



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE
LOS RECURSOS NATURALES
(INIRENA)**

**“Calentamiento Global y sus Impactos sobre la Integridad del
hábitat Anidatorio de Tortuga Negra (*Chelonia agassizii*) en la
Zona de Reserva Colola.”**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS EN LIMNOLOGIA Y ACUICULTURA

PRESENTA:

BIOL. YURITZI CALVILLO GARCIA

A s e s o r

**Maestro en Ciencias en Conservación y Manejo de
Recursos Naturales. Carlos Delgado**

Morelia, Michoacán, Febrero de 2014.



Índice

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	3
3. Objetivos.....	6
4. Área de estudio.....	7
4.1. Localización.....	7
4.2. Hidrología.....	8
4.3. Clima.....	9
4.4. Vegetación.....	9
4.5. Corrientes oceánicas.....	10
4.6. Variaciones del nivel medio del mar.....	12

Capítulo 1

Perdida de hábitat anidatorio

Resumen.....	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
2. Métodos.....	19
2.1. Método para la creación del Modelo Digital de Elevación.....	20
2.2. Método de interpolación.....	21
2.3 Anidación.....	21
3. Resultados	22
4. Discusión.....	30
5. Conclusiones.....	32
6. Literatura citada.....	33

Capítulo 2

1. Discusión sobre las Implicaciones del incremento del nivel del mar en la recuperación de tortuga negra.....	37
2. Conclusiones.....	40
3. Literatura citada.....	42

Índice de Figuras

Figura 1. Cría de tortuga golfina en su camino al mar.....	3
Figura 2. Hembra de tortuga negra regresando al mar en Colola.....	4
Figura 3. Panorama de temperaturas actuales en el mundo.....	5
Figura 4. Ubicación de la costa de Michoacán.....	7
Figura 5. Desembocadura del Río Huahua en la costa de Michoacán.....	8
Figura 6. Selva Baja Caducifolia en temporada de lluvias en las inmediaciones de Colola.....	10
Figura 7. Patrón de circulación de corrientes cálidas y frías en las cuencas oceánicas.....	12
Figura. 8. Ubicación geográfica del área de estudio.....	19
Figura 9. Imagen del levantamiento topográfico de la playa de Colola.....	20
Figura 10. Simulación de un escenario de aumento del nivel del mar de 50 cm esperado en un periodo de 50 años en la playa de Colola, Michoacán, México.....	22
Figura 11. Simulación de un escenario de aumento del nivel del mar de 1.40 m esperado en un periodo de 100 años en la playa de Colola, Michoacán, México.....	23
Figura 12. Simulación de un escenario de aumento del nivel del mar de 5 m en la playa de Colola, Michoacán, México.....	24
Figura. 13. Imagen de la playa de Colola ilustrando la simulación correspondiente a 5 m de aumento del nivel del mar y la ubicación geográfica de los nidos de tortugas.....	26
Figura 14. Perfiles de la playa de Colola, Michoacán, México.....	27

Índice de Tabla

Tabla 1. Perdida de área de anidación de la paya de Colola, Michoacán.....	24
--	----

1.-INTRODUCCION

Las tortugas marinas son un grupo de reptiles que tienen una extraordinaria historia evolutiva de aproximadamente 150 millones de años, a lo largo de la cual han sorteado eventos de extinción de especies como la que termino con el linaje de los dinosaurios hace 65 millones de años. Actualmente las tortugas marinas han enfrentado una disminución de individuos en casi todas sus poblaciones en todo el planeta debido principalmente a actividades humanas como la sobre explotación de sus poblaciones, la captura incidental, la degradación y pérdida de sus hábitats y frecuentemente las enfermedades como la fibropapilomatosis que se ha reportado en casi todas las especies y en la mayor parte de sus poblaciones en algunas hasta con el 70% de la población afectada.

A pesar de que en las últimas tres décadas se han hecho esfuerzos por la recuperación de las poblaciones de tortuga marina amenazadas con la extinción, algunos con resultados exitosos como el caso de la tortuga lora en Tamaulipas, México y el sur de Texas en los Estados Unidos, en la actualidad, una nueva amenaza para la sobrevivencia de las tortugas marinas está poniendo en peligro las poblaciones de tortuga marina y de muchas otras especies incluyendo la nuestra. El cambio climático una amenaza global provocada por el incremento de gases de efecto de invernadero en la atmósfera y cuya fuente se puede atribuir a las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, está teniendo impactos negativos en muchas especies animales y vegetales por el incremento de temperatura. El incremento de la temperatura media del planeta afectará en el corto, mediano y largo plazo a las poblaciones de tortuga marina en todo el globo.

