarios

Los siguientes indicadores especializados requieren equipo especial o preparación de muestras para análisis posteriores a realizarse en laboratorios especializados. La descripción específica de los métodos de estos indicadores se detalla posteriormente.

INDICADORES ESPECIALIZADOS	DESCRIPCIÓN	EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO	PERIODICIDAD DE REPORTE DE DATOS A CONAP	SITIOS
# de neonatos machos nacidos vivos por evento de liberación (morfometrías)	Este indicador se basa en la ecuación morfométrica propuesta por Michel-Morfin et al. (2001) para la identificación de sexos en neonatos de <i>L. olivacea</i> . Se deben seleccionar 4 neonatos al azar en cada evento de liberación programado para tomar las mediciones. Si la ecuación da un valor positivo es hembra y si da un valor negativo es macho.	<ul style="list-style-type: none"> • Verniers digitales • Cinta métrica flexible • Balanza digital de 1 gramo de precisión. • Cámara digital • Guantes quirúrgicos • Computadora con Microsoft Excel. 	Mensual	Tortugarios de El Paredón, Centro de Conservación Marina, El Banco, Monterrico y Hawaii
% de neonatos machos nacidos vivos por temporada	(Sumatoria de todos los # de neonatos machos nacidos vivos por evento de liberación de acuerdo a morfometrías/ # total de neonatos medidos durante la temporada) x 100	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora con Microsoft Excel. 	Al final de temporada	Tortugarios de El Paredón, Centro de Conservación Marina, El Banco, Monterrico y Hawaii
% de neonatos machos nacidos muertos por temporada (histología)	Este indicador se basa en el método de determinación histológica de sexo por corte y tinción de gónadas y ductos sexuales de neonatos de acuerdo al método de Wyneken et al. (2007). Requiere la recolección y preservación diaria de neonatos muertos, los cuales son trasladados a laboratorios específicos para sus análisis histológicos al finalizar la temporada (Sumatoria de todos los neonatos machos identificados por cortes histológicos/ # total de neonatos muertos analizados) x 100	<ul style="list-style-type: none"> • Frascos de vidrio • Etanol al 90% • Jeringas de 10 cc con aguja calibre 18G. • Guantes quirúrgicos • Pinzas • Bisturí • Formalina bufferizada al 10% • Parafina • Tinción de hematoxilina-eosina • Microtomo • Portaobjetos/ cubreobjetos • Microscopio de luz 	Anual en el mes de abril	Tortugarios de El Paredón, Centro de Conservación Marina, El Banco, Monterrico y Hawaii
Temperatura promedio bimensual de incubación (°C)	Registro automatizado por medio de dattalogers de temperatura en posiciones específicas	<ul style="list-style-type: none"> • Dattalogers de registro automático de temperatura y 	Bimensual	Tortugarios de El Paredón, Centro de

INDICADORES ESPECIALIZADOS	DESCRIPCIÓN	EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO	PERIODICIDAD DE REPORTE DE DATOS A CONAP	SITIOS
	dentro del tortugario, de acuerdo al método de Baker-Gallegos et al. (2009). Requiere la programación del datalogger para el registro automático de temperatura cada 4 horas (6 lecturas por día).	resistentes a humedad (recomendado: LogTag Trix-8). <ul style="list-style-type: none"> • Interfase conector de datalogger con computadora para descarga de datos. • Computadora con al menos 4 Gb de RAM. 		Conservación Marina, El Banco, Monterrico y Hawaii

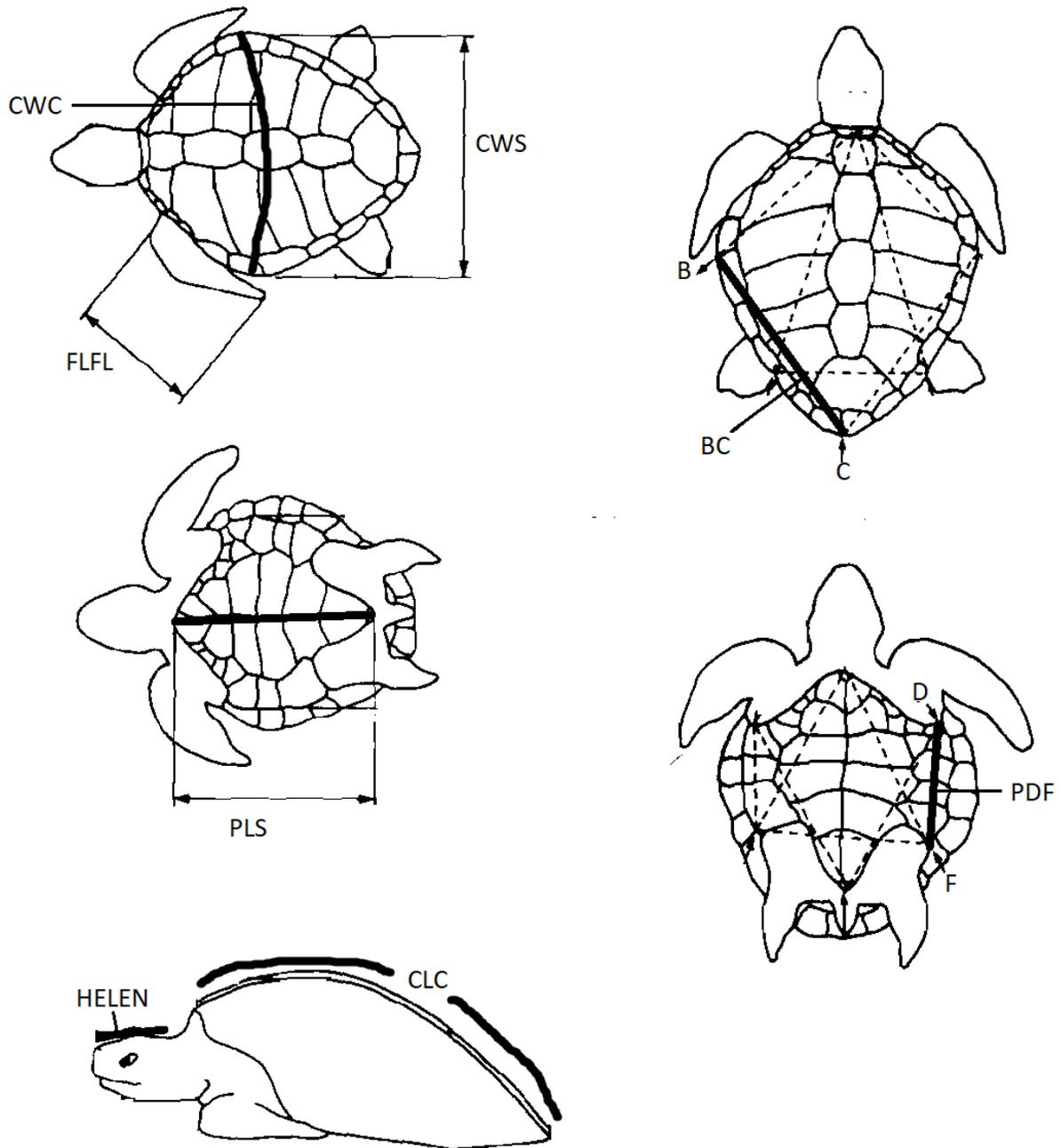
% de neonatos machos nacidos vivos (morfometrías):

Para el cálculo de este indicador se utiliza la función discriminante morfométrica propuesta por Michel-Morfin et al. (2001) para la identificación de sexos en neonatos de *L. olivacea*.

$$\text{Sexo} = ((1.63 \times \text{CLC}) + (-5.9 \times \text{CWS}) + (-4.95 \times \text{CWC}) + (-3.54 \times \text{HELEN}) + (2.75 \times \text{FLFL}) + (3.56 \times \text{PLS}) + (0.29 \times \text{WEIGHT}) + (3.20 \times \text{BC}) + (-3.94 \times \text{PDF}) + 32.99$$

Esta ecuación se basa en la toma de 9 medidas morfométricas de los neonatos, las cuales se describen a continuación:

- CLC: Longitud curvada del carapacho (cm) – medida con cinta métrica.
- CWS: Ancho del carapacho en distancia recta (cm) – medida con vernier electrónico.
- CWC: Ancho del carapacho en distancia curva (cm) – medida con cinta métrica.
- HELEN: Largo de cabeza (cm) – medida con vernier electrónico.
- FLFL: Largo en distancia recta de la aleta delantera izquierda (cm) - medida con vernier electrónico.
- PLS: Longitud del plastrón en distancia recta (cm) - medida con vernier electrónico.
- WEIGHT: Peso (gramos) – medido con balanza digital tarada.
- BC: Longitud recta entre escudo marginal de parte más ancha del carapacho (punto B) y el ápice del carapacho (punto C) (cm) - medida con vernier electrónico.
- PDF: Longitud recta entre el primer escudo axilar (punto D) y el primer escudo femoral (punto F) del lado izquierdo del plastrón (cm) - medida con vernier electrónico.



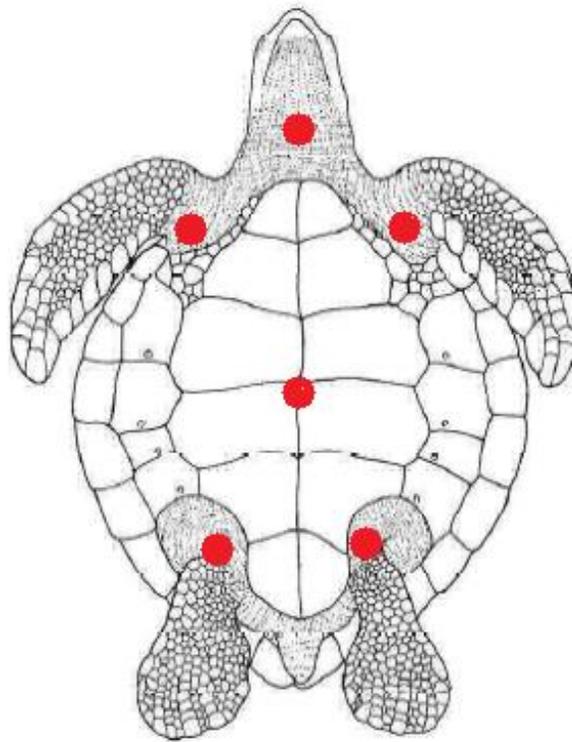
Definición de las nueve medidas morfométricas necesarias para la determinación de sexos de neonatos de *Lepidochelys olivacea* acuerdo a función discriminante de Michel-Morfin (2001). Adaptada a partir de diagramas originales de Michel-Morfin (2001).

Al introducir las medidas en las unidades correctas en la función discriminante mostrada anteriormente, los valores resultantes positivos corresponden a hembras y los valores resultantes negativos corresponden a machos. Esta ecuación tiene un error del 5% en la determinación de sexos, lo cual es aceptable para su utilización sistemática en submuestras en los tortugarios. Esta ecuación ha podido ser determinada como efectiva experimentalmente para la determinación de sexos de neonatos en Guatemala (Ariano-Sánchez et al. 2020).

Debido a que la cantidad de tiempo requerido para tomar estas medidas de manera correcta es relativamente alta (5 minutos por tortuga), se recomienda la toma sistemática de datos de únicamente 6 neonatos escogidos al azar en las liberaciones programadas para cada día, con el fin de que al final de temporada se haya acumulado una cantidad significativa de neonatos con morfometrías que permitan estimados confiables de proporciones de sexos (se calcula que con este método cada tortugario habrá medido entre 750 y 1000 neonatos por temporada).

% de neonatos machos nacidos muertos (histología):

Este indicador se basa en el método de determinación histológica de sexo por corte y tinción de gónadas y ductos sexuales de neonatos de acuerdo al método de Wyneken et al. (2007). Requiere de la recolección y preservación diaria de neonatos muertos, los cuales son trasladados a laboratorios específicos para sus análisis histológicos al finalizar la temporada. Luego de la exhumación de los neonatos muertos con desarrollo completo (sin anomalías morfológicas), estos deben ser fijados químicamente. Para la fijación de los neonatos, estos deben ser inyectados con formalina al 10% en cuello, axilas, ingles y marca de ombligo de yema con una jeringa de 10 cc y una aguja de calibre 18G (esto es fundamental para evitar que la jeringa se tape y no se logre inyectar el líquido fijador).



Zonas de inyección (puntos rojos) de formalina al 10% para la fijación de neonatos muertos de *Lepidochelys olivacea* para posterior determinación histológica de sexo.

Fuente: Modificada a partir de diagrama de Eckert et al. (1999).

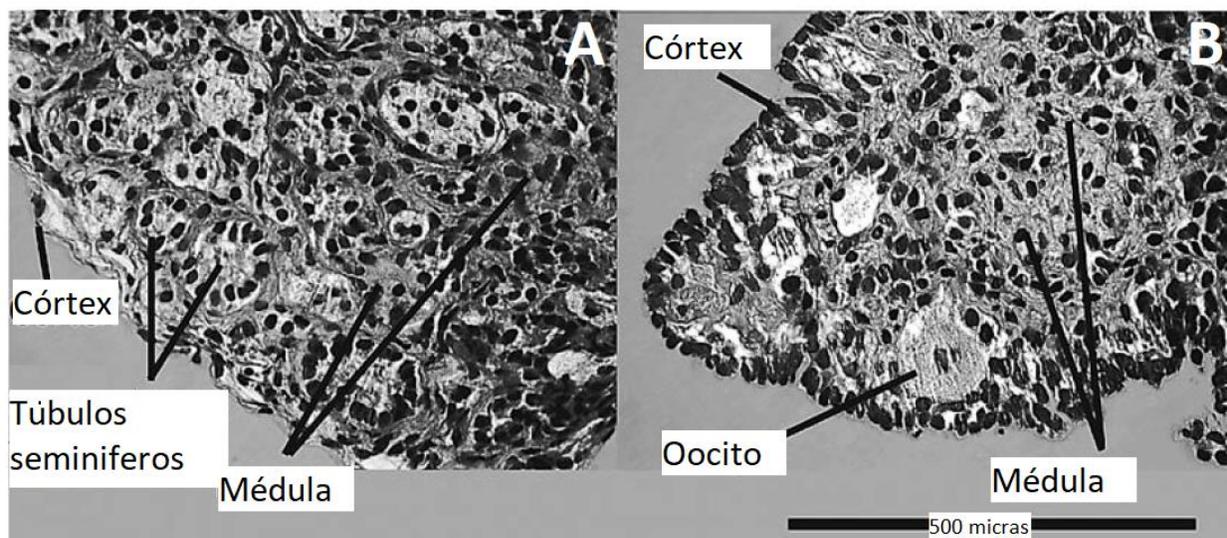
Posteriormente a la fijación con formalina al 10%, los neonatos deben ser almacenados en frascos de vidrio con tapadera en una solución de etanol al 90%. En la tapadera se debe anotar con marcador permanente punto fino los siguientes datos: a) Fecha de eclosión y b) Nombre del tortugario.

Estos frascos almacenando los neonatos muertos preservados se pueden guardar durante la temporada en bodegas del tortugario, siempre revisando que los niveles de alcohol se encuentren bien. Luego de terminada la temporada los neonatos se pueden transportar a laboratorios específicos que cuenten con equipo histológico para la realización de los análisis. Estos laboratorios pueden ser los del CEMA-USAC, la Escuela de Biología de la USAC, el Departamento de Biología de la UVG, o la Facultad de Veterinaria de la USAC, de acuerdo a los convenios específicos que tenga u opte cada tortugario.

Al llegar las muestras a estos laboratorios el procedimiento de análisis histológico de acuerdo al método de Wyneken et al. (2007) es el siguiente:

- Disección del neonato para la extracción conjunta de gónadas y riñones (en la práctica es muy difícil separar ambas estructuras).
- Fijación de las gónadas en formalina bufferizada al 10%.
- Preparación de las gónadas en cubos de parafina para cortes con micrótomo
- Tinción con hematoxilina-eosina.
- Montaje en portaobjetos
- Observación en microscopio a 200X

Los caracteres diagnósticos de los sexos son la presencia de un córtex pobremente definido pero una medula bien organizada formada por túbulos seminíferos y estroma en los machos, mientras que en las hembras tienen un córtex bien definido de células basofílicas, con una medula pobremente organizada.



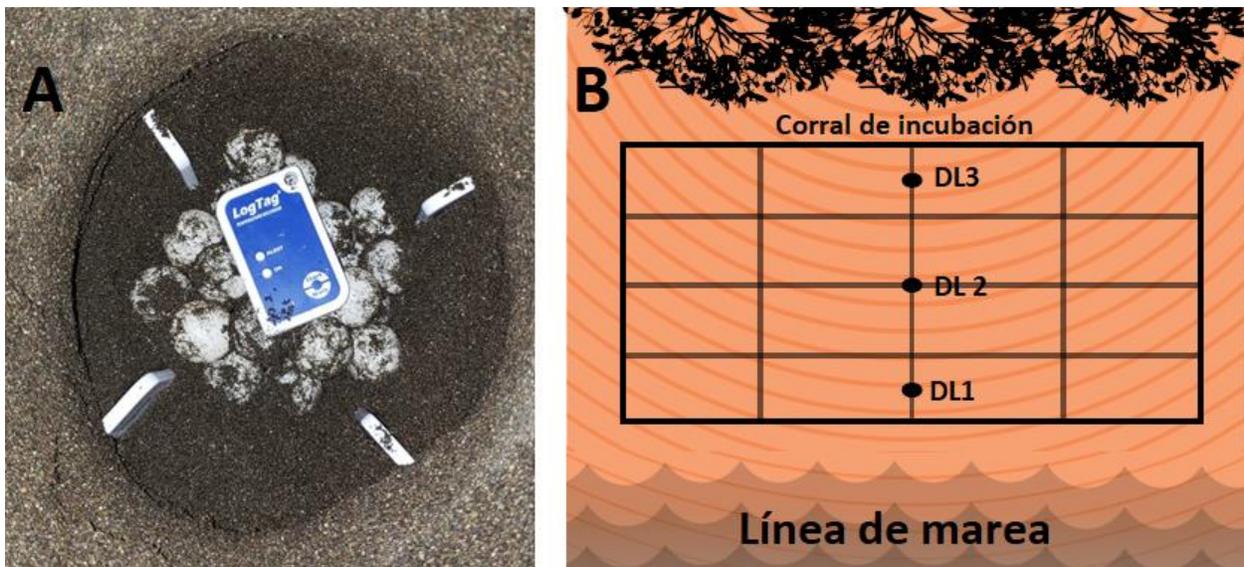
Determinación histológica de sexo en tortugas marinas: A. Macho; B. Hembra.

Modificada a partir de figuras de Wyneken et al. (2007).

Temperatura (°C) promedio bimensual de incubación:

Este indicador se basa en el registro automatizado por medio de dattalogers de temperatura en posiciones específicas dentro del tortugario, de acuerdo al método de Baker-Gallegos et al. (2009). Requiere la programación del dattalogger para el registro automático de temperatura cada 4 horas para que tome 6 lecturas por día. El dattalogger recomendado es el LogTag Trix-8, debido a su durabilidad de batería, resistencia a humedad y corrosión, facilidad de uso y capacidad de almacenamiento.

Para esto se deben colocar al menos tres dattalogers en al menos una de las edificaciones de incubación de los tortugarios. Los dattalogers se colocan en la siguiente configuración: uno al frente en la hilera más cercana al mar, otro en medio del corral y otro al final en la hilera más lejana al mar. Los dattalogers deben sembrarse junto con un nido y colocarse en el medio del mismo, para tomar en cuenta el calor metabólico producido por los huevos durante su incubación. Esto quiere decir que se siembra la mitad de huevos prevista, luego se coloca el dattalogger y encima se coloca el resto de huevos.



Ubicación de dattalogers para monitoreo de temperatura en tortugarios: A. Ubicación de dattalogger LogTag Trix-8 en el centro de nido; B. Ubicación de los tres dattalogers (identificados con código DL) dentro del corral de incubación del tortugario. Fotografía A Daniel Ariano; figura B modificada a partir de Baker-Gallegos et al. (2009).

Estos dattalogers se recogen cuando el nido respectivo eclosiona, los datos se descargan, se exportan a formato Excel y son enviados a CONAP para sus registros y análisis respectivos. Como el período promedio de incubación es de 45 días, y se calcula un promedio de 10 días para descarga de datos y vuelta a colocar del dattalogger, se considera que el envío de datos puede ser de manera bimensual.

META II: Cuantificar el impacto de la tasa de aprovechamiento de huevos de parlama que se implementa en el país sobre la población de tortuga parlama *Lepidochelys olivacea* en el Pacífico de Guatemala.

INDICADORES FUNDAMENTALES	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD DE REGISTRO DE DATOS	PERIODICIDAD DE REPORTE DE DATOS A CONAP	SITIOS
# de huevos destinados a comercio legal reportados en los comprobantes de aprovechamiento y cuota de conservación de huevos de tortuga marina	Contar la cantidad de huevos reportados en las boletas de Comprobante de persona intermediaria (comercializador)	Mensual	Al final de temporada	Todos los tortugarios
# de huevos legales colocados en puestos finales de venta	Contar la cantidad de huevos reportados en las boletas de Comprobante de entrega final (puntos de venta)	Mensual	Al final de temporada	Todos los tortugarios
# de huevos provenientes de cuota de conservación sembrados en los tortugarios	Contar la cantidad de huevos reportados en las boletas de Comprobante de aprovechamiento y cuota de conservación (parladero)	Mensual	Al final de temporada	Todos los tortugarios
# de huevos comprados sembrados por los tortugarios	Contar la cantidad de huevos comprados por los tortugarios diariamente a los parladeros	Mensual	Al final de temporada	Todos los tortugarios
# de huevos ilegales decomisados	Contar la cantidad de huevos decomisados en operativos por parte de DIPRONA-CONAP tanto en ruta como en puntos de venta final.	Mensual	Al final de temporada	Todo el país

Los siguientes indicadores especializados requieren contratación de personal especial para este monitoreo, así como cierto equipo especial. La descripción específica de los métodos de estos indicadores se detalla posteriormente.

