



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**MARCAJE-RECAPTURA DE TORTUGAS MARINAS COMO COMPLEMENTO A
LA FOTOIDENTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN 2020 EN TAMUL, QUINTANA
ROO, MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA:

DAVID GERARDO CASTAÑEDA RAMÍREZ

DIRECTORA DE TESIS:

M. EN C. MARIA DEL PILAR TORRES GARCÍA



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX

2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos de alumno
Castañeda
Ramírez
David Gerardo
9981096243
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
300164916
2. Datos del tutor
M. en C.
María del Pilar
Torres
García
3. Datos del sinodal
M. en C.
Juana Margarita
Garza
Castro
4. Datos del sinodal 3
Biol.
Mónica
Salmerón
Estrada
5. Datos del sinodal 1
M. en C.
Patricia
Fuentes
Mata
6. Datos del sinodal 2
Biol.
Erika Samantha
Palacios
Ávila
7. Datos del trabajo escrito
Marcaje-recaptura de tortugas marinas como complemento a la Fotoidentificación de la población
2020 en Tamul, Quintana Roo, México.

DEDICATORIA

A mi familia, mi mayor tesoro y motor de vida:

A mis padres Enrique Castañeda y Regina Ramírez, por haberme guiado, educado y convertido en lo que soy hoy en día.

A mi madre Regina Ramírez, un gran ejemplo de vida a seguir, por su amor inmenso e incondicional y por estar presente en cada etapa de mi vida.

A mi esposa Gema Betancourt, por su impulso, apoyo, paciencia y amor incondicional en todo momento.

A mis hijos Regina Castañeda y David Castañeda, por ser mi motor de vida y por enseñarme el camino de ser padre, los amo infinitamente.

A mis hermanos Enrique Castañeda y Daniel Castañeda, por sus sabios consejos, por su guía y por siempre estar presentes en mi vida.

A mis sobrinos Daniela Castañeda, Victor Castañeda y Katia Castañeda, por ser los mejores sobrinos que pude haber tenido y regalarme tantas alegrías y momentos divertidos.

A mis cuñadas Tania Flores y Samantha Olivares, por su invaluable apoyo y grandes consejos.

GRACIAS A TODOS POR SU APRECIABLE APOYO...LOS AMO!!

AGRADECIMIENTOS:

Gracias a mi directora de Tesis la M. en C. María del Pilar Torres García, a quien admiro profundamente por su trayectoria profesional y por su alta calidad como investigadora, por haber dirigido este trabajo de tesis y haberme dado la oportunidad de hacerla bajo su dirección, muchas gracias por sus sabios y valiosos consejos y por haber creído en mí para el término de esta tesis. ¡Gracias por todo!

Gracias a la Biol. Erika Palacios Ávila, por aceptar ser parte de mi jurado, por su amistad, su invaluable apoyo, que, sin duda alguna, me ayudaron a mejorar en la realización de esta tesis.

Gracias al Biol. Antonio Ortiz Hernández, por haberme dado la oportunidad de trabajar a su lado en el Programa Integral de Conservación de Tortugas Marinas desde el 2008, por su apoyo incondicional, su paciencia, su amistad, sus enseñanzas y por ayudarme a formar profesionalmente.

Gracias a la Biol. Sayuri Ramos y Biol. Rebeca Martínez, por su apreciable amistad y por impulsarme a continuar con la culminación de este gran paso. Las aprecio y estimo mucho.

Gracias a mi gran amigo Fabián Mani y familia, quienes siempre están a mi lado y sin duda alguna, por su gran y valiosa amistad.

Gracias a mis compadres y amigos Ignacio Betancourt y Marla López, por incluirme como parte de su familia y por su incondicional amistad.

Gracias a todos los biólogos, ecólogos, ingenieros, bioquímicos, veterinarios, que han formado parte del Programa Integral de Conservación de Tortugas Marinas, por compartir sus experiencias y enriquecer con gran conocimiento nuestro querido programa de tortugas marinas.

Gracias todos los voluntarios que también han formado parte de dicho programa y que gracias a ellos se realiza gran parte de las actividades, por todo su apoyo, sus ocurrencias, amistad y por esas grandes aventuras que se viven monitoreando tortugas marinas en la playa. A todos y cada uno de ustedes gracias.

De manera muy especial agradezco a Fundación Palace y Fomento Ecológico Banamex por permitirme formar parte de este gran proyecto de Conservación de Tortugas Marinas, por su invaluable apoyo y por formar parte de una de las mejores experiencias de mi vida profesional.

Gracias a mis sinodales: M. en C. María del Pilar Torres García, Biol. Erika Samantha Palacios Ávila, M. en C. Juana Margarita Garza Castro, Biol. Mónica Salmerón Estrada, M. en C. Patricia Fuentes Mata, por su apreciable apoyo en las revisiones finales y sus valiosos comentarios que enriquecieron mi trabajo de tesis.

Gracias a toda mi familia por siempre impulsarme y motivarme a ser mejor persona y a crecer profesionalmente, por apoyarme en los buenos y malos momentos, por su gran cariño, por su apoyo incondicional y por todo lo que me han dado.

Agradezco de corazón a las tortugas marinas que, sin ellas, esta fascinante rama de la Biología no sería la misma, porque gracias a ellas decidí estudiar esta magnífica carrera.

Finalmente, mi agradecimiento profundo a mi alma mater, la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme dado la oportunidad de cursar la carrera de Biología y adquirir los conocimientos para mi vida profesional. "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU".

Este trabajo “ Marcaje-recaptura de tortugas marinas como complemento a la Fotoidentificación de la población 2020 en Tamul, Quintana Roo, México” forma parte del proyecto de investigación: Las tortugas marinas, sus ciclos biológicos, su problema de sobre explotación y su protección para su conservación, que se lleva a cabo en el Laboratorio de Invertebrados del Departamento de Biología Comparada de la Facultad de Ciencias de Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección de la M. en C. María del Pilar Torres García.

ÍNDICE

RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	10
ANTECEDENTES	12
Clasificación taxonómica	14
JUSTIFICACIÓN	19
Especificaciones a la licencia de colecta científica 2019-2020.....	19
OBJETIVOS.....	21
Objetivo General	21
Objetivos Específicos.....	21
ÁREA DE ESTUDIO	22
MÉTODO.....	23
Protección y Conservación.....	23
Protección	23
Balizaje	23
Limpieza de playa.....	24
Patrullaje	25
Corral de protección de tortugas marinas	27
Preparación del material de campo.....	27
Avistamiento de eventos sin presencia de tortuga marina	28
Avistamiento de eventos con presencia de tortuga	30
Manejo de nidadas y crías.....	31
Conservación.....	35
Atención a Varamientos (Heridas y muertas).....	35
Caracterización de Poblaciones	37
Fotoidentificación	37
Análisis de la información	38
Marcaje-recaptura	40
Cálculos para obtener Frecuencias Anidatorias por especie	41
Bases de Datos	42
Capacitación	42
RESULTADOS	43
Datos generales obtenidos en la temporada 2020.....	43

Fotoidentificación.....	51
Marcaje-recaptura	53
Resultados de Recapturas 2020	57
Recapturas fuera del área de monitoreo del Campamento Tamul	59
Frecuencias Anidatorias por especie.....	59
Conservación	60
Atención a Varamientos	60
Plan de Contingencia Ante Eventos Meteorológicos	60
Base de Datos	61
DISCUSIÓN.....	63
Protección	63
Caracterización de las Poblaciones	63
Fotoidentificación y Marcaje-recaptura.....	64
Recapturas fuera del área de monitoreo del Campamento Tamul	66
Frecuencias Anidatorias por especie.....	66
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68

RESUMEN

El Programa Integral de Conservación de Tortugas Marinas (PICTM) a lo largo de 15 años en funcionamiento, ha llevado a cabo acciones en beneficio de la preservación de las tortugas marinas, especies en peligro de extinción, así mismo se encarga del mantenimiento y monitoreo constante de la playa del campamento tortuguero Tamul, además de la capacitación del personal técnico. Teniendo conciencia del valor ecológico de la especie y para fines de supervivencia, el programa pretende no interferir en el ciclo natural de estos organismos ni en sus áreas de desove, no obstante, por causas de turismo y depredación, es necesario realizar intervenciones en el manejo y traslado de nidadas y protección de crías, de esta manera se minimizan los riesgos y se aseguran un mayor porcentaje de crías liberadas al océano.

En el Caribe, se experimenta de manera progresiva el deterioro de las playas de anidación, debido a las modificaciones que el hombre realiza (Eckert, *et al.* 2001). La importancia de las playas de anidación representa una parte clave en el ciclo de vida de las tortugas marinas; las condiciones y características son de vital importancia, ya que las actividades que allí se realizan representan una etapa crítica para el desarrollo de las tortugas y tanto las hembras anidadoras, como huevos y crías se encuentran altamente vulnerables. La supervivencia de las tortugas marinas depende en gran parte de los procesos que se llevan a cabo en la playa, las alteraciones de éstas, ya sea por causas naturales o antropogénicas, pueden tener consecuencias perjudiciales; dentro de estas amenazas se pueden encontrar: saqueo de huevos, la cacería para varios fines, la depredación por animales domésticos, la erosión de playas, iluminación artificial, el desarrollo costero y el mal manejo de desechos (Chacón, 2004) (Schroeder, 2001).

Por ello la cadena hotelera Palace Resorts a través de la Fundación Palace Resorts I.A.P. y Citibanamex, en cumplimiento a su compromiso por preservar y conservar la flora y fauna inmersa en las propiedades, llevan a cabo el PICTM con el Campamento Tortuguero Tamul (Fig. 1), localizado en el Estado de Quintana Roo, municipio de Benito Juárez, autorizado por la Dirección General de Vida Silvestre mediante el Oficio No. SGPA/DGV/S/02490/20 con fecha 01 de abril de 2020 con vigencia al 30 de marzo de 2021.

En este trabajo se exponen los resultados y análisis de la temporada de anidación de tortugas marinas del campamento Tamul en 2020. Se protegieron un total de 521 nidos, de los cuales 512 corresponden a tortuga blanca (*Chelonia mydas*), 6 a tortuga caguama (*Caretta caretta*) y 3 a tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), se reubicaron 59,098 huevos en total y se liberaron 51,441 crías, siendo 50,510 de tortuga blanca, 592 de tortuga caguama y 339 de tortuga carey. Con respecto a los datos mencionados, esta temporada se alcanzó un 87% de sobrevivencia.

El mes con mayor número de anidaciones fue julio, en el cual se registraron 188 nidos, seguido de agosto con 144 nidos. De las tres áreas en las que se divide el campamento Tamul (Área Norte, Área Centro y Área Sur) el área Sur fue donde se registró mayor número de anidaciones, con un total de 264 nidos, el menor en el Área Centro con 91 nidos y de acuerdo a la zonificación de la playa (Zona A, Zona B, Zona C), la mayoría de las tortugas marinas anidaron en la Zona C, registrando 423 nidos.

Con respecto al componente de investigación, se le dio seguimiento al método de Fotoidentificación de la Tortuga Blanca (*Chelonia mydas*), en esta temporada 2020, se lograron tomar un total de 672 fotos con un porcentaje de avistamiento del 50.37% y mediante la comparación fotográfica se logró el reconocimiento de 303 individuos.

Para el método de Marcaje-recaptura de tortugas marinas en el campamento Tamul, se tiene como resultado 309 hembras marcadas de las cuales 298 pertenecen a la especie *Chelonia mydas*, 9 de *Caretta caretta* y 2 de *Eretmochelys imbricata*, logrando recapturarlas 379 veces, indicando que a más de un individuo se le observó de 3 a 10 veces en la misma temporada donde obtuvimos un periodo interanidatorio de 13-14 días en tortuga *Chelonia mydas*, de 14-15 en *Caretta caretta* y de 14-17 para *Eretmochelys imbricata*.

Cabe hacer mención que los resultados respecto a la temporada de anidación y los de Fotoidentificación así como marcaje-recaptura difieren entre sí y esto se debe a que los datos de anidación comprenden la información obtenida directamente en el campamento Tamul, mientras que para Fotoidentificación y Marcaje-recaptura, se tomaron datos e información muy valiosa de un predio aledaño, conocido como la Milla de Oro, donde se permitió monitorear, tomar fotografías y marcar a las tortugas que salían a realizar su proceso de anidación en el mes de junio, al inicio de la temporada y posterior a esa fecha, dicho predio comenzó con su propio monitoreo. Por lo anterior, se están reportando más eventos observados de nidos, intentos y arqueos, dentro del método de Fotoidentificación y de Marcaje recaptura, que si fueron incluidos al momento de tomar dicha información en el mes de junio. A su vez se debe tomar en cuenta que el método de Fotoidentificación comprende datos de la actividad de tortuga blanca (*Chelonia mydas*), mientras que el método de Marcaje–recaptura se llevó a cabo contemplando las tres especies, tortuga blanca (*Chelonia mydas*), carey (*Eretmochelys imbricata*) y caguama (*Caretta caretta*).

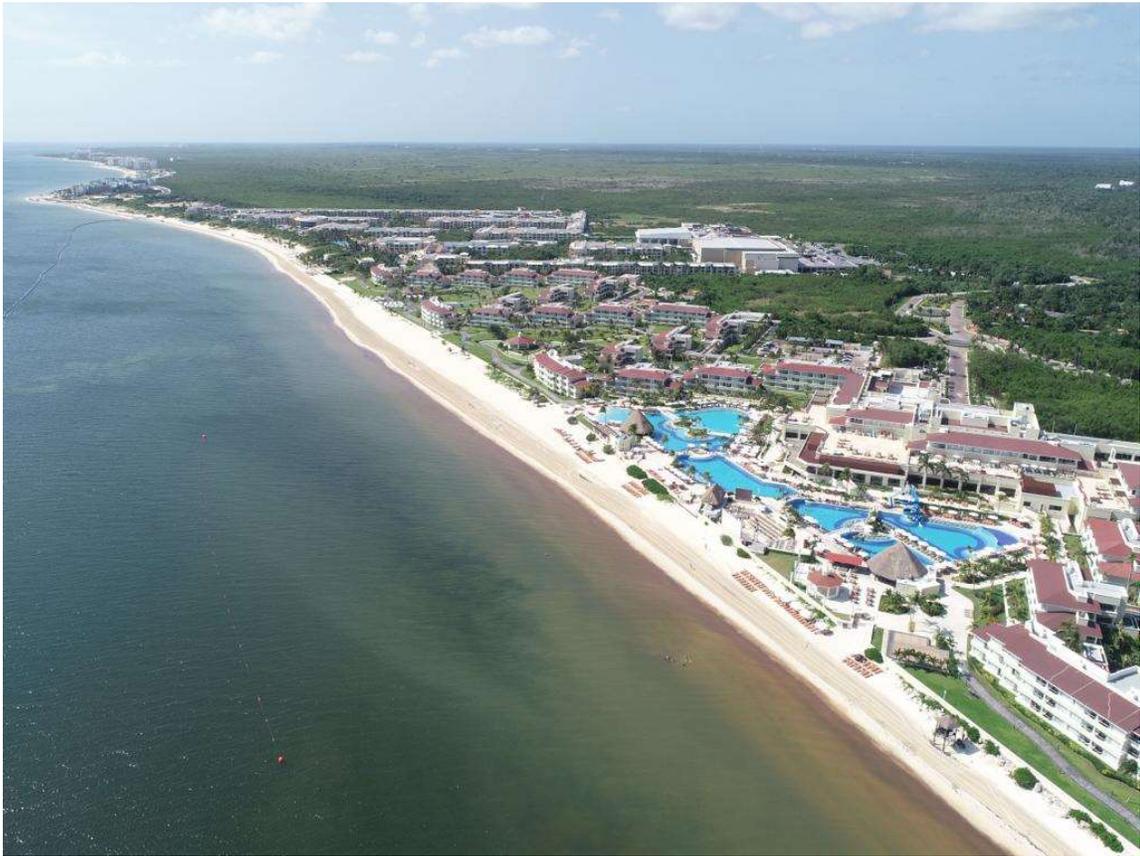


Figura 1. Campamento tortuguero Tamul y Hotel Moon Palace Golf & Spa Resorts

(Foto: Gerardo Castañeda)

INTRODUCCIÓN

Las tortugas conforman uno de los grupos de reptiles más primitivos que existen en la actualidad. Iniciaron su evolución en el periodo Triásico, a principios del Mesozoico, hace por lo menos 200 millones de años (Márquez, 1996). Habitan en todas las cuencas oceánicas, con representación de algunas de las especies desde el Ártico hasta Tasmania. Las tortugas marinas son cosmopolitas en su distribución, excepto las especies *Lepidochelys kempii* (Tortuga Lora) y *Natator depressus* (Tortuga aplanada).

Nuestro país es privilegiado por su diversidad de quelonios, siete de las ocho especies reconocidas en el mundo anidan en las playas de México, tanto en las del Pacífico como en las del Golfo de México y El mar Caribe. Lo anterior convierte a México en el país con el mayor número de especies de tortugas marinas, ya que utilizan esta zona marítima de jurisdicción nacional con fines de reproducción, tránsito o alimentación.

El estado de Quintana Roo es una región de gran importancia para la anidación y reproducción de las tortugas, así como para su alimentación. En esta zona, se han observado la anidación de 4 especies de tortugas: blanca (*Chelonia mydas*), carey (*Eretmochelys imbricata*), caguama (*Caretta caretta*) y la laúd (*Dermochelys coriacea*), la cual presenta anidaciones esporádicas (Mejía, 2014).

En los últimos años, estas poblaciones se han visto disminuidas dramáticamente como consecuencia de una explotación ilegal intensa y prolongada de huevos, carne y derivados para consumo y comercio. Además, el complejo ciclo de vida de las tortugas marinas, con varios hábitats de desarrollo y migraciones de cientos o miles de kilómetros entre zonas de alimentación y las playas de desove, es otro factor que hace difícil su gestión en los océanos y las expone a amenazas adicionales (CIT, 2008).

Un factor en la disminución de estas poblaciones, es el incremento de las amenazas antrópicas, como la pérdida de hábitat por desarrollos turísticos y urbanísticos y la contaminación marina, poniéndolas en peligro de extinción.

En consecuencia, las tortugas marinas han adquirido una importancia con fines de no consumo: como objeto para el turismo y actividades educativas y de investigación, las cuales generan oportunidades de empleo y servicios de información, sin olvidar las ganancias económicas que representan. El turismo al ser la principal actividad económica de la región, debe realizarse de una manera responsable y así mismo hacerse partícipes en las actividades de conservación como cumplimiento a la normatividad ambiental que rige en el estado.

Los campamentos tortugueros, originalmente fueron creados para la protección y conservación de las tortugas marinas, ya que han servido de modelo y replicado en otros países; con resultados hoy comprobados de recuperación de algunas especies, como la golfina y la lora y otras más en franco proceso, como la blanca; y estables, como la carey y la caguama, sin embargo actualmente se realizan algunas otras actividades tanto ambientales como científicas, que contribuyen al conocimiento de la composición taxonómica, patrones de distribución y abundancia, ampliando el conocimiento biológico, ecológico y etológico de estos reptiles amenazados, además de establecer un área de patrullaje, colecta de huevos y reubicación al corral de protección para su desarrollo, obteniendo el registro de datos como incubación; marcaje de hembras; estimación de porcentajes de sobrevivencia y de anidamiento; fecundidad y mortalidad, y técnicas de incubación, tanto in situ como ex situ, asegurando que el cien por ciento de las crías que nacen lleguen vivas al mar.

Durante la temporada de anidación los campamentos son vitales, ya que los ciclos de reproducción se repiten en periodos iguales, bianuales, trianuales o en casos especiales, se vuelven irregulares. Ésta secuencia cíclica no es definitiva, debido a escasez de alimento, cambios ambientales extraordinarios, enfermedades, etc. La eficiencia en la reproducción aumenta rápidamente con la edad hasta un límite máximo; este ciclo presenta

un componente mensual, quincenal o decenal en el desove, por temporada desovan de dos a cinco o más ocasiones (Mera, 2016).

El Programa Integral de Conservación de Tortugas Marinas (PICTM) de Fundación Palace Resorts I.A.P. se fundó en 2004, pero es hasta el 2006 cuando se establece a través del campamento “Tamul”(Fig. 1), financiado por Citibanamex, que se inician acciones de protección y conservación de las hembras anidantes, el resguardo de las nidadas con el fin de asegurar un alto porcentaje de supervivencia de las crías emergentes, así como actividades de capacitación y educación ambiental dirigida principalmente a sus colaboradores, directivos y huéspedes que constituyen parte fundamental de la empresa.

Actualmente, algunos de los métodos de investigación se han llevado a cabo en conjunto con Centros de Investigación de la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad del Carmen, Campeche, asociaciones como Pronatura Yucatán, A.C. y el CONACyT se han sumado a estos esfuerzos para el estudio de las poblaciones de tortugas marinas de la región.

Uno de los principales métodos que se ha desarrollado a lo largo de 14 años en el campamento Tamul y que ha servido para recaudar información de cada hembra que arriba a la playa de anidación, ha sido la aplicación del método de Fotoidentificación para tortuga blanca (*Chelonia mydas*), que a partir de un único patrón en el arreglo de las escamas de la parte posterior de la cabeza, ha permitido la identificación de los individuos como técnica alterna y un complemento a las técnicas de marcaje convencional.

Dicho método ha tenido ventajas, ya que no es invasiva, es accesible, económica y permite que las estimaciones realizadas sobre la población de hembras anidadoras que llegan a las playas de anidación, sean más precisas, debido a que la técnica otorga un mayor número de individuos reconocidos (Chacón, 2004), sin embargo, se necesita un seguimiento exhaustivo cada temporada de anidación, para continuar con la recaudación de la información. Por ello, a partir del 2020 se logra poner en marcha el “*Método de Marcaje-recaptura de tortugas marinas en la playa del campamento Tamul*”, el cual será complemento del método de Fotoidentificación.

El método de Marcaje-recaptura permite principalmente obtener información sobre el crecimiento, migraciones y dinámica de la población (Chaloupka, 1997). El *marcaje* o etiquetado implica cualquier método para la identificación individual y *recaptura* implica volver a identificar un individuo ya marcado en un tiempo posterior. La complementación de ambos métodos permitirá crear un catálogo más completo que puede ser comparado, a nivel regional y establecer patrones de migración, estudiar la fertilidad de las hembras, así como la fidelidad de los individuos a las playas de anidación.

Por ello, emplear este tipo de métodos de forma integral, aumenta las posibilidades de identificar a los individuos, que es un punto clave en el estudio de las poblaciones, aun cuando se haya perdido una marca o no se lograra fotografiar a la tortuga, sería posible el reconocimiento de los individuos y la observación de tortugas con intervalos de periodos largos de remigración, de 2 o más años. Por lo tanto, es pertinente la realización de estos estudios que permitan la estandarización de los métodos y en un futuro puedan ser utilizados para determinar las tendencias poblacionales de tortugas marinas.