El Fondo Mundial para la Conservación de la Naturaleza (Fish y Drews, 2009), estima que el cambio climático tendrá impactos negativos en las poblaciones de tortuga marina en los siguientes aspectos: 1) sobrevivencia de las crías por desecación e inundación del sustrato incubatorio a través del incremento de la tabla de agua, 2) Perdida del hábitat anidatorio por erosión e inundación de

las playas de anidación y 3) desviación en la proporción sexual de las crías producidas a través de la eliminación de la producción de machos.

Los impactos del cambio climático tendrán efectos distintos dependiendo de las regiones del planeta. Las proyecciones y modelajes de los diferentes escenarios de cambio climático usando técnicas de modelaje probabilístico en Australia (Queensland) sugieren que para el 2030 la temperatura se incrementará en 0.8 °C regionalmente (con un rango incierto de 0.6 a 1.1 °C). La tasa de incremento de temperatura dependerá del escenario de emisiones de carbono. Las altas emisiones significarán que el incremento de la temperatura sea muy rápido. Las temporadas de sequía generalmente serán significativamente más húmedas y las temporadas húmedas serán ligeramente secas, especialmente para el 2070. Los ciclones serán más frecuentes y más intensos. El nivel del mar podría aumentar entre 13 y 20 cm (por arriba de los niveles registrados en 1990) para el 2030, potencialmente incrementándose entre 49 y 89 cm para el 2070 incluso sobre un escenario de bajas emisiones de carbono (MTSRF-AIMS, 2009). La combinación de estos factores, incremento del nivel del mar, grandes tormentas, la variabilidad e intensidad de las lluvias significan un potencial para la inundación y pérdida de hábitats costeros, afectarán de manera considerable las poblaciones de tortuga marina, es fundamental generar los escenarios de riesgo para cada población de tortuga marina para establecer y generar las estrategias que permitan mitigar los impactos de cambio climático sobre las poblaciones de tortuga marina en Michoacán.

2. ANTECEDENTES

Para organismos que ponen huevos, el lugar de anidación tiene importantes consecuencias para el éxito reproductivo, cuando las tortugas emergen para anidar, usualmente ingresan a un ambiente relativamente grande y heterogéneo en el cual deben de seleccionar su sitio de anidación. El lugar donde colocan su nido puede afectar su éxito reproductivo y su adecuación a través de su propia sobrevivencia, a través del éxito de su descendencia (Bjorndal y Bolten, 1992).

Las crías que emergen de lugares alejados del mar tienen que pasar largas jornadas para alcanzar el mar, durante las cuales están expuestas a la depredación, desorientación y a quedar atrapadas (fig.1). Debido a que las tortugas marinas exhiben determinación del sexo por temperatura, el sitio de anidación puede afectar la proporción sexual de las crías (Mrosovsky e Yntema, 1980; Morreale *et al.*, 1982).



Figura 1. Cría de tortuga golfina en su camino al mar.

La distribución de los nidos ha recibido mucha atención en tortuga Laúd (*Dermochelys coriacea*) probablemente porque grandes proporciones de nidadas

de tortuga Laúd están expuestas a pérdidas por erosión e inundación por oleaje (Schulz, 1975; Mrosovsky, 1983; Eckert, 1987).

Uno de los retos más importantes para la conservación y manejo de las tortugas marinas son los posibles efectos a largo plazo del incremento del nivel medio del mar como parte del efecto de invernadero y el cambio climático global, dadas las características reproductivas de las tortugas marinas, particularmente la fidelidad por el sitio de anidación, el sexo dependiente de la temperatura, décadas para alcanzar la madurez sexual y un largo período reproductivo (fig.2).



Figura 2. Hembra de tortuga negra regresando al mar en Colola.

Se ha especulado que el impacto del calentamiento global en las tortugas marinas afectara aspectos importantes relacionados con su sobrevivencia: las predicciones sobre el incremento de la temperatura atmosférica tendrá como resultado el incremento en la temperatura de la arena de las playas de anidación, lo cual a su

vez, afectará la proporción sexual de las crías, con más producción de hembras(fig.3). Por otra parte, el calentamiento global incrementará la frecuencia e intensidad de las tormentas oceánicas que se traducirá en la reducción de las islas cercanas al ecuador particularmente las más someras y alterará la forma de las playas continentales (Mrosovskyet *al.*, 1984; Davenport 1989).

A manera de hipótesis podemos mencionar que si las temperatura del planeta continúa incrementándose, entonces el incremento del nivel medio del mar se incrementará por el deshielo de glaciares en el ártico y la Antártida, esto traerá como consecuencia la inundación de zonas costeras alrededor del planeta que implica para las tortugas marinas la pérdida significativa de hábitat anidatorio en las playas de anidación en la zona tropical subtropical del planeta comprometiendo su sobrevivencia en el largo plazo.

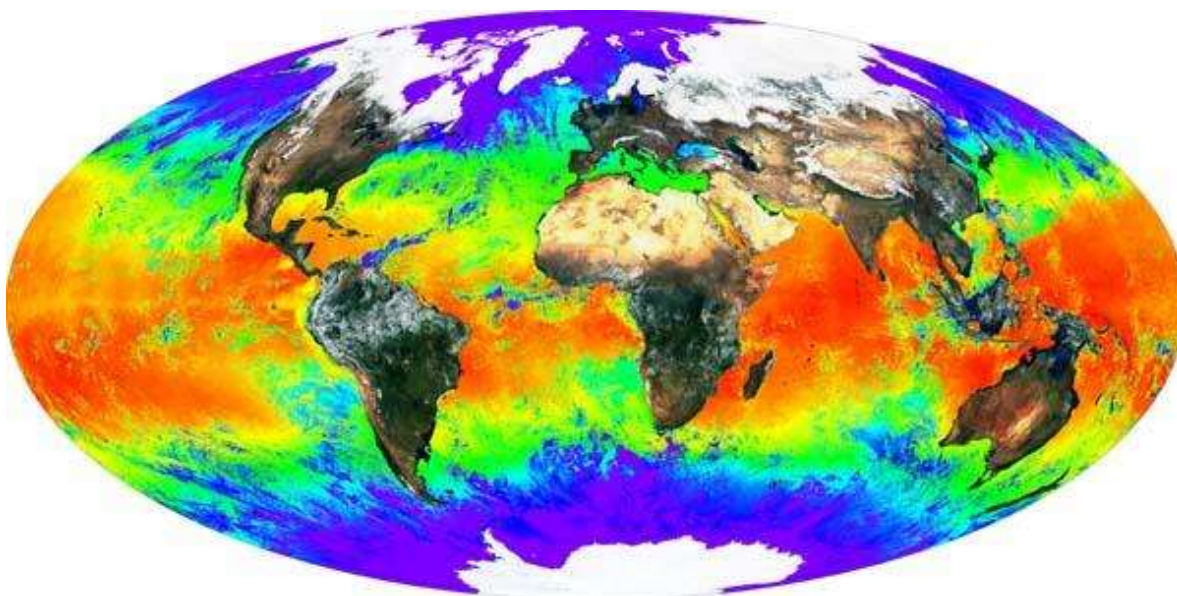


Figura 3. Panorama de temperaturas actuales en el mundo

3. OBJETIVOS

Objetivo General

1. Evaluar los impactos del cambio climático sobre el hábitat anidatorio de las tortugas marinas en litoral de Michoacán.

Objetivos Particulares.

1. Evaluar escenarios de pérdida de hábitat anidatorio por incremento del nivel del mar por efectos de calentamiento global en la costa de Michoacán.
2. Discutir las implicaciones de los resultados obtenidos sobre la pérdida del hábitat anidatorio sobre el futuro de la población de tortuga negra en Michoacán.

4. AREA DE ESTUDIO

El litoral de Michoacán es una de las zonas más importantes para la reproducción de tres especies de tortuga marina, la tortuga negra (*Chelonia agassizii* o *Chelonia mydas agassizii*), la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*). Las poblaciones de estas especies forman uno de los ensamblajes más importantes de tortuga marina en la cuenca del pacífico.

4.1 Localización

El área de estudio queda comprendida dentro de la planicie costera de Michoacán, la cual forma parte del litoral del Pacífico de México (fig. 4). La costa michoacana se localiza al Sur de la Sierra Madre del Sur, con una topografía accidentada a causa de su reciente emersión (Eoceno). Los límites de la línea costera son: Al Este el Río Balsas y al Oeste el Río Coahuayana, quedando el Océano Pacífico al Sur. La zona costera del Estado de Michoacán consta de aproximadamente 208 Km. de longitud y está ubicada dentro de tres municipios: Lázaro Cárdenas, Aquila y Coahuayana (García y Reyna, 1969).

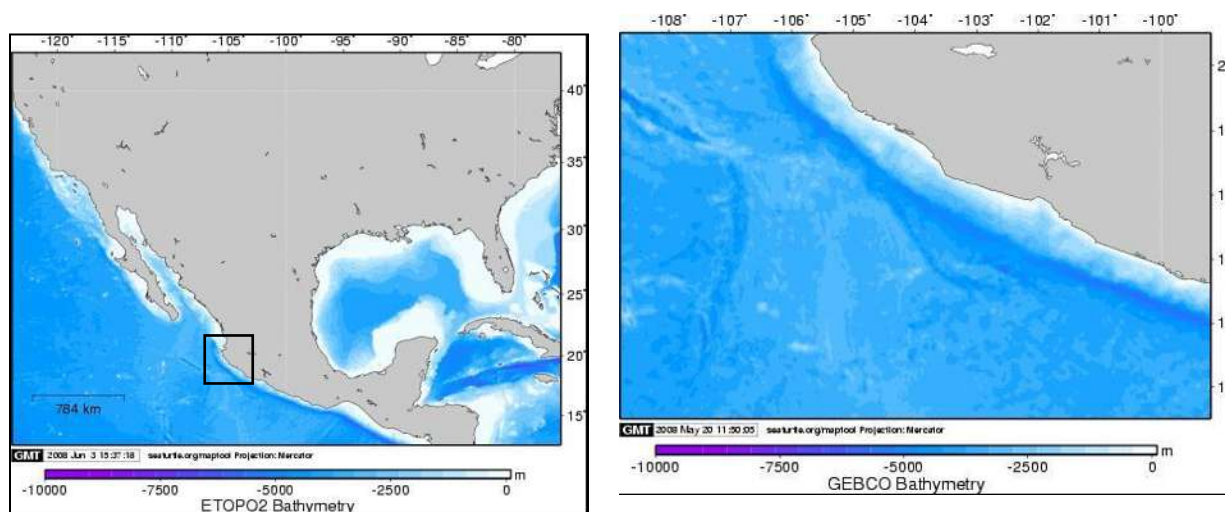


Figura 4. Ubicación de la costa de Michoacán

4.2 Hidrología

La región hidrológica de la costa de Michoacán, comprende corrientes situadas entre los ríos Coahuayana y Mezcala, que desembocan al océano pacífico. Esta a su vez se subdivide en 2 regiones o cuencas, la cuenca del Río Nexpa y otros y la cuenca del Río Cachan o Coalcomán y otros (fig. 5).

El Río Cachan o Coalcomán se forma junto al Río de la mariposa, vecino a la localidad el agostadero. Entre sus afluentes, se encuentran los ríos tinajas, el chiquito, el Ixtala, el Chichihua, el Chocola y el de San José desembocando al sur de la localidad de Cachan.



Figura 5. Desembocadura del Río Huahua en la costa de Michoacán.

El Río Coahuayana es el constituyente entre el límite Michoacán y Colima desemboca en la boca de Apiza y tienen varios tributarios importantes como Huihuitla, el arroyo de agua fría y el Amatique (Atlas Geográfico Estado de Michoacán).

El Río Nexpa tiene afluentes remontantes tanto en el municipio de Coalcomán como en los de Aguililla, Apatzingán y Tumbiscatio. Recibe el nombre de Nexpa donde se unen **los ríos aguillillas y cachal**.

4.3. Clima

La planicie costera de Michoacán es una región muy cálida, con temperatura media anual mayor de 26°C y una época lluviosa en verano que abarca desde el mes de junio hasta Octubre pudiendo existir una canícula intraestival. Estas condiciones son similares a lo largo de toda la costa por lo que el tipo de clima, aunque con pequeñas variaciones Aw”o(w)in)g siendo el clima cálido, el más seco de los subhúmedos con lluvias en verano, con canícula intraestival y un porcentaje bajo de lluvia invernal; con oscilación térmica anual entre 5°C y 7°C, y una marcha anual de la temperatura tipo Ganges” (García y Reyna, 1969).

4.4. Vegetación

La cubierta vegetal de la región costera de nuestro estado, está constituida por cinco tipos de asociaciones: Bosque Tropical Caducifolio, Bosque Tropical Subdeciduo, Manglares, Dunas costeras y Palmar (González, 1981). Pero en general la vegetación dominante en la costa michoacana es el bosque tropical caducifolio (fig.6).



Figura 6. Selva Baja Caducifolia en temporada de lluvias en las inmediaciones de Colola.

4.5. Corrientes oceánicas

Hay dos tipos de corrientes en el océano: las corrientes superficiales, que constituyen el 10% del agua del océano y se encuentran desde los 400 m hacia arriba y las corrientes de agua profunda o la circulación termohalina que afectan el otro 90% del océano.

Las corrientes oceánicas están influenciadas por fuerzas que inician el movimiento de las masas de agua, estas son: el calentamiento solar y los vientos. El balance entre otro tipo de fuerzas influye en la dirección del flujo de las corrientes, la fuerza de Coriolis (que es siempre hacia la derecha en el Hemisferio Norte) y la gravedad la cual se dirige hacia el gradiente de presión. Estas corrientes marinas se conocen como Corrientes Geostroficas, (del griego *strophe*, giro: fuerzas provocadas por la rotación de la tierra) (fig.7).

El litoral michoacano está influenciado por tres sistemas de corrientes a) la corriente de california; b) la deriva de costa rica; c) la norecuatorial, que son parte

de la gran circulación del pacifico Norte; la cuales son impulsadas por los vientos alisios del sudeste, (cartas de deriva superficial para el océano pacifico oriental tropical, Cromwelly y Bennett, 1959; 1965 en león, 1983).

En general el pacifico del estado de Michoacán presenta patrones de circulación tanto en verano como en invierno, los cuales tienen su origen en los grados de dominancia de la contracorriente Ecuatorial y de la corriente de California.

Patrón de verano: en esta época las corrientes predominantes son cálidas (28°C) y alta salinidad (36%) lo cual identifica su origen en la zona ecuatorial. Esta predominancia de la corriente Ecuatorial alcanza el punto más septentrional en la entrada del Golfo de California formando el llamado frente frío de verano. En el pacifico mexicano esta corriente recibe el nombre de corriente mexicana.

Patrón de invierno: en esta época las corrientes predominantes son frías (20°C) y de menor salinidad (34%) lo cual identifica su origen en las altas latitudes del hemisferio norte. Esta predominancia de la corriente de California alcanza como punto más distal las costas del estado de Guerrero formando el llamado frente de invierno. Los frentes corresponden a la zona donde las masas acuáticas de cada corriente chocan y cambian su curso para conjuntamente dar origen a la corriente Norecuatorial.

León (1983) menciona que la corriente fría de California domina hacia el sur en los primeros meses del año; siendo esta la causa de que temperaturas más bajas se presenten en los meses de Mayo a Septiembre, la convergencia intertropical se desplaza hacia el norte dominando la corriente deriva de costa Rica y la Norecuatorial, provocando por lo tanto aumento de temperatura (Méndez y Avalos, 1992).

En el giro del Pacífico Sur, tenemos la Corriente Ecuatorial del Pacífico Sur que eventualmente baja como la Corriente Australiana y cruza el océano como la Corriente del Pacífico Sur. Luego sube como la corriente del Perú tornándose otra vez en la Corriente Ecuatorial del Pacífico Sur, para completar el giro del Pacífico

CAPITULO 1

(Artículo)

PERDIDA DE HABITAT ANIDATORIO

Resumen

La modelación de escenarios de inundación debido al aumento del nivel del mar es una herramienta clave en los estudios de conservación de las áreas de anidación de las tortugas marinas. La playa de Colola en Michoacán, México, es el principal sitio de anidación de la tortuga negra (*Chelonia mydas agassizii*), especie catalogada en peligro de extinción. Para evaluar el impacto del aumento del nivel del mar por el calentamiento global en áreas de anidación de las tortugas marinas realizamos un levantamiento topográfico de detalle de la playa de Colola, para generar modelos de inundación en tres diferentes escenarios de incremento del nivel del mar (0.5m, 1.40m y 5m.) usando un sistema de información geográfica y un modelo digital de elevación. Los resultados mostraron que en los escenarios de aumento del nivel del mar de 0.5 y 1.40 m los sitios de anidación preferidos por las tortugas no se ven afectados. Mientras que la simulación de aumento del nivel del mar de 5m se observa un cambio dramático con la pérdida del área de anidación casi en su totalidad, quedando la zona de estudio sin área de anidación para las tortugas marinas. Los resultados obtenidos sobre los diferentes escenarios de cambios de nivel del mar y la pérdida de áreas de anidación nos permiten pronosticar el futuro de las poblaciones de tortugas marinas en Michoacán y crear estrategias para su conservación.

Palabras clave: Tortugas marinas, modelación, aumento del nivel del mar, cambio climático, áreas de anidación,

Abstract

The scenario modeling flood due to sea level rise is a key tool in conservation studies of nesting areas for sea turtles. Colola beach in Michoacan, Mexico, is the main nesting site for the green turtle (*Chelonia mydas agassizii*), a species listed endangered. To assess the impact of rising sea levels due to global warming in areas of nesting sea turtles conducted a detailed survey of beach Colola to generate flood models in three different scenarios of sea level rise (0.5m, 1.40m y 5m) using a geographic information system and a digital elevation model. The results showed that in the scenarios of sea level rise of 0.5 m and 1.40 preferred nesting sites for turtles are not affected. While the simulation of sea level rise of 5m a dramatic change is observed with the loss of nesting area almost entirely , leaving the study area without nesting area for sea turtles. The results obtained on the different scenarios of sea level changes and loss of nesting allow us to predict the future of sea turtle populations in Michoacán and create strategies for their conservation.

Keywords: sea turtles, modeling, sea level rise, climate change, nesting.

1. INTRODUCCION

La historia de vida y la biología de las tortugas marinas están finamente sintonizadas a sus condiciones ambientales. Las condiciones cambiantes en áreas de anidación y forrajeo, que podrían limitar el potencial de crecimiento y reproducción, son potencialmente graves para poblaciones que ya están bajo presión a nivel mundial debido a una alta mortalidad por pesquerías, sobre-explotación y modificación de hábitat (Lutcavage et al., 1997).

Las tortugas marinas son especies muy antiguas cuya capacidad de adaptación está determinada por la rapidez y escala geográfica a la que ocurren los cambios en el ambiente; si bien sobrevivieron a las cuatro grandes glaciaciones del Pleistoceno y otra multitud de eventos de menor magnitud, que llevó a la extinción de los grandes mamíferos y han mantenido mecanismos fisiológicos que les han permitido amortiguar el efecto de los eventos cuyos ciclos son de corto y mediano plazo, sin embargo se desconoce el impacto del incremento acelerado de la temperatura y los procesos asociados con éste.

Todas las especies de tortugas marinas son de interés para la conservación que cada vez se ven afectados por una serie de amenazas naturales y antropogénicas. Sin embargo, a pesar de muchos esfuerzos que se han hecho en los últimos dos decenios para comprender y mitigar las amenazas a las tortugas marinas (Lutcavage et al., 1997; Watson et al., 2005), hasta hace poco, se le prestaba poca atención a la amenaza del cambio climático sobre este taxón (Mrosovsky, 1984 y Davenport, 1989).

Se espera que el cambio climático afecte directamente a organismos individuales, a poblaciones, a la distribución de especies, y al funcionamiento de los ecosistemas (IPCC, 2002). La elevación del nivel del mar es probablemente el impacto antropogénico más importante del cambio climático en este siglo (Grinstedet *al.*, 2009). El aumento del nivel del mar amenaza con erosionar los principales sitios de anidación para las tortugas marinas, donde la infraestructura

u obstáculos naturales impiden el retroceso de las playas (Drews y Fonseca, 2009).

Para las tortugas marinas el lugar donde colocan su nido puede afectar su éxito reproductivo y su adecuación a través de su propia sobrevivencia, a través del éxito de su descendencia (Bjordal y Bolten, 1992). Aunque no es enteramente claro porque algunas playas son usadas por las tortugas para depositar sus huevos, Mortimer (1982) identifica los siguientes requerimientos generales para las playas de anidación:

- 1) Las playas deben ser accesibles desde el mar;
- 2) La playa debe ser alta para prevenir la inundación de los huevos por efectos del oleaje o por el incremento del nivel freático.
- 3) El sustrato debe facilitar la difusión de gases; y,
- 4) El sustrato debe ser húmedo y suficientemente fino para prevenir el colapso de la cámara del nido durante su construcción.

La elevación del nivel del mar y el incremento en la frecuencia e intensidad de huracanes afectarán aún más a las playas. La pendiente de la playa está en función de diversos factores, entre ellos la geomorfología de la zona, el oleaje, las tormentas y el tamaño de grano de arena (Bird, 1996).

Los estudios de cambios de nivel del mar por calentamiento global pronostican diferentes escenarios. Se esperan incrementos de nivel del mar de 18 cm a 59 cm a finales del siglo XXI (IPCC, 2007). Un calentamiento de entre 1.5 y 5 °C significaría un posible ascenso del nivel del mar de entre 20 y 165 cm (Lara, 2008). Se estiman 75 a 190cm de aumento para el periodo de 1990 a 2100 (Veermeer y Rahmstorfb, 2009). Mientras que Hoffman *et al.* (1983) estiman un ascenso del nivel del mar de 26 a 39 cm para 2025 y de 91 a 136 cm para 2075.

El Fondo Mundial para la Conservación de la Naturaleza (Fish y Drews, 2009), estima que el cambio climático tendrá impactos negativos en las poblaciones de tortuga marina en los siguientes aspectos:

- 1) Mortalidad de las crías por desecación e inundación del sustrato incubatorio a través del incremento del nivel freático.
- 2) Pérdida del hábitat anidatorio por erosión e inundación de las playas.
- 3) Desviación en la proporción sexual de las crías producidas a través de la eliminación de la producción de machos.

Estudios realizados sobre el incremento del nivel del mar en las playas de anidación de las tortugas marinas demuestran una pérdida de hasta del 50% en estas áreas (Fishet *al.*, 2005). Otros estudio reportan que el desarrollo costero impide la migración hacia atrás de las playas (Fishet *al.*, 2008).

En la costa de Michoacán, México se encuentra el sitio de reproducción más importante a nivel mundial con aproximadamente el 70% de la población reproductora de tortuga negra (Delgado y Alvarado, 2005). La tortuga negra (*Chelonia agassizii*=*Cheloniamydas agassizii*) se considera como especie en peligro (World Conservation Union, 2001). De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-59-SEMARNAT (Diario oficial 6 de marzo 2002) se encuentra listado en la categoría de en **peligro de extinción**.

Las tortugas marinas tienen un gran valor económico y presentan una extrema vulnerabilidad a las actividades humanas, cuando menos durante la anidación. Su inclusión en la mayoría de las listas de especies amenazadas o en peligro de extinción es un reflejo de su sobreexplotación (Pritchard, 1997).

Por lo que es importante crear los modelos de inundación locales para conocer el riesgo a que se enfrentan las áreas de anidación por el cambio climático.

En este trabajo se hace una evaluación sobre el impacto de pérdida de hábitat anidatorio en distintos escenarios por el incremento del nivel del mar, debido a los efectos de calentamiento global, en la playa de Colola Michoacán, México.

2. MÉTODOS

Colola es una playa de 4.8 kilómetros de longitud y una anchura promedio de 150 metros que se localiza entre las coordenadas 103°24'3" O- 18°17'47" N, en el municipio de Aquila Michoacán (fig. 8). El poblado de Colola se localiza en el extremo oriente de la playa y al occidente está limitado por un afloramiento rocoso. El clima de la región es cálido húmedo (Alvarado y Huacuz, 1996), se distingue por la presencia de tormentas y fuertes vientos con precipitación pluvial de julio a octubre, y una extensa época de sequia en los meses de noviembre a julio. La vegetación predominante es selva baja caducifolia, selva mediana subperennifolia, manglar, dunas costeras y palmar (Alvarado y Huacuz, 1996).

La tortuga negra (*Chelonia agassizii*) tiene su principal sitio de anidación en la playa de Colola.

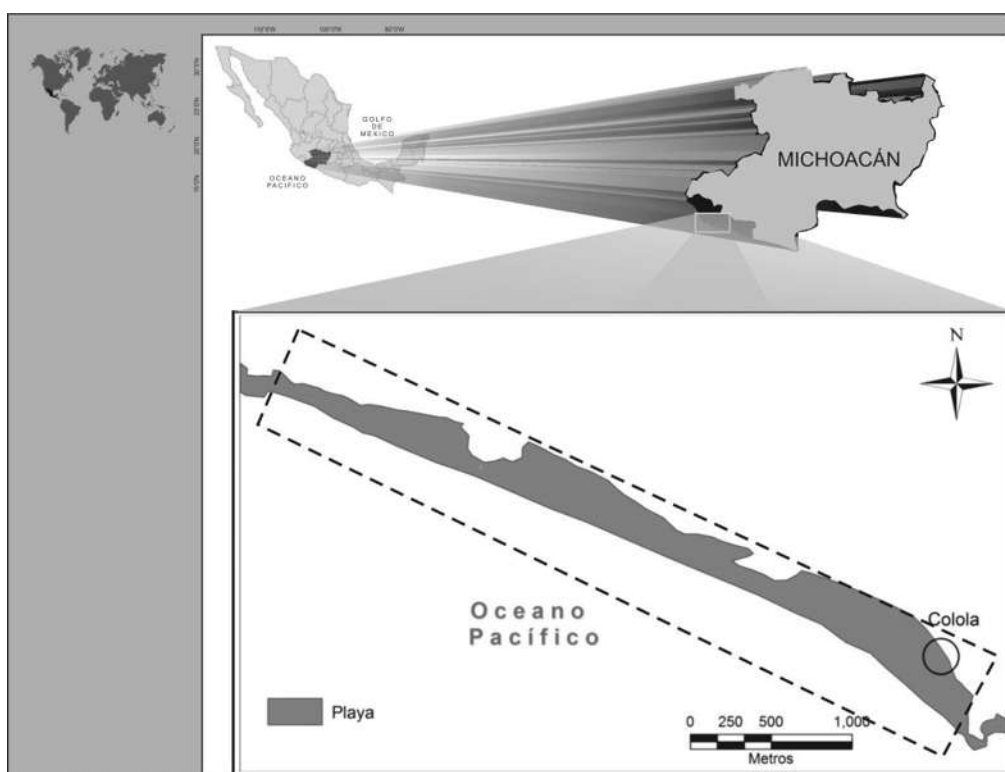


Figura. 8. Ubicación geográfica del área de estudio.

2.1. Método para la creación del Modelo Digital de Elevación

Los días 21, 22, y 23 de diciembre de 2011, la elevación del terreno se determinó mediante un levantamiento topografía de la playa de Colola con una estación total SOKKIA SET 630RK. Los datos se obtuvieron con una precisión vertical y horizontal de 3 mm de puntos equidistantes en > 11 m y máximos de < 40 m de distancia, y puntos al azar con elevaciones conocidos (Weibel y Heller, 1991). La línea de costa se representó por la interpretación visual de una imagen de satélite de Google Earth del 31 de octubre de 2005 (Google Earth, 2011).



Figura 9. Imagen del levantamiento topográfico de la playa de Colola.

2.2. Método de Interpolación

Las coordenadas geográficas y sus valores de altitud, fueron importadas al ambiente ArcGis (ArcGIS, 2013) y convertidas en un archivo vectorial de puntos. Con este archivo se construyó un modelo digital de elevación (MDE) con tamaño de pixel de 20 m. El Modelo Digital de Elevación se generó mediante el método de interpolación conocido como distancia inversa ponderada (IDW por sus siglas en inglés) implementado la herramienta Topo toRaster del ArcGis. Este método de interpolación determinísticos a escala local, se ha utilizado con buenos resultados en la interpolación de superficies con geomorfología plana y ha demostrado ser tan exacto como otras técnicas de interpolación (Aguilar et al., 2005; Arun, 2013). Este interpolador asume que cada punto en el conjunto de datos tiene una influencia local que disminuye con la distancia, y por lo tanto los valores de los puntos cerca del nodo que se procesan tienen mayor importancia o peso en la estimación del valor que se le asigna a él que los puntos que están más lejos (Burrough y McDonnell, 1998). Normalmente, la búsqueda se hace teniendo en cuenta una serie de puntos o un radio (en un círculo alrededor de la celda de interés)

Obtenido el modelo digital de elevación se realizaron simulaciones de posibles inundaciones de la playa de Colola bajo 3 diferentes escenarios de aumento en el nivel del mar. (50cm, 1.40cm y 5m). Los tres escenarios fueron basados en las predicciones actuales de aumento del nivel del mar en los próximos 50 años para el escenario de 50cm y 100años para el escenario de 1.40 cm (Rahmstorfb, 2009).

Los Perfiles topográficos de la Playa de Colola fueron trazados utilizando el modelo digital de elevación, y la pérdida de áreas de anidación debido a posibles escenarios de inundaciones se midieron utilizando ArcGIS.

2.3. Anidación

Las tortugas anidan principalmente en la plataforma media de playa, la cual es una zona térmicamente caliente, lejos de la línea de marea y libre de vegetación (Pérez, 2008). Para conocer la ