



Programa de monitoreo científico para la conservación de las tortugas marinas



# Tabla de contenido

1 – Introducción	1
2 – Problemática	1
3 – Descripción de los sitios de estudio	3
4 – Objetivos y actividades asociadas	5
5 – Actividades realizadas	7
5.1 Monitoreo de playas	7
5.1.1 Recuento de nidos y huellas	7
5.1.2 Diferenciación de nidos positivos y negativos	9
5.1.3 Excavación de nidos	9
5.1.4 Liberación de los bebés	10
5.2 Monitoreo en la laguna y el arrecife	11
5.2.1 Manta-tow	11
5.2.2 Esnórquel	11
6 – Resultados obtenidos	12
6.1 Monitoreo de playas	12
6.1.1 Alta abundancia de tortuga verde, ausencia de tortuga carey	12
6.1.2 Una tendencia hacia un menor éxito de puesta de huevos para la tortuga verde	13
6.1.3 Éxito de éclosíon	16
6.2 Monitoreo en la laguna y el arrecife	19
6.2.1 Presencia de tortuga verde y tortuga carey	19
7 – Temas locales para la conservación de las tortugas marinas	21
7.1 Sargazo, presente en el mar y en las playas	21
7.2 Presiones antropogénicas	23

7.3 Desarrollo de los conocimientos de la población local		
8 – Recomendaciones	25	
9 – Conclusión	26	
10 – Referencias	27	

# Tabla de figura

Figura 3.1 - Mapa de la ubicación de las playas monitoreadas en el marco del programa de conservación
de las tortugas marinas en Mahahual y alrededores
Figura 3.2 - Mapa del área de monitoreo en el mar para el programa de conservación de la tortuga
marina en Mahahual y alrededores
Figura 5.1 - Ilustración de la implementación del método Manta-Tow12
Figura 6.1 - Gráfico que ilustra las predicciones del modelo de probabilidad de puesta de huevos en función
de la especie y el rango. Cada punto representa cada observación realizada en cada playa y para cada
especie. Las letras indican diferencias significativas entre cada grupo
Figura 6.2 - Gráfico que ilustra los valores predictivos del modelo que explica la probabilidad de brote en
función de la especie y el área de distribución
Figura 6.3 - Mapa de la ubicación de los principales sitios de alimentación y anidación de la tortuga carey
(Eretmochelys imbricata) Fuente: SEMARNAT y CONANP (2018)

## Lista de acrónimos

**WWF** Fondo Mundial para la Naturaleza

**UICN** Unión International para la Conservación de la Naturaleza

**UNWTO** Organización Mundial de Turismo

CITES

Convención sobre el Comercio International de Especies Amenazadas de Fauna y Flora

Silvestres

**ECOSUR** El Colegio de la Frontera Sur

ONG Organización No Gubernamental

**SEMARNAT** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**CONANP** Comisión Nacional de Áreas Protegidas

**PNUD** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

#### 1 – Introducción

A nivel internacional, la comunidad científica está de acuerdo en que la situación de las tortugas marinas es crítica: de las siete especies conocidas, seis se consideran vulnerables, en peligro o en peligro crítico. El gobierno mexicano ha desarrollado varios planes de acción para diferentes especies de tortugas marinas a nivel nacional. En estos planes, uno de los objetivos comunes de estos informes es obtener más información sobre las tortugas, incluyendo información sobre la diversidad, la abundancia y la densidad poblacional de las tortugas en varias áreas.

En Mahahual, el Centro de Investigación Takata ha estado llevando a cabo varios proyectos ambientales y de conservación durante varios años. El deseo de actuar con la comunidad local ha llevado al centro de investigación a crear un programa de monitoreo científico para las tortugas marinas, en colaboración con universidades regionales y asociaciones locales. Al mismo tiempo, esto ha ayudado a satisfacer la necesidad de recopilar información sobre las tortugas marinas a nivel local.

Durante más de un año, se desarrolló un proyecto para proponer un protocolo de monitoreo normalizado, que proporcionara la información necesaria para comprender mejor las tortugas marinas que llegan a la región, en particular en relación con los sitios preferidos de anidación y alimentación, así como las amenazas encontradas.

Este informe proporciona información sobre los logros relacionados con el proyecto de implementación del programa de monitoreo científico para el año 2019. En primer lugar, se presenta un recordatorio de los problemas encontrados en Mahahual y los objetivos asociados con el proyecto. A continuación, se describen las actividades realizadas y los resultados obtenidos durante el proyecto. Finalmente, se presentan recomendaciones para la continuación del programa.

#### 2 - Problemática

Actualmente, la comunidad científica está observando más especies animales y vegetales en peligro de extinción o desapareciendo. Incluso se habla de una próxima extinción masiva (Barnosky et al., 2011; Ceballos et al., 2015; Ceballos, Ehrlich y Dirzo, 2017). Según un informe publicado en 2018 por el WWF, las poblaciones de fauna silvestre han disminuido en un 60% en 40 años (WWF, 2018). Las tortugas marinas también se ven afectadas: de las siete especies conocidas hasta la fecha, seis se encuentran en las tres

clases más críticas de la clasificación de la UICN, es decir, vulnerables, en peligro o en peligro crítico (IUCN, 2011). A pesar de las dificultades para obtener indicadores precisos para evaluar las poblaciones de tortugas marinas, su clasificación en dichas categorías se debe principalmente a su vulnerabilidad a varias amenazas. Entre ellas se encuentran la pérdida, fragmentación y degradación del hábitat (Cuvillier, 2016; Rizkalla y Savage, 2011), la contaminación, en particular la contaminación por plásticos (Gall y Thompson, 2015; White et al., 2018), la caza furtiva (Chacón-Chaverri y Eckert, 2007; Summers, Martin, Hapdei, Ruak y Jones, 2018), el cambio climático (Jensen et al., 2018; Tomillo et al., 2017), entre otras. El desarrollo del turismo es uno de los principales contribuyentes a muchas de estas amenazas, especialmente debido a la construcción de hoteles y a las actividades de turismo recreativo que pueden alterar ciertos ambientes (Davenport y Davenport, 2006; Murray, 2007; Oliver de la Esperanza, Arenas Martínez, Tzeek Tuz y Pérez-Collazos, 2017).

México recibe muchos turistas, especialmente en la costa caribeña y en el estado de Quintana Roo, que recibió el 43% de los visitantes de México, es decir, más de 16 millones de turistas (UNWTO, 2018). El pueblo de Mahahual, situado en el sur de Quintana Roo, en la región conocida como "Costa Maya", no se libra de este desarrollo. En el 2001, el pueblo vio la creación de un puerto de cruceros. El pueblo puede albergar a más de 800.000 personas cada año (Fraga, Villalobos, Doyon y Garcia, 2008), gracias a este puerto y a los desarrollos hoteleros. La construcción de estas infraestructuras y las actividades realizadas por los turistas degradan los hábitats de las tortugas marinas. Esto incluye la contaminación del agua y la degradación de los arrecifes de coral, la pérdida de hábitat, la erosión costera debida a la eliminación de la vegetación para la construcción de hoteles, la deforestación de los manglares y los cambios en sus regímenes de agua, entre otros (Murray, 2007). Todos estos cambios ambientales tienen el potencial de afectar negativamente a las tortugas marinas al fragmentar, modificar y alterar sus hábitats: estas son las principales causas de su disminución global, como se discutió anteriormente.