ANTECEDENTES

México está considerado como uno de los países megadiversos, ya que representa el 1.5 % de las tierras del mundo y posee entre el 10 y 12% de las especies conocidas. Nuestro país posee 704 especies de reptiles, lo que representa el 9.8% de las especies de este grupo del mundo. La herpetofauna (anfibios y reptiles) de México es una de las más ricas del mundo, con más de 52% de especies endémicas, haciendo de México el primer lugar en el mundo en riqueza de reptiles (Pozo, *et al.* 2011).

Es por eso que nuestro país juega un papel muy importante para muchas especies que en él cubren una o varias etapas de su ciclo biológico. Tal es el caso de las tortugas marinas, que como parte de su ciclo reproductivo migran a las playas mexicanas para efectuar el desove (Zurita, *et al.* 1993).

Hasta el siglo XIX las tortugas marinas fueron muy abundantes en sus áreas de distribución, estando sus poblaciones formadas por millones de individuos, desafortunadamente en la actualidad se encuentran reducidas en el ámbito de su distribución mundial, como resultado de la interacción de diversas causas como son: la pesca excesiva, el comercio ilícito, el saqueo de nidadas, la captura y sacrificio de hembras anidadoras, la modificación y degradación de su hábitat y la captura incidental de juveniles y adultos (SEMARNAT, 1996).

Fue en 1964 cuando se inicia el Programa de Tortugas Marinas del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras (INIBP), con el cual se realizan formalmente prospecciones en playas para determinar las principales áreas de anidación e instalando en 1966 los campamentos tortugueros móviles: Rancho Nuevo, Tamaulipas, los de Boca de Apiza, Michoacán y Boca de Pascuales, Colima e iniciando el Programa de Mercado de tortugas marinas con la compra de 5 000 marcas de acero monel (Márquez *et al.* 2014).

Para 1971, el programa se convierte en Programa Nacional de Investigación de Tortugas Marinas con el cual se instalan más campamentos tortugueros. Aunado a las prospecciones en 1986 se decretan 16 playas de anidación como Zonas de Refugio y Reservas Naturales. El objetivo de estos campamentos tortugueros era el de proteger la reproducción para compensar la pérdida de individuos causada por la captura comercial y al mismo tiempo que en ellos se realizaba la protección de tortugas, nidos, huevos y la liberación de crías, y se inició la recolección de información biológica básica de las hembras (Márquez *et al.* 2014).

La región del Golfo de México y el Caribe Mexicano inician sus programas de protección y conservación de tortugas marinas por la necesidad de tomar medidas de conservación de las especies en peligro de extinción, siendo las primeras acciones realizadas por el Instituto Nacional de Pesca (INP) en 1966 (Márquez, 2002) en donde se determinaron las zonas de anidación de las especies.

A inicios de los años 90's se declara veda total a todas las especies de tortugas marinas publicado en la FAO en tres idiomas y para 1994 se implementa el Programa de Protección y Conservación de Tortugas Marinas en la zona hotelera de Cancún. Posteriormente en el año 2001, se crea la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT) que provee el marco legal para que los países del continente americano tomen acciones en favor de estas especies (Márquez *et al.* 2014).

El Estado de Quintana Roo es considerado como pionero en la conservación de los quelonios. El primer Programa de Conservación de Tortugas Marinas es, Riviera Maya-Tulum y se crea para la protección, monitoreo, investigación y conservación de tortugas marinas que anidan en las costas de Quintana Roo, en el año de 1982, teniendo como objetivo contribuir a la conservación y recuperación de las poblaciones de las especies de tortugas marinas que arriban a las costas del caribe. A nivel nacional, el estudio de la densidad poblacional de estas especies es sustentado con el trabajo directo que se realiza en las playas de anidación en sitios denominados campamentos tortugueros, en donde gracias al manejo, registro y monitoreo de los individuos y sus nidadas se suministra información clave para su estudio, conocimiento y conservación (Mejía, 2014).

Actualmente, los principales registros y estudios de las poblaciones de tortugas marinas que anidan en Quintana Roo son coordinados por el trabajo de investigación y monitoreo que realiza la asociación civil Flora, Fauna y Cultura de México, A.C. a través del Programa de Conservación de Tortugas Marinas Riviera Maya-Tulum, en coordinación con el Comité Estatal para la Protección, Investigación, Conservación y Manejo de Tortugas Marinas y en alianza con instancias gubernamentales y centros de investigación nacionales e internacionales (Mejía, 2014).

Las tortugas marinas representan un recurso ecológico de alto valor, ya que su labor en los diferentes ecosistemas está relacionada con mantener el equilibrio y salud de los mismos, el control de poblaciones de otros organismos como son las medusas, peces y moluscos, el ser alimento para depredadores marinos y terrestres y la estabilización de áreas costeras (CIT, 2006).

Al ser especies migratorias, tardan largos periodos para madurar sexualmente, además clasifican dentro del prototipo ideal de las “especies bandera” para la conservación, ya que sirven como indicadores de la salud de los ambientes costeros (Frazier, 2005).

Fotoidentificación

La biometría, es un método convencional, que consiste en la toma de medidas estandarizadas de los seres vivos o de procesos biológicos. El reconocimiento biométrico, es la aplicación de técnicas matemáticas y estadísticas sobre los rasgos físicos o de conducta de un individuo y se utiliza para verificar su identidad. Este método era utilizado en el Occidente y en China desde el siglo XIV, la identificación constaba simplemente en la “**memoria fotográfica**”. En París, se desarrolló el sistema antropométrico (también conocido más tarde como Bertillonage en 1883); éste era el primer sistema preciso, utilizado científicamente y funcionaba midiendo de forma exacta ciertas longitudes y anchuras de la cabeza y del cuerpo del organismo, así como el registro de marcas naturales como cicatrices y tatuajes. Actualmente se le conoce como **Fotoidentificación**, utilizado en algunas especies marinas como: ballenas, delfines y marsopas, de igual manera ha resultado ser una herramienta muy eficaz en la aplicación a especies terrestres como felinos y osos.

En las playas de Chenkán e Isla Aguada, Campeche, se implementó el método de Fotoidentificación, en individuos de tortugas carey y blanca, utilizando como marca natural el patrón de la forma, arreglo y coloración de las escamas faciales de cada individuo. Las fotografías se utilizaron en formato digital y la comparación entre imágenes se realizó mediante el software Wild-ID. La identidad de los individuos se confirmó por comparación visual y los resultados obtenidos a partir de la Fotoidentificación fueron comparados con los registros del sistema de marcaje tradicional (utilizando marcas metálicas *Inconel*).

El método de Fotoidentificación fue más eficiente para el reconocimiento de individuos de tortuga blanca (91.6%) que para la tortuga carey (38.4%); mientras que la estimación de los parámetros poblacionales permitió establecer las diferencias entre ambas especies como reforzamiento para el uso adecuado del método, el cual es una alternativa que permite enriquecer los datos obtenidos a través del marcaje tradicional (Labastida, 2012).

Se han utilizado varias técnicas de Marcaje-recaptura para conocer los desplazamientos, rutas migratorias y la edad de las tortugas blancas en el Caribe Mexicano. La población de tortuga blanca de Quintana Roo forma parte importante de los ecosistemas marinos a todo lo largo del Atlántico Norte, Caribe, Centroamérica y México, información confirmada por los diferentes tipos de marcas aplicadas a las tortugas de estas colonias y que han sido encontradas en áreas de alimentación dentro y fuera de México. Las marcas metálicas han permitido identificar a tortugas juveniles y subadultos en Cuba, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá (SEMARNAT, 2018).

En 1999 inició el Programa de Marcaje de la tortuga carey en las islas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Se considera que la población de tortugas caguama en Quintana Roo es una de las de mayor importancia en el Atlántico Occidental, después de la que anida en la costa este de Estados Unidos (SEMARNAT, 2018). El marcado con marcas Monel ha permitido, asimismo, identificar a las tortugas en áreas

de alimentación en las costas de Cuba y Honduras (Zurita, *et al.* 1994) y frente a la costa de Yucatán (Zurita *et al.* 2007).

En el campamento Tamul en Cancún, Quintana Roo, se llevó a cabo el método de Fotoidentificación en tortuga blanca (*Chelonia mydas*) durante el periodo que comprende del 2007 al 2013, como resultado se lograron capturar 4,358 fotografías, lo que equivale al 40% de avistamiento, donde se identificaron a 532 individuos diferentes. Es importante mencionar que durante el estudio se observó que solo una tortuga blanca presentó un comportamiento atípico para la especie, ya que su anidación fue anual, cuando está reportado que la anidación para esta especie es bianual, como se describió en el mismo estudio en los años 2007-2008 y 2009-2010 con 35 y 37 ejemplares respectivamente. El Programa Integral de Conservación de Tortugas Marinas, a través del Campamento Tortuguero Tamul, ha implementado durante 14 años (2007-2020) el método de fotoidentificación para el reconocimiento de individuos de tortuga blanca (*Chelonia mydas*), el cual ha demostrado ser una herramienta básica y de importancia para estimar el tamaño de la población de tortugas anidadoras y su comportamiento anidatorio en la playa.

Clasificación taxonómica

En el mundo existen siete especies de tortugas marinas, las cuales son: la tortuga caguama o cabezona (*Caretta caretta*), la verde (*Chelonia mydas*), la carey (*Eretmochelys imbricata*), la lora (*Lepidochelys kempii*), la golfina (*Lepidochelys olivacea*), la aplanada (*Natator depressus*) y la laúd o baula (*Dermochelys coriacea*) (Meylan & Meylan, 2004). A nivel mundial, todas las especies de tortugas marinas se encuentran en severo peligro de extinción por el libro rojo de la UICN y en el apéndice I de CITES; lo que certifica su inminente estado crítico (DOF, 2010) (IUCN, 2020).

De acuerdo a las características morfológicas que presentan, se clasifican conforme a la Tabla 1.

Tabla 1. Características de las tortugas marinas de acuerdo a su clasificación taxonómica.

Clasificación taxonómica		Características
Reino Animalia		Tienen membrana nuclear, mitocondrias, carecen de cloroplastos y paredes celulares, se reproducen por fecundación y su desarrollo incluye el proceso de la meiosis, digestión interna y sistema nervioso.
Phylum Chordata		Tienen una espina dorsal
Sub-Phylum Vertebrata		Tienen un esqueleto óseo
Super-Clase Tetrapoda		Tienen cuatro extremidades
Clase Reptilia		- Depositán huevos amniotas que no dependen del agua como ambiente circundante para su desarrollo - Tienen pulmones y respiración aérea - Cuerpo cubierto de escamas
Orden Testudines		- Viven dentro de un caparazón óseo el cual protege los órganos internos - Columna vertebral reducida - No tienen dientes, en su lugar poseen un pico formado de queratina
Familia	Cheloniidae	Quelónidos, tortugas marinas de caparazón duro.
	Dermochelyidae	Dermoquelónidos, tortugas coriáceas (caparazón con textura parecida al cuero).

Son numerosas las características genéticas y morfológicas que distinguen a una tortuga marina de otros tipos de tortugas. La más evidente son las extremidades delanteras, éstas se han modificado hasta formar unas aletas relativamente grandes por la prolongación de los huesos que forman la porción principal de la extremidad, permitiendo un robusto y poderoso braceo que simula un “vuelo”, con el cual parecieran desplazarse en su medio acuático. Esta adaptación les permite realizar extensas migraciones en los mares del mundo (Wyneken, 1997).

La cabeza de las tortugas marinas es relativamente grande y al igual que las extremidades no pueden retraerla dentro del caparazón, por lo que han ganado un diseño hidrodinámico más eficiente (Lutcavage *et al.* 1997). La manera de desplazarse en tierra firme es muy exclusivo de las tortugas marinas, las adultas apoyan su cuerpo sobre la arena y se empujan con sus extremidades dejando un rastro que puede tener un patrón simétrico o asimétrico.

Una huella simétrica se genera cuando las aletas delanteras se articulan de manera sincrónica al jalarse las tortugas sobre la superficie de la arena, ocasionando una huella donde las marcas de las aletas derechas e izquierda aparecen casi como imágenes reflejadas una de la otra. Una huella asimétrica se forma cuando las aletas delanteras se mueven de manera alternada al arrastrar a la tortuga (Fig. 2) (Pritchard *et al.* 2000).

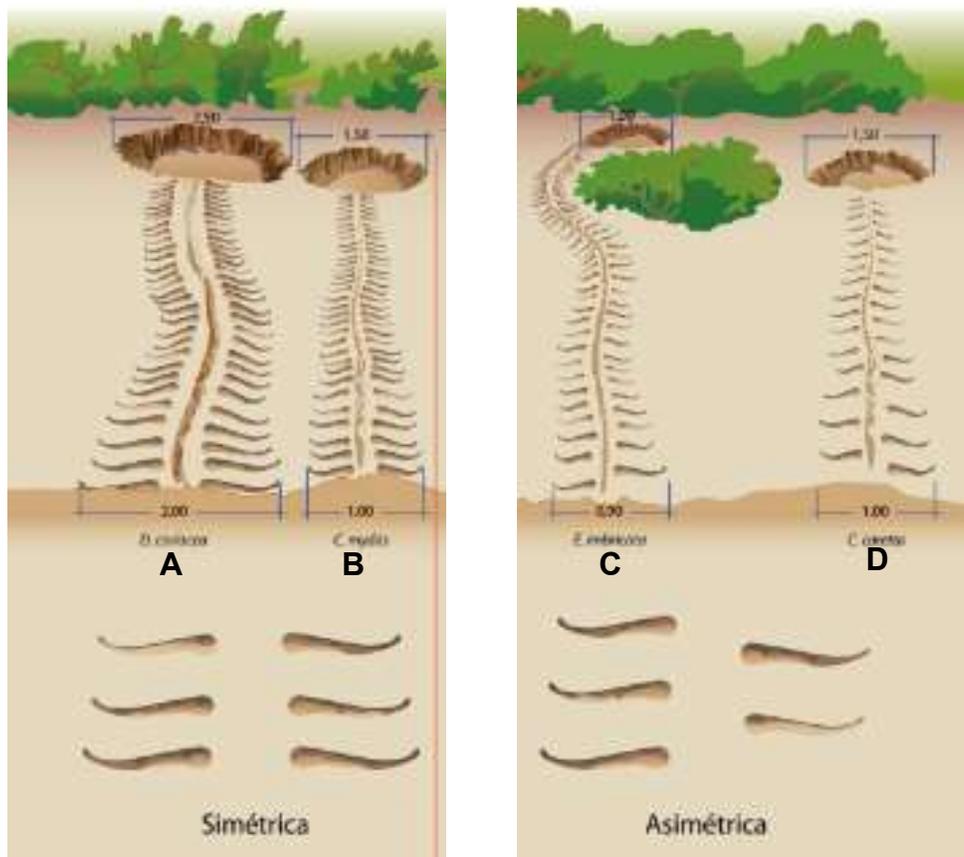


Figura 2. (A) Rastros simétricos: tortuga laúd, (B) blanca/verde. Asimétricos: (C) carey y (D) caguama. (Tomado de: Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica).

De las 4 especies que anidan en la zona norte del estado de Quintana Roo, únicamente se describen tres de ellas: (*Chelonia mydas*, *Caretta caretta* y *Eretmochelys imbricata*), ya la tortuga Laúd (*Dermochelys coriacea*) llega de manera ocasional a realizar su ciclo de desove.

Tortuga blanca/verde (*Chelonia mydas*)

Morfología:

- Escudos: 5 centrales, 4 pares costales, 12 pares marginales y uno nual.
- Longitud de caparazón: 100cm – 120cm
- Peso: 100-220 kg.
- Color: (cambia con la edad).
 - Cría: Dorsalmente es negro con un borde blanco en el contorno del caparazón y aletas, ventralmente es blanco.
 - Juveniles: Marrón con canela.
 - Adultos: Verde olivo o verde grisáceo (Wyneken, *et al.*, 2004).

Alimentación:

- Crías y juveniles: son omnívoros; pequeños invertebrados como: cangrejos, medusas, caracoles, y gusanos.
- Adultos: algas y pastos marinos.

Reproducción:

- Madurez sexual: 8-25 años de edad.
- Temporada de anidación: mayo a octubre, en el Caribe y Golfo de México.
- No. huevos: 65-115 promedio.
- Incubación: 45-60 días.
- Puestas: 3-6 por temporada con intervalo de 12-14 días.

Tipo de rastro: simétrico

Distribución:

Golfo de México y Mar Caribe: en las costas de Campeche, Yucatán, Quintana Roo y Belice. (Smith *et al.* 1979). Siendo en Quintana Roo las playas más importantes.

Estado de conservación:

En peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Peligro crítico de extinción (Lista Roja UICN).



Fotos: Gerardo Castañeda

Tortuga caguama/ boba/ cabezona (*Caretta caretta*)

Morfología :

- Escudos: 5 pares de escudos laterales, 5 centrales, 12-13 pares marginales.
- Las crías y juveniles tienen espinas cortas en los escudos dorsales, formando tres líneas a lo largo del caparazón.
- Presentan una cabeza grande y ancha, pico ancho y macizo.
- Longitud de caparazón: 95cm – 110cm
- Peso: 130 kg – 200 kg.
- Color: caparazón café rojizo y el plastrón naranja - crema.

Alimentación:

- Medusas, crustáceos, moluscos y peces. Ocasionalmente puede alimentarse de carroña en general.

Reproducción:

- Madurez sexual: 25-30 años de edad.
- Talla de maduración: 75-90 cm de Largo Recto de Caparazón.
- Temporada de anidación: abril a julio
- No. huevos: 110 promedio.
- Incubación: 56 días.
- Puestas: 4 por temporada con intervalo de 12-14 días.

Tipo de rastro: asimétrico.

Distribución:

- Océano Pacífico: zona norte del Pacífico Mexicano, con mayor concentración en el noroeste frente a la península de Baja California.
- Golfo de México y Mar Caribe: en toda la región, en densidades pequeñas.

Estado de conservación:

- En peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010).
- Peligro de extinción (Lista Roja UICN).



Fotos: Gerardo Castañeda

Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*)

Morfología :

- Escudos: 4 escudos costales en el caparazón y borde aserrado, cabeza de talla media con 4 escamas prefrontales. Los escudos del caparazón son imbricados (sobrepuestos) con colores jaspeados ámbar y negro.
- Su cabeza es mediana y alargada y posee un pico puntiagudo y alargado.
- Longitud de caparazón: 90 cm – 95 cm
- Peso: 80 kg en adultos.

Alimentación:

Corales, esponjas, crustáceos, tunicados y algas.

Reproducción:

- Temporada de anidación: abril a septiembre
- No. huevos: 150 promedio.
- Incubación: 47-60 días.
- Puestas: 3-5 por temporada con intervalo de 16 días.
- Periodo de retorno: cada 3.5 años.

Tipo de rastro: asimétrico.

Distribución:

- Océano Pacífico: Jalisco, Nayarit y Oaxaca de manera esporádica.
- Golfo de México y Mar Caribe: Las principales playas se encuentran entre Isla Contoy en Quintana Roo hasta Ciudad del Carmen en Campeche.

Estado de conservación:

En peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010).
Peligro crítico de extinción (Lista Roja UICN).



Fotos: Gerardo Castañeda

JUSTIFICACIÓN

Desde el 2007 en el campamento Tamul, se ha efectuado el método de Fotoidentificación, que ha sido utilizado como una técnica alterna para el reconocimiento de las hembras anidadoras de tortuga blanca (*Chelonia mydas*), esto se logra mediante la comparación de un único patrón de escamas de la parte posterior de la cabeza de las hembras que salen a desovar al área de monitoreo de dicho campamento.

A lo largo de 14 años se han obtenido resultados valiosos para conocer una estimación de la población exclusivamente de esta especie, sin embargo en el área de protección del campamento arriban dos especies más de tortuga marina, la caguama (*Caretta caretta*) y la carey (*Eretmochelys imbricata*), por lo que se tomarán datos para enriquecer y conocer aspectos poblacionales de estas especies, y así poder recolectar mayor cantidad de datos con el fin de conocer individualmente rasgos biológicos tales como periodos interanidatorios, fertilidad de las hembras, distribución, periodos de remigración, posibles enfermedades asociadas a tumores de fibropapilomatosis, varamientos y tasas de crecimiento, iniciando con ello una base de datos de Marcaje que será compartida con el Programa Nacional de Marcaje de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Por lo anterior, el método de Fotoidentificación, permitirá recabar y complementar las fichas técnicas de todas las hembras identificadas en temporadas anteriores, ya que se cuenta con las fotografías correspondientes desde 2007 a la fecha, apoyado con el método de Marcaje-recaptura de 2020 en adelante para integrar mayor información acerca de su complejo ciclo de vida y migraciones de estas especies. Asimismo, con ambos métodos estandarizados, se pretende contribuir a la investigación a nivel nacional e internacional, mediante la posible recaptura de hembras en otros sitios de anidación y/o sitios de alimentación.

Especificaciones a la licencia de colecta científica 2019-2020.

Para el método de Marcaje-recaptura de tortugas marinas, por tratarse de especies o poblaciones en riesgo o sobre hábitat crítico, fue necesario realizar una solicitud de licencia de colecta científica, con propósitos de enseñanza, en materia de vida silvestre, misma que se autorizó al campamento Tamul, para marcar hasta dos mil ejemplares de tortuga blanca, caguama y carey, con el objetivo de contribuir al restablecimiento de las poblaciones, a través de acciones de protección, conservación, investigación y educación ambiental.

La licencia de colecta científica del campamento tortuguero Tamul entró en vigor el 4 de julio del 2019, emitida por la Dirección General de Vida Silvestre (Oficio N° SGPA/DGVS/06446/19) para la colocación de marcas metálicas tipo *Inconel 681* en tres especies de tortugas marinas (tortuga blanca, caguama y carey), sin embargo, el inicio del método de Marcaje-recaptura no fue posible durante esa temporada, debido a un atraso administrativo para la adquisición de las marcas metálicas. Finalmente se logró obtener dichas marcas en diciembre del 2019, no obstante, la temporada de anidación había concluido. Posteriormente, en el 2020 y ante la contingencia declarada en México por COVID-19, las actividades de monitoreo y protección realizadas por el Campamento Tamul, se vieron en la necesidad de ser suspendidas de abril hasta el 08 de junio del 2020 cuando se logran reanudar las acciones de conservación y protección como cada temporada para el avistamiento y recolección de nidadas.

El método de Marcaje-recaptura se logra poner en marcha el 11 de junio del 2020 tomando (Fig. 3), en cuenta las coordenadas geográficas del permiso correspondiente al Campamento Tamul del 2019. Sin embargo, en el 2020, en la zona adyacente a la playa del campamento Tamul, correspondiente al predio del Hotel Milla de Oro, se realizó una coordinación con las autoridades, debido a que ellos en el mismo año obtuvieron su permiso para monitorear dicha zona, por lo que se forjó un acuerdo en conjunto con el Campamento Plan Maestro “Las Américas”, perteneciente al Hotel Milla de Oro, donde se estipuló que a partir del 28 de junio

del 2020 se dejara de monitorear el área y de colocar marcas metálicas en su predio. Por lo que los resultados obtenidos hasta esa fecha, serán incluidos en este trabajo.