INDICADORES ESPECIALIZADOS	DESCRIPCIÓN	EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO	PERIODICIDAD DE REPORTE DE DATOS A CONAP	SITIOS
# de huellas de anidación de parlama/ fecha fuera de temporada	Se cuenta tres veces por semana la cantidad de huellas de anidación en transectos de 8 km durante el 1 de enero al 30 de junio. Esto	<ul style="list-style-type: none"> • Cuaderno de campo • Linterna de cabeza 	Mensual	La Barrona, Hawaii, Monterrico, El Conacaste, El Paredón,

INDICADORES ESPECIALIZADOS	DESCRIPCIÓN	EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO	PERIODICIDAD DE REPORTE DE DATOS A CONAP	SITIOS
	consiste en extender a todo el año el monitoreo de huellas de anidación realizado por ARCAS.	<ul style="list-style-type: none"> • Linterna de mano • GPS 		Churririn y El Chico
# de nidos depositados en playa/fecha fuera de temporada	Se le aplica un factor de corrección al # de huellas de anidación	Computadora	Mensual	La Barrona, Hawaii, Monterrico, El Conacaste, El Paredón, Churririn y El Chico
# de huevos depositados en playa/fecha fuera de temporada	Se le aplica un factor de corrección al # de nidos depositados en playa	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora 	Mensual	La Barrona, Hawaii, Monterrico, El Conacaste, El Paredón, Churririn y El Chico
# de huellas de anidación de parlama/ fecha durante la temporada	Se cuenta la cantidad de huellas de anidación en transectos de 8 km durante el 1 de Julio al 31 de diciembre.	<ul style="list-style-type: none"> • Cuaderno de campo • Linterna de cabeza • Linterna de mano • GPS 	Mensual	La Barrona, Hawaii, Monterrico, El Conacaste, El Paredón, Churririn y El Chico
# de nidos depositados en playa/fecha durante la temporada	Se le aplica un factor de corrección al # de huellas de anidación	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora 	Mensual	La Barrona, Hawaii, Monterrico, El Conacaste, El Paredón, Churririn y El Chico
# de huevos depositados en playa/fecha durante la temporada.	Se le aplica un factor de corrección al # de nidos depositados en playa	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora 	Mensual	La Barrona, Hawaii, Monterrico, El Conacaste, El Paredón, Churririn y El Chico
# de huevos totales anuales estimados depositados por playa	Para esto se utiliza las recomendaciones de SWOT (2011) basados en el método de estimación de anidación de Girondot (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora con excel • Internet 	Al final de temporada	La Barrona, Hawaii, Monterrico, El Conacaste, El Paredón, Churririn y El Chico
% de huevos estimado destinado a consumo (legal e ilegal)	Se basa en la relación entre el # de huevos sembrados en tortugarios por temporada	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora con excel 	Al final de temporada	La Barrona, Hawaii, Monterrico, El Conacaste, El Paredón, Churririn y El Chico

de huellas de anidación de tortugas / fecha fuera de temporada:

Este indicador se basa en una modificación del protocolo llevado por ARCAS desde el año 2003 en las playas del Pacífico Guatemalteco durante la temporada de mayor anidación (1 de Julio al 31 de diciembre) y basado en las recomendaciones del SWOT (2011). El mismo consiste en la realización tres veces por semana (los días martes, miércoles y viernes) de un recorrido caminando por un transecto de aproximadamente 8 kilómetros el cual abarca 4 km al este y 4 km al oeste de un punto central que es la ubicación del tortugario de la región estudiada. Este recorrido se inicia cuando ya ha oscurecido y se contabilizan y georeferencian las coordenadas de la ubicación de cada huella de anidación encontrada. La georreferenciación con el GPS debe realizarse de manera estándar en coordenadas geográficas latitud/longitud en grados decimales (hddd.dddd), con datum WGS84, y una precisión mínima de 3 metros.

En este caso el periodo de registro de datos es del 1 de enero al 30 de junio de cada año, el cual es considerado como período fuera de la temporada de anidación, aunque se sabe que hay anidaciones esporádicas de tortugas durante este período. El 100% de los huevos de los nidos puestos en este período es destinado a consumo pues no hay tortugarios funcionando que acepten los huevos. Además, la incubación de huevos en nidos naturales es prácticamente imposible en este período debido a ser época seca y a las altas temperaturas de la arena. Este indicador tiene como fin de poder estimar con mejor certeza la cantidad de huevos que desovan las tortugas entre los meses de enero a junio, lo que brindará insumos relevantes para estimar cantidades de huevos destinados a comercio en esos meses.

de nidos depositados en playa/fecha fuera de temporada:

A la cantidad final de huellas de anidación registrada se le debe aplicar el siguiente factor de corrección de acuerdo a los datos de Montes (2004) y Muccio (2019):

$$\# \text{ de nidos depositados en playa/fecha fuera de temporada} = \# \text{ de huellas de anidación} - (\# \text{ de huellas de anidación} \times 0.0967)$$

de huevos depositados en playa/fecha fuera de temporada:

A la cantidad final de nidos depositados en playa registrada se le debe aplicar el siguiente factor de corrección de acuerdo a los datos de huevos promedio por nido de Muccio (2019):

$$\# \text{ de huevos depositados en playa/ fecha fuera de temporada} = \# \text{ de nidos depositados en playa fuera de temporada} \times 92.66$$

de huellas de anidación de tortuga / km durante la temporada:

Este indicador se basa en una modificación del protocolo llevado por ARCAS desde el año 2003 en las playas del Pacífico Guatemalteco y basado en las recomendaciones del SWOT (2011). El mismo consiste en la realización diaria de un recorrido caminando por un transecto de aproximadamente 8 kilómetros el cual abarca 4 km al este y 4 km al oeste de un punto central

que es la ubicación del tortugario de la región estudiada. Este recorrido se inicia cuando ya ha oscurecido y se contabilizan y georeferencian las coordenadas de la ubicación de cada huella de anidación encontrada. La georreferenciación con el GPS debe realizarse de manera estándar en coordenadas geográficas latitud/longitud en grados decimales (hddd.dddd), con datum WGS84, y una precisión mínima de 3 metros. En este caso el periodo de registro de datos es del 1 de julio al 31 de diciembre de cada año.

de nidos depositados en playa / fecha durante la temporada:

A la cantidad total de huellas de anidación registrada por fecha se le debe aplicar el siguiente factor de corrección de acuerdo a los datos de Montes (2004) y Muccio (2019):

$$\# \text{ de nidos depositados en playa/fecha durante la temporada} = \# \text{ de huellas de anidación} - (\# \text{ de huellas de anidación} \times 0.0967)$$

de huevos depositados en playa / fecha durante la temporada:

A la cantidad total de nidos depositados en playa registrada por fecha durante la temporada se le debe aplicar el siguiente factor de corrección de acuerdo a los datos de huevos promedio por nido de Muccio (2019):

$$\# \text{ de huevos depositados en playa/km durante la temporada} = (\# \text{ de nidos depositados en playa fuera de temporada} \times 92.66) / \# \text{ de kilómetros recorridos}$$

de nidos totales anuales estimados depositados por playa:

Para este indicador se utilizan las recomendaciones de SWOT (2011) basados en el método de estimación de anidación de Girondot (2010). Para esto se debe crear un archivo en Excel de formato de texto separado por comas (*.csv) con los siguientes campos, al final del año (final temporada). En esta base se incluyen las cantidades de nidos depositados en playa tanto para fuera de temporada como para dentro de temporada. Es fundamental el incluir los valores 0 (cero) en caso no se hayan encontrado huellas de anidación en determinada fecha.

Fecha	# de nidos depositados en playa	Nombre playa
dd/mm/aaaa	número	texto

Luego de configurado el archivo *.csv, este se debe cargar al software online del paquete de R llamado Phenology, desarrollado por Girondot (2010).

<http://134.158.74.46/phenology/>

Al ingresar a esta página se deben seleccionar las siguientes opciones:

- Para la pregunta de si las columnas tienen encabezado: Checar casilla
- Para la opción que pregunta ¿Hay una ausencia de puestas fuera de la temporada? : Seleccionar no.
- Para la opción que pregunta ¿La temporada de desove es simétrica alrededor del pico de puestas? : Seleccionar sí.
- Para la opción que pregunta ¿Los conteos en 0 han sido incluidos en la base de datos? : Seleccionar sí.
- Dejar en blanco la casilla del formato de la fecha
- Dejar en blanco el mes a utilizar como referencia

Con esto el software online calcula el estimado total de nidos depositados en las playas analizadas, incluyendo los intervalos de confianza del 95%.

de huevos totales anuales estimados depositados por playa:

Para este indicador se utiliza el resultado obtenido en el indicador anterior, de # de nidos totales estimados depositados por playa y se multiplica por el siguiente factor de corrección de acuerdo a los datos de huevos promedio por nido reportado por Muccio (2019):

$$\# \text{ de huevos totales anuales estimados depositados por playa} = \# \text{ de nidos totales estimados depositados por playa} \times 92.66$$

Se realizan los mismos cálculos para los intervalos de confianza inferior y superior identificados por el software en el indicador anterior para obtener los # de huevos totales estimados por playa en su límite inferior y superior.

% de huevos estimado destinado a consumo (legal e ilegal):

$$\% \text{ de huevos estimado destinado a consumo} = (\# \text{ de huevos sembrados por temporada} / \# \text{ de huevos totales anuales estimados depositados por playa con base a modelos}) \times 100$$

META III: Evaluar el estado de conservación de las poblaciones adultas de tortuga parlama *Lepidochelys olivacea* en el Pacífico de Guatemala.

INDICADORES FUNDAMENTALES	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD DE REGISTRO DE DATOS	PERIODICIDAD DE REPORTE DE DATOS A CONAP	SITIOS
# de tortugas encontradas muertas en altamar	Contar la cantidad de tortugas encontradas muertas	Eventual	Mensual	Litoral Pacífico
# de tortugas encontradas muertas en varamientos	Contar la cantidad de tortugas encontradas muertas en varamientos	Eventual	Mensual	Litoral Pacífico

Los siguientes indicadores especializados requieren contratación de personal especial para este monitoreo, así como cierto equipo especial. La descripción específica de los métodos de estos indicadores se detalla posteriormente.

INDICADORES ESPECIALIZADOS	DESCRIPCIÓN	EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO	PERIODICIDAD DE REPORTE DE DATOS A CONAP	SITIOS
Densidad de tortugas / km	Esto consiste en realizar tres transectos de toma de video de 1 km con un dron aéreo de acuerdo a los métodos propuestos por Schofield et al. (2017) y Rees et al. (2018). Estos transectos se realizan a 20, 17 y 14 millas náuticas de la línea de costa.	<ul style="list-style-type: none"> • Dron de tipo quadcoptero (4 rotores) con HD (ej: DJI Phantom 4 Pro; Mavic 2 Pro), con 3 baterías de recarga y tarjeta memoria de 128 Gb. • Tablet • Lancha • Computadora o Tablet 	Julio	La Barrona, Monterrico, Sipacate
Densidad machos/km	de Mismo método descrito arriba solo se calcula la densidad de manera diferente (ver detalles en texto).	• Mismos de descritos arriba	Julio	La Barrona, Monterrico, Sipacate
Densidad hembras/km	de Mismo método descrito arriba solo se calcula la densidad de manera diferente (ver detalles en texto).	• Mismos de descritos arriba	Julio	La Barrona, Monterrico, Sipacate
Proporción operacional de sexos	Es la proporción entre machos y hembras durante el período de apareamiento.	• Mismos de descritos arriba	Julio	La Barrona, Monterrico, Sipacate

INDICADORES ESPECIALIZADOS	DESCRIPCIÓN	EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO	PERIODICIDAD DE REPORTE DE DATOS A CONAP	SITIOS
Fotoidentificación de ejemplares por medio de fotografías de patrones de escamas faciales	Consiste en la toma de fotografías de los patrones de escamación de escamas faciales para posterior procesamiento en software y fotoidentificación, de acuerdo a método de Reisser et al. (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara fotográfica de alta resolución • Computadora • Software libre I3S: Interactive Individual Identification System 		

Densidad de tortugas/km:

Este indicador se basa en introducirse al mar abierto en lancha hasta la distancia de 20 millas náuticas (37.04 km) de la costa. Esta distancia se basa en la distancia más cercana a costa con mayor densidad de avistamientos de parlamas reportados por Dávila (2011) y Del Cid y López (2011). Partiendo de la zona de salida de lancha más cercana posible a los sitios identificados en el cuadro anterior.

Los viajes a mar abierto se deben realizar una vez al mes en los meses de abril, mayo y junio, que es cuando hay más abundancia de *Lepidochelys olivacea* frente a las costas guatemaltecas, de acuerdo a los datos de Dávila (2008 y 2011) y Del Cid y López (2011), pues se están preparando para apareamiento e iniciar la temporada desove.

Al llegar a esta distancia se dispone a volar el dron programado en una ruta semi paralela a la línea de costa orientada de este a oeste. El dron se eleva a una altura de 30 metros y se vuela 500 metros hacia el este y a partir de allí se comienza a realizar el recorrido de 1 km hacia el oeste del transecto de grabación de video, a una velocidad programada de 12m/s. Al terminar el recorrido, el dron se retorna a la lancha.

Este procedimiento se repite en otros dos transectos realizados de la misma manera, pero a 17 millas náuticas (31.49km) y 14 millas náuticas (25.93 km). Se estima que una batería completamente cargada alcanza para realizar un transecto, por lo que se necesita viajar con al menos tres baterías completamente cargadas, las cuales se cambian al iniciar el nuevo transecto.

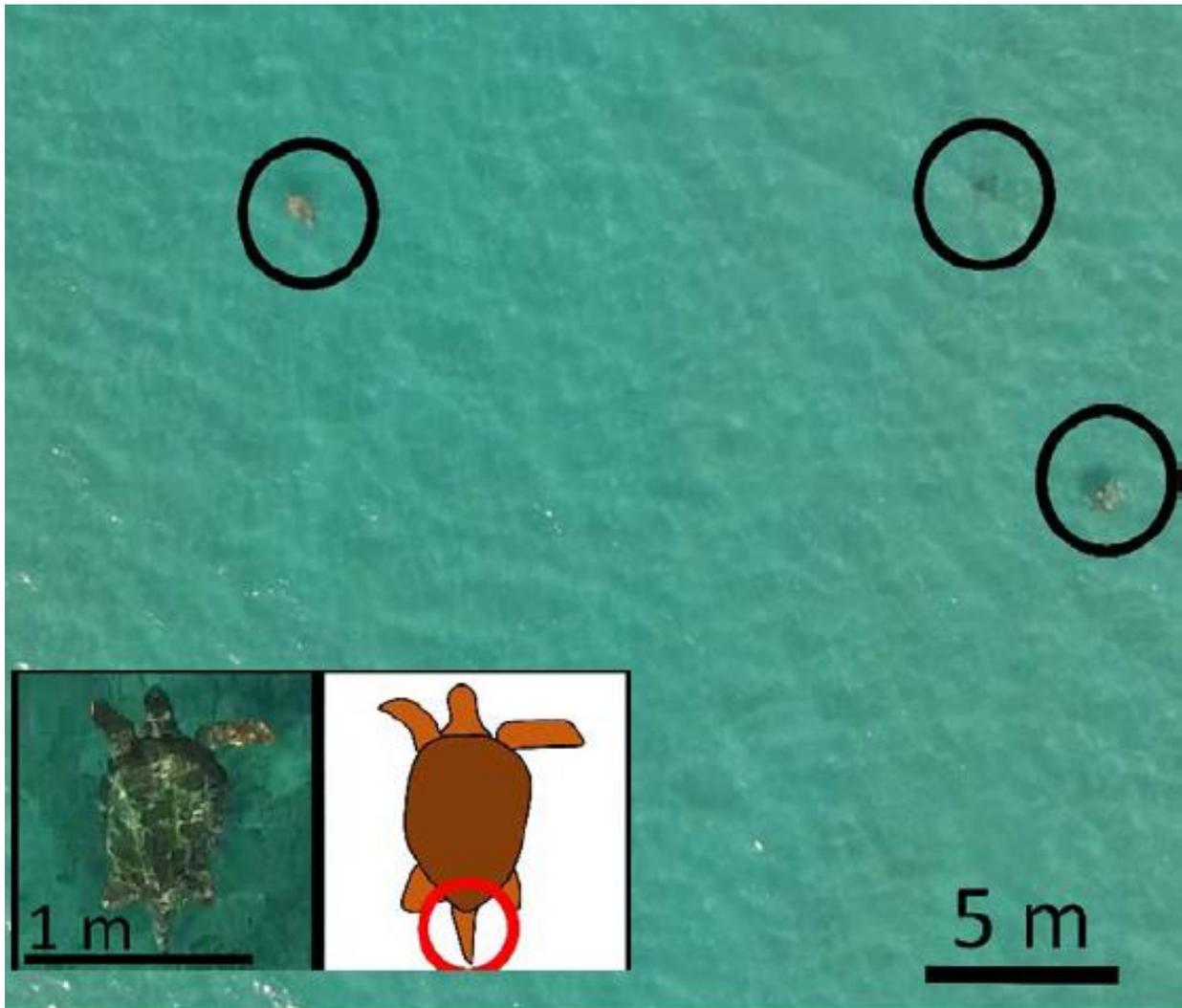
Los sitios recomendados de partida para realizar estos transectos y que están suficiente espaciados entre sí para realizar las estimaciones de densidades proporción operacional de sexos son La Barrona, Monterrico y Sipacate. Los datos obtenidos del video son luego analizados en computadora y se cuantifica por observación del mismo, la cantidad de tortugas avistadas y los sexos de las mismas. Al tener el video es fácil corroborar la identidad de la especie de parlama grabada. Además, las distancias y meses corresponden a cuando prácticamente la totalidad de tortugas en mar abierto corresponden a parlamas, de acuerdo a los datos de Del Cid y López (2011).

Posteriormente a esta cuantificación se procede a estimar la densidad de parlamas por kilómetro, sumando los totales de parlamas vistas en los 3 transectos:

$$\text{Densidad de parlamas/km} = \text{Sumatoria de las tortugas avistadas en los 3 transectos} / 3 \text{ km}$$

Densidad de machos/km:

La identificación de sexos se realiza por el largo de las colas de acuerdo al procedimiento sugerido por Schofield et al. (2017), en el cual los machos presentan colas evidentemente más largas que el carapacho en las imágenes captadas en video aéreo con dron.



Cuantificación de densidad de tortugas marinas por medio de uso de Dron aéreo. En la imagen inserta se observa un macho y como es factible reconocer su sexo por el largo de la cola la cual sobresale notoriamente del caparazón. Fuentes: Adaptada a partir de Schofield et al. (2017).

Con base a esto se calculan entonces las densidades de cada sexo por kilómetro, y la proporción operacional de sexos. Los métodos de cálculo se describen a continuación:

Densidad de machos/km = Sumatoria de las tortugas macho avistadas en los 3 transectos / 3 km

Densidad de hembras/km:

Densidad de hembras/km = Sumatoria de las tortugas hembra avistadas en los 3 transectos / 3 km

Proporción operacional de sexos:

La proporción operacional de sexos tiene un valor de 1 si es equitativa, mayor a 1 si hay más machos que hembras y menor a uno si hay más hembras que machos.

Proporción operacional de sexos = Sumatoria de las tortugas macho avistadas en los 3 transectos / Sumatoria de las tortugas hembra avistadas en los 3 transectos

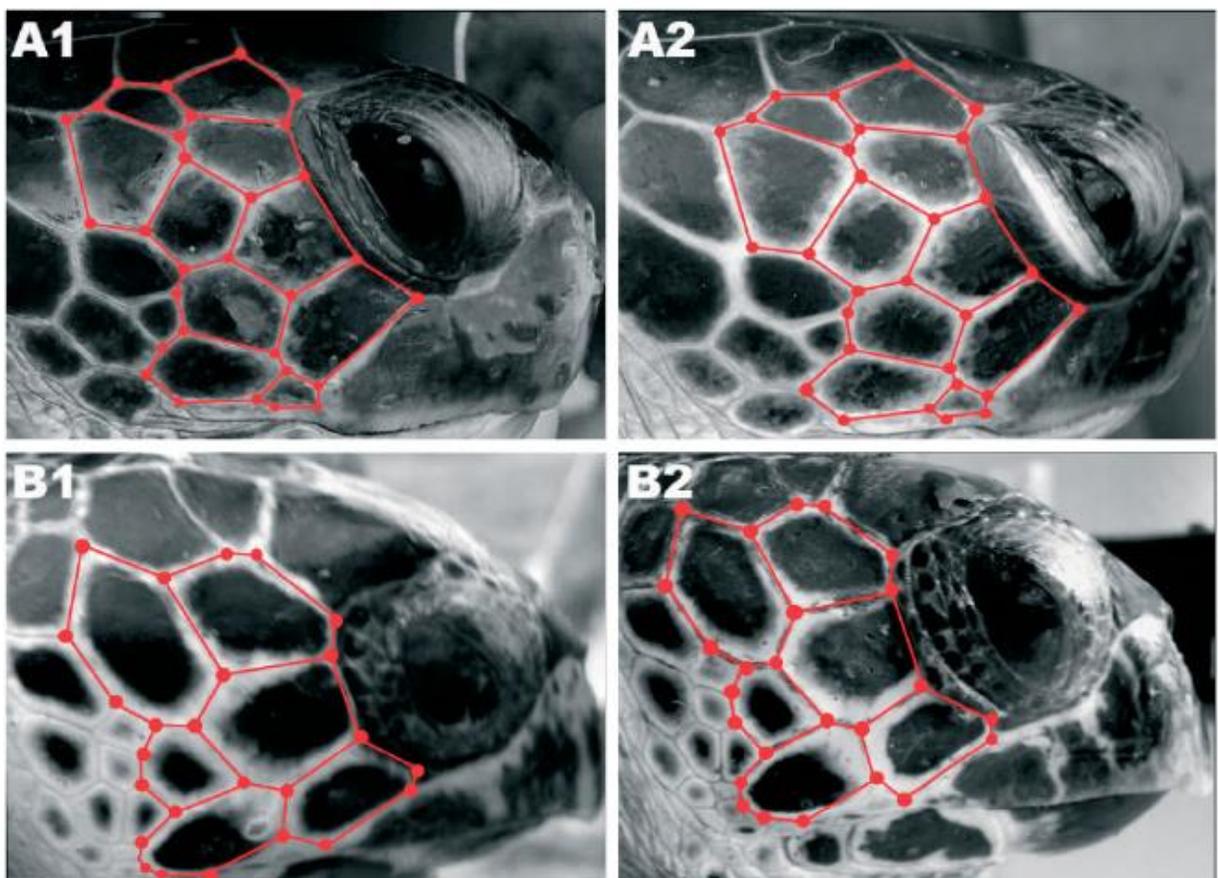
Fotoidentificación de ejemplares por medio de fotografías de patrones de escamas faciales:

Este indicador se basa en la toma de fotografías del área facial de las tortugas adultas encontradas en playa o en mar abierto con base al método propuesto por Reisser et al. (2008). Estas fotografías se toman a 20 cm de distancia del rostro y con una regla de 5 cm como referencia de tamaño en la parte inferior de la fotografía. Estas fotografías son ingresadas luego al software libre I3S: Interactive Individual Identification System - Pattern, el cual es un software de uso gratuito especializado en la foto identificación de ejemplares con base a marcas naturales.

Este método tiene la ventaja que es barato, no causa daño físico a las tortugas, y además tiene mayor replicabilidad a lo largo del tiempo pues se sabe que las tasas de pérdida de tags metálicos tradicionales son muy altas debido a corrosión o necrosis de tejido, llegando a perderse el 58.3% de estos tags luego de tres años de colocados (Reisser et al. 2008). Se debe utilizar el enfoque de I3S pattern para efectuar la identificación y clasificación de los patrones de escamas faciales. Para cada fotografía se deben seleccionar 35 puntos clave en la fotografía para foto identificación

<https://reijns.com/i3s/i3s-pattern/>
<https://reijns.com/i3s/download/>

Los 35 puntos clave deben ser los bordes de las escamas faciales comprendidas en las postoculares y las temporales. Del lado derecho de la tortuga. Esto se ejemplifica en la imagen que se muestra a continuación.



Método de fotoidentificación por escamas faciales mostrando los puntos clave (puntos rojo) que delimitan cada una de las escamas postoculares y temporales de la cabeza de una tortuga en su lado derecho. En este caso se muestra una tortuga verde (*Chelonia mydas*) pero el método es aplicable a *Lepidochelys olivacea*. Fuente: Reisser et al. (2008).

Con base a esto se va generando una base de datos fotográfica en el software y luego va comparando las fotografías con la base de datos para estimar recapturas. Con estas recapturas se puede luego estimar longevidad, periodos de revisitación y abundancia poblacional de las tortugas en el mediano plazo con métodos tradicionales de marcaje recaptura:

$$\# \text{ tortugas estimadas} = ((\# \text{ de tortugas fotoidentificadas en año } A + 1) \times (\# \text{ de tortugas avistadas en año } b + 1) / (\# \text{ de tortugas recapturadas de acuerdo a fotoidentificación en año } B + 1)) - 1$$

En este caso el año A es el año de inicio de fotoidentificación y año B el año siguiente. Esto se puede ir corriendo año con año para ir generando estimados de abundancia poblacional por año.

LITERATURA CITADA

1. Ackerman, R. 1997. The nest environment and the embryonic development of sea turtles. En: Lutz, P. y J. Musick (eds). *The Biology of Sea Turtles*, Vol I. CRC Press, Boca Raton, FL, p 83–106
2. Ariano-Sánchez, D., J. Leal, J. González, D. Duhova, I. Petruskie, F. Rosell y S. Reinhardt. 2020. Assessment of morphometric determination of sex in hatchlings of *Lepidochelys olivacea* in Guatemala. *En preparación*.
3. Ariano-Sánchez, D., M. Bertelsen, A. Nesthus, F. Rosell y S. Reinhardt. 2020. Black beaches - too hot to emerge? The impact of climate change on sand temperatures at nesting grounds of Olive ridley sea turtles (*Lepidochelys olivacea*) at the Pacific coast of Guatemala. *En prep.*
4. Baker-Gallegos J., M. Fish y C. Drews. 2009. Temperature monitoring manual. Guidelines for Monitoring Sand and Incubation Temperatures on Sea Turtle Nesting Beaches. WWF report, San José, pp. 20.
5. BANGUAT-URL-IARNA. 2009. Cuenta integrada de recursos pesqueros y acuícolas: resultados y análisis. BANGUAT-IARNA, Guatemala. 42 pp.
6. Barrientos-Muñoz, K., C. Ramírez-Gallego y V. Páez. 2014. Nesting ecology of the Olive Ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) (Cheloniidae) at El Valle beach, northern Pacific, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 19(3): 437-445.
7. Beavers, S. y E. Cassano. 1996. Movements and dive behavior of a male sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) in the Eastern Tropical Pacific. *Journal of Herpetology* 30: 97-104.
8. Behera, S., B. Tripathy, B. Choudhury y K. Sivakumar. 2010. Behaviour of olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) prior to arribada at Gahirmatha, Orissa, India. *Herpetology notes* 3: 273-274.
9. Binckley C., J. Spotila, K. Wilson y F. Paladino. 1998. Sex determination and sex ratios of Pacific leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Copeia* 1998: 291–300.
10. Bolongaro, A., A. Z. Márquez García, V. Torres Rodríguez y A. García Vicario. 2010. Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche, p. 73-96. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. SEMARNAT-UNAM, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.
11. Brenes, L., A. Berrocal, A. Meneses, C. Jiménez y C. Orrego. 2013. Study on the etiology of fibropapillomatosis of olive ridley sea turtles (*Lepidochelys olivacea*) nesting in the National Wildlife Refuge at Ostional, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Mar. Cost.* 5: 119-134.
12. Campbell, L. 2007. Understanding human use of Olive Ridleys: implications for conservation. En: P.T. Plotkin (ed.), *Biology and Conservation of Ridley Sea Turtles*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
13. CONAP. 2005. Informe Nacional ante la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas Temporada 2004-2005. 17pp.
14. CONAP. 2006. Informe Nacional ante la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas Temporada 2005-2006. 18pp.
15. CONAP. 2007. Informe Nacional ante la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas Temporada 2006-2007. 23pp.
16. CONAP. 2008. Informe Nacional ante la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas Temporada 2007-2008. 24pp.
17. CONAP. 2009. Informe Nacional ante la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas Temporada 2008-2009. 25pp.
18. CONAP. 2010 Informe Nacional ante la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas Temporada 2009-2010. 26pp.

19. CONAP. 2010. Integración de los análisis de vacíos ecológicos y estrategias para conservación. Documento Técnico 84 (01-2010). TNC-CONAP, Guatemala. 82 pp.
20. CONAP. 2015. Estrategia Nacional de Manejo y Conservación de Tortugas Marinas de Guatemala. Documento técnico No. 02-2015. Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala. 56 pp.
21. CONAP. 2016. Base de datos de tortugarios 2011-2016. Departamento de Vida Silvestre. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Datos electrónicos.
22. CONAP. 2020. Base de datos de tortugarios 2018-2019. Departamento de Vida Silvestre. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Datos electrónicos.
23. Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT). 2008. Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica. Secretaria Pro Tempore de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT), San José, Costa Rica. 56pp.
24. Dávila, V. 2008. Propuesta metodológica para la documentación de megafauna pelágica (tortugas marinas, delfines, ballenas, peces pico y rayas) en el Pacífico de Guatemala. Programa de Ejercicio Profesional Supervisado –EPS–, Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 106 pp.
25. Dávila, V. 2011. Diversidad y abundancia de la megafauna pelágica (Ballenas, delfines, tortugas marinas, peces pico y rayas) presentes en el Pacífico de Guatemala. Tesis de Licenciatura en Biología. Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 127 pp.
26. Dawson, T., A. Formia, P. Agamboué, G. Asseko, F. Boussamba, F. Cardiec, E. Chartrain, P. Doherty, M. Fay, B. Godley, F. Lambert, B. Koumba, J. Manfoumbi, K. Metcalfe, G. Minton, I. Ndanga, J. Nzegoue, C. Kouerey, P. Plessis, G. Sounguet, D. Tilley, M. Witt and S. Maxwell. 2017. Informing marine protected area designation and management for nesting Olive Ridley sea turtles using satellite-tracking. *Frontiers in Marine Science* 4: 312.
27. Del Cid, J. y J. López. 2011. Tortugas y aves marinas del Pacífico central de Guatemala. Informe final proyecto F-15-2010 FONACON. ONCA, 45 pp.
28. Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois, y M. Donnelly (Editors). 1999. Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4. IUCN, 248pp.
29. Frazier, J., R. Arauz, J. Chevalier, A. Formia, J. Fretey, M. Godfrey, M. Márquez, B. Pandav and K. Shanker. 2007. Human-turtle interactions at sea. In: P.T. Plotkin (ed.), *Biology and Conservation of Ridley Sea Turtles*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
30. Fuxjager, M., K. Davidoff, L. Mangiamele y K. Lohmann. 2014. The geomagnetic environment in which sea turtle eggs incubate affects subsequent magnetic navigation behaviour of hatchlings. *Proc. R. Soc. B* 281: 20141218. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.1218>
31. Girondot, M. 2010. Estimating density of animals during migratory waves: a new model applied to marine turtles at nesting sites. *Endangered Species Research* 12: 95–105.
32. Hays, G., J. Ashworth, M. Barnsley, A. Broderick, D. Emery, B. Godley, A. Henwood y E. Jones. 2001. The importance of sand albedo for the thermal conditions on sea turtles nesting beaches. *Oikos* 93: 97-94.
33. Hill, J., F. Paladino, J. Spotila y P. Santidrián. 2015. Shading and watering as a tool to mitigate the impacts of climate change in sea turtle nests. *PLoS ONE* 10(6): e0129528.
34. Howard, R., I. Bell y D. Pike. 2014. Thermal tolerances of sea turtle embryos: current understanding and future directions. *Endangered Species Research* 26: 75-86.
35. IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.). IPCC, Geneva, Suiza. 151 pp.
36. Lizano, O. 2016. Distribución espacio-temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto alrededor del Domo Térmico de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 64: 135 -152.

37. Lolavar, A. y J. Wyneken. 2015. Effect of rainfall on loggerhead turtle nest temperatures, sand temperatures and hatchling sex. *Endangered Species Research* 28: 235-247.
38. MARN-PNUD-RA 2017. Plan para la Reducción de la Vulnerabilidad e Impactos del Cambio Climático en la Zona Marino Costera del Litoral Pacífico de Guatemala. Proyecto Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Áreas Protegidas Marino Costeras (APM's). MARN-CONAP-PNUD-GEF-Rainforest Alliance, Guatemala.
39. MARVIVA-IUCN. 2013. Protección y ordenamiento del Domo de Centroamérica: Un oasis oceánico para la conservación marina y la pesca sostenible. MARVIVA-MCI-IUCN-WDC-MISSIONBLUE, Costa Rica. 39pp.
40. McMahon, C., C. Bradshaw y G. Hays. 2007. Satellite tracking reveals unusual diving characteristics for a marine reptile, the Olive Ridley turtle *Lepidochelys olivacea*. *Marine Ecology Progress Series* 329: 239-252.
41. Michel-Morfin, J., V. Gómez y C. Navarro. 2001. Morphometric model for sex assessment in hatchling Olive Ridley sea turtles. *Chelonian Conservation and Biology* 4: 53-58.
42. Montes, N. 2004. Estimación de la abundancia relativa de tortugas marinas que anidan en las costas de Guatemala. Tesis de Licenciatura en Biología. Escuela de Biología. Universidad de San Carlos de Guatemala. 86 pp.
43. Morales, B. 2013. Relación entre la duración del período de incubación y la proporción de sexos de las tortugas marinas *Lepidochelys olivacea* en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico (RNUMM). Tesis de Licenciatura en Biología. Escuela de Biología. Universidad de San Carlos de Guatemala. 147 pp.
44. Morales-Mérida, B., D. Bustamante, J. Monsinjon y M. Girondot. 2017. Reaction norm of embryo growth rate dependent on incubation temperature in the Olive Ridley sea turtle, *Lepidochelys olivacea*, from Pacific Central America. *Journal of Embryology* 1: 12-24.
45. Muccio, C. 2017 Análisis Situacional de la Conservación de la Tortuga Marina en Guatemala, versión 2018, 20pp.
46. Muccio, C. 2018. Análisis Situacional de la Conservación de la Tortuga Marina en Guatemala, versión 2018, 18pp.
47. Muccio, C. 2019. Análisis Situacional de la Conservación de la Tortuga Marina en Guatemala, versión 2019, 18pp.
48. Muccio, C. y J. Pérez. 2016 Análisis Situacional de la Conservación de la Tortuga Marina en Guatemala, versión 2018, 46pp.
49. Plotkin, P. 2010. Nomadic behaviour of the highly migratory Olive Ridley sea turtle *Lepidochelys olivacea* in the eastern tropical Pacific Ocean. *Endangered Species Research* 13: 33-40.
50. Plotkin, P., D. Rostal, R. Byles y D. Owens. 1997. Reproductive and developmental synchrony in female *Lepidochelids olivacea*. *Journal of Herpetology* 31: 17-22.
51. Plotkin, P., R. Byles, D. Rostal y D. Owens. 1995. Independent vs. socially facilitated migrations of the olive ridley, *Lepidochelys olivacea*. *Marine Biology* 122: 137-143.
52. Poggio, L., C. Sampaio, M. Weber y J. Comin. 2014. Diet of Olive Ridley sea turtles, *Lepidochelys olivacea*, in the waters of Sergipe, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 13(2): 266-271.
53. Polovina, J., G. Balazs, E. Howell, D. Parker, M. Seki y P. Dutton. 2004. Forage and migration habitat of loggerhead (*Caretta caretta*) and olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) sea turtles in the central North Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography* 13: 36-51.
54. Rees, A., L. Avens, K. Ballorain, E. Bevan, A. Broderick, R. Carthy, M. Christianen, G. Duclos, M. Heithaus, D. Johnston, J. Mangel, F. Paladino, K. Pendoley, R. Reina, N. Robinson, R. Ryan, S. Sykora-Bodie, D. Tilley, M. Varela, E. Whitman, P. Whittock, T. Wibbels y B. Godley. 2018. The potential of unmanned aerial systems for sea turtle research and conservation: a review and future directions. *Endangered Species Research* 35: 81-100.
55. Reisser, J., M. Proietti, P. Kinas e I. Sazima. 2008. Photographic identification of sea turtles: method description and validation, with an estimation of tag loss. *Endangered Species Research* 5: 73-82.

56. Rivas, A. 2002. Evaluación del efecto de la profundidad sobre el éxito de la eclosión de los huevos de tortuga parlama (*Lepidochelys olivacea* Eschscholtz, 1829: Chelonidae) bajo condiciones controladas en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa, Guatemala. Tesis de Licenciatura en Biología. Escuela de Biología. Universidad de San Carlos de Guatemala. 98pp.
57. Sánchez-Castañeda, R., M. Jolón, L. Girón y C. Mechel. 2006. Informe Final de Elaboración del Protocolo de Monitoreo y de Parámetros Poblacionales de Tortugas marinas y del Informe Anual de la Temporada de anidación 2005-2006. CONAP-PROBIOMA, Guatemala. 123 pp.
58. Sánchez-Castañeda, R., R. Ruiz y M. Jolón. 2005. Guatemala en la protección y conservación de tortugas marinas. PROBIOMA-CECON-FONACON-CONCYT, Guatemala. 65pp.
59. Schofield, G., K. Katselidis, M. Lilley, R. Reina y G. Hays. 2017. Detecting elusive aspects of wildlife ecology using drones: New insights on the mating dynamics and operational sex ratios of sea turtles. *Functional Ecology* 31: 2310–2319.
60. Swimmer, Y., L. McNaughton, D. Foley, L. Moxey y A. Nielsen. 2009. Movements of the Olive Ridley sea turtles *Lepidochelys olivacea* and associated oceanographic features as determined by improved light-based geolocation. *Endangered Species Research* 10: 245-254.
61. SWOT Scientific Advisory Board. 2011. The State of the World's Sea Turtles (SWOT) Minimum Data Standards for Nesting Beach Monitoring, version 1.0. Handbook, 28 pp.
62. Umatani, S. y T. Yamagata. 1991. Response of the Eastern tropical Pacific to meridional migration of ITCZ: the generation of the Costa Rica Dome. *Journal of Physical Oceanography* 21: 346-363.
63. Valenzuela, N. y V. A. Lance. 2004. Temperature-dependent sex determination in vertebrates. Smithsonian Books, Washington, DC.
64. Valverde, R., S. Wingard, F. Gómez, M. Tordoir y C. Orrego. 2010. Field lethal incubation temperature of olive ridley sea turtle *Lepidochelys olivacea* embryos at a mass nesting rookery. *Endangered Species Research* 12: 77-86.
65. Valverde, R., S. Wingard, F. Gómez, M. Tordoir y C. Orrego. 2010. Field lethal incubation temperatura of olive ridley sea turtle *Lepidochelys olivacea* embryos at a mass nesting rookery. *Endangered Species Research* 12: 77–86.
66. Whiting, S., J. Long y M. Coyne. 2007. Migration routes and foraging behaviour of olive ridley turtles *Lepidochelys olivacea* in northern Australia. *Endangered Species Research* 3: 1–9.
67. Wyneken, J., S. Epperly, L. Crowder, J. Vaughan y K. Blair. 2007. Determining sex in posthatchling loggerhead sea turtles using multiple gonadal and accessory duct characteristics. *Herpetologica* 63: 19-30.