Así mismo, México es un país muy importante para las tortugas marinas, 6 de las 7 especies conocidas se encuentran en México durante la temporada de reproducción. Entre las 6 especies de tortugas presentes en México, tres de ellas se encuentran en la Península de Yucatán y en la costa de Quintana Roo: la tortuga verde (*Chelonia mydas*), la tortuga caguama (*Caretta caretta*) y la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*). Estas tres especies son consideradas en peligro de extinción por el gobierno mexicano (SEMARNAT, 2010), y también por la legislación internacional con CITES (CITES, 1978).

Con el fin de proteger los ecosistemas, el Centro de Investigación Takata ha desarrollado varios programas de investigación. El centro desea ampliar estas competencias de investigación y propone un programa de monitoreo de las tortugas marinas en el marco del programa de conservación que les concierne.

El monitoreo ha sido realizado desde 2017 por investigadores de ECOSUR, la Universidad de Quintana Roo y personal de la ONG Proyecto Aak Mahahual A.C. Como cada uno de ellos tiene protocolos específicos, el análisis de los resultados puede ser difícil, la organización del monitoreo puede no ser óptima y hacer más compleja la comprensión de la situación y la definición de las amenazas. Para permitir la aplicación de las medidas de conservación, es necesario evaluar el estado de las poblaciones de manera sistemática y objetiva. Este proyecto se inscribe en esta dinámica: tiene como objetivo evaluar y mejorar el protocolo de monitoreo previamente propuesto, difundirlo y aplicarlo para obtener resultados estandarizados. Como resultado, será más sencillo estimar los principales parámetros poblacionales de las tortugas marinas presentes en Mahahual y determinar sus áreas de importancia. Este proyecto establecerá un programa de monitoreo que permita comprender mejor la subpoblación de tortugas que llegan a la costa cerca de Mahahual, con miras a formular recomendaciones y mejorar continuamente el programa de conservación de tortugas marinas.

# 3 – Descripción de los sitios de estudio

El pueblo de Mahahual se encuentra al sur de Quintana Roo, en la región de "Costa Maya". Antiguamente, un pequeño pueblo de pescadores, Mahahual ha podido desarrollarse gracias a la creciente afluencia de turistas tras la construcción del puerto de cruceros en el 2001. El pueblo acoge a más de un millón de visitantes cada año, lo que puede suponer una fuerte presión sobre el medio ambiente (Gobierno de Quintana Roo, 2019). Ya que en el mar predominan las estructuras de coral que forman parte del Arrecife Mesoamericano, uno de los principales complejos de arrecifes del Caribe.

Al desarrollar el programa de conservación de las tortugas marinas, se decidió hacer un monitoreo de diferentes áreas: las playas para obtener información sobre la reproducción, y la laguna y el arrecife para recoger información sobre el uso de los hábitats marinos. Cuatro playas fueron previamente seleccionadas para el monitoreo, por la asociación Proyecto Aak Mahahual A.C., estas son: Pulticup, Río Indio, Chacchi y Herradura, en un área de aproximadamente 70 kms (Figura 3.1).

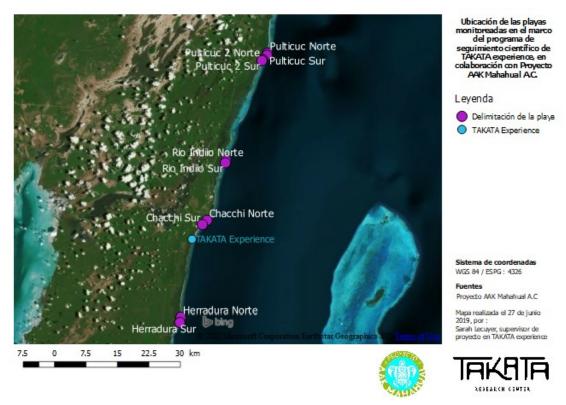


Figura 3.1. Mapa de la ubicación de las playas monitoreadas en el marco del programa de conservación de las tortugas marinas en Mahahual y sus alrededores.

Las playas de Pulticup y Herradura son playas anchas con altas dunas, mientras que las playas de Río Indio y Chacchi son playas más estrechas con dunas más bien bajas.

Para obtener información sobre los hábitats marinos, se decidió realizar el monitoreo en la laguna y en el arrecife sólo en el pueblo de Mahahual (Figura 3.2). De hecho, el Centro de Investigación Takata ha puesto en marcha varios proyectos de monitoreo en esta área, especialmente en los arrecifes de coral y los lechos de pastos marinos. Las referencias cruzadas de la información que podría obtenerse parecen interesantes y permitirían comprender mejor el efecto de la calidad del hábitat en la presencia o ausencia de tortugas marinas.

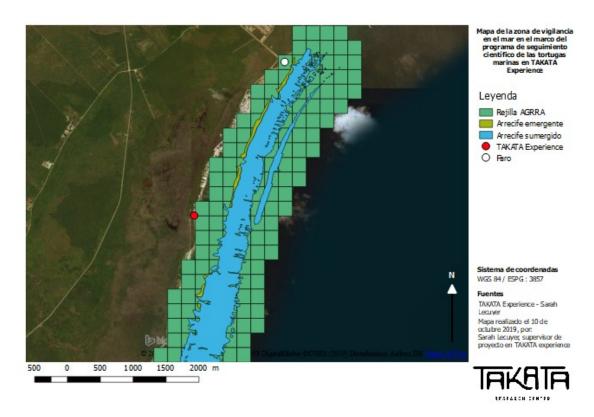


Figura 3.2. Mapa del área de monitoreo en el mar por el programa de conservación de la tortuga marina en Mahahual y sus alrededores.

# 4 – Objetivos y actividades asociadas

El objetivo general del proyecto es proponer una actualización del programa de monitoreo científico de las tortugas marinas que utilizan los hábitats de reproducción en la zona de Mahahual para satisfacer las necesidades de las partes interesadas.

Para lograr este objetivo, se debían alcanzar los siguientes objetivos específicos:

#### Objetivo 1: Validar la metodología del programa de monitoreo.

En este caso, la evaluación de las metodologías previamente propuestas fue esencial para poder utilizar métodos que se adapten a los objetivos de TAKATA a corto y largo plazo.

Para lograr este primer objetivo, se realizaron reuniones internas para definir los objetivos del programa. Además, se siguieron los talleres organizados por científicos y administradores de programas regionales que se ocupan de la conservación de las tortugas marinas.

Además, se llevaron a cabo estudios de viabilidad para evaluar la pertinencia, la eficacia y la factibilidad de los métodos seleccionados.

#### Objetivo 2: Llevar a cabo la recopilación de datos.

A través de la adquisición de datos, es posible obtener la información necesaria para alcanzar los objetivos deseados.

Para lograr este objetivo, se organizaron reuniones para planificar la agenda de salida con el Proyecto Aak Mahahual A.C., una asociación socia del proyecto. Posteriormente, organizamos los equipos según las necesidades de cada salida y la disponibilidad de los participantes.

# <u>Objetivo 3</u>: Obtener información sobre la abundancia de las diferentes especies de tortugas marinas y sus parámetros poblacionales, tales como las tasas de éxito reproductivo y de eclosión.

El análisis de los datos permite vincular varias mediciones realizadas, visualizar los datos y ayudar a la interpretación.

Tras la recopilación de datos, se realizaron análisis estadísticos para comprender los resultados de ciertos parámetros de la población según las características ambientales.

# <u>Objetivo 4</u>: Determinar las áreas de importancia para las tortugas marinas en Mahahual e identificar los problemas de conservación.

Conocer y comprender las amenazas y presiones sobre las poblaciones de tortugas marinas que se encuentran en nuestra área de estudio nos permite implementar las medidas de gestión pertinentes.

Basándonos en los resultados de los análisis, así como en las observaciones de campo, pudimos constatar los problemas encontrados en cada playa e identificar cuáles son las playas que requieren apoyo.

<u>Objetivo 5</u>: Proponer modificaciones al programa de monitoreo en base a los resultados obtenidos y a las necesidades de las partes interesadas.

A fin de asegurar resultados óptimos y adecuados de acuerdo con los objetivos del programa a corto y largo plazo, se llevó a cabo un análisis crítico.

Se realizó una evaluación de las actividades realizadas con el fin de identificar los elementos que pueden haber tenido impactos positivos o negativos en el resultado de las actividades. Además, los métodos fueron validados y refinados para lograr los resultados deseados.

#### 5 – Actividades realizadas

Para lograr los objetivos específicos, se realizaron varias actividades: revisión de la literatura, trabajo de campo, análisis y redacción. Las actividades realizadas en el campo se presentan aquí. La lectura del informe escrito por Lecuyer (2019) proporciona información sobre las secciones que no se cubren en este informe.

#### 5.1 Monitoreo de la playa

La vigilancia de las playas es esencial para el monitoreo científico de las tortugas marinas: permite registrar ciertos parámetros poblacionales que nos informan sobre el estado de salud de una población. Estos parámetros pueden ser vinculados con otros parámetros bióticos o abióticos para intentar comprender la dinámica entre la reproducción de las tortugas marinas y sus hábitats.



#### 5.1.1 Recuento de nidos y huellas

Cuando se visitan las playas, el recuento de los nidos y los senderos de las tortugas proporciona información sobre el uso de la playa para cada especie y ayuda a evaluar el éxito de la puesta de huevos,

es decir, el porcentaje de actividades que resultan en la puesta de huevos. Tenemos en cuenta los nidos evaluando la presencia de huevos, pero también las huellas, ya que es posible que una hembra suba a la playa sin iniciar los trabajos de colocación del nido.

Las visitas se realizaron en las 4 playas presentadas anteriormente durante 14 semanas a razón de 3 visitas por semana. Durante la primera semana, la playa n\*1 fue visitada 3 veces. Luego, durante la segunda semana, la playa n\*2 fue visitada 3 veces, y así sucesivamente.

Durante las primeras 6 semanas de monitoreo, se favorecieron las salidas nocturnas para observar a las hembras y recoger los datos necesarios para nuestros socios. Posteriormente, realizamos excursiones de un día para iniciar los trabajos de excavación de nidos en el mismo tiempo.



Dos equipos de 3 personas exploraron las playas caminando a lo largo de ellas. Cuando se observó un nido, identificamos la especie, tomamos nota de la ubicación del nido, el sustrato, la presencia de amenazas y evaluamos la presencia de huevos. Cuando se observó una tortuga, también se observó la presencia de una pit-tag en las patas delanteras y la presencia de un tumor.

Cuando se observó una pista, primero verificamos la dirección de la misma para ver si conducía a un nido o de vuelta al agua. Dependiendo del resultado, tomaríamos los datos a nivel de nido o a nivel de pista como la identificación de especies, la localización de pistas y el sustrato.



#### 5.1.2 Diferenciación de nidos positivos y negativos

Para evaluar el éxito de la puesta de huevos, se comprobó la presencia de huevos en los nidos mediante una prueba en la arena con un punzón de metal. La arena de la cavidad donde se encuentran los huevos

es menos compacta que la arena circundante, por lo que la púa es varios centímetros más profunda que la arena circundante. Esto es una buena indicación de la presencia de huevos.

Se hizo una última comprobación excavando directamente en el nido, con guantes, para observar los huevos y estar 100% seguros del resultado. Esto se hizo durante los viajes de excavación.



#### 5.1.3 Excavación de nidos

Cuando un nido era positivo, se realizaba una excavación de huevos para determinar el éxito de eclosión, es decir, la proporción de huevos eclosionados y no eclosionados. Es posible diferenciar un huevo eclosionado de uno no eclosionado por el color de la cáscara o por la presencia de un feto no desarrollado.



5.1.4 Liberación de los juveniles

Participamos en esta actividad realizada y organizada por el Proyecto Aak Mahahual A.C. Durante las visitas a la playa y las actividades de excavación, se pudieron observar juveniles. Para aumentar sus posibilidades de supervivencia, se cosecharon y luego se liberaron el mismo día al atardecer, reduciendo así el riesgo de depredación.





#### 5.2 Monitoreo en la laguna y el arrecife

El monitoreo en el mar proporciona información sobre el uso de los hábitats marinos como los lechos de pastos marinos y los corales, que son lugares favorables para la alimentación y el encuentro de los individuos durante el período de apareamiento (Arendt et al., 2012; A. L. Bass, Epperly y Braun-McNeill, 2006; Stokes et al., 2019; Thayer, Bjorndal, Ogden, Williams y Zieman, 1984). También se puede utilizar el monitoreo en el mar para estimar la abundancia relativa de la población.

#### 5.2.1 Manta-tow

La técnica de la manta-tow consiste en ser arrastrado por un barco mientras se sostiene sobre una tabla o un bote salvavidas a baja velocidad (D. Bass y Miller, 2003) (Figura 5.1). Durante la travesía se contaron las tortugas observadas y se recogió información sobre ellas, tal como su ubicación, distancia del observador, el sustrato en el cual fueron vistas, y la actividad que estaban realizando.

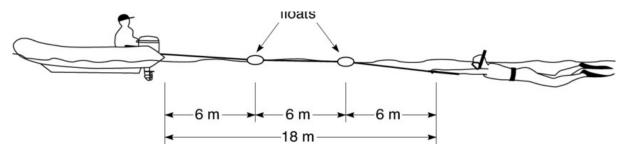


Figura 5.1. Ilustración de la implementación del método manta-tow. Obtenido de Bass y Miller, 2003.

#### 5.2.2 Esnorquel

Como algunas áreas no eran accesibles por barco, se realizó un monitoreo de snorkel. Se contaron las tortugas observadas alrededor del observador y se recopiló la información establecida en la sección anterior.

El transecto fue rastreado usando una brújula y fue visitado sólo una vez.

#### 6 - Resultados obtenidos

Al tomar los datos, hemos obtenido resultados que nos dan una idea de la situación actual de las tortugas marinas alrededor de Mahahual. Los datos recopilados se analizaron mediante modelos estadísticos. Se utilizaron las observaciones de campo y la literatura para interpretar los resultados. Las siguientes secciones ilustrarán los principales resultados de este primer año de monitoreo.

#### 6.1 Monitoreo de la playa

El monitoreo se realizó durante 14 semanas. Se recogieron un total de 370 observaciones (nidos o huellas). Realizamos las excavaciones durante 8 semanas. Durante las salidas se organizaron grupos de 2 a más de 15 personas, dependiendo de la disponibilidad de los voluntarios.

#### 6.1.1 Alta abundancia de tortuga verde, ausencia de tortuga carey

En las cuatro playas que seguimos se identificaron 165 nidos, 133 de tortuga verde y 30 de tortuga caguama. En dos nidos, la especie no pudo ser identificada. No se identificó ninguna tortuga carey, rastros o nidos de esta especie durante el monitoreo de la playa durante la temporada de puesta de huevos de 2019.

Se conoce la presencia de tortugas verdes y caguamas en la región de Mahahual, siendo el Estado de Quintana Roo una zona prioritaria de anidación tanto para la tortuga verde como para la caguama (SEMARNAT, CONANP y PNUD, 2018b, 2018a). Los principales sitios de anidación conocidos para la tortuga carey se localizan más al norte en el Estado de Quintana Roo (Holbox, Isla Contoy, Cancún) (CONANP y SEMARNAT, 2018), lo cual podría explicar la falta de observaciones de tortugas carey durante este monitoreo.

#### Hay menos nidos de tortuga caguama, ¿por qué?

El monitoreo comenzó durante la primera semana de julio. Sin embargo, el período de anidación de la tortuga caguama es entre los meses de abril y junio: el bajo número de nidos identificados durante este monitoreo podría ser explicado en parte por el inicio tardío del mismo. A pesar de las 3 visitas semanales por playa, los nidos que datan de mayo o de las primeras semanas de junio se vuelven difíciles de localizar con el tiempo debido a la lluvia, el viento y el paso de otros animales que pueden borrar el patrón de los

nidos y así reducir las posibilidades de detección de los mismos. Si hubiéramos comenzado el monitoreo antes, probablemente habríamos identificado más nidos de esta especie.

#### ¿Cómo se comparan los resultados con los de años anteriores?

Como no contamos con los datos recolectados en años anteriores por académicos y asociaciones que trabajan en proyectos de monitoreo de tortugas marinas, es difícil predecir un incremento, disminución o estancamiento en la abundancia y la densidad de los nidos en la región de Costa Maya. Sin embargo, a la vista de los resultados del año 2019, podemos pensar que las playas alrededor de Mahahual no son playas clave para las tortugas verdes y caguamas. De hecho, varios artículos científicos reportan abundancias y densidades mucho más altas en otras playas de Quintana Roo y la Península de Yucatán, que van desde unos 250 nidos hasta más de 1500 nidos (Oliver de la Esperanza et al., 2017; Xavier, Barata, Cortez Palomo, Queiroz y Cuevas, 2006; Zavaleta-Lizárraga y Morales-Mávil, 2013).

#### 6.1.2 Una tendencia hacia un menor éxito de puesta de huevos para la tortuga verde

En el caso de la tortuga verde, el éxito total de puesta de huevos es del 44,03% (x=302). En el caso de la tortuga caguama, el éxito de la puesta de huevos es del 56,60% (x=53).

Por ejemplo, el éxito de la puesta de huevos de la tortuga verde es casi el doble en la playa Río Indio que en la playa Chacchi, siendo el éxito de la puesta de huevos en la playa de Río Indio similar al de la playa Herradura. En cuanto a la tortuga caguama, el éxito de la puesta de huevos en la playa Herradura es un poco más de 3,5 veces mayor que el de la playa Pulticup.

Tabla 6.1. Éxito en la puesta de huevos como porcentaje de cada especie de tortuga para cada playa visitada durante el monitoreo de tortugas marinas en 2019.

Playa/	Pulticup	Rio Indio	Chacchi	Herradura
Especies				
Chelonia mydas (%)	45,58	55,88	29,63	54,38
Caretta caretta (%)	20,00	69,23	47,83	75,00

Los análisis estadísticos nos dicen que hay un efecto significativo de la especie en el éxito de puesta de huevos sólo para la tortuga verde. El bajo número de observaciones de la tortuga caguama podría explicar este resultado. Las playas no tienen un efecto significativo en el éxito de la puesta de huevos. Tras el análisis y el desarrollo del modelo estadístico, se ilustraron los valores predichos del modelo (Figura 6.1).

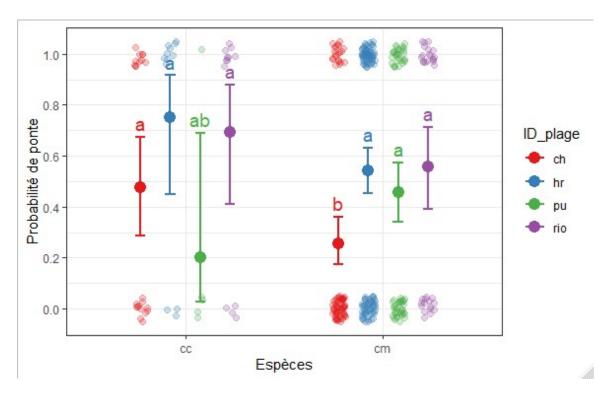


Figura 6.1. Gráfico que ilustra las predicciones del modelo de la probabilidad de puesta de huevos en función de la especie y el rango. Cada punto representa cada observación realizada en cada playa y para cada especie. Las letras indican diferencias significativas entre cada grupo.

No hay diferencia en el éxito de puesta de huevos e incubación entre las tortugas verdes y las tortugas caguamas, excepto en la playa Chacchi, donde el éxito de puesta de huevos es significativamente menor para las tortugas verdes que para las caguamas. Se puede ver en la Figura 6.1 que hay más observaciones de tortugas verdes que de tortugas caguamas: se puede suponer que, si hubiéramos tenido más observaciones de tortugas caguamas en todas las playas, podríamos haber tenido resultados diferentes o más marcados.

Las características físicas del hábitat podrían influir en el éxito de la puesta de huevos



La tendencia indica un menor éxito de puesta de huevos para la tortuga verde: esta tendencia podría explicarse por las escasas precipitaciones durante los meses de mayo a agosto en la región de Mahahual. Un exceso de precipitaciones podría tener un efecto negativo sobre el éxito de la eclosión, pero la falta de precipitaciones podría tener un efecto negativo sobre el éxito de la puesta de huevos (Cheng, Huang, Hung, Ke y Kuo, 2009; Foley, Peck y Harman, 2006; Kam, 1994). La anidación se produce en dos etapas: la primera consiste en retirar la arena seca de la superficie y la segunda consiste en cavar la cavidad en la arena más húmeda en la que se depositarán los huevos. Estos dos pasos explican por qué algunos nidos son más profundos que otros dependiendo del contenido de humedad de la arena (Cheng et

al., 2009; Hays, Adams y Speakman, 1993): si la arena está seca, la hembra excavará más profundamente para alcanzar la arena húmeda. Como los meses de mayo a agosto fueron muy secos este año, la falta de precipitaciones puede haber dificultado la anidación de las tortugas, especialmente de las tortugas verdes que anidan lejos del agua y por lo tanto tienen menos humedad en la arena. Las tortugas caguamas pueden haber sido menos afectadas por esta falta de precipitación porque anidan más cerca del agua, donde la arena es naturalmente más húmeda, ya que está más cerca de la línea de marea.

La uniformidad del tamaño de los granos de arena sería uno de los parámetros más importantes para el éxito de la puesta de huevos en las tortugas verdes (Yalçın-Özdilek, Özdilek y Ozaner, 2007): en muchos nidos se encontraron rocas mezcladas con arena. Es posible que se hayan encontrado rocas en sitios de anidación seleccionados y que esto haga que no pongan huevos.

#### 6.1.3 Éxito de eclosión

De los 163 nidos identificados y asociados a una especie, 77 han sido excavados y proporcionan información sobre el éxito de la eclosión, es decir, el 47,23% de ellos. Debido a la falta de personal, el porcentaje de excavación de cada playa es desigual (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Tabla que representa el porcentaje de nidos excavados por especie y área de distribución.

	observado	de nidos s durante el reo 2019	Número de nidos excavados		Porcentaje de nidos excavados (%)	
Playa	Tortuga	Tortuga	Tortuga	Tortuga	Tortuga	Tortuga
Tidya	verde	caguama	verde	caguama	verde	caguama
Pulticup	31	1	27	0	87,09	0
Rio Indio	19	9	1	2	5,26	22,22
Chacchi	21	11	6	6	28,57	54,54
Herradura	62	9	34	1	54,84	11,11
Total	133	30	68	9	51,13	30

El modelo estadístico aplicado a nuestros datos brutos indica que existe un efecto significativo de la combinación especie/playa sobre el éxito de eclosión, excepto por la combinación entre la tortuga caguama y las playas de Herradura y Río indio. También se puede observar que el éxito de puesta es mayor para las combinaciones entre la tortuga verde y las playas de Río Indio y Pulticup que para las combinaciones entre la tortuga verde y las playas de Chacchi y Herradura.

No se observaron diferencias significativas entre las playas en el caso de la tortuga caguama (Figura 6.2). En cuanto a la tortuga verde, se señala que el éxito de eclosión en la playa Pulticup es significativamente diferente a las playas Chacchi y Herradura, pero no es significativamente diferente a la playa Río Indio. Entre las playas Chacchi, Herradura y Río Indio, no hay una diferencia significativa. También se observa que el éxito de eclosión en la playa Chacchi es significativamente diferente entre las tortugas caguamas y las tortugas verdes.

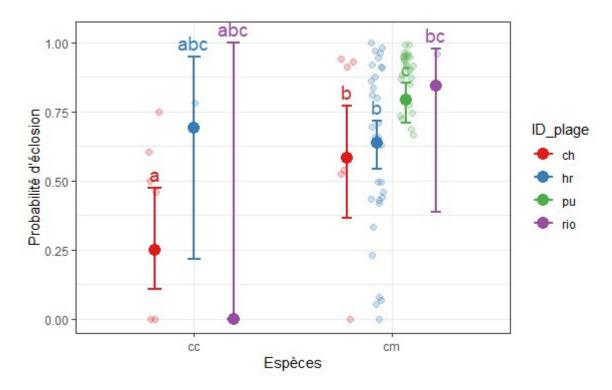


Figura 6.2. Gráfico que ilustra los valores predichos del modelo que explica la probabilidad de brote en función de la especie y el área de distribución. Cada punto representa cada observación realizada en cada playa y para cada especie. Las letras indican diferencias significativas entre cada grupo.

#### El éxito de eclosión varía de una playa a otra

El éxito de eclosión de la tortuga verde tiene un promedio de 77.44%, con el mayor éxito de eclosión en la playa Río Indio y el menor éxito de eclosión en la playa Chacchi.

Se puede observar que, dentro de las playas, el éxito de la eclosión varía enormemente de un nido a otro (Figura 6.3). Por ejemplo, el éxito de eclosión ha variado desde el 7% a más del 80% en tres nidos, todos en un radio de menos de 2 metros en la playa de la Herradura. Una explicación para esto sería que el micro-hábitat tiene una influencia en el éxito de la eclosión. Varios estudios muestran que la temperatura, el nivel de humedad y el tamaño de las partículas de arena son criterios importantes para el éxito de la puesta e incubación de las tortugas verdes. Si la arena está demasiado caliente, las hembras tenderán a no poner huevos (Salleh, Nishizawa, Ishihara, Sah y Chowdhury, 2018), también cuando el diámetro del grano de arena es demasiado fino



(Salleh et al., 2018; Yalçın-Özdilek et al., 2007). El contenido de humedad es un parámetro que se cree que afecta el éxito de la eclosión en particular: un estudio encontró una fuerte correlación negativa entre el contenido de humedad del nido y el éxito de la eclosión (Yalçın-Özdilek et al., 2007).

## Alcance de los resultados afectados por la falta de voluntarios

El éxito de eclosión de la tortuga caguama es de un promedio de 38,95%, siendo el mayor éxito de eclosión en la playa de la Herradura y el menor en la playa del Río Indio. Con el número de excavaciones realizadas, es difícil saber con precisión qué playa tiene el mayor éxito de eclosión. De las observaciones realizadas, podemos notar que la mayoría de los nidos han sido precedidos, la mayoría de las veces por perros: esto representa la totalidad de los nidos excavados en Río Indio. Debido a la poca profundidad de la cavidad donde se encuentran los huevos, podría ser que los nidos de tortuga caguama sean más depredados por la fauna silvestre o los perros, ya que los huevos serían más fácilmente detectables.

Además, pudimos observar nidos inundados, uno de los cuales fue excavado y se encontró una tasa de éxito de eclosión del 60,39%, lo cual está en el rango promedio de los resultados obtenidos en otras investigaciones: la inundación parcial y puntual de los nidos no afectaría negativamente el éxito de eclosión (Foley et al., 2006).

#### 6.2 Monitoreo en la laguna y el arrecife

Durante el monitoreo marítimo, se realizaron tres visitas a las manta-ramas y una visita de snorkel, 12 km en total.

#### 6.2.1 Presencia de tortuga verde y tortuga carey

Se observaron dos tortugas durante el monitoreo marino, por lo que es imposible construir un modelo para extrapolar la abundancia relativa de cada especie dentro de la laguna y el arrecife. A pesar de ello, es posible extraer información de estas observaciones.

En primer lugar, es interesante ver que se observó una tortuga carey en el arrecife: de hecho, no se identificó ningún individuo, nido o rastro de esta especie en las playas durante el monitoreo del año. Estos resultados indicarían que la laguna y el arrecife de Mahahual son utilizados por esta especie como ruta de migración o parcialmente como zona de alimentación. Según un informe elaborado en 2018 por el gobierno (CONANP y SEMARNAT, 2018), se conocen tres sitios principales de alimentación de la tortuga amarilla en Quintana Roo: Cozumel, Banco Chinchorro y la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, más bien en el sur del estado para los dos últimos sitios. Por otro lado, los sitios de anidación conocidos se encuentran en Holbox, Isla Contoy y Cancún, más al norte del Estado, así como en Belice (CONANP y

SEMARNAT, 2018; WWF, 2017). Dado que el pueblo de Mahahual se encuentra en el centro de estas localidades (Figura 6.3), sería lógico haber observado una tortuga carey durante el monitoreo.

La observación de tortugas verdes juveniles en los pastizales en agosto confirma por segunda vez la presencia de esta especie en la región (SEMARNAT et al., 2018b). La observación en ese momento, así como la edad del individuo es interesante desde la perspectiva del uso del hábitat. De hecho, la tortuga verde juvenil pasa la primera parte de su vida en hábitats pelágicos y luego migra a hábitats costeros. Al mismo tiempo, cambian su dieta a una dieta herbívora (A. L. Bass et al., 2006). Dada la importancia de estas áreas para los juveniles, parece esencial continuar el monitoreo para poder definir en los próximos años si la laguna que rodea a Mahahual es un área importante para las tortugas marinas. En efecto, se podrían aplicar medidas para proteger mejor estos entornos, en particular sobre los problemas de fondeo de embarcaciones y el incremento del arribo de sargazo.

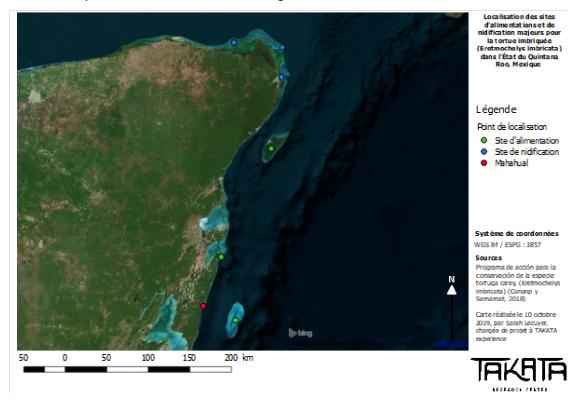
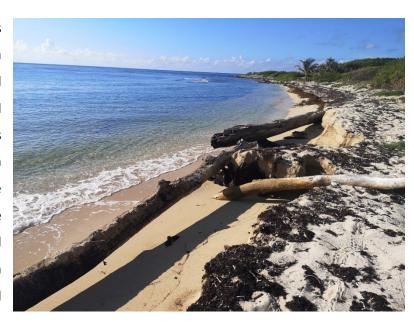


Figura 6.3. Mapa que muestra la ubicación de los principales sitios de alimentación y anidación de la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*). *Obtenido de SEMARNAT y CONANP (2018)*.

## 7 – Temas locales para la conservación de las tortugas marinas

#### 7.1 Sargazo, presente en el mar y en las playas

Desde hace varios años, los sargazos han ido creciendo en número en la costa de Quintana Roo, y Mahahual no es de extrañar (Agencias, 2019; El Universal, 2019). Aunque las playas que acogen a los turistas se limpian regularmente, las playas donde se encuentran los sitios de desove no se limpian, por falta de medios. El sargazo y su descomposición tiene un impacto negativo en las playas y en el mar.



Día tras día, el sargazo se acumula en las playas y forma esteras que dificultan el acceso de las tortugas a las playas. Si las hembras no acceden a los sitios de puesta de huevos y no los ponen, el reclutamiento se verá afectado negativamente.

Debido a la descomposición de estas algas pelágicas, se puede observar un aumento de la temperatura de la arena. Se conoce el efecto de la temperatura de incubación de los huevos de tortuga marina. Una temperatura de incubación demasiado alta puede ser motivo de preocupación, desde una proporción de sexos desequilibrada hasta la no eclosión de la mayoría de los huevos (Lutz y Musick, 2017; Salleh et al., 2018; Summers et al., 2018). El aumento de la presencia de sargazos en los lugares de puesta podría tener efectos perjudiciales, ya sea por la alteración de ciertos parámetros biológicos o por la reducción del éxito de la eclosión.

Además, a medida que los sargazos se descomponen, se libera materia orgánica y nutrientes en la arena, mientras que normalmente las playas tienen un bajo nivel de nutrientes libres. Como resultado, hay un aumento de la cobertura vegetal, con arbustos y plantas herbáceas que aprovechan los aportes minerales, creando esteras vegetativas y reduciendo la superficie disponible para la puesta de huevos.

Durante esta temporada, observamos que las playas con alta erosión eran las que tenían mayor deposición de sargazos. Es posible que, durante el retroceso natural de los sargazos debido a las mareas, parte de la

arena retroceda al mismo tiempo que las algas, reduciendo así la profundidad de la playa y acelerando el fenómeno natural de la erosión (Florenne, Guerber y Colas-Belcour, 2016).

Antes de llegar a las playas, los sargazos llegan en olas de varios m² e impactan en el entorno en el que se encuentran.

Cuando se estancan, obstruyen el paso de la luz a través del agua. Esto limita el suministro de luz necesaria para la fotosíntesis de las algas presentes en las estructuras de los corales, haciendo que los corales se blanqueen y por lo tanto mueran.

Además, la descomposición de estas algas reduce la claridad del agua y libera elementos que son perjudiciales para el medio ambiente, la biodiversidad circundante y las poblaciones humanas como el amoníaco, el hidrógeno sulfurado (ANSES, 2017; Florenne et al., 2016). Este deterioro de la calidad del agua puede disminuir la calidad del hábitat al disminuir las áreas de alimentación, las áreas de refugio esenciales para las tortugas marinas durante sus migraciones o durante el período de reproducción.



Hay soluciones a los problemas presentados. Una de las primeras soluciones es la recolección de sargazo en la playa. La principal limitación de este método es que se necesitan muchas personas para llevar a cabo esta tarea de manera eficiente: hay que tener en cuenta la logística, así como la remuneración. Cuando se hace bien, cuando las algas están frescas y se evita la recolección de arena al mismo tiempo, este método limita la degradación del medio ambiente como la erosión. La solución más eficaz sería recoger los sargazos antes de que lleguen a las playas, por ejemplo, mediante una barrera móvil situada en la costa. Aunque esta solución debe ser difícil y costosa de establecer, reduciría en gran medida los efectos adversos mencionados anteriormente. Su aplicación reduciría los costos de recolección en la playa y disminuiría los impactos en el turismo (ANSES, 2017; Florenne et al., 2016; Vos, Foursoff, de Bruijn y Brujin, 2016).

Al mismo tiempo, sería útil desarrollar la investigación y el desarrollo para encontrar formas de revalorizar los sargazos. De esta manera, estas algas ya no se verían como un residuo sino como una materia prima.

#### 7.2 Presiones antropogénicas

Durante las salidas a la playa, pudimos observar el impacto humano de varias maneras: desechos plásticos, contaminación lumínica, caza furtiva, alteración de los nidos debido a las mascotas. Estas diversas amenazas pueden afectar el éxito de la puesta de huevos debido a un hábitat demasiado alterado, que no se ajusta a las necesidades de las hembras para iniciar los trabajos de construcción de nidos o afectar el éxito de la eclosión, reduciendo el número de huevos que pueden alcanzar la etapa de eclosión (Ficetola, 2007; Rizkalla y Savage, 2011; Rodríguez-Martínez et al., 2019; Salleh et al., 2018; Yalçın-Özdilek et al., 2007).

Por la noche, la presencia de fuentes de luz desorienta a los juveniles que salen de sus huevos, moviéndose hacia la fuente de luz en lugar de hacia el mar. Dos de estos casos fueron reportados a la asociación Proyecto Aak Mahahual A.C. en el área de la playa Río Indio durante la temporada de 2019. Los juveniles fueron recogidos y luego liberados en el mar, pero a menudo se encuentran exhaustos por la noche que pasaron buscando agua.

La caza furtiva, así como el deterioro de los nidos por parte de los animales domésticos, afecta negativamente al éxito de la puesta de huevos. Dado que la gran mayoría de los huevos son retirados o comidos, el éxito de la eclosión es cercano al 0%. Las salidas nocturnas acompañadas de personal militar

disuadirían a los cazadores furtivos, observando las patrullas realizadas con los funcionarios encargados de hacer cumplir la ley.

En cuanto a los ataques a los nidos por parte de animales domésticos, se podrían poner sistemas de jaulas para encerrar a los perros por la noche. Inicialmente, el uso de jaulas ayudó a proteger a los perros de los recurrentes ataques de jaguares en esta área, pero también es positivo para la protección de nidos y huevos. Este método fue implementado en el área de la playa Pulticup por el Proyecto AAK Mahahual A.C. durante la temporada pasada. Una docena de jaulas fueron entregadas a los dueños de los perros.

#### 7.3 Desarrollo de los conocimientos de la población local

Para lograr resultados positivos en relación con la protección de una especie, es necesario incluir a la comunidad local en las acciones a realizar. De hecho, como se ha mencionado anteriormente, los impactos antropogénicos están presentes y son conocidos, y pueden ser mitigados en la fuente, mediante campañas de concienciación, talleres o salidas educativas.

El Proyecto Aak Mahahual A.C. está trabajando con los jóvenes para enseñarles sobre la biología y la ecología de las tortugas marinas y para romper las ideas preconcebidas que persisten. Este tipo de actividades contribuye a sensibilizar a los jóvenes sobre los desafíos, los problemas y las acciones que deben llevarse a cabo para limitar su impacto en el medio ambiente. Además, es posible que los padres puedan tomar conciencia a través de sus hijos, cambiando gradualmente sus hábitos.

#### 8 - Recomendaciones

Después de este primer año, que condujo a la implementación del programa de monitoreo científico, se hicieron recomendaciones para la renovación del programa, así como para el desarrollo de ciertas soluciones relacionadas con los problemas ecológicos y antropogénicos observados.

#### 1º Recomendación: Continuar el monitoreo a partir del próximo mes de mayo.

En base a los resultados de la temporada de cría de 2020, será posible realizar estudios comparativos para comprender mejor la dinámica entre la reproducción de las tortugas marinas y el uso del hábitat.

#### <u>2º Recomendación</u>: Desarrollar el voluntariado para apoyar el trabajo de campo.

La presencia de voluntarios es esencial para la recolección efectiva de datos. Las subvenciones podrían ayudar a apoyar a los voluntarios durante los meses de recopilación de datos.

#### 3º recomendación: Continuar la asociación con el Proyecto AAK Mahahual A.C.

El trabajo realizado en conjunto con esta asociación ha permitido que la comunidad se involucre aún más en el proyecto de conservación de las tortugas marinas. También ha permitido encontrar soluciones al conflicto jaguar-perro-tortuga.

#### <u>4º Recomendación</u>: Obtener subvenciones de organizaciones autorizadas.

Los subsidios apoyarían la llegada de voluntarios para la recolección de datos, así como el pago del combustible necesario para los viajes a las playas y la laguna.

#### 9 – Conclusión

El objetivo del presente proyecto fue proponer una actualización del programa de monitoreo científico del Centro de Investigación Takata. Mediante el logro de los objetivos específicos, la validación de la metodología, la finalización de la recopilación de datos, la obtención de parámetros de abundancia de nidos y poblaciones de tortugas marinas y la determinación de áreas de importancia y cuestiones de conservación, hemos logrado el objetivo del proyecto.

El número de nidos observados durante la temporada 2019 no clasifica a Mahahual y sus alrededores como una de las principales playas de la Península de Yucatán para la reproducción de las tortugas marinas. Pudimos notar la presencia de varios temas locales para la protección y conservación de las tortugas marinas, como la presencia de sargazo, por ejemplo. Se han propuesto soluciones para mitigar las consecuencias sobre el hábitat o directamente sobre el organismo.

Se propusieron varias recomendaciones para renovar el monitoreo, con el fin de aconsejar a los futuros responsables del proyecto, en particular sobre el calendario que debe seguirse y la organización que debe adoptarse para reunir a los voluntarios en torno al proyecto: es necesario despertar el interés de la comunidad, incluso fuera del período de cría, para garantizar un mayor número de voluntarios. Además, el fortalecimiento del programa de voluntarios es importante para iniciar la temporada de monitoreo.

Este primer año es crucial para la continuación del programa de monitoreo, ya que permite comprobar realmente la eficacia y el alcance de los métodos utilizados, así como la calidad y la pertinencia de los resultados obtenidos.



#### 10 - Referencias

- Agencias. (2019, 4 août). Estas son las playas de Quintana Roo con sargazo excesivo. El Diario de Yucatán. Repéré à https://www.yucatan.com.mx/mexico/e stas-son-las-playas-de-quintana-rooconsargazo-excesivo
- ANSES. (2017). Expositions aux émanations d'algues sargasses en décomposition aux Antilles y en Guyane. Maisons-Alfort.

  Repéré à
  https://www.anses.fr/fr/system/files/Al
  R2015SA0225Ra.pdf
- Arendt, M. D., Segars, A. L., Byrd, J. I., Boynton, J., Schwenter, J. A., Whitaker, J. D. y Parker, L. (2012). Migration, distribution, and diving behavior of adult male loggerhead sea turtles (Caretta caretta) following dispersal from a major breeding aggregation in the Western North Atlantic. *Marine Biology*, 159(1), 113-125.
- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quental, T. B., ... Ferrer, E. A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, *471*(7336), 51-57.
- Bass, A. L., Epperly, S. P. y Braun-McNeill, J. (2006). Green Turtle (Chelonia mydas) Foraging and Nesting Aggregations in the Caribbean and Atlantic: Impact of Currents and Behavior on Dispersal. *Journal of Heredity*, *97*(4), 346-354. doi:10.1093/jhered/esl004
- Bass, D. y Miller, I. (2003). Crown-of-thorns starfish and coral surveys using the manta tow and scuba search techniques.

- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D.,
  García, A., Pringle, R. M. y Palmer, T. M.
  (2015). Accelerated modern
  human–induced species losses:
  Entering the sixth mass extinction.
  Science Advances, 1(5),
  e1400253.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R. y Dirzo, R. (2017).

  Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines.

  Proceedings of the National Academy of Sciences, 201704949.
- Chacón-Chaverri, D. y Eckert, K. L. (2007).

  Leatherback Sea Turtle Nesting at
  Gandoca Beach in Caribbean Costa Rica:
  Management Recommendations from
  Fifteen Years of Conservation. Chelonian
  Conservation and Biology; Lawrence,
  6(1), 101-110.
- Cheng, I.-J., Huang, C.-T., Hung, P.-Y., Ke, B.-Z. y Kuo, C.-W. (2009). Ten Years of Monitoring the Nesting Ecology of the Green Turtle, Chelonia mydas, on Lanyu (Orchid Island), Taiwan. *Zoological Studies*, 12.
- CITES. (1978). Convention sur le Commerce International des Especes de Faune et de Flore Sauvages Menacees D'Extinction. *Environmental Policy and Law, 4*(1), 51-52.

- CONANP y SEMARNAT. (2018). Programa de acción para la conservación de la especie tortuga carey, (Eretmochelys imbricata) (p. 87). México : Gobierno federal.
- Cuvillier, A. (2016). Dynamique et fonctionnement des herbiers marins dans un complexe récifal anthropisé (île de la Réunion, océan Indien). Université de la Réunion, île de la Réunion.
- Davenport, J. y Davenport, J. L. (2006). The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1-2), 280-292.
- El Universal. (2019, 12 juin). El gobierno declara emergencia por el recale de sargazo en Quintana Roo. *El Diario de Yucatán*. Repéré à https://www.yucatan.com.mx/mexico/e l-gobierno-declara-emergencia-por-elrecale-de-sargazo-en-quintana-roo
- Ficetola, G. F. (2007). The influence of beach features on nesting of the hawksbill turtle Eretmochelys imbricata in the Arabian Gulf. *Oryx; Cambridge, 41*(3), 402-405.
- Florenne, T., Guerber, F. y Colas-Belcour, F. (2016). Le phénomène d'échouage des sargasses dans les Antilles et en Guyane (p. 406).
- Foley, A. M., Peck, S. A. y Harman, G. R. (2006). Effects of Sand Characteristics and Inundation on the Hatching Success of

- Loggerhead Sea Turtle (Caretta caretta) Clutches on Low-Relief Mangrove Islands in Southwest Florida. *Chelonian Conservation and Biology*, *5*(1), 32-41.
- Fraga, J., Villalobos, G., Doyon, S. y Garcia, A.

  (2008). Descentralizacion y
  Manejo Ambiental. Ottawa
  : International
  Development Research Centre. Repéré à
  http://public.eblib.com/choice/publicful
  lrecord.aspx?p=4954137
- Gall, S. C. y Thompson, R. C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, *92*(1-2), 170-179.
- Gobierno de Quintana Roo. (2019). Mahahual se coloca como destino emergente para el turismo internacional y de cruceros.

  Repéré à https://www.qroo.gob.mx/qroo/mahah ual-se-coloca-como-destino-emergentepara-el-turismo-internacional-y-decruceros
- Hays, G. C., Adams, C. R. y Speakman, J. R. (1993). Reproductive investment by green turtles nesting on Ascension Island. *Canadian Journal of Zoology*, 71(6), 1098-1103.
- IUCN. (2011). La vie sauvage dans un monde en mutation la liste rouge de l'UICN des espèces menacées: analyse de la liste 2008 (édité par J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor y S. N. Stuart). Gland: UICN.
- Jensen, M. P., Allen, C. D., Eguchi, T., Bell, I. P.,

- LaCasella, E. L., Hilton, W. A., ... Dutton, P. H. (2018). Environmental Warming and Feminization of One of the Largest Sea Turtle Populations in the World. *Current Biology*, *28*(1), 154-159.e4.
- Kam, Y.-C. (1994). Effects of Simulated Flooding on Metabolism and Water Balance of Turtle Eggs and Embryos. *Journal of Herpetology*, 28(2), 173-178.
- Lutz, P. L. y Musick, J. A. (2017). *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press.
- Murray, G. (2007). Constructing Paradise: The Impacts of Big Tourism in the Mexican Coastal Zone. *Coastal Management*, *35*(2-3), 339-355.
- Oliver de la Esperanza, A., Arenas Martínez, A.,
  Tzeek Tuz, M. y Pérez-collazos, E. (2017).
  Are anthropogenic factors affecting
  nesting habitat of sea turtles? The case
  of Kanzul beach, Riviera Maya-Tulum
  (Mexico). Journal of Coastal
  Conservation; Dordrecht, 21(1), 85-93.
- Rizkalla, C. E. y Savage, A. (2011). Impact of Seawalls on Loggerhead Sea Turtle (Caretta caretta) Nesting and Hatching Success. *Journal of Coastal Research;* Fort Lauderdale, 27(1), 166-173.
- Rodríguez-Martínez, R. E., Medina-Valmaseda, A. E., Blanchon, P., Monroy-Velázquez, L. V., Almazán-Becerril, A., Delgado-Pech, B., ... García-Rivas, M. C. (2019). Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic Sargassum. *Marine Pollution Bulletin*,

- *146*, 201-205. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.06.015
- Salleh, S. M., Nishizawa, H., Ishihara, T., Sah, S. A. M. y Chowdhury, A. J. K. (2018).

  Importance of Sand Particle Size and Temperature for Nesting Success of Green Turtles in Penang Island, Malaysia. *Chelonian Conservation and Biology*,

  17(1), 116-122. doi:10.2744/CCB-1266.1
- SEMARNAT. (2010). NORMA Oficial Mexicana 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. Repéré à http://www.dof.gob.mx/normasOficiale s/4254/semarnat/semarnat.htm
- SEMARNAT, CONANP y PNUD.

  (2018a). PROGRAMA DE

  ACCION PARA LA

  CONSERVACIÓN DE LA

  ESPECIE TORTUGA CAGUAMA

  (Caretta caretta)

  (p. 56). Gobierno federal.
- SEMARNAT, CONANP y PNUD.

  (2018b). PROGRAMA DE

  ACCION PARA LA

  CONSERVACIÓN DE LA

  ESPECIE TORTUGA

  VERDE/NEGRA (Chelonia mydas)

  (p. 62). Gobierno federal.
- Stokes, H. J., Mortimer, J. A., Hays, G. C., Unsworth, R. K. F., Laloë, J.-O. y Esteban, N. (2019). Green turtle diet is dominated

by seagrass in the Western Indian Ocean except amongst gravid females. *Marine Biology*, *166*(10), 135.

- Summers, T. M., Martin, S. L., Hapdei, J. R., Ruak, J. K. y Jones, T. T. (2018). Endangered Green Turtles (Chelonia mydas) of the Northern Mariana Islands: Nesting Ecology, Poaching, and Climate Concerns. Frontiers in Marine Science, 4. Repéré à https://www.frontiersin.org/articles/10. 3389/fmars.2017.00428/full
- Thayer, G. W., Bjorndal, K. A., Ogden, J. C., Williams, S. L. y Zieman, J. C. (1984).

  Role of Larger Herbivores in Seagrass

  Communities. *Estuaries*, 7(4), 351-376.
- Tomillo, P. S., Robinson, N. J., Sanz-Aguilar, A., Spotila, J. R., Paladino, F. V. y Tavecchia, G. (2017). High and variable mortality of leatherback turtles reveal possible anthropogenic impacts. *Ecology*, *98*(8), 2170-2179.
- UNWTO. (2018). *UNWTO Annual Report 2017*. World Tourism Organization (UNWTO).
- Vos, B., Foursoff, W., de Bruijn, L. y Brujin, W. (2016). *Coastal seaweed solutions*. Delft University of Technology.
- White, E. M., Clark, S., Manire, C. A., Crawford, B., Wang, S., Locklin, J. y Ritchie, B. W. (2018). Ingested Micronizing Plastic Particle Compositions and Size

Distributions within Stranded PostHatchling Sea Turtles. *Environmental Science & Technology*, 52(18), 10307-10316.

- WWF. (2017). *Belize marine turtle report 2017*. Belize.
- WWF. (2018). Living Planet Report 2018: Aiming Higher (p. 75). Switzerland.
- Xavier, R., Barata, A., Cortez Palomo, L., Queiroz, N. y Cuevas, E. (2006). Hawksbill turtle (Eretmochelys imbricata Linnaeus 1766) and green turtle (Chelonia mydas Linnaeus 1754) nesting activity (20022004) at El Cuyo beach, Mexico.

  Amphibia-Reptilia, (27), 539-547.
- Yalçın-Özdilek, Ş., Özdilek, H. G. y Ozaner, F. S. (2007). Possible Influence of Beach Sand Characteristics on Green Turtle Nesting Activity on Samandağ Beach, Turkey.

  Journal of Coastal

  Research, 236, 1379-1390.
- Zavaleta-Lizárraga, L. y Morales-Mávil, J. E. (2013). Nest site selection by the green turtle (Chelonia mydas) in a beach of the north of Veracruz, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(3), 927-937.