A pesar de esto, el método de Marcaje-recaptura siguió operando con la licencia de colecta científica¹ en el área de monitoreo del Campamento Tamul y a pesar de su vigencia, las autoridades correspondientes emitieron un consentimiento de seguir operando, debido al cierre de las oficinas de la Delegación Federal de SEMARNAT ante la Contingencia Mundial.



Figura 3. Inicio de actividades del método de Marcaje-recaptura en campamento Tortuguero Tamul temporada 2020.

(Foto: Sayuri Ramos)

¹ Vigencia de licencia de colecta científica: 04 de julio 2020.

OBJETIVOS

Objetivo General

Conocer la efectividad del método de Marcaje-recaptura, como complemento al de Fotoidentificación en la población de la temporada 2020 de tortugas marinas del campamento tortuguero Tamul, en Quintana Roo, México (Fig. 4).

Objetivos Específicos

1. Conocer el número de hembras anidantes de cada una de las tres especies que arriban a la playa del campamento Tamul; tortuga blanca (*Chelonia mydas*), tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) y tortuga caguama (*Caretta caretta*), a partir del reconocimiento individual, mediante los métodos de Fotoidentificación y Marcaje-recaptura de tortugas marinas de la temporada 2020.
2. Conocer la distribución, sitios preferentes de anidación, así como su comportamiento reproductivo de las tres especies de tortugas que arriban al campamento tortuguero Tamul.
3. Promover la colaboración entre los miembros de la Red Nacional de Marcaje y a nivel internacional en relación al tema de marcaje-recaptura de tortugas marinas.



Figura 4. Monitoreo de tortugas marinas temporada 2020.

(Foto: Rebeca Martínez)

ÁREA DE ESTUDIO

Área de protección

El campamento tortuguero Tamul se localiza al sur de la zona hotelera de Cancún en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. Cuenta con un área de protección de 7 kilómetros de playa ubicados entre las coordenadas geográficas $21^{\circ}01'20.5''N$, $86^{\circ}48'48.1''W$ al norte hasta $20^{\circ}57'46''N$, $86^{\circ}49'56''O$; continuando desde $20^{\circ}56'50''N$, $86^{\circ}50'12''O$ hasta $20^{\circ}56'41.9''N$, $86^{\circ}50'13.9''O$ al sur. Colinda al Norte con Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún, Punta Nizuc y Parque Acuático Ventura Park, al Este con el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, al Oeste con predios de propiedad privada (Hotel Haven y Hotel Milla de Oro) y al Sur con el hotel Royalton Riviera Cancún.

En esta zona de monitoreo se encuentra el Hotel Moon Palace dentro del cual se ubica el corral de protección (Fig. 5); el hotel colinda con el Sistema Lagunar Nichupté y el Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté, los cuales son de gran importancia ecológica.

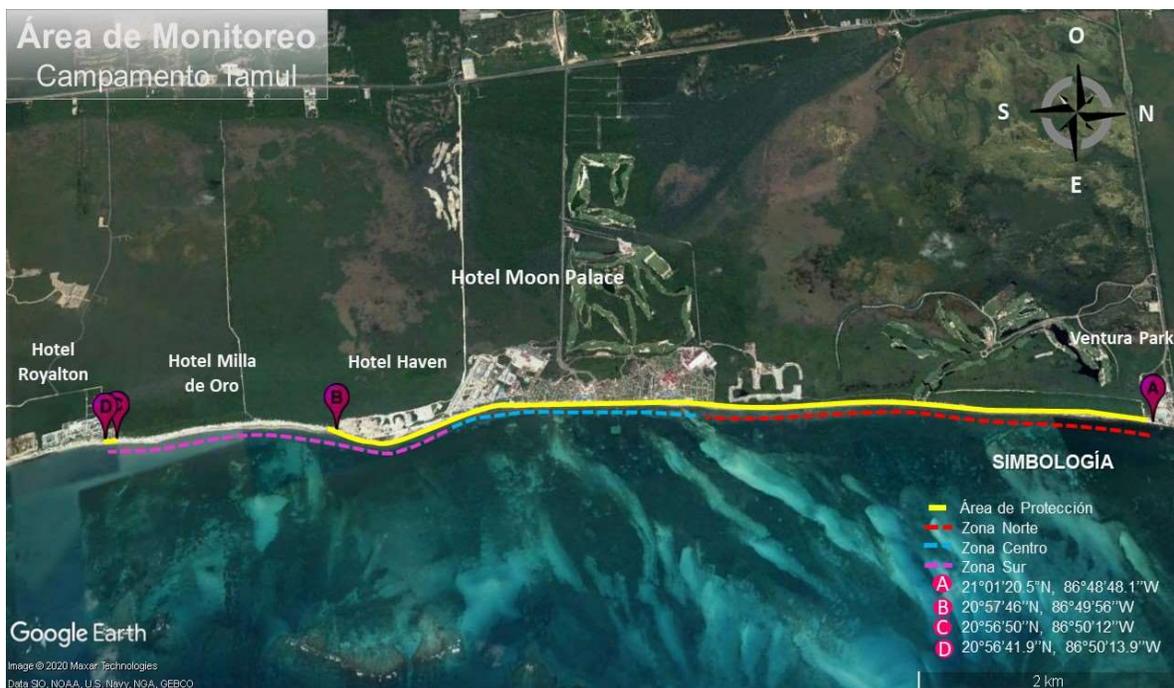


Figura 5. Ubicación del campamento tortuguero Tamul.

(Tomado de Google Earth)

MÉTODO

Las acciones de monitoreo, conservación y protección del Programa Integral de Conservación de Tortugas Marinas se realizan con el apoyo económico de Citibanamex a través de Fundación Palace Resorts I.A.P.

Protección y Conservación

Protección

Balizaje

El área de protección del campamento Tamul posee una cobertura de 7 kilómetros de playa, su longitud y sus límites de monitoreo son: a) área norte, limita con el parque acuático Ventura Park; b) área centro, abarca todo el frente del Hotel Moon Palace y c) área sur, abarca hasta el límite con el Hotel Royalton. Para facilitar el registro y una mayor inspección de los eventos en las áreas monitoreadas, se balizaron y enumeraron las tres áreas, con ayuda de marcas de madera y calcomanía reflejante, para facilitar su visualización durante los recorridos nocturnos, las cuales son denominadas “estaciones” (Fig. 6). El balizaje se realizó a lo largo de la playa de anidación, colocando las marcas de madera enumeradas del 1 al 90 cubriendo las áreas: Parque acuático Ventura Park al muro norte de la fase Sunrise del hotel Moon Palace (1-34), frente total de Hotel Moon Palace (35 al 56), límite de propiedad lado sur del Hotel Moon Palace al límite de propiedad lado sur de Hotel Haven (57 al 66), límite de propiedad de Hotel Milla de Oro al inicio del Hotel Royalton (84-85) con 100 metros de distancia entre ellas quedando dividida en estas tres áreas (Tabla 2). Las estaciones 67-83 y 86-90 forman parte de las áreas de balizado de la zona de protección, sin embargo, al ser pertenecientes a los hoteles Milla de Oro y Royalton respectivamente, no son monitoreadas por el PICTM, ya que ellos cuentan con su permiso y personal.

Tabla 2. Estaciones en las tres áreas del campamento Tamul.

Área	No. de Estación	Puntos de referencia
Área norte	Estación 1-34	Parque acuático Ventura Park al Muro norte de Fase Sunrise del Hotel Moon Palace.
Área centro	Estación 35-56	Cubre el frente total del Hotel Moon Palace (Sunrise, Nizuc, The Grand).
Área sur	Estación 57- 66	Límite de propiedad Sur del Hotel Moon Palace al límite de propiedad del Hotel Haven.
	Estación 84- 85	Límite de propiedad de Hotel Milla de Oro al inicio del Hotel Royalton.



Figura 6. Balizaje de la playa de anidación del campamento Tamul.

(Fotos: propiedad de Fundación Palace Resorts I. A. P)

Asimismo, para facilitar la ubicación de las nidadas en la playa, ésta fue dividida a lo ancho en 3 zonas: 1. Zona A, que va desde la línea de marea alta hasta aproximadamente 3 metros arriba en la franja de arena; 2. Zona B, zona de playa abierta donde no hay presencia de vegetación y 3. Zona C, incluye toda el área cubierta por vegetación supra litoral (Ferrer, *et al.* 2007).

Limpieza de playa

Al inicio de la temporada de anidación, en el área de protección del campamento Tamul se llevan a cabo actividades de conservación en el hábitat donde arriban las tortugas marinas con el fin de mantener las condiciones óptimas para que las hembras se puedan desplazar en busca de un sitio adecuado para depositar sus huevos. Una de estas actividades se centra en la limpieza de las playas que cubre el campamento Tamul, estas se realizadas por el equipo de biólogos al inicio, durante y al final de la temporada (Fig. 7).



Figura 7. Limpiezas de playa realizadas por equipo de biólogos.

(Fotos: Gerardo Castañeda)

Patrullaje

Debido a la pandemia COVID- 19* las actividades en el campamento Tamul dieron inicio oficialmente el día 08 de junio con los patrullajes diurnos (Fig. 8 -A), cubriendo un total de 7 km en dirección norte y sur de la propiedad del Hotel Moon Palace cuyos límites se observan en la Fig. 3; los patrullajes nocturnos (Fig. 8-B) se comenzaron el día 10 de junio en un horario de 22:00 a 06:00 horas con el fin de continuar con la colecta de nidos debido al aumento de tortugas, para posteriormente concluir con los recorridos el 27 de septiembre ya que la actividad de anidación para esta fecha era baja, siendo el cierre de temporada el día 12 de Octubre, cuando se obtuvo el último nido de tortuga blanca.



Figura 8. (A) Recorridos diurnos y (B) nocturnos de la temporada 2020.

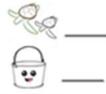
(Fotos: Gerardo Castañeda)

El registro de los datos de la actividad, se realizó en una ficha que se generó al inicio de la temporada (Fig. 9), en la cual se indican diversos rubros con el fin de coleccionar la información de cada uno de los eventos, así como datos morfométricos de la hembra y los datos de las marcas metálicas colocadas en esta temporada.

Aunado a lo anterior, en dicha ficha también se registraron los 3 diferentes eventos identificados durante los recorridos diurnos y nocturnos, como son:

- **Arqueo:** la tortuga se desplaza por la playa y regresa al mar sin anidar (Fig. 10-A).
- **Intento:** la tortuga comienza a hacer el nido, pero interrumpe su actividad por alguna circunstancia, abandona la cama y regresa al mar sin desovar (Fig. 10-B).
- **Nido:** la tortuga sale a la playa, hace el nido y finalmente desova cubriendo la cama con arena (Fig. 10-C).

PROGRAMA INTEGRAL DE CONSERVACIÓN DE TORTUGAS MARINAS
CAMPAMENTO TAMUL TEMPORADA 2020
FICHA DE RECOLECCIÓN Y SIEMBRA DE NIDADAS

Fecha de Registro: _____ Responsable: _____
 Hora de Avistamiento: _____ Estación: _____ Zona: _____
 Especie: _____ Nido Tortuga
 LSCC: _____ cm ACC: _____ cm Midió: _____
 Marcas: Aleta izquierda _____ Aleta derecha: _____
 Procedencia: _____ No. Serie: _____
 Observadores: _____

Marcaje

No. Serie nueva: _____ Marcó: _____
 Aleta Izquierda: _____ Aleta Derecha: _____
 Recaptura: Sí NO No. Serie: _____
 Aleta Izquierda: _____ Aleta Derecha: _____

Fotoidentificación

No. de Cámara	Secuencia Fotográfica	Fotógrafo

Localizó: _____ No. NIDO: _____
 Hora de recolecta: _____ Hora de siembra: _____
 Tamaño de la nidada: _____ Huevos sembrados: _____
 Recolectó y Contó: _____ Sembró y Contó: _____
 Clave del nido: _____ F.P.E: _____
 Observaciones: _____

Registro de eventos

ARQUEOS	Sp.	Estación	Zona	Clave	INTENTOS	Sp.	Estación	Zona	Clave

Claves: (1) Inundado, (2) Rocas, (3) Vegetación, (4) Basura, (5) Camastros, (6) Normal, (7) Malla, (8) Derrumbe, (9) Otros: _____

Figura 9. Ficha de recolecta de nidos



Figura 10. Eventos identificados durante la temporada de anidación: (A) arqueo, (B) intento y (C) nido.

(Fotos: Gerardo Castañeda)

Corral de protección de tortugas marinas

La función principal de un corral de protección es contar con un espacio que brinde las condiciones adecuadas para la incubación de las nidadas que son recolectadas en el área de protección. Para ello, la instalación del corral se realiza por parte de una empresa privada, previo al inicio de la temporada con un diseño de tipo cerrado, techado con malla ciclónica de una altura de 2 metros.

Esta temporada el corral de protección fue reubicado a una zona diferente a la que se había hecho en años anteriores, como parte de la adecuación, el equipo de biólogos del programa, se encargó de la colocación de malla sombra alrededor del interior del corral, a una altura de 50 cm sobre la superficie y otros 50 cm enterrada bajo la arena, con el fin de evitar la entrada de los depredadores, como mapaches entre otros avistados en el área (cangrejos, aves marinas, gatos, coatíes, zorra gris), así como evitar la dispersión de las crías a la playa y que puedan ser depredadas (Fig. 11). Finalmente se hace el rastrillado de la arena dentro del mismo, el retiro de la vegetación invasora, así como la basura en el corral y la colocación de los letreros informativos para la identificación del corral.



Figura 11. Actividades de instalación y adecuación del corral de protección: colocación de malla sombra.

(Fotos: Propiedad de Fundación Palace Resorts I. A. P.)

Preparación del material de campo

Para la recolecta y traslado de nidadas de la playa al corral de protección, se utilizaron cubetas recicladas con capacidad de 20 litros, las cuales fueron pintadas y enumeradas para facilitar la identificación de los nidos recolectados durante los recorridos nocturnos. De igual forma, al inicio de la temporada se utilizaron tres cuatrimotos, las cuales fueron adaptadas con una tara de plástico con capacidad para dos cubetas.

También como material de campo, se incluyen tablas que fueron usadas para la identificación de cada nido (aproximadamente 2,000 tablas de madera) dentro del corral, las cuales fueron pintadas de color blanco y empaquetadas para su uso a lo largo de la temporada. Además, se armaron corrales de malla de acero inoxidable para la protección de cada uno de los nidos sembrados, con el fin de tener el control del número de crías emergidas por cada nido y evitar su depredación (Fig. 12).



Figura 12. Preparación de material de campo.

(Fotos: Propiedad de Fundación Palace Resorts I. A. P.)

Avistamiento de eventos sin presencia de tortuga marina

Durante los recorridos diurnos y nocturnos, el equipo de biólogos inició la búsqueda de los rastros que las tortugas dejan al salir del mar y al desplazarse por la arena, para ello se identificaba el camino de subida de la tortuga y la bajada o regreso al mar de la misma, para proseguir a identificar el tipo de evento que realizó.

Cuando se identificaba un arqueo o un intento de anidación, se registraba que especie de tortuga dejó el rastro; la estación correspondiente al balizaje de la playa; la zona en donde se encontraba el evento y la clave

que nos permitía intuir por qué la tortuga había abandonado la playa, de acuerdo con la ficha de recolección y siembra de nidadas (Fig. 9).

En caso de encontrar un nido o la llamada cama de la tortuga, la cual se identificaba por ser un montículo grande de arena removida y húmeda junto a un hueco donde la tortuga se acomodó, se procedía a realizar las siguientes acciones:

- **Búsqueda de la cámara de huevos:** con ayuda de una vara de fibra de vidrio de aproximadamente 0.7 cm de diámetro por 1.2 m de largo, se introducía en el montículo de arena con precaución con el fin de encontrar un vacío, el cual sería el cuello de la cámara con los huevos depositados en su interior (Fig. 13-A).
- **Recolecta del nido:** Se remueve la arena de la superficie hasta dejar al descubierto el cuello de la cámara del nido; se colectan cuidadosamente todos los huevos para no afectar la fijación del embrión al cascarón, de igual manera mientras se colectan, se van contando e introduciendo a una cubeta de plástico limpia con una capa de arena en ella. Dicha arena se debe colectar del interior de la cámara del nido, debido a que contiene un lubricante llamado mucílago, protector de bacterias o algún otro agente patógeno y que es secretado por la tortuga al expulsar los huevos. Por último, se cubren todos los huevos con una capa gruesa de arena húmeda para evitar la desecación y/o cambios bruscos de temperatura durante su traslado al corral (Fig. 13-B).
- **Registro de datos:** Al recolectar la nidada, se toman una serie de datos para identificar cada uno de los nidos (Fig. 13-C) tales como: fecha de registro, estación, zona, especie, tamaño de nidada, hora de recolecta, entre otros que pueden ser visualizados en la ficha de recolección y siembra de nidadas (Fig. 9).
- **Traslado de la nidada al corral:** Se trasladaron las nidadas en un plazo no mayor a cuatro horas para ser sembradas en el corral, con el fin de evitar dañar la fijación del embrión para su desarrollo, tal como lo establece la NOM-162-SEMARNAT-2012.

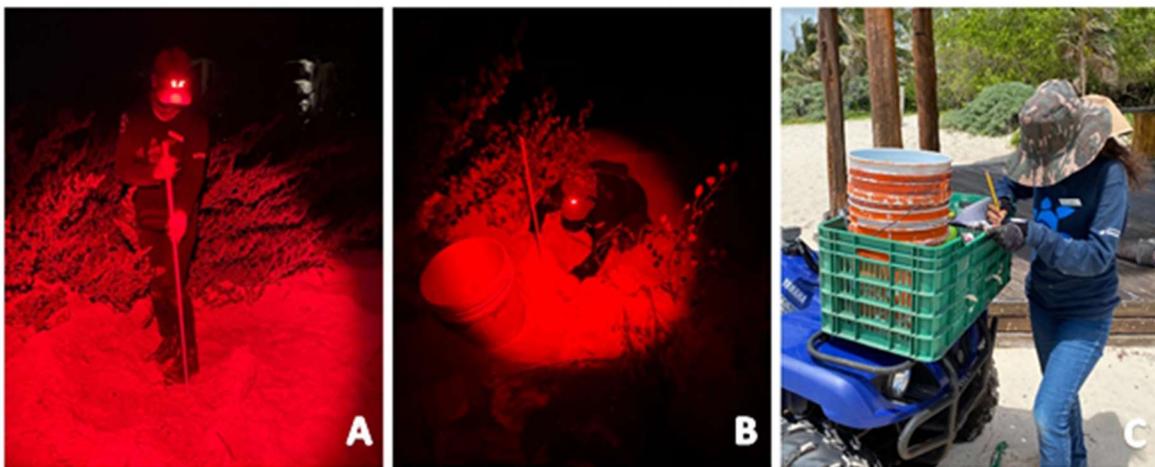


Figura 13. Avistamiento de evento sin tortuga: (A) búsqueda del nido, (B) recolecta del nido y (C) registro de datos.

(Fotos: Propiedad de Fundación Palace Resorts I. A. P.)

Avistamiento de eventos con presencia de tortuga

Uno de los objetivos de los recorridos nocturnos, es el avistamiento de tortugas marinas en la playa, por lo que al observar un rastro que indicara la subida de una tortuga, me detenía para seguirla y me acercaba cautelosamente para observar la actividad en que ésta se encontraba realizando, de modo que si la tortuga estaba comenzando a salir del mar, desplazándose por la playa, acomodándose para hacer el nido o haciendo el nido, dejaba una tabla sobre el camino con datos sobre el proceso en el que se encontraba, con el fin de no perturbarla y dejar que concluyera con el proceso de desove.

En caso de encontrar a una tortuga desovando, cubriendo el nido o abandonando la playa para regresar al mar, se realizaban las siguientes actividades:

- **Recolecta de la nidada:** la nidada se colectaba cuando la tortuga estuviera en proceso de desove, se colocan los huevos en una cubeta limpia sobre una cama de arena húmeda proveniente del interior de la cámara de huevos, se contabilizaban y finalmente se cubrían con una capa de arena (Fig 14-A).
- **Toma de medidas morfométricas:** con ayuda de una cinta métrica, se tomaron medidas del Largo Curvo del Caparazón (LCC) y el Ancho Curvo del Caparazón (ACC) (Fig. 14- B).
- **Fotoidentificación:** con el objetivo de identificar a cada una de las hembras anidantes, se tomó una fotografía del patrón de escamas de la cabeza de la tortuga con ayuda de una cámara digital y procurando remover la arena que pudiera tener encima para mejorar la calidad de la imagen (Fig. 14-C).
- **Marcaje-recaptura:** al encontrar a una tortuga en proceso de desove o cuando haya terminado de desovar y con la ayuda de las pinzas aplicadoras se le colocó, una marca metálica con un código alfanumérico otorgado por la CONANP, en la aleta izquierda entre la segunda y tercera escama (Fig. 14-D y E).
- **Registro de datos:** en la ficha de recolección y siembra de nidadas se anotaron los datos obtenidos de la nidada, tales como fecha, hora de recolecta, estación, zona, tamaño de nidada, medidas de la tortuga, serie de la fotografía tomada, entre otros que se pueden visualizar en la Fig. 9.; así mismo también se revisó el estado físico de cada una de las hembras y se realizó la búsqueda de marcas metálicas e injertos de caparazón que demostrasen la procedencia de los ejemplares (Fig. 14-F).
- **Traslado de la nidada al corral:** el traslado de la nidada se realizó en un plazo menor a cuatro horas a partir del desove de la tortuga, con el fin de mantener el polo cigomático del huevo con el mínimo movimiento para permitir el inicio del desarrollo embrionario.

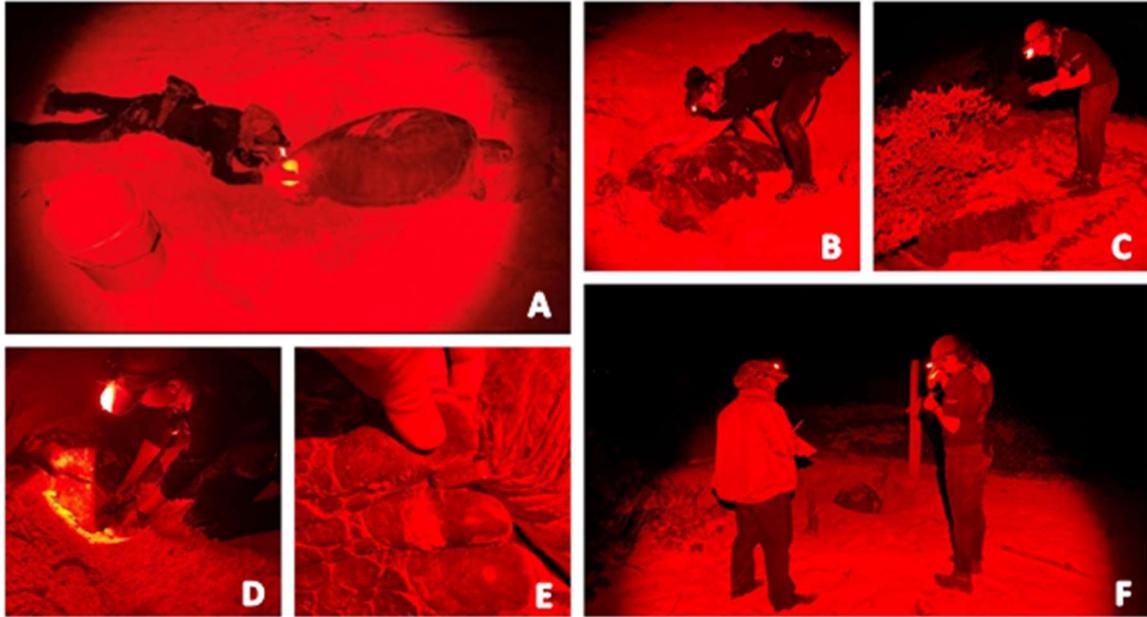


Figura 14. Avistamiento de eventos con tortuga: (A) Recolecta de nidada, (B) toma de medidas morfométricas, (C) toma de fotografía, (D-E) colocación de marca metálica y (F) registro de datos.

(Fotos: Gerardo Castañeda)

Manejo de nidadas y crías

Al llegar al corral de protección ubicado frente al Hotel Moon Palace The Grand, se hacían los nidos artificiales con ayuda de un cava hoyos haciendo el cuello del nido en forma de cilindro de aproximadamente unos 20 cm de diámetro y una profundidad de 60 cm (Fig. 15-A), mientras que el interior del nido se cava manualmente para darle forma de cántaro, tal como lo realiza la tortuga y como lo indica la NOM-162-SEMARNAT-2012.

Finalmente, para la siembra de los nidos, se transferían los huevos a los nidos artificiales, colocándolos cuidadosamente hasta el fondo del cántaro para luego cubrirlos con arena húmeda y haciendo una pequeña montaña de arena sobre el mismo. Para identificar cada nido en el corral, se colocaba una tabla, por fuera del nido con datos de la nidada como: fecha de colecta, número consecutivo de nido, número de huevos sembrados, abreviatura del nombre científico de la especie (*Chelonia mydas*, Cm; *Caretta caretta*, Cc; *Eretmochelys imbricata*, Ei) y por último, la fecha probable de eclosión (FPE) esta última se calculó a partir de la fecha de siembra más 55 días, debido a que este fue el promedio de días de incubación de la temporada anterior (Fig.- 15-B, C y D).



Figura 15. (A) Elaboración de nidos artificiales en corral, (B-C-D) siembra de nidadas e identificación de nidos con tablas blancas en corral de protección.

(Fotos: Gerardo Castañeda.)

La fecha probable de eclosión ayuda a tener un estimado de los días de incubación de los nidos. Al aproximarse a dicha fecha (3-5 días anteriores) y ante las primeras evidencias de hundimiento del cúmulo de arena que se colocaba sobre el nido, se procedía a la revisión de éstos, la cual consistió en verificar la existencia de crías en el interior, se introdujo cuidadosamente la mano para corroborar la eclosión y saber a qué nivel del nido se encontraban las crías, de manera que si se hallaban crías debajo del cuello o más abajo, se debía esperar a que las crías ascendieran a la superficie, por lo que se procedía a cubrir de nuevo el nido con arena. Por el contrario, si las crías ya se localizaban en la superficie del nido (Fig. 16- A y B), éstas se retiraban y se contabilizaban (Fig. 16-C) para su liberación inmediata, evitando la depredación por parte de mapaches, zorra gris y otros depredadores identificados en el área de protección.

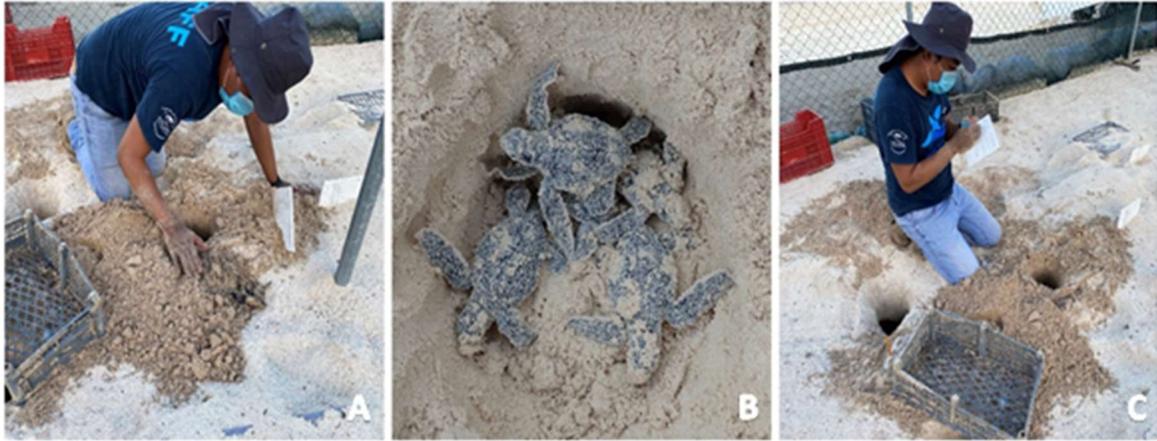


Figura 16. Revisión de nidos: (A) verificación de crías dentro del nido, (B) crías en superficie, (C) retiro y conteo de crías del nido.

(Fotos: Propiedad de Fundación Palace Resorts I. A. P.)

Una vez que las crías emergieron del nido, se corroboró que éstas tuvieran totalmente absorbido el vitelo (Fig. 17-A), de lo contrario, si las crías presentan una protuberancia abdominal (correspondiente al vitelo sin absorber) (Fig. 17-B), se conservaban en una caja de unicel con arena húmeda hasta permitir la completa absorción.



Figura 17. (A) Cría con vitelo absorbido y (B) cría con protuberancia abdominal o vitelo sin absorber.

(Fotos: Gerardo Castañeda)

Las crías emergidas se trasladaban a diferentes áreas de la playa donde la luminosidad proveniente del hotel no provocara la desorientación de éstas y se liberaban durante el atardecer, con el fin de evitar la depredación por parte de las aves marinas (Fig. 18).

En los nidos no se registraron parámetros como la temperatura y la humedad, debido a que el interés era corroborar la supervivencia de las crías.



Figura 18. Liberación de crías durante el atardecer.

(Fotos: Gerardo Castañeda)

La limpieza de nidos se realizó una vez que se obtuvo el 80% o más de emergencia de las crías con respecto al número de huevos de cada nido. Esta actividad consistió en extraer todo el contenido del interior del nido (Fig. 19-A), el cernido de la materia orgánica (Fig. 19-B), clasificación de contenido (Fig. 19-C) y registro de datos (Fig. 19-D), con la finalidad de conocer el porcentaje de supervivencia en los nidos artificiales y, por tanto, identificar si todos los huevos concluyeron su desarrollo. Los datos extraídos a partir de la limpieza, se registraron en la ficha de limpieza de nido (Fig. 20), en donde se clasifican en diversas categorías como: huevos con desarrollo aparente (HCDA), huevos sin desarrollo aparente (HSDA), crías vivas (CV), crías muertas (CM), crías deformes (CD) y crías albinas (CA).



Figura 19. Limpieza de nidos: (A) retiro del contenido, (B) cernido de materia orgánica, (C) clasificación del contenido y (D) registro de datos obtenidos.

(Fotos: Gerardo Castañeda)

HOJA DE DATOS TORTUGAS VARADAS

Persona o Institución que Reporta:

Dirección:

Teléfono:

Fecha:

Lugar de Captura:

Horario inicio:

Horario termino:

Especie:

Condición: Muerta

Viva

LCC:

ACC:

Peso:

Sexo:

Edad:

Adulta:

Subadulto

Juvenil

Cría

INSPECCIÓN VISUAL (Describe lo más detalladamente posible la condición del ejemplar).

ESQUEMA (Señala en el siguiente esquema marcas distintivas, ubicación de las mismas, lesiones, presencia de balanos, parásitos, etc.).

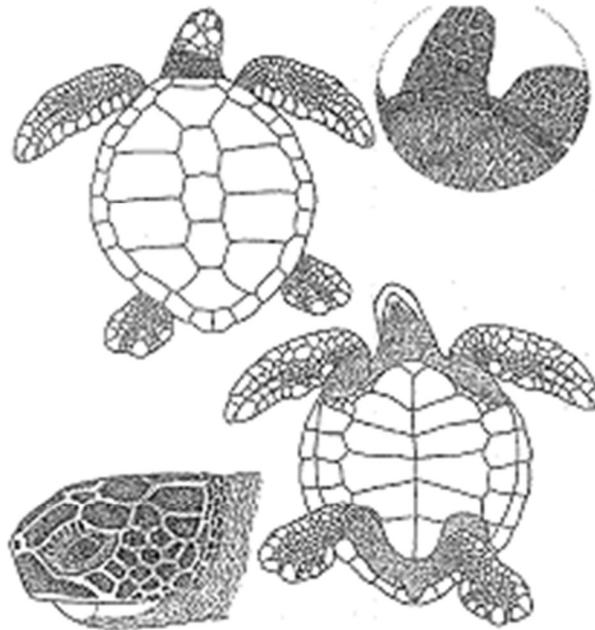


Figura 21. Formato de varamientos CONANP.

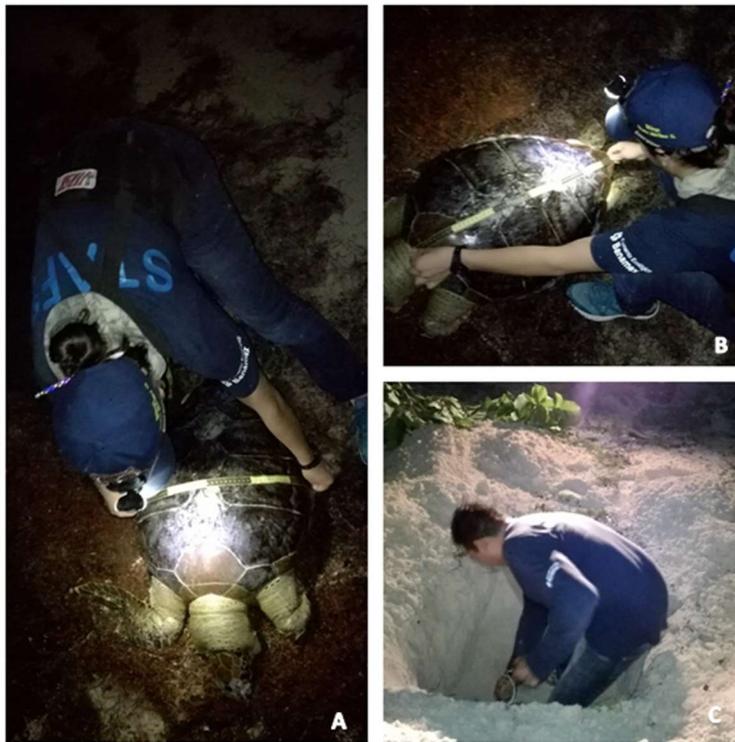


Figura 22. Atención a varamientos: (A-B) Toma de medidas morfométricas, (C) excavación de hueco para entierro del ejemplar.

(Fotos: Propiedad de Fundación Palace Resorts I. A. P.)

Caracterización de Poblaciones

Fotoidentificación

Uno de los métodos que se llevaron a cabo en el campamento Tamul es la Fotoidentificación de las hembras de tortuga blanca (*Chelonia mydas*), cuyo propósito es identificar fenotípicamente a cada hembra que llega a anidar al área de protección monitoreada. Esta actividad consiste en la toma de una fotografía de la parte dorsal de la cabeza de la tortuga, a la distancia de 1 m aproximadamente con una cámara digital (Fig. 23-A), quitando la arena de la cabeza para enfocar minuciosamente el patrón de las escamas dorsales (Fig. 23-B). El registro del número de fotografía, se anotaba en la ficha de recolección y siembra de nidadas (Fig. 9), además de las medidas morfométricas de la tortuga (LCC y ACC) (Fig. 23-C) y posiblemente si la tortuga portaba alguna marca metálica o injerto que demostrara la procedencia del ejemplar (Fig. 23-D).



Figura 23. Actividades realizadas para el método de Fotoidentificación de tortuga blanca: (A) toma de fotografía a 1m de distancia, (B) patrón de escamas, (C) toma de medidas morfométricas y (D) inspección de búsqueda de marcas.

(Fotos: Gerardo Castañeda)

Análisis de la información

Para analizar los datos, cada una de las fotografías fue revisada y comparada una con respecto a la otra a través de la observación directa del patrón de escamas de la cabeza (Fig. 24), la comparación consistió en encontrar similitudes y diferencias en las escamas para determinar si las fotografías comparadas correspondían al mismo ejemplar o no y poder reconocer a los individuos (Fig. 25).



Figura 24. Patrón de escamas en la cabeza: 1-prefrontales, 2-frontal, 3-supraoculares, 4-frontoparietal, 5-temporales y 6-parietales que se utilizan para el reconocimiento de los individuos.
(Foto Gerardo Castañeda)

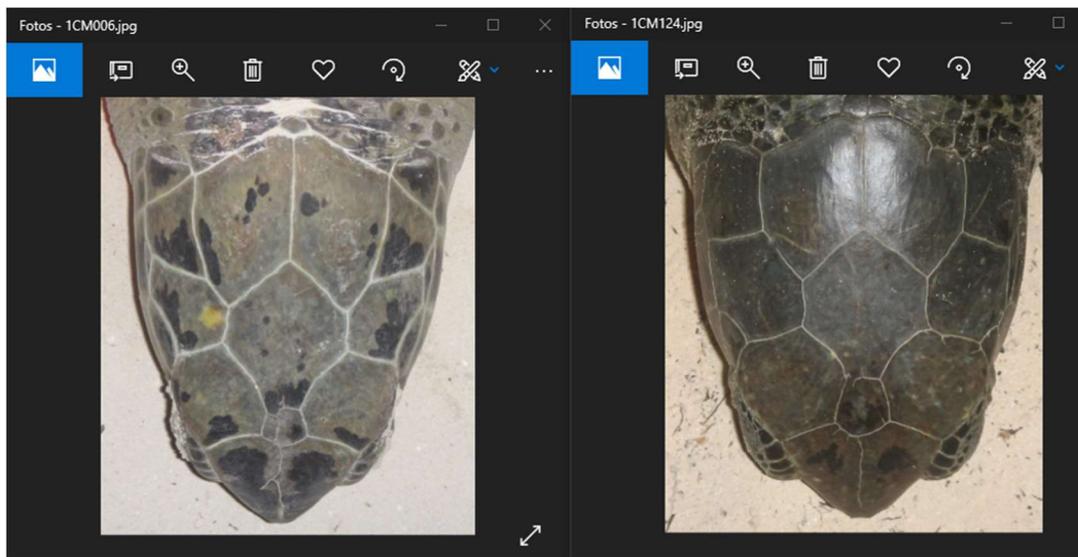


Figura 25. Comparación de fotografías mediante observación visual.
(Fotos propiedad de Fundación Palace Resorts I. A. P)

Una vez terminada la comparación de las fotografías, se analizó la información de los individuos identificados con la cual se obtuvieron los datos de conducta de anidación; posteriormente se realizaron fichas técnicas, las cuales formarán parte del catálogo de individuos del campamento Tamul.

Marcaje-recaptura

Como método complementario al de Fotoidentificación y para reforzar y dar seguimiento a los registros de los individuos identificados, se desarrolló el método Marcaje-recaptura con el objetivo de determinar el número de hembras que arriban a la playa de anidación y así evaluar tendencias poblacionales desde abundancia hasta patrones de distribución a lo largo del tiempo.

El método de Marcaje-recaptura, se efectuó mediante el método de saturación, el cual consistió en marcar a todas las hembras posibles de tortugas marinas de las tres especies (tortuga blanca, carey y caguama) que arriban a la playa del campamento Tamul durante la temporada de anidación. Para lograr dicho método se apegó a los patrullajes nocturnos, que se realizan desde temporadas anteriores para lograr el mayor número de avistamientos posibles.

El marcaje de hembras, se realizó únicamente a tortugas en fase de desove y/o tortugas que estuvieran yendo de regreso al mar, por ningún motivo se marcaron hembras recién salidas del mar, esto con el fin de no perturbar a las hembras y lograr un mayor éxito de anidación.

Para dicho método, se utilizaron marcas metálicas *Inconel* estilo 681, donde la colocación de las marcas metálicas se realizó con ayuda de las pinzas aplicadoras (modelo 681) (Fig. 26-A). En cada avistamiento de hembras, exclusivamente durante la fase de desove y/o regresando al mar, se revisó el estado físico de las hembras, se tomaron las medidas morfométricas de la tortuga como largo estándar curvo del caparazón (LSCC) y el ancho curvo del caparazón (ACC) (Fig. 26-B) y procedió a colocar una marca en la parte proximal entre la segunda y tercer escama de la aleta delantera izquierda (Fig. 26 -C y D), o bien entre la primera y segunda escama en caso de presencia de algún abultamiento o falta de espacio en dicha sección. En caso de que la tortuga no cuente con la aleta izquierda (mutilación) o que presente algún abultamiento que impida la aplicación de la marca, exclusivamente se colocó la marca en la aleta derecha.

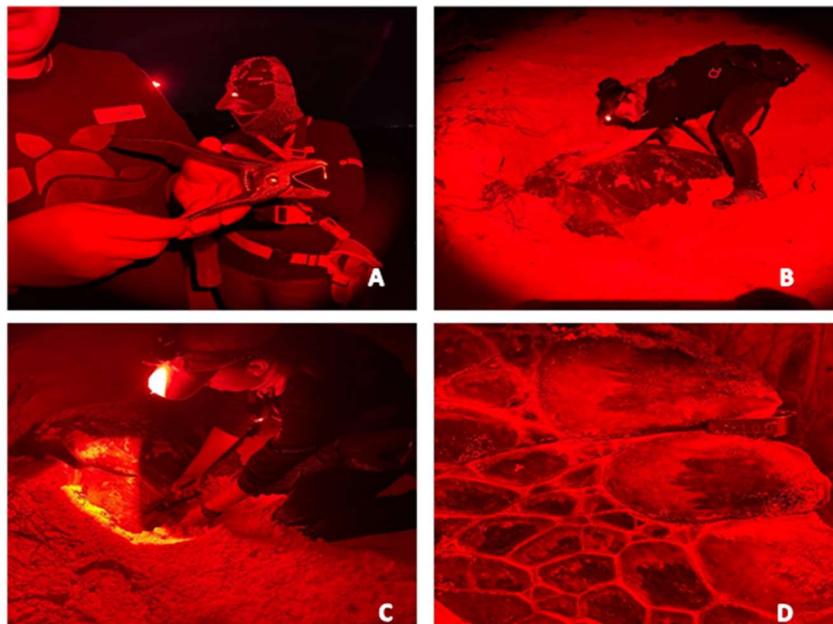


Figura 26. Actividades realizadas para el método de Marcaje-recaptura de tortuga marina: (A) Pinzas metálicas, (B) toma de medidas morfométricas, (C) colocación de placa metálica en aleta izquierda y (D) placa metálica entre segunda y tercera escama.

(Fotos: Rebeca Martínez)

Para llevar a cabo el método de Marcaje-recaptura, se tienen disponibles 2,000 marcas metálicas seriadas que parten de la serie 1CM000 a la 1CM999 y de la 1CN000 a la 1CN999, dichas series fueron otorgadas por el Programa Nacional de Marcaje de la CONANP. Detrás de cada marca, se cuenta con una leyenda (correo) que permitirá generar información de recaptura de la tortuga, ya sea en la misma playa de anidación del campamento Tamul o en otras playas adyacentes al sitio de monitoreo, hasta posibles recapturas fuera del país.

Al observar una tortuga previamente marcada con serie registrada del programa de conservación del campamento Tamul, se contemplará como una recaptura individual (sin considerar cuántas veces arribó a la playa el individuo) y en ese caso se deberá volver a tomar las medidas morfométricas, así como la fotografía de la parte posterior de la cabeza para su Fotoidentificación, además de revisar el número de serie de la marca para anotarla en la ficha de campo y poder analizar periodos interanidatorios de las hembras, así al término de la temporada se obtiene el número de recapturas totales que incluirá el número de veces que cada individuo realizó un evento.

Cálculos para obtener Frecuencias Anidatorias por especie

El intervalo de tiempo (días) en el que la tortuga tarda en regresar entre una anidación y otra se denomina periodo interanidatorio, el cual varía de una especie a otra (Alvarado *et al.* 2000). Para obtener un promedio de estos intervalos de tiempo por especie se tomaron en cuenta todos aquellos eventos realizados por cada individuo incluyendo anidaciones, intentos y arqueos. En este contexto, para obtener la frecuencia de anidación se realiza mediante la observación directa de la tortuga desovando (Frecuencia Anidatoria Observada-FAO), también se deberán tomar en cuenta los intentos y/o arqueos que realizan las tortugas, ya que se estima que al día siguiente regresan a desovar (Frecuencia Anidatoria Estimada-FAE). Los cálculos del periodo interanidatorio se basarán en la metodología aplicada en diversas fuentes bibliográficas (Alvarado *et al.* 2000), así como en los Programas de Acción para la Conservación de las Especies (PACE) (SEMARNAT, 2018).

Para poder calcular la frecuencia anidatoria observada, es necesario considerar una muestra representativa de mínimo 100 tortugas o más que hayan desovado por lo menos dos veces durante la temporada, para que la estimación sea más confiable (Alvarado *et al.* 2000).

Así, para obtener la FAO únicamente se tomaron en cuenta eventos de anidación de un mismo individuo, del segundo día de anidación menos el primer día de anidación anterior y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{FAO} = \text{2do Día de Anidación} - \text{1er Día de Anidación}$$

Por otro lado, para obtener la FAE, se consideraron aquellos individuos que presentaron los 3 tipos de eventos y sus posibles combinaciones: anidación-intento, anidación-arqueo, intento-intento, intento-arqueo, teniendo en cuenta que cuando hay un intento y/o arqueo se debe sumar un día a la fórmula (suponiendo que una tortuga regresa a desovar al día siguiente), por tanto, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{FAE} &= \text{Día de Anidación} - \text{1er intento/arqueo (+1 día)} \\ \text{FAE} &= \text{2do intento/arqueo (+1 día)} - \text{1er intento/arqueo (+1 día)} \end{aligned}$$

Una vez que se obtienen las frecuencias anidatorias de cada uno de los individuos, se deberán agrupar en dos categorías: los individuos que únicamente se estimó la FAO (anidaciones observadas) y en individuos que se les estimó la FAE (combinaciones de todos los tipos de eventos). En cada categoría se obtendrá un promedio que será el periodo interanidatorio para cada especie en la zona. Se eliminarán todos aquellos intervalos observados que excedan de 25 días para cada una de las tres especies (Alvarado *et al.* 2000).

Bases de Datos

Para el registro de los aspectos básicos de la biología reproductiva de las especies de tortugas marinas que fueron observadas en el área de protección, se realizaron dos bases de datos:

- La primera consiste en el registro de las anidaciones de las especies donde se incluyen datos como fecha, hora, estación, zona de anidación, largo estándar curvo del caparazón (LCC), ancho curvo del caparazón (ACC), marcas instaladas, recapturas, tamaño de nido, hora de siembra de nido, fecha probable de eclosión, secuencia fotográfica y el análisis obtenido de cada nido.
- La segunda base de datos es exclusiva para el método de Marcaje-recaptura, la cual posee información sobre cada tortuga con marca metálica puesta, la fecha de marcaje, hora de avistamiento, sus aspectos biológicos, como medidas morfométricas (LSCC-largo y ACC-ancho del caparazón), número de nido y tamaño de nidada, estación y zona, secuencia de la fotografía tomada; así como las recapturas que se obtengan de cada tortuga. Dicha base de datos servirá, para complementar y reforzar el método de Fotoidentificación, por lo que al final, se realizará una correlación de las tortugas marcadas con las diferentes fotografías capturadas de cada hembra marcada.

Asimismo, la base de datos del Programa de Marcaje, se comparte con el personal encargado del Programa Nacional de Marcaje de la CONANP con el fin de intercambiar datos de marcas externas al Complejo Moon Palace, así como recibir notificaciones de las marcas colocadas en el campamento Tamul.

Toda la información recabada en las diferentes fichas de concentración de datos, como ficha de registro de anidación, ficha de limpieza de nidos, registro de fotoidentificación y de marcaje-recaptura, se vaciaron en la base de datos creada en la computadora para su manejo e interpretación.

Capacitación

Para alcanzar los objetivos deseados del Programa Integral de Conservación de Tortugas Marinas (PICTM), el equipo participante, recibió previo a la temporada de anidación, una capacitación teórica, la cual involucró temas como especies que anidan en el campamento, datos históricos del programa, etc., así como una capacitación donde se realizaron prácticas de elaboración de nidos artificiales y búsqueda de nidos en camas artificiales, todo con el fin de poder ampliar y enriquecer los conocimientos en el ámbito de manejo y conservación de tortugas marinas (Fig. 27).



Figura 27. Capacitación del personal del PICTM 2020.

(Fotos: Gerardo Castañeda)

RESULTADOS

Datos generales obtenidos en la temporada 2020

En la temporada 2020 se balizó el área de protección del campamento Tamul, reportando la anidación de tres especies de tortugas marinas: tortuga blanca (*Chelonia mydas*-Cm), tortuga caguama (*Caretta caretta*-Cc) y tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*-Ei). Las anidaciones dieron inicio el 09 de mayo y finalizó el 12 de octubre (Tabla 3).

Tabla 3. Registro de fechas de inicio y término de anidación de tortugas marinas en el campamento Tamul.

Campamento tortuguero Tamul 2020		
Especie	Inicio de temporada	Final de temporada
<i>Chelonia mydas</i>	03 de junio	12 de octubre
<i>Caretta caretta</i>	09 de mayo	23 de agosto
<i>Eretmochelys imbricata</i>	20 de junio	9 de agosto

Durante la temporada de anidación de tortugas marinas 2020 en el campamento Tamul, se monitoreo un área de 7.0 kilómetros de playa de los 9.0 que se monitoreaban anteriormente de las estaciones 66 a la 84 solo se realizó monitoreo hasta el mes de junio, y los nidos que ahí depositaron las tortugas, no fueron contemplados en el reporte de anidación de este trabajo, ya que esta área se encuentra en jurisdicción del hotel Milla de Oro (Fig. 28).



Figura 28. Área de monitoreo del campamento Tamul

Se protegieron un total de 521 nidos, de los cuales: 512 fueron de *Chelonia mydas*, 6 de *Caretta caretta* y 3 de *Eretmochelys imbricata*. Se liberaron un total de 51,441 crías; 50,510 de Tortuga Blanca, 592 crías de Tortuga Caguama y 339 crías de Tortuga Carey (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados temporada 2020.

Campamento tortuguero Tamul 2020				
Especie	Nidos	Huevos	Crías	% Supervivencia
<i>Chelonia mydas</i>	512	57,981	50,510	87.1
<i>Caretta caretta</i>	6	692	592	85.5
<i>Eretmochelys imbricata</i>	3	425	339	79.8
Total	521	59,098	51,441	87.0

Se registraron 1,233 eventos en total (nidos, arqueos e intentos), de los cuales 521 fueron nidadas exitosas, 295 fueron arqueos y 417 intentos. Del total de eventos, 1,212 corresponden a la especie *Chelonia mydas*, 17 a la especie *Caretta caretta* y cuatro a *Eretmochelys imbricata*. (Tabla 5).

Tabla 5. Número de eventos registrados por especie.

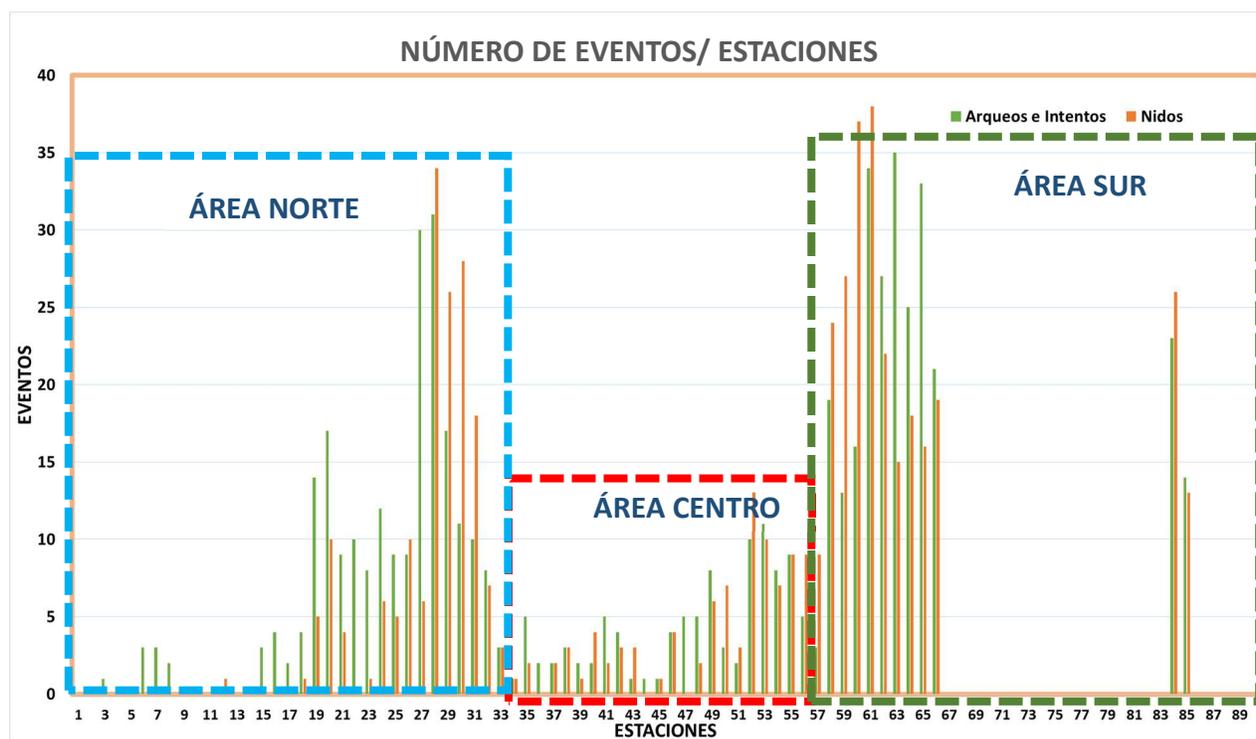
N° de eventos totales por especie				
Especie	<u>Nidos</u>	<u>Arqueos</u>	<u>Intentos</u>	<u>Total de eventos</u>
<i>Chelonia mydas</i>	512	287	413	1,212
<i>Caretta caretta</i>	6	8	3	17
<i>Eretmochelys imbricata</i>	3	0	1	4
Totales	521	295	417	1,233

De acuerdo al número de estaciones en que se divide la playa, se registró que el mayor número de eventos (nidos, arqueos e intentos) se registraron en las estaciones: 28,60, 61, 62, 63, 65 Y 84 (Tabla 6).

Tabla 6. Estaciones con el mayor número de eventos registrados.

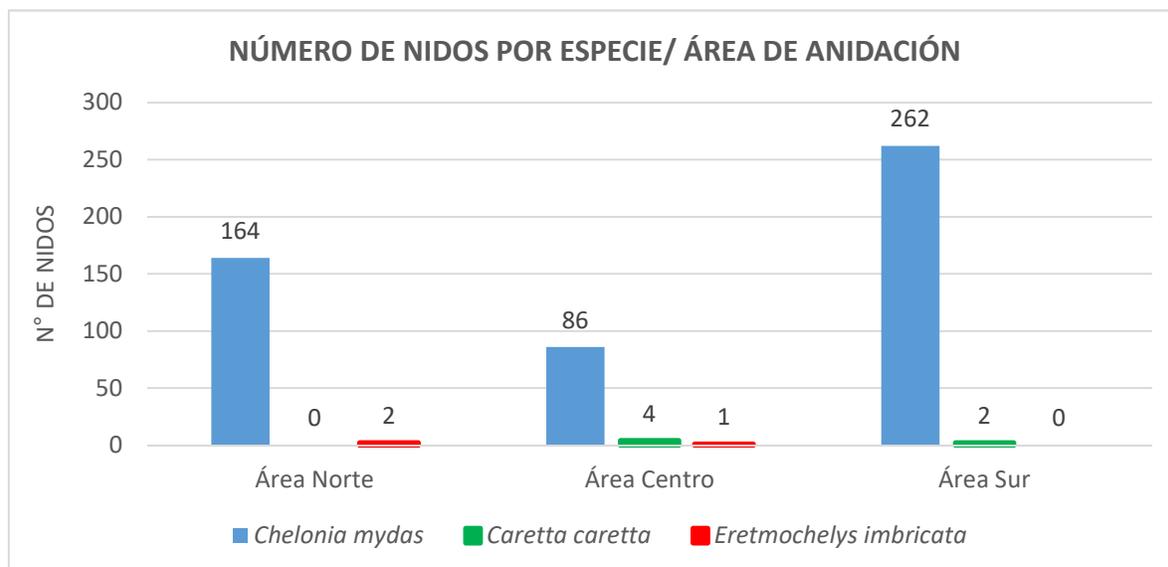
Estaciones con mayor número de eventos			
Estación	Nidos	Arqueos e Intentos	Eventos totales
28	34	31	65
60	37	16	53
61	38	34	72
62	22	27	49
63	15	35	50
65	16	33	49
84	26	24	50

La playa está dividida en tres áreas de anidación: Área Norte (que comprende de la estación 1-34), Área Centro (de la estación 35-56) y el Área Sur (de la estación 57-90) Gráfica 1, donde se puede observar los eventos de arqueos, intentos y nidos para las tres especies.



Gráfica 1. Registro de eventos (nidos, arqueos e intentos) en cada una de las estaciones en las que se dividen los 9 km de playa protegida. Área Norte estación 1 a la 34, Área Centro de la estación 35 a la 56 y el Área Sur de la estación 57 a la 90.

De los 521 nidos protegidos, se localizaron 166 en el Área Norte, 91 en el Centro y 264 en el Área Sur (Gráfica 2).



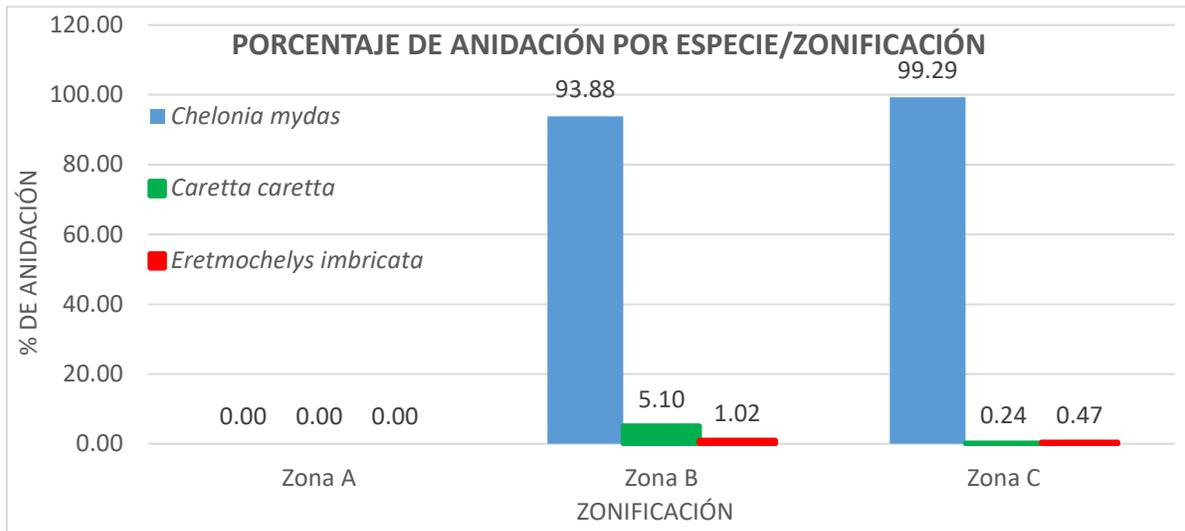
Gráfica 2. Número de nidos en las áreas de playa por especie.

En cuanto a la zonificación de la playa, se describen tres zonas: Zona A (desde la línea de marea alta hasta aproximadamente 3 m en la franja de arena), Zona B (es la zona de playa abierta donde no hay cobertura vegetal, siendo la zona intermedia) y Zona C (incluye toda el área de vegetación supra litoral), de acuerdo a esta clasificación, la anidación de las tortugas se comportó de la siguiente manera:

Para la Zona A, no se registró anidación de ninguna de las tres especies de tortugas. Para la Zona B, las tortugas blancas registraron el 93.88 % de sus nidos, las tortugas caguamas el 5.10 % y para las tortugas carey el 1.02 % de nidos registrados. Para la Zona C, las tortugas blancas registraron un 99.29 % de los nidos, las tortugas caguamas un 0.24 % y para las tortugas carey un 0.47 % de nidos (Tabla 7 y Gráfica 3).

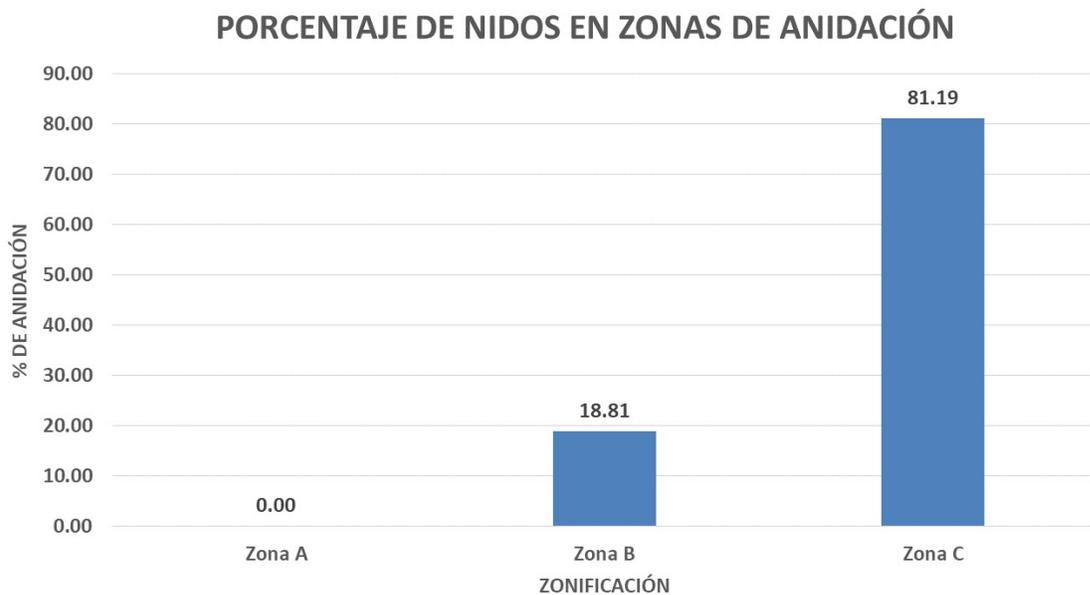
Tabla 7. Número de nidos por especie y zona de anidación.

N° de nidos de acuerdo a la zonificación							
Especie	Zona A	Zona B	Zona C	% Zona A	% Zona B	% Zona C	TOTAL
<i>Chelonia mydas</i>	0	92	420	0	93.88	99.29	512
<i>Caretta caretta</i>	0	5	1	0	5.10	0.24	6
<i>Eretmochelys imbricata</i>	0	1	2	0	1.02	0.47	3
	0	98	423	0	18.81	81.19	521



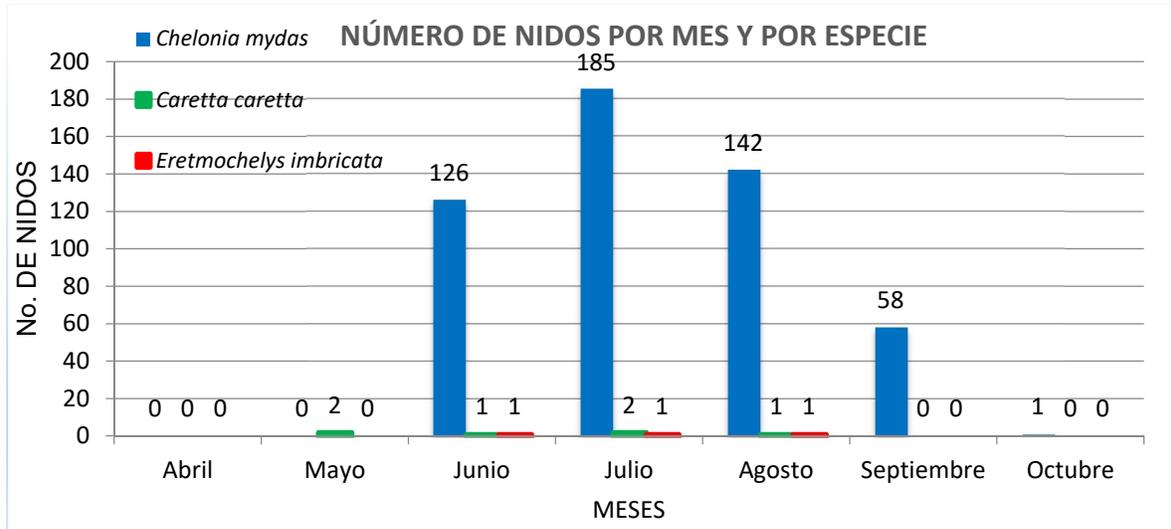
Gráfica 3. Porcentaje de nidos por especie y zona de anidación.

De manera general, la zona con mayor porcentaje de anidación corresponde a la Zona C, con un 81.19% seguida de Zona B con un 18.81%, mientras que en Zona A no se registró anidación (Gráfica 4).



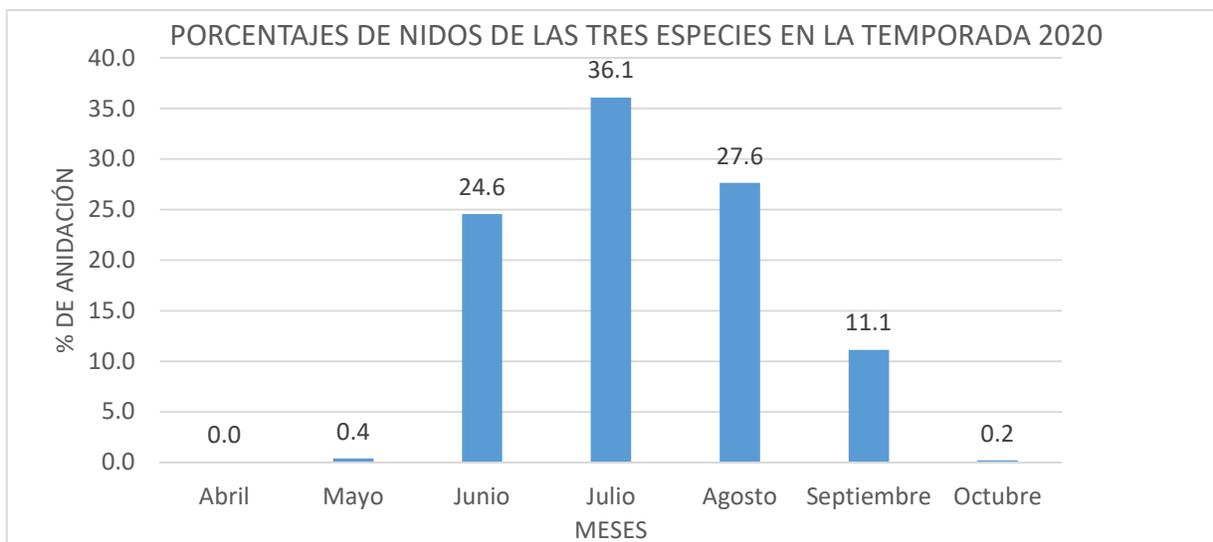
Gráfica 4. Porcentaje de nidos por zona de anidación.

En cuanto al número de nidos registrados por mes para cada especie, se observó que la Tortuga Blanca obtuvo el mayor número de nidos registrados en el mes de Julio con 185, la tortuga Caguama con dos nidos cada mes en mayo y julio, mientras que la tortuga Carey registró tres nidos, uno por cada mes de junio, julio y agosto respectivamente (Gráfica 5).



Gráfica 5. Número de nidos registrados por mes para cada especie.

De manera general, los meses con mayor porcentaje de nidos de las tres especies fueron julio con el 36.1% y agosto con 27.6%. (Gráfica 6).



Gráfica 6. Porcentaje de nidos por mes de la temporada 2020.

El tamaño de la nidada varía entre especies a lo largo de la temporada, en la tortuga blanca el promedio de huevos puestos fue de 108, para la tortuga caguama fue de 115 y en la tortuga carey fueron 158 huevos (Tabla 8). Asimismo, se reporta que el número máximo de huevos producidos por una hembra en una puesta ha sido de 176 y el mínimo de 14; datos reportados para tortuga blanca (*Chelonia mydas*).

Tabla 8. Promedio de tamaño de nidada por especie y días de incubación.

Promedio del tamaño de nidada por mes y especie			
Meses	<i>C. mydas</i>	<i>C. caretta</i>	<i>E. imbricata</i>
Abril			
Mayo		104	
Junio	115	138	166
Julio	117	128	150
Agosto	112	90	
Septiembre	100		
Octubre	94		
Noviembre			
Promedio	108	115	158

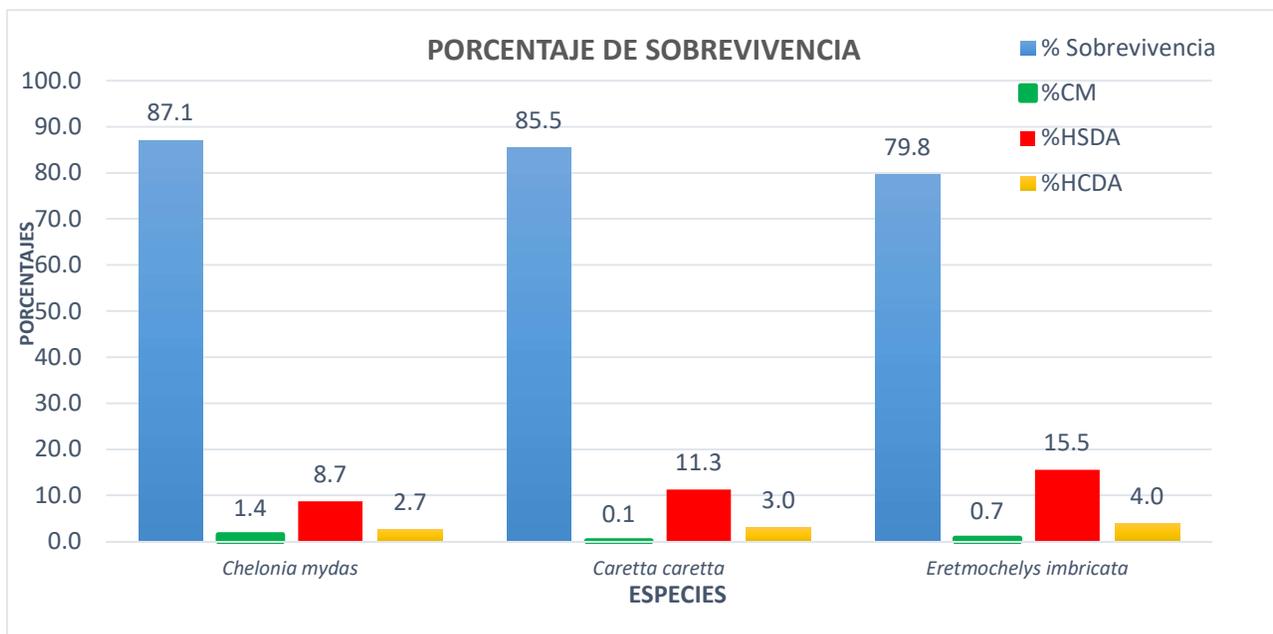
El promedio de días de incubación son los siguientes: *E. imbricata* (49 días), *C. caretta* (53 días) y *C. mydas* (50 días).

El manejo eficiente de las nidadas se refleja a partir del porcentaje de sobrevivencia, también conocido como crías vivas, para cada una de las especies. Para el Campamento Tamul se tiene un promedio general de sobrevivencia (CV) del 87%, el 1.4 % de crías muertas (CM), 8.8 % de huevos sin desarrollo aparente (HSDA), 2.8 % de huevos con desarrollo aparente (HCDA), 0.7 % de crías deformes (CD) y un 91.2% de Huevos con Desarrollo (HCD) (Tabla 9 y Gráfica 7).

Tabla 9. Resultados generales sobre la sobrevivencia por especie en el campamento.

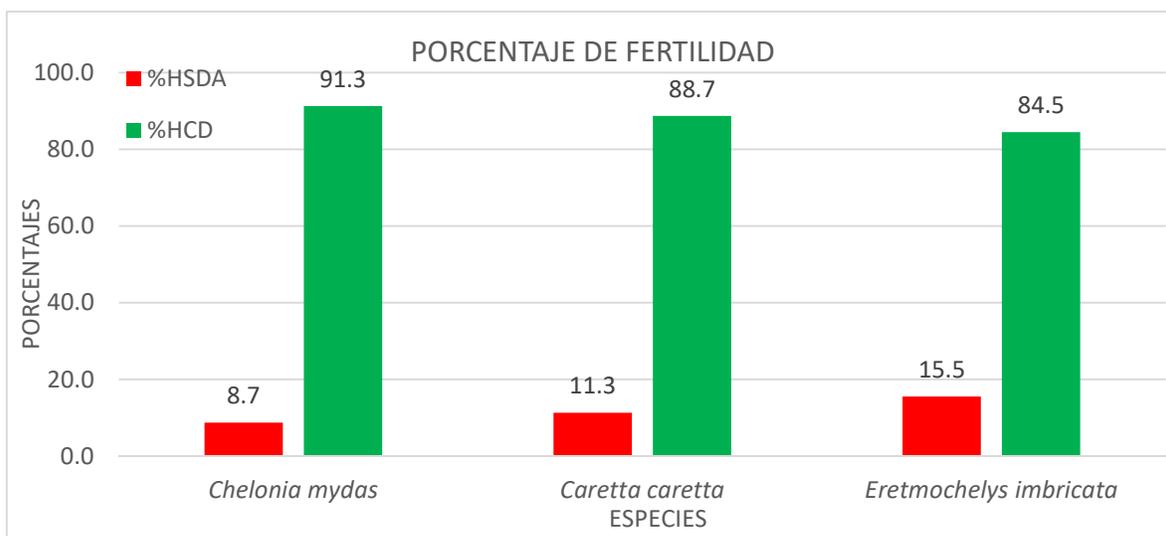
Especie	% Sobrevivencia (CV)	%CM	%HSDA	%HCDA	%CD	%HCD
<i>Chelonia mydas</i>	87.1	1.4	8.7	2.7	0.7	91.3
<i>Caretta caretta</i>	85.5	0.1	11.3	3.0	0.0	88.7
<i>Eretmochelys imbricata</i>	79.8	0.7	15.5	4.0	0.0	84.5
Total	87.0	1.4	8.8	2.8	0.7	91.2

*Crías vivas (CV), son las crías que eclosionaron del nido y fueron liberadas al mar, Crías muertas (CM) son las crías que lograron eclosionar del huevo y por alguna circunstancia murieron al interior del nido, Huevos sin desarrollo aparente (HSDA), son los huevos que fueron infértiles y no presentaron desarrollo embrionario alguno, Huevos con desarrollo aparente (HCDA) son los huevos que tuvieron desarrollo embrionario pero por alguna razón éste se detuvo y no eclosionaron las crías, Crías deformes (CD) son las crías que eclosionaron con alguna malformación y Huevos con desarrollo (HCD) son todos los huevos que tuvieron desarrollo embrionario y algunas crías si eclosionaron y otras no.



Gráfica 7. Porcentaje de Supervivencia.

La comparación del porcentaje de huevos con desarrollo (HCD) y el porcentaje de Huevos Sin Desarrollo Aparente (HSDA – huevos infértiles) para cada una de las especies se muestra en la Gráfica 8.



Gráfica 8. Porcentaje de Fertilidad.

Del total de crías vivas (CV) reportadas (51,441), 336 son crías deformes (CD) presentando malformaciones en el caparazón, aletas y cabeza, cuatro presentaron también albinismo (CA).

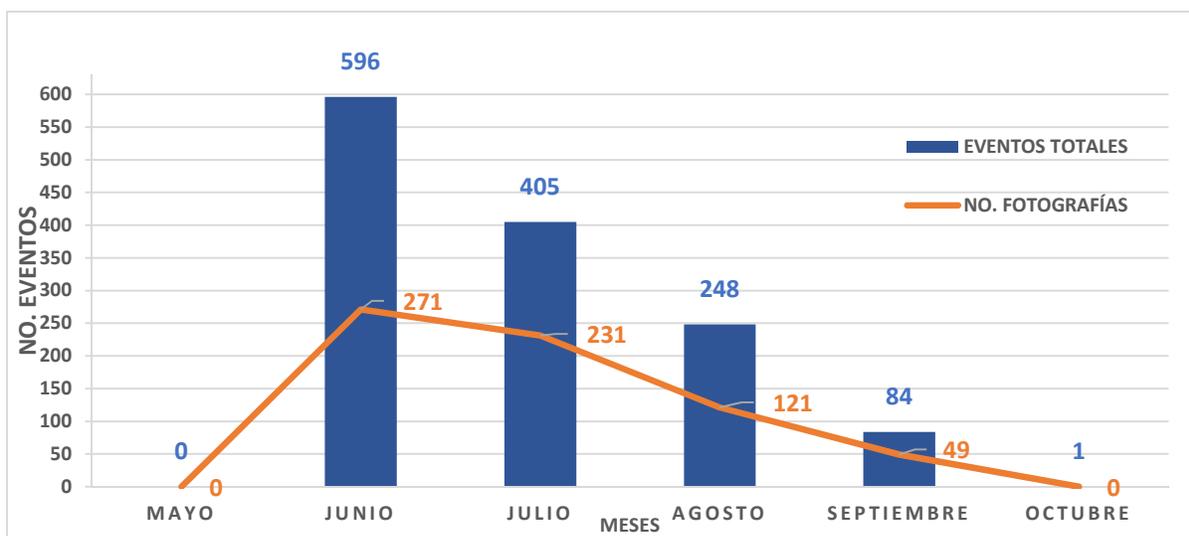
Fotoidentificación

Para el método de Fotoidentificación se tomaron en cuenta únicamente eventos realizados por tortuga blanca (*Chelonia mydas*), por lo que durante la temporada de anidación 2020 se reportó un total de 1,334 eventos; de los cuales fueron 634 nidos, 288 arqueos y 412 intentos (Tabla 10). De igual forma, se lograron capturar un total de 672 fotografías de Cm.

Tabla 10. Total de eventos identificados y número de fotografías por mes de tortuga blanca-Cm.

Mes	No. Fotografías (Cm)	No. Nidos	No. Arqueos	No. Intentos
Mayo	0	0	0	0
Junio	271	253	156	187
Julio	231	180	100	125
Agosto	121	142	29	77
Septiembre	49	58	3	23
Octubre	0	1	0	0
Totales	672	634	288	412

Los meses en los cuales se lograron capturar una mayor cantidad de fotografías fueron junio y julio y por tanto, se logró un mayor avistamiento en comparación con el número de eventos obtenidos (nidos, arqueos e intentos) mientras que en los meses de agosto y octubre se observa lo contrario, es decir, baja el número de fotografías capturadas, pero se alcanza mayor cantidad de eventos (Gráfica 9). Sin embargo, a lo largo de la temporada de anidación siempre se obtiene mayor número de intentos que de arqueos y mayor cantidad de nidos en los meses de junio y julio que coinciden con nuestro pico de anidación de la tortuga blanca.



Gráfica 9. Total de fotografías capturadas con respecto al total de eventos (nidos, arqueos e intentos) registrados en la temporada 2020.

De las 672 fotografías tomadas exclusivamente de tortuga blanca, se realizó una comparación entre ellas, logrando una Fotoidentificación de **303** individuos. Este estudio sirvió para analizar el porcentaje de

avistamientos con respecto al total de eventos registrados en la temporada, se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Avistamiento} = \text{No. Total de fotografías} \times 100 / \text{No. Total de eventos}$$

Donde:

$$\% \text{ Avistamiento} = 672 \times 100 / 1,334 = 50.37\%$$

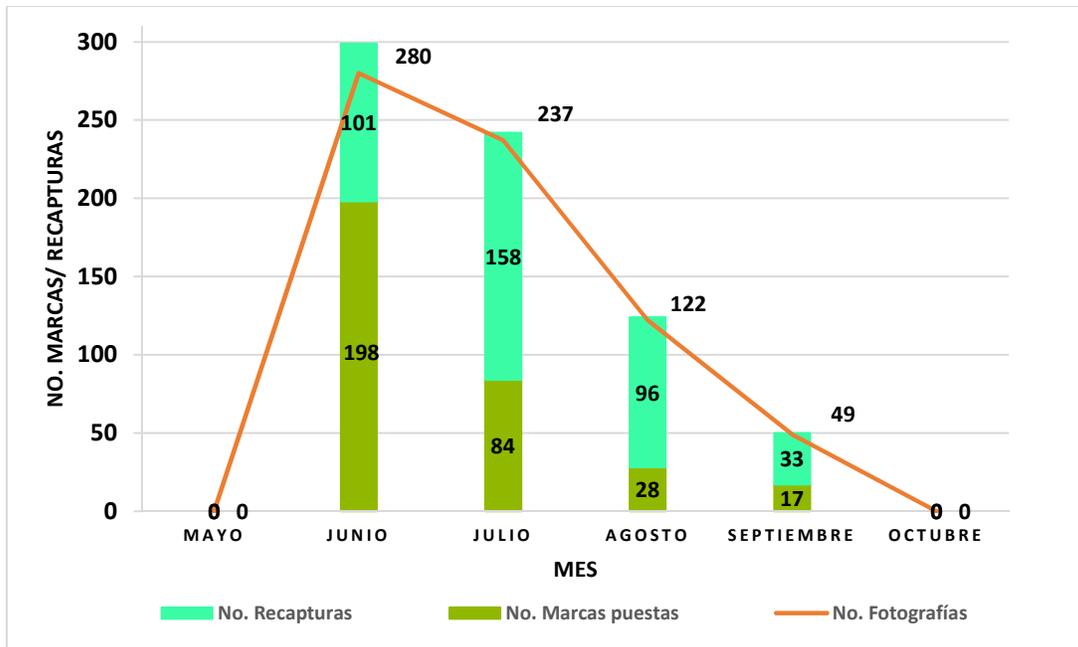
De los 1,334 eventos que se registraron en las fichas de campo (nidos, arqueos e intentos), se obtuvo un 50.37 % de avistamientos, es decir, que únicamente se logró observar y fotografiar a 672 tortugas en la playa del campamento Tamul realizando diferentes eventos.

Con el método de Marcaje- recaptura, se obtuvieron un total de 688 fotografías (tomando en cuenta las tres especies), que ayudaron a identificar a las hembras que arribaron a la playa de Tamul, por otro lado, se lograron colocar en las aletas delanteras izquierdas, un total de 327 marcas metálicas seriadas. De este total se obtuvo la recaptura de 386 tortugas (Tabla 11), indicando que la tasa de recaptura fue mayor, 59 tortugas más, que la tasa de marcaje.

Tabla 11. Total de fotografías capturadas en relación a la actividad de Marcaje-recapturas de hembras.

Mes	No. Fotografías (Cm, Cc, Ei)	No. marcas colocadas	No. Recapturas totales
Mayo	0	0	0
Junio	280	198	100
Julio	237	84	158
Agosto	122	28	96
Septiembre	49	17	32
Octubre	0	0	0
Totales	688	327	386

El análisis de las fotografías se hizo comparando cada una de ellas, una con otra, de cada mes que comprendió la temporada de anidación (mayo-octubre), observando que en los meses de junio y julio se fotografiaron mayor cantidad de individuos y, por tanto, se obtuvo también una mayor actividad de marcaje, mientras que en el mes de julio se observó lo contrario, una mayor cantidad de recapturas que marcas puestas (Gráfica 10).



Gráfica 10. Relación de fotografías capturadas con la actividad Marcaje-recaptura a lo largo de la temporada de anidación.

Marcaje-recaptura

Durante la temporada de anidación 2020, se ocuparon 329 marcas para el método de Marcaje-recaptura de tortugas marinas, debido a la pérdida de 2 marcas por extravío accidental, representando esta pérdida un porcentaje del 0.61%, por lo que se lograron colocar solo 327 marcas a las hembras que arribaron a la playa del campamento tortuguero Tamul. De estas 327, 17 marcas se perdieron por desprendimiento, al encontrar una cicatriz en la aleta delantera izquierda, en la escama donde fue colocada la anterior marca, obteniendo una tasa de pérdida del 5.16%, quedando 310 marcas colocadas. A pesar de las 17 marcas perdidas por desprendimiento, se lograron remarcar solo 16 individuos con nuevas marcas, quedando una tortuga sin poderla remarcar, ya que se encontraba regresando al mar (Tabla 12).

Tabla 12. Número de marcas y porcentaje de pérdida de marcas durante la temporada 2020.

Marcaje			
Marcas	Marcas perdidas	Marcas totales	% de pérdida
329 ocupadas	2 por extravío	327	0.61 %
327 colocadas	17 por desprendimiento	310	5.16%

Mediante los métodos de Fotoidentificación y Marcaje-recaptura, se lograron reconocer un total de **309** hembras de tortuga marina de las 310 marcadas, en las tres especies diferentes que arriban a la playa de anidación (tortuga blanca, caguama y carey), esto debido a que, a un individuo se le colocó doble marca por error, una en la aleta delantera izquierda y otra marca en la aleta delantera derecha respectivamente (Tabla 13).

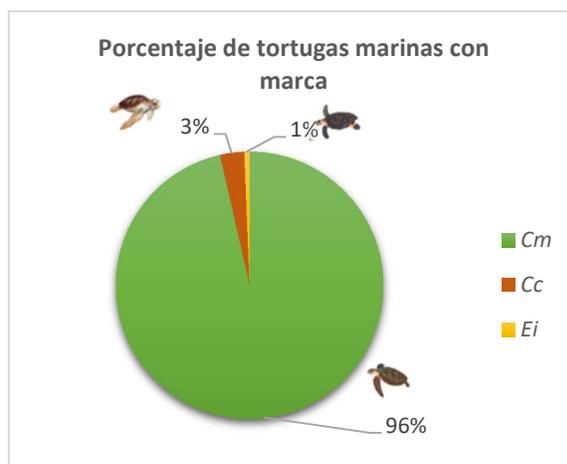
Tabla 13. Identificación de individuos por medio de marcas metálicas

Identificación de individuos		
Marcas colocadas	Individuos identificados	Nota
310	309	1 individuo con marcaje doble

El método de Marcaje-recaptura dio inicio con la primera hembra localizada en playa y marcada el 11 de junio de 2020 y concluyó el 25 de septiembre de 2020, con la última hembra avistada en playa. De las tres especies marcadas, 298 individuos fueron de tortuga blanca (*Chelonia mydas*), 9 de tortuga caguama (*Caretta caretta*) y 2 de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), lo que corresponde a un 96%, 3% y 1% del total de marcas colocadas por especie, respectivamente (Tabla 14, Gráfica 11).

Tabla 14. Total de hembras marcadas por especie durante la temporada 2020.

Especie	Hembras marcadas
<i>Chelonia mydas</i>	298
<i>Caretta caretta</i>	9
<i>Eretmochelys imbricata</i>	2
Total	309

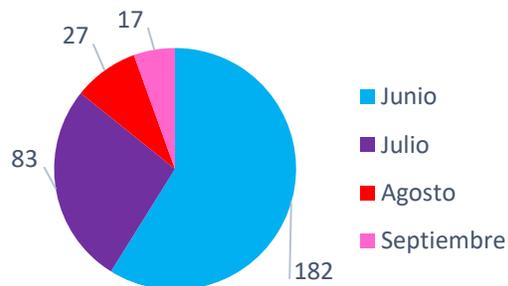


Gráfica 11. Porcentaje de tortugas marcadas por especie.

Durante la temporada de anidación 2020 se iniciaron los recorridos nocturnos en el mes de junio, para el avistamiento de hembras en el área de monitoreo del campamento Tamul y se concluyeron en el mes de septiembre, por lo que se lograron colocar marcas metálicas durante estos cuatro meses, siendo junio el mes con mayor número de marcas colocadas (Tabla 15, Gráfica 12).

Tabla 15. Hembras marcadas por mes y por especie.

Especie	Jun	Jul	Ago	Sept	Total
<i>Chelonia mydas</i>	174	80	27	17	298
<i>Caretta caretta</i>	6	3	0	0	9
<i>Eretmochelys imbricata</i>	2	0	0	0	2
Total	182	83	27	17	309

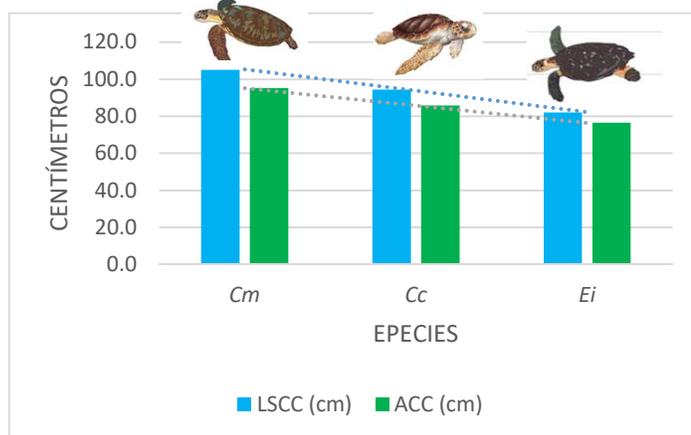


Gráfica 12. Total de tortugas marcadas por mes.

De acuerdo con las medidas morfométricas tomadas a cada una de las hembras que arribaron a la playa del campamento Tamul, se calcularon los promedios del Largo Estándar Curvo del Caparazón (LSCC) y del Ancho Curvo del Caparazón (ACC) a partir del total de individuos marcados por especie (Tabla 16), corroborando que las hembras de tortuga blanca (*Chelonia mydas*) poseen tallas mayores que el resto de las especies seguida de la tortuga caguama (*Caretta caretta*), siendo las más pequeñas la tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) (Gráfica 13).

Tabla 16. Promedios de tallas (LSCC y ACC) en hembras de tortuga marina por especie.

Especie	LSCC (cm)	ACC (cm)
<i>Chelonia mydas</i> (Cm)	105.1	95.3
<i>Caretta caretta</i> (Cc)	94.5	85.8
<i>Eretmochelys imbricata</i> (Ei)	82.0	76.5



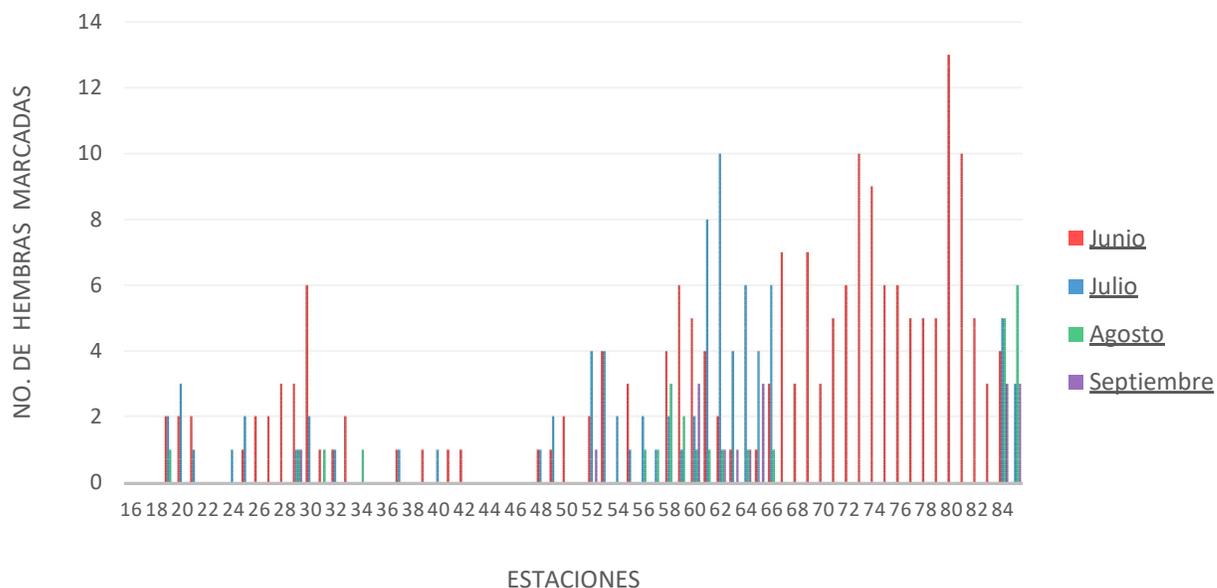
Gráfica 13. Diferencia entre tallas de las tres especies de tortugas marinas.

Al inicio de esta temporada de anidación, parte de las actividades de protección del campamento Tamul, es balizar la longitud de la playa en estaciones que se encuentran cada 100 m, teniendo así un total de 90 estaciones y a su vez dividiéndose en Área Norte a partir de la estación 1 a la 34, Área Centro de la 35 a la 56 y finalmente el Área Sur que va de la estación 57 a la 66 y de la 84 a la 85. El total de tortugas marcadas por área y por especie, dieron como resultado que en el Área Norte se marcaron 45 de las tres especies, en el Área Centro fueron 37 hembras marcadas y en el Área Sur se logró el mayor número con 227 (Tabla 17).

Tabla 17. Número de hembras marcadas por área y por especie.

Estaciones por zona	Especie	Tortugas marcadas	Totales
ÁREA NORTE (1-34)	Cm	43	45
	Cc	1	
	Ei	1	
ÁREA CENTRO (35-56)	Cm	35	37
	Cc	1	
	Ei	1	
ÁREA SUR (57-66 y 84-85)	Cm	220	227
	Cc	7	
	Ei	0	
			309

En las estaciones pertenecientes al Área Sur (57 a la 85), se observa que son las más visitadas por las hembras y, por tanto se obtuvo el mayor número de marcas colocadas (Gráfica 14). Asimismo, en el mes de junio fue cuando se obtuvo el mayor éxito de marcaje y septiembre el mes con la menor actividad. Las estaciones en las que se presentó mayor número de marcaje durante la temporada 2020, fueron en las estaciones 61, 62, 80, 84 y 85, en las que se marcaron 13, 14, 13, 17 y 12 hembras respectivamente (Tabla 18).



Gráfica 14. Número de hembras marcadas por estación durante la temporada 2020.

Tabla 18. Estaciones con mayor número de tortugas marcadas.

Estación	No. Tortugas marcadas
61	13
62	14
80	13
84	17
85	12

Durante los recorridos nocturnos que se realizaron en el campamento Tamul, se lograron diferenciar tres tipos de eventos que las tortugas realizan al salir a la playa: nido, arqueo e intento, con la puesta en marcha del método de Marcaje-recaptura se obtuvo un total de 217 hembras marcadas durante el proceso de anidación, 35 cuando arquearon en la playa y 57 que hicieron el intento y regresaron al mar. De igual forma, se analizó por especie, el número de marcas colocadas por cada evento, teniendo como resultado que en tortuga blanca se colocaron 211 marcas durante la fase de anidación, 32 colocadas en arqueo y 55 haciendo intentos. Mientras que, para la tortuga caguama se colocaron 5 marcas en fase de anidación, 3 en arqueo y 1 marca puesta en un intento. Finalmente, en la temporada 2020 se avistaron sólo dos tortugas carey registrando un nido y un intento, colocando una marca en cada uno de los eventos mencionados (Tabla 19).

Tabla 19. Tipo de evento registrado durante el marcaje de cada hembra.

Especie	Nido	Arqueo	Intento	Totales
<i>Chelonia mydas</i>	211	32	55	298
<i>Caretta caretta</i>	5	3	1	9
<i>Eretmochelys imbricata</i>	1	0	1	2
Totales	217	35	57	309

A partir de junio del 2020 con el método de Marcaje-recaptura en marcha, se logró marcar un total de 197 hembras en el área de monitoreo perteneciente al campamento Tamul, siendo julio el mes con mayor número de avistamientos y por tanto mayor cantidad de marcas colocadas con 83, seguido del mes de junio con 70 marcas, siendo septiembre el mes con menor actividad de tortugas y, por tanto menor marcaje de hembras. Por otra parte, en el predio del Hotel Milla de Oro se lograron marcar un total de 112 hembras (Tabla 20), siendo junio el único mes en el cual se llevó a cabo el marcaje, debido a que posteriormente por un acuerdo en coordinación entre ambos campamentos, se convino no seguir marcando en esa zona (Ver *Especificaciones a la licencia de colecta científica 2019-2020.*).

Tabla 20. Hembras marcadas en el área de monitoreo del campamento Tamul y el predio del Milla de Oro durante la temporada 2020.

Campamento	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	TOTAL
Tamul	70	83	27	17	0	197
Milla de Oro	112	0	0	0	0	112
Totales	182	83	27	17	0	309

Resultados de Recapturas 2020

Por otro lado, gracias al marcaje realizado a lo largo de la temporada 2020, se logró obtener un total de 377 hembras recapturadas (Tabla 21) en la playa del campamento Tamul, de las cuales 370 fueron recapturas de tortuga blanca (*Chelonia mydas*), 5 de caguama (*Caretta caretta*) y 2 de carey (*Eretmochelys imbricata*), lo que corresponde a un 98.14%, 1.32% y 0.53% del total de recapturas por especie, respectivamente (Gráfica 15).

Tabla 21. Total de hembras recapturadas por especie durante la temporada 2020.

Especie	No. de recapturas totales
<i>Chelonia mydas</i>	370
<i>Caretta caretta</i>	5
<i>Eretmochelys imbricata</i>	2
Total	377



Gráfica 15. Recapturas por especie con respecto al total de tortugas marcadas.

A partir del número de tortugas marcadas por especie, se calculó la tasa de recaptura, sin considerar la cantidad de veces que un solo individuo arribó a la playa, por lo que se obtuvo un 58.72% para tortuga blanca, 33.33% para caguama y el 100% para tortuga carey (Tabla 22).

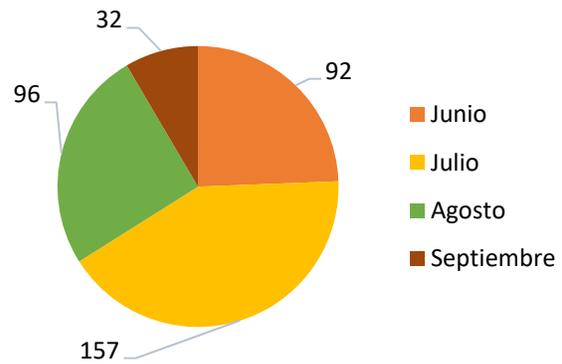
Tabla 22. Tasa de recaptura por especie con respecto al total de tortugas marcadas.

Especie	No. Marcadas	No. Recapturas individuales	% de Recaptura
<i>Chelonia mydas</i>	298	175	58.72%
<i>Caretta caretta</i>	9	3	33.33%
<i>Eretmochelys imbricata</i>	2	2	100%

Durante los cuatro meses de monitoreo de la temporada 2020, en el área del campamento Tamul, se lograron registrar 370 recapturas totales de tortuga blanca, seguida de 5 de tortuga caguama y sólo 2 de tortuga carey; siendo el mes de julio cuando se registraron una mayor cantidad de recapturas, mientras que septiembre fue el menor (Tabla 23). Las recapturas totales por mes durante la temporada de anidación se observan en la Gráfica 16.

Tabla 23. Recapturas totales por mes y por especie.

Especie	Jun	Jul	Ago	Sept	Total
<i>Chelonia mydas</i>	89	154	95	32	370
<i>Caretta caretta</i>	3	2	0	0	5
<i>Eretmochelys imbricata</i>	0	1	1	0	2
Recapturas totales	92	157	96	32	377



Gráfica 16. Recapturas totales por mes.

Las recapturas totales se realizaron de acuerdo con la metodología descrita, por lo que se registraron 251 hembras recapturadas en fase de anidación, 89 hembras regresando al mar por intentos realizados y 37 por arqueos en la playa. Asimismo, se analizó el número de recapturas totales por especie y por el tipo de evento, siendo 248 tortugas blancas en fase de desove, una tortuga caguama y dos carey. Mientras que se recapturaron arqueando 34 tortugas blancas y 3 caguamas. Finalmente, se encontraron haciendo intentos a 88 tortugas blancas y una tortuga caguama (Tabla 24).

Tabla 24. Tipo de evento registrado en la recaptura de las hembras marcadas.

Especie	Anidación	Arqueo	Intento	Totales
<i>Chelonia mydas</i>	248	34	88	370
<i>Caretta caretta</i>	1	3	1	5
<i>Eretmochelys imbricata</i>	2	0	0	2
Totales	251	37	89	377

Se lograron recapturar un total de 328 hembras en el área de monitoreo del campamento Tamul durante la temporada 2020, siendo julio y agosto los meses con mayor número de recapturas, mientras que junio y septiembre fueron los meses en donde menor número de recapturas se lograron (Tabla 25). Cabe destacar que en el predio del Milla de Oro el único mes en donde se registraron recapturas de hembras fue en junio con un total de 49 hembras, debido a la alianza realizada posterior a dicho mes (Ver *Especificaciones a la licencia de colecta científica 2019-2020.*).

Tabla 25. Recapturas totales en el área de monitoreo del campamento Tamul y el predio del Milla de Oro durante la temporada 2020.

Campamento	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	TOTAL
Tamul	43	157	96	32	0	328
Milla de Oro	49	0	0	0	0	49
Totales	92	157	96	32	0	377

Recapturas fuera del área de monitoreo del Campamento Tamul

Gracias a la coordinación entre los campamentos Tamul y Campamento Cancún, ubicado este último en la Zona Hotelera de Cancún y ambos administrados por Fundación Palace Resorts I.A.P., dentro de su área de protección que abarca los frentes de los hoteles pertenecientes a la Cadena Hotelera Palace Resorts (Le Blanc, Beach Palace y Sun Palace) se lograron registrar tres recapturas de una misma hembra de la especie *Chelonia mydas* marcada en el campamento Tamul (Tabla 26).

Tabla 26. Recapturas registradas fuera del área del campamento Tamul.

No. serie recapturada	Especie	Evento	Mes de recaptura	Campamento	Hotel
1CM140	<i>Chelonia mydas</i>	Anidación	Julio	Campamento Cancún	Le Blanc
1CM140	<i>Chelonia mydas</i>	Anidación	Agosto (1)	Campamento Cancún	Le Blanc
1CM140	<i>Chelonia mydas</i>	Anidación	Agosto (2)	Campamento Cancún	Le Blanc

Frecuencias Anidatorias por especie

Mediante las fechas de eventos de cada individuo se logró obtener la Frecuencia Anidatoria Observada (FAO) y la Frecuencia Anidatoria Estimada (FAE) para cada una de las especies, siendo la tortuga blanca la especie con una frecuencia de anidación que requiere menos días para realizar la siguiente anidación y la Carey requiere mayor número de días (Tabla 27).

Tabla 27. Comparación de Frecuencias anidatorias observadas y estimadas por especie.

Especie	Intervalo reportado (SEMARNAT, 2018)	FAO	FAE
<i>Chelonia mydas</i>	12-15 días	13 días	14 días
<i>Caretta caretta</i>	12-14 días	14 días	15 días
<i>Eretmochelys imbricata</i>	15-20 días	17 días	14 días

Conservación

Durante la temporada 2020, el PICTM trabajó en conjunto con distintos departamentos del hotel Moon Palace, por ejemplo: mantenimiento, seguridad, áreas públicas, animación, etc.; con el fin de mejorar las condiciones de playa de todo el frente del hotel. Esta coordinación permitió principalmente bajar la luminosidad de lámparas y levantar camastros y hamacas que pueden obstaculizar la anidación de las Tortugas Marinas en la noche.

Atención a Varamientos

Durante la temporada 2020 no se registró ningún varamiento dentro de la palaya del campamento Tamul.

Plan de Contingencia Ante Eventos Meteorológicos

Se llevó a cabo el protocolo para la protección de nidos del corral de protección para la temporada de huracanes 2020, debido a la llegada de la tormenta tropical Gamma el día 3 de octubre, el huracán Delta del 7 de octubre y el huracán Zeta el 24 de octubre, no se reportaron pérdidas de nidadas (Fig. 29).



Figura 29. Acondicionamiento de corral ante amenazas meteorológicas.

(Fotos: Gerardo Castañeda)

Base de Datos

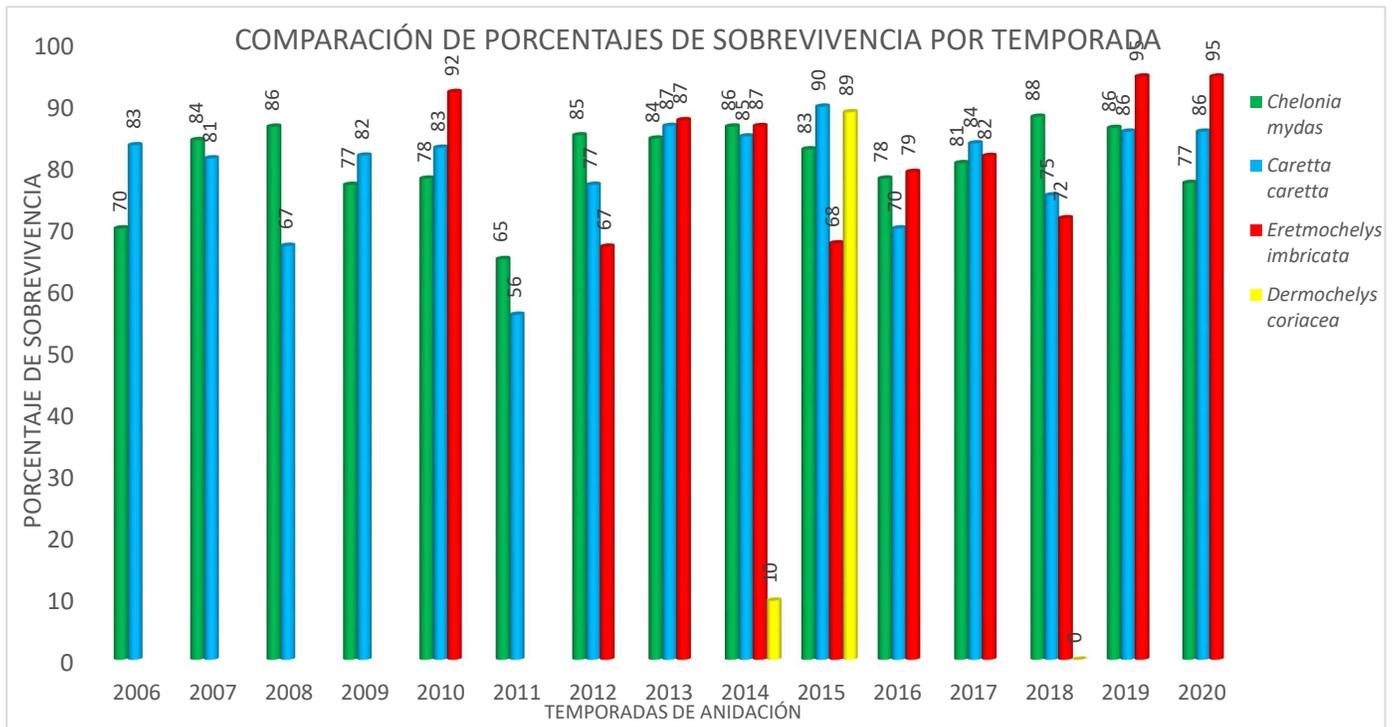
Las bases de datos con toda la información biológica recabada en campo, se analizó cuidadosamente para obtener los resultados arriba descritos para cada especie. Para el caso de los métodos de Fotoidentificación y de Marcaje-recaptura, se elaboró una nueva base de datos extraída de la primera, con esta información para su interpretación. Con los datos históricos del número de huevos, crías y nidos para las 4 especies recabados desde la temporada 2006 a la 2020, se hace hincapié que es la primera vez que se analiza con detalle solo la temporada 2020 (Gráficas 17, 18, 19 y 20) (Anexo 1).



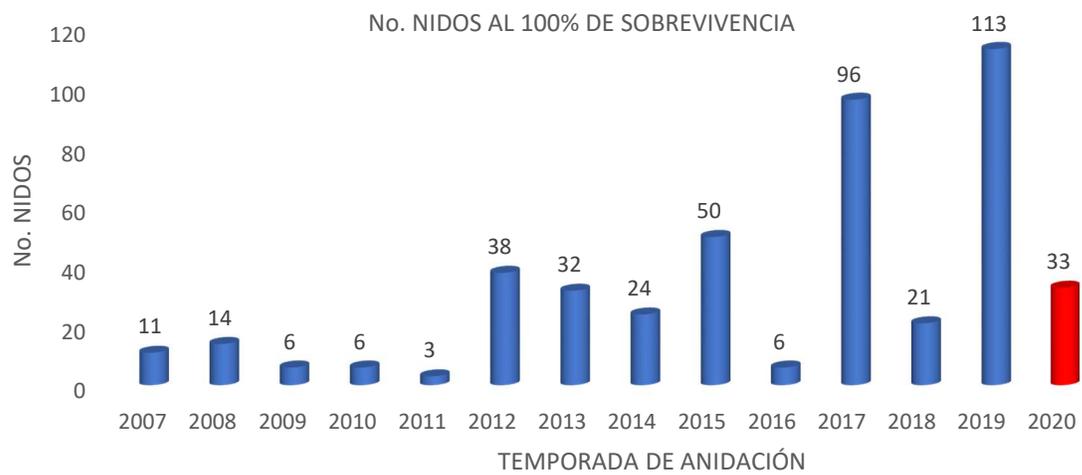
Gráfica 17. Comparativo de número de nidos por temporada.



Gráfica 18. Comparativo de números de huevos y crías por temporada.



Gráfica 19. Comparativo de porcentajes de supervivencia por temporada.



Gráfica 20. Comparativo de nidos al 100% de eclosión por temporada.

DISCUSIÓN

Durante la temporada 2020 del campamento tortuguero Tamul (CTT), se reportó el arribo de tres de las cuatro especies de tortugas marinas: *Chelonia mydas* (Cm), *Caretta caretta* (Cc) y *Eretmochelys imbricata* (Ei) que llegan a las costas de Quintana Roo durante la temporada de anidación; el área de protección del CTT se vio reducida a 7 km de 10 Km que se tenían, lo que provocó que la cantidad de nidadas disminuyera en relación a la densidad de área con la que contaban las tortugas para realizar sus desoves en temporadas anteriores, sin embargo, debido a la reproducción bianual de estas especies, al realizar la comparación con la temporada 2018, que fue también una de las más bajas en anidación, se determinó que la temporada 2020, contó con más nidos que su predecesora, ya que se protegieron un total de 521 nidos, mientras que en 2018 tuvieron 512 nidos.

El porcentaje de sobrevivencia de tortuga blanca para el año 2020, fue menor por una diferencia de 0.9 a 1.1% cotejado con temporadas anteriores (2018-2019), para caguama se obtuvo un 0.1% menos que el 2019, pero al compararlo con el 2018 se tiene un incremento del 10.2 % de sobrevivencia para dicha especie, la carey obtuvo el 79.8 %, más bajo con en relación a las temporadas 2018-2019; estos resultados pudieron verse influenciados por la zona en la que se reubicó el corral de protección, al ser restaurada, provocó el cambio en la morfología de la playa, categorizada como una amenaza de alto impacto según lo señala Cuevas, *et al.* (2014). Durante el monitoreo en playa fue muy evidente la compactación de arena que había en la zona donde se ubicó el corral de protección, este factor puede reducir la difusión de oxígeno al no permitir la propagación de éste, que concuerda con lo mencionado por Chacón, *et al.* (2007), ya que ellos mencionan que esta característica afecta el desarrollo embrionario, debido a que no ocurre una transformación de energía. Abella (2010), menciona que, para tener éxito de eclosión en el nido, es fundamental el intercambio de gases entre los huevos y el ambiente de incubación, acción que tal vez se vio afectada por la compactación de la arena.

De acuerdo a la densidad de nidos por área, se vio que la tortuga blanca prefiere el arribo el área Sur (estación 57-90) del campamento, puesto que en estas estaciones hay nula presencia de rocas, existen bancos de arena profundos y cuentan con arenas finas (Ferrer, *et al.* 2007); la carey gusta más del área Norte (estación 1-34), debido a que existe una cubierta vegetal más amplia y, la caguama prefiere el área Centro (estación 35-56) porque no se desplaza mucho en playa, ya que hace sus nidos someros. La densidad de nidadas por unidad de área, puede verse afectada por los cambios antropogénicos en la playa, al crear nuevas áreas turísticas con luces durante toda la noche, desorientando a las tortugas, además de la destrucción de dunas que modifican las áreas de desove, estos factores, pueden propiciar una disminución en la anidación, según Bolongaro, *et al.* (2010).

Con respecto a la temporada 2020, la zonificación de playa (Zona A, B y C), para la tortuga blanca y tortuga carey en la Zona C, poseen el 99.29% y 0.47% de los nidos registrados respectivamente, en cambio la tortuga caguama presenta 5.10% de nidos en la Zona B; esta tendencia ha sido constante a lo largo de las temporadas (2018-2019). Como señala Ferrer, *et al.* (2007), los porcentajes más altos de anidación en las costas se encuentran en la franja de la playa con vegetación (Zona C), ya que presenta un riesgo mínimo de ser afectada por los ascensos de la marea, lo que sugiere que la vegetación tiene un efecto significativo en la conducta de selección del sitio de anidación; se ha observado que esta zona es preferente por la cantidad de humedad que guarda la vegetación; en las Zonas A y B ocurre el caso contrario, ya que no presentan condiciones óptimas para llevarse a cabo el desove tales como, presencia masiva de sargazo, que provoca que la zona A no sea viable para la anidación, además que esta zona tiende a inundarse por el aumento de la marea y esto acelera la compactación de la arena, en el caso de la zona B tiende a erosionarse, lo que deja al descubierto la zona rocosa que presenta la playa. También se ha observado que en esta zona B es en donde más se deposita la materia orgánica e inorgánica que sale del mar, lo que obstaculiza el proceso de anidación.

Para la temporada de anidación 2020, se analizó un total de 1,334 eventos, obteniendo 672 fotografías exclusivamente para la tortuga *C. mydas*, representando el 50.37 % de avistamiento en 7 km de playa, logrando identificar por este método 302 tortugas y en complemento con el método de Marcaje-recaptura se logró identificar un total de 309 tortugas contabilizando las tres especies.

En comparación con el estudio de Mera, en 2016, que reporta en las temporadas 2007 a 2010, un total de 4,877 eventos obteniendo 1,980 fotografías, identificó 515 hembras de *C. mydas*, con un 40.60 % de avistamiento en 10 km de playa.

El estudio de Mera, 2016, se realizó en 4 temporadas empleando solo la Fotoidentificación, a diferencia del trabajo hecho en 2020, que solo se basó en una temporada, donde reportamos un mayor porcentaje de avistamiento en menor longitud de playa. Probablemente se debió a la modificación del método intensificando el patrullaje y utilizando el método de Marcaje-recaptura.

El reporte hecho por Ferrer-Sánchez *et al* en 2007, en playa de Caleta de los Piojos, Cuba, estimaron el tamaño de la población anidadora de *Chelonia mydas* durante los años 2002 y 2003, donde utilizaron la información recopilada con el método de marcas físicas individuales (marcas metálicas) con el cual reportaron un total de 70 hembras identificadas para el año 2002 y 17 hembras para el 2003.

Existen otros estudios sobre Fotoidentificación realizados con juveniles de tortuga *Chelonia mydas*, en el que compararon fotografías del perfil facial (izquierdo y derecho) de la cabeza de la tortuga, sin embargo no se ha demostrado que las escamas faciales sean 100 % confiables para la identificación de individuos. Como el caso de Reisser *et al* 2008, en isla Arvoredo, Brasil, donde emplearon simultáneamente marcas metálicas Inconel 681 y sugieren seguir realizando estudios para validar que las escamas faciales son eficientes como marcas naturales a largo plazo.

En nuestro método de Fotoidentificación, nos basamos en las capturas fotográficas de las escamas dorsales de la cabeza a 1 m de altura y a 90°, agrupándolas en 6 arreglos principales. Para el método de Marcaje-recaptura se hizo incrementando la frecuencia de los recorridos para observar y marcar más individuos.

En el trabajo de Labastida-Estrada en 2012, se implementó el método de Fotoidentificación con apoyo del software "Wild ID" y el de Marcaje-recaptura, en dos playas de Campeche, Isla Aguada se trabajó con *Chelonia mydas* y en Chenkan, con tortuga *Eretmochelys imbricata*, donde utilizaron como marcas naturales el patrón de formas, arreglo y coloración de las escamas faciales (izquierdo y derecho) y escamas frontales de cada individuo. En este estudio se logró identificar con el apoyo de marcas metálicas a 241 tortugas de *C. mydas* y 143 de *E. imbricata*. Se obtuvo un total de 743 registros fotográficos de *C. mydas*, de los cuales 252 imágenes corresponden al perfil derecho, 245 al izquierdo y 246 al perfil frontal. Para el caso de *E. imbricata* se obtuvieron 195 registros fotográficos, de los cuales 69 corresponden al perfil derecho, 74 al izquierdo y 52 al perfil frontal. Debido a que no se tomó el mismo número de fotografías en ambos lados del perfil facial, los

individuos no fueron identificados bajo el mismo arreglo de escamas, sin embargo, con las marcas metálicas si se pudo identificar fácilmente a las tortugas.

Registros fotográficos y colocación de marcas en playas de Isla Aguada y Chenkan, Campeche						
Especie	<i>Chelonia mydas</i>			<i>Eretmochelys imbricata</i>		
Total de marcas metálicas	241			143		
Hembras fotografiadas	259			85		
Total de registros fotográficos	743			195		
Perfil facial	Izquierdo	Derecho	Frontal	Izquierdo	Derecho	Frontal
Total de imágenes analizadas por perfil	245	252	246	74	69	52
Pares potencialmente similares por Software Wild ID	47	50	22	6	4	2
Pares confirmados por identificación visual	42	46	20	4	3	2
Pares confirmados por marca metálica	42	46	20	4	3	2
Falsos positivos	5	4	2	2	1	0

Esta información generada, demuestra que las escamas faciales no son 100% confiables para la identificación de los individuos, debido a que no se tomaron el mismo número de fotografías de cada perfil.

Por lo anterior podemos considerar que las adecuaciones que realizamos al método de Fotoidentificación, tomando el conjunto de escamas dorsales de la cabeza con los seis arreglos realizados, se pueden emplear de manera confiable para la identificación de cada individuo, ya que todas las fotografías registradas fueron comparables en su totalidad y aunado con el método de Marcaje-recaptura se reafirmó el resultado de la identificación de las tortugas.

CONCLUSIONES

El método de Marcaje-recaptura, como complemento con el de Fotoidentificación, dio excelentes resultados, permitiendo generar mayor información, en muestreos cortos, acerca de las hembras anidantes y proporcionar un manejo de información más efectivo para el reconocimiento de hembras en tiempos considerablemente largos.

La gran variación que presentan el conjunto de escamas dorsales de la cabeza, en complemento con la utilización de marcas metálicas, facilita las comparaciones y el reconocimiento de los individuos, permitiendo conocer a futuro, sitios importantes de anidación, zonas de reproducción, alimentación y refugio de las tortugas marinas donde se localicen.

Con respecto a la zonificación de playa (A, B y C), las tortugas blancas prefieren anidar en la Zona C, mientras que las tortugas caguama y carey en la zona B.

Con los resultados de la temporada 2020 generados con estos métodos de investigación, se obtuvo que la tortuga blanca tiene una alta fidelidad al sitio de anidación y posee un periodo interanidatorio de 13-14 días; se registró un individuo que fue recapturado 10 veces en esta temporada y otra tuvo un máximo de 6 nidadas.

Es la primera vez que se realiza la combinación de los dos métodos: Fotoidentificación y Marcaje-recaptura para el reconocimiento de las poblaciones de tortugas marinas, especialmente *Chelonia mydas*, que arriban al campamento Tamul, en Quintana Roo.

RECOMENDACIONES

Es necesario seguir con esfuerzos de protección y conservación para continuar obteniendo información biológica de tortuga caguama y carey que permitan conocer sus tendencias poblacionales.

Se está realizando un catálogo de Fotoidentificación y Marcaje-recaptura, enriquecido con el material de este trabajo, para en un futuro difundirlo a los demás campamentos tortugueros del país.

Se recomienda continuar con el gran esfuerzo de monitoreo y acciones de protección y conservación llevadas a cabo en el campamento Tamul a lo largo de 15 años, para implementar nuevos métodos de investigación como Fotoidentificación y Marcaje-recaptura, aportando información biológica relevante de las especies de tortugas marinas de la zona

BIBLIOGRAFÍA

- Abella, E. 2010. Factores ambientales y de manejo que afectan al desarrollo embrionario de la tortuga marina *Caretta caretta*. Implicaciones en programas de incubación controlada. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. España. 212 pp.
- Alvarado, J y T. M. Murphy. 2000. Periodicidad en la Anidación y el Comportamiento entre Anidaciones. En: Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Editores). UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas Publicación No. 4, 2000 (Traducción al español).132-136.
- Balazs, G. 2000. Factores a Considerar en el Mercado de Tortugas Marinas. En: Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editores). UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas Publicación No. 4, 116-125.
- Bologaro-Crevenna, R. 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, 73-96. En: Botello, A.V., S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez y J. L. Rojas Galaviz. (Ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 pp.
- Bouchard S. S and K. A. Bjorndal. 2000. Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. *Ecology*. 81: 2305-2313.
- Chacón-Chaverri, D. 2004. Tortuga carey del Caribe; biología, distribución y estado de conservación. Documento preparado para el Programa de Conservación de las tortugas marinas de América Latina y el Caribe, del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). 64 pp.
- Chacón, D., J. Sánchez, J. Calvo y J. Ash. 2007. Manual para el manejo y la conservación de las tortugas marinas en Costa Rica; con énfasis en la operación de proyectos en playa y viveros. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Gobierno de Costa Rica. San José. 103 pp.
- Chaloupka, M. Y. 1997. In: Lutz, P. L. and J. A. Age. Growth, and population dynamics. CRC Press, Boca Raton, Florida.: Musick (Editores) *The Biology of Sea Turtles*. Chapter 4. 233-276.
- CIT. 2006. Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas. Tercera Conferencia de las Partes Contratantes- COP3CIT Mazatlán, Sinaloa, México Informe Final 2006. 105pp. <http://www.iacseaturtle.org/docs/resolucionesCOP3CT/Informe-Final-COP3CIT-ESP.pdf>
- CIT. 2008. Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica (Propuesta Base). San José, Costa Rica. 56 pp. <http://iacseaturtle.org>.
- CONACYT. 2020. Quintana Roo, pionero en el manejo y monitoreo de tortugas marinas en México. www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/mundo-vivo/19592-quintana-roo-tortugas-marinas-en-mexico

- Cuevas, E & Garduño, M. 2014. Actividades en el Centro de Protección y Conservación de Tortugas Marinas Dr. Mauricio Garduño Andrade, en las Coloradas, Yucatán. 68-80. En: Márquez-Millán, R. y M. Garduño-Dionate (Compiladores). Tortugas marinas. Instituto Nacional de la Pesca. 94 pp.
- Cuevas-Flores, E. 2016. Tortuga Carey (Cap. 3). En: Las tortugas marinas en México: Logros y perspectivas para su conservación. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP. 59-80.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. Proyecto Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091
- Eckert, K. L. y F. A. Abreu. 2001. Conservación de Tortugas Marinas en la Región del Gran Caribe – Un Diálogo para el Manejo Regional Efectivo. Traducción al español por Raquel Briseño Dueñas y F. Alberto Abreu Grobois. WIDECAS, UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas (MTSG) WWF y el Programa Ambiental del Caribe PNUMA. 170 pp.
- Frazier, J. 2005. Marine turtles: The role of flagships species in interactions between people and the sea. MAST 2005, 3(2) and 4(1): 5-38.
- Ferrer-Sánchez, Y. y R. Díaz-Fernández. 2007. Características de la anidación de la tortuga verde *Chelonia mydas* (Testudinata, Cheloniidae) en la playa Caleta de los Piojos, Cuba, a partir de marcaciones externas. Animal Biodiversity and Conservation, 30.2: 211–218.
- Labastida-Estrada, E. 2012. Foto-identificación de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) y blanca (*Chelonia mydas*) en las playas de Chenckan es Isla Aguada, Campeche. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. 92 pp.
- Lutcavage, M. E. and P. L. Lutz. 1997. Diving physiology. In: Lutz, P. L. and J. A. Musick (eds.). The Biology of Sea Turtles. CRC Press, New York, N. Y. 277-296.
- Makowski, C. S. 2006. Home range and habitat use of juvenile Atlantic green turtle (*Chelonia mydas*) on shallow reef habitats in Palm Beach, Florida, USA. Marine Biology. 148: 1167-1179.
- Márquez, R. 2002. Las Tortugas Marinas y Nuestro Tiempo. Fondo de Cultura y Económica. México. 199 pp.
- Márquez-Millán, R. y M. Garduño-Dionate. 2014. Tortugas Marinas. México: Instituto Nacional de Pesca. 96 pp.
- Mejía, D. 2014. Anidación, protección y manejo de la tortuga caguama (*Caretta caretta*) en la playa Xcacel-Xcacelito, Q. Roo, México, en la temporada 2011. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 1-24.
- Mera-Ortiz, M.S. 2016. Foto-identificación de Tortuga blanca (*Chelonia mydas*), el campamento Tamul, Moon Palace Resort Quintana Roo. Tesis de licenciatura. Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. 107 pp.
- Peckham, H. 2016. Tortuga Caguama del Pacífico (Cap. 2). En: Las tortugas marinas en México: Logros y perspectivas para su conservación. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP. 35-58.

- Pozo, C., N. Armijo-Canto y S. Calmé. 2011. Riqueza biológica de Quintana Roo, un análisis para su conservación. México: El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Gobierno del estado de Quintana Roo, Programa de Pequeñas Donaciones.
- Pritchard, P. C. H. y J. A. Mortimer. 2000. Taxonomía, morfología externa e identificación de las especies. En Eckert, K. L. *et al.* (eds), Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Washington, D. C. Grupo especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4. 270 pp.
- Schroeder, B. 2001. Mitigación de las Amenazas en Playas de Anidación. Traducción al español por R. Briseño Dueñas y F. A. Abreu Grobois. WIDECAS, UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas (MTSG) WWF y el Programa Ambiental del Caribe PNUMA. 170 pp.
- SEMARNAT. 1996. Decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México: Diario Oficial de la Federación.
- SEMARNAT. 2010. NOM-059-SEMARNAT- 2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-. Lista de especies en riesgo. México D. F.
- SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de la Especie Tortuga Caguama (*Caretta caretta*). SEMARNAT/CONANP/PNUD, México.
- SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de la Especie Tortuga Verde/Negra (*Chelonia mydas*). SEMARNAT/CONANP/PNUD, México
- SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Tortuga Carey, (*Eretmochelys imbricata*). SEMARNAT/CONANP/PNUD, México.
- Senko, J. K. 2010. Fine scale daily movements and habitat use of East Pacific green turtles at a shallow coastal lagoon in Baja California Sur, Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 391: 92-100.
- Smith, H. M. and R. B. Smith. 1979. Synopsis of the Herpetofauna of Mexico. Vol. VI, Guide to Mexican Turtles, Bibliographic Addendum III. John Johnson, North Bennigton, Vermont. 1044 pp.
- UICN Red List of Threatened Species. Versión 2020 www.uicnredlist.org.
- Wyneken, J. 1997. Sea turtle locomotion: Mechanisms, behavior and energetics. In: Lutz, P. L. and J. A. Musick (eds.). *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, New York. NY. 165-198.
- Wyneken, J. 2004. La Anatomía de las Tortugas Marinas. Department of Commerce NOAA Technical Memorandum. U. S. NMFS-SEFSC-470. 4-7.
- Zurita, J. C., R. Herrera y B. Prezas. 1993. Tortugas Marinas del Caribe. En Salazar-Vallejo S. I & N. E. González. *Biodiversidad Marina y Costera de México*. México, D.F. CONABIO. CIQRO. 735-751.
- Zurita, J. C. y M. Prado. 2007. La conservación de las tortugas marinas en Veracruz, México. CONCENZU, Consultores en Formación SA de CV. México D. F. 95 pp.
- Zurita, J. C., B. Prezas, R. Herrera and J. L. Miranda. 1994. Sea turtle tagging program in Quintana Roo, Mexico. In: Bjordal, K. A., A. B. Bolten, D. A. Johnson and P. J. Eliazar (Eds.) *Proceedings of the fourteenth Annual*. 351 pp.

ANEXO 1: Datos Históricos del campamento tortuguero Tamul.

TORTUGA BLANCA (<i>Chelonia mydas</i>)																
CONCEPTO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL
NIDOS	325	596	955	422	1102	1010	1234	1914	778	1647	915	2100	489	1821	512	15,820
HUEVOS	37,375	69,493	110,734	49,481	129,520	117,244	137,835	223,372	86,623	184,774	106,829	238,567	54,717	206,505	57,981	1,811,050
CRIAS LIBERADAS	28,046	55,727	95,114	37,113	103,145	75,810	115,999	188,701	74,863	152,884	83,339	192,124	48,178	178,080	50,510	1,479,633

TORTUGA CAGUAMA (<i>Caretta caretta</i>)																
CONCEPTO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL
NIDOS	23	4	13	20	32	5	21	17	46	16	36	14	20	19	6	292
HUEVOS	2,392	499	1,353	2,132	3,392	525	2,184	1,803	5,310	1,525	3,645	1,617	2,147	1,889	692	31,105
CRIAS LIBERADAS	1,987	404	815	1,770	2,803	296	1,687	1,560	4,504	1,367	2,550	1,353	1,616	1,617	592	24,921

TORTUGA CAREY (<i>Eretmochelys imbricata</i>)													
CONCEPTO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL	
NIDOS	1	0	6	6	12	6	3	2	2	2	3	43	
HUEVOS	165	0	703	707	1,362	533	349	240	327	254	425	5,065	
CRIAS LIBERADAS	152	0	474	627	1,179	360	276	196	234	240	339	4,077	

TORTUGA LAUD (<i>Dermochelys coriacea</i>)							
CONCEPTO	2008	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL
NIDOS	1	1	1	0	0	1	4
HUEVOS	43	82	80	0	0	66	271
CRIAS LIBERADAS	0	8	71	0	0	0	79

TOTALES: 16,159 NIDOS PROTEGIDOS – 1, 847,491 HUEVOS PROTEGIDOS – 1, 508,676 CRIAS LIBERADAS.

Índice de Figuras

Figura 1. Campamento tortuguero Tamul y Hotel Moon Palace Golf & Spa Resorts.....	9
Figura 2. (A) Rastros simétricos: tortuga laúd, (B) blanca/verde. Asimétricos: (C) Carey y (D) caguama. (Tomado de: Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica).....	15
Figura 3. Inicio de actividades del método de Marcaje-recaptura en campamento Tortuguero Tamul temporada 2020.....	20
Figura 4. Monitoreo de tortugas marinas temporada 2020.....	21
Figura 5. Ubicación del campamento tortuguero Tamul.	22
Figura 6. Balizaje de la playa de anidación del campamento Tamul.	24
Figura 7. Limpiezas de playa realizadas por equipo de biólogos.....	25
Figura 8. (A) Recorridos diurnos y (B) nocturnos de la temporada 2020.	25
Figura 9. Ficha de recolecta de nidos.....	26
Figura 10. Eventos identificados durante la temporada de anidación: (A) arqueo, (B) intento y (C) nido.	26
Figura 11. Actividades de instalación y adecuación del corral de protección: colocación de malla sombra. ..	27
Figura 12. Preparación de material de campo.	28
Figura 13. Avistamiento de evento sin tortuga: (A) búsqueda del nido, (B) recolecta del nido y (C) registro de datos.....	29
Figura 14. Avistamiento de eventos con tortuga: (A) Recolecta de nidada, (B) toma de medidas morfométricas, (C) toma de fotografía, (D-E) colocación de marca metálica y (F) registro de datos.....	31
Figura 15. (A) Elaboración de nidos artificiales en corral, (B-C-D) siembra de nidadas e identificación de nidos con tablas blancas en corral de protección.	32
Figura 16. Revisión de nidos: (A) verificación de crías dentro del nido, (B) crías en superficie, (C) retiro y conteo de crías del nido.	33
Figura 17. (A) Cría con vitelo absorbido y (B) cría con protuberancia abdominal o vitelo sin absorber.	33
Figura 18. Liberación de crías durante el atardecer.....	34
Figura 19. Limpieza de nidos: (A) retiro del contenido, (B) cernido de materia orgánica, (C) clasificación del contenido y (D) registro de datos obtenidos.....	34
Figura 20. Ficha de limpieza de nidos.....	35
Figura 21. Formato de varamientos CONANP.	36
Figura 22. Atención a varamientos: (A-B) Toma de medidas morfométricas, (C) excavación de hueco para entierro del ejemplar.....	37
Figura 23. Actividades realizadas para el método de Fotoidentificación de tortuga blanca: (A) toma de fotografía a 1m de distancia, (B) patrón de escamas, (C) toma de medidas morfométricas y (D) inspección de búsqueda de marcas.	38
Figura 24. Patrón de escamas en la cabeza: 1-prefrontales, 2-frontal, 3-supraoculares, 4-frontoparietal, 5-temporales y 6-parietales que se utilizan para el reconocimiento de los individuos.	39
Figura 25. Comparación de fotografías mediante observación visual.	39
Figura 26. Actividades realizadas para el método de Marcaje-recaptura de tortuga marina: (A) Pinzas metálicas, (B) toma de medidas morfométricas, (C) colocación de placa metálica en aleta izquierda y (D) placa metálica entre segunda y tercera escama.....	40
Figura 27. Capacitación del personal del PICTM 2020.	42
Figura 28. Área de monitoreo del campamento Tamul.....	43
Figura 29. Acondicionamiento de corral ante amenazas meteorológicas.	60

Índice de tablas

Tabla 1. Características de las tortugas marinas de acuerdo a su clasificación taxonómica.....	14
Tabla 2. Estaciones en las tres áreas del campamento Tamul.	23
Tabla 3. Registro de fechas de inicio y término de anidación de tortugas marinas en el campamento Tamul.	43
Tabla 4. Resultados temporada 2020.....	44
Tabla 5. Número de eventos registrados por especie.....	44
Tabla 6. Estaciones con el mayor número de eventos registrados.	45
Tabla 7. Número de nidos por especie y zona de anidación.	46
Tabla 8. Promedio de tamaño de nidada por especie y días de incubación.	49
Tabla 9. Resultados generales sobre la sobrevivencia por especie en el campamento.....	49
Tabla 10. Total de eventos identificados y número de fotografías por mes de tortuga blanca- <i>Cm.</i>	51
Tabla 11. Total de fotografías capturadas en relación a la actividad de Marcaje-recapturas de hembras.....	52
Tabla 12. Número de marcas y porcentaje de pérdida de marcas durante la temporada 2020.....	53
Tabla 13. Identificación de individuos por medio de marcas metálicas.....	54
Tabla 14. Total de hembras marcadas por especie durante la temporada 2020.....	54
Tabla 15. Hembras marcadas por mes y por especie.	54
Tabla 16. Promedios de tallas (LSCC y ACC) en hembras de tortuga marina por especie.....	55
Tabla 17. Número de hembras marcadas por área y por especie.....	55
Tabla 18. Estaciones con mayor número de tortugas marcadas.....	56
Tabla 19. Tipo de evento registrado durante el marcaje de cada hembra.	56
Tabla 20. Hembras marcadas en el área de monitoreo del campamento Tamul y el predio del Milla de Oro durante la temporada 2020.	57
Tabla 21. Total de hembras recapturadas por especie durante la temporada 2020.	57
Tabla 22. Tasa de recaptura por especie con respecto al total de tortugas marcadas.	58
Tabla 23. Recapturas totales por mes y por especie.....	58
Tabla 24. Tipo de evento registrado en la recaptura de las hembras marcadas.....	58
Tabla 25. Recapturas totales en el área de monitoreo del campamento Tamul y el predio del Milla de Oro durante la temporada 2020.	59
Tabla 26. Recapturas registradas fuera del área del campamento Tamul.....	59
Tabla 27. Comparación de Frecuencias anidatorias observadas y estimadas por especie.	59

Índice de gráficas

Gráfica 1. Registro de eventos (nidos, arqueos e intentos) en cada una de las estaciones en las que se dividen los 9 km de playa protegida. Área Norte estación 1 a la 34, Área Centro de la estación 35 a la 56 y el Área Sur de la estación 57 a la 90.	45
Gráfica 2. Número de nidos en las áreas de playa por especie.	46
Gráfica 3. Porcentaje de nidos por especie y zona de anidación.	47
Gráfica 4. Porcentaje de nidos por zona de anidación.	47
Gráfica 5. Número de nidos registrados por mes para cada especie.	48
Gráfica 6. Porcentaje de nidos por mes de la temporada 2020.	48
Gráfica 7. Porcentaje de Supervivencia.	50
Gráfica 8. Porcentaje de Fertilidad.	50
Gráfica 9. Total de fotografías capturadas con respecto al total de eventos (nidos, arqueos e intentos) registrados en la temporada 2020.	51
Gráfica 10. Relación de fotografías capturadas con la actividad Marcaje-recaptura a lo largo de la temporada de anidación.	53
Gráfica 11. Porcentaje de tortugas marcadas por especie.	54
Gráfica 12. Total de tortugas marcadas por mes.	54
Gráfica 13. Diferencia entre tallas de las tres especies de tortugas marinas.	55
Gráfica 14. Número de hembras marcadas por estación durante la temporada 2020.	56
Gráfica 15. Recapturas por especie con respecto al total de tortugas marcadas.	57
Gráfica 16. Recapturas totales por mes.	58
Gráfica 17. Comparativo de número de nidos por temporada.	61
Gráfica 18. Comparativo de números de huevos y crías por temporada.	61
Gráfica 19. Comparativo de porcentajes de supervivencia por temporada.	62
Gráfica 20. Comparativo de nidos al 100% de eclosión por temporada.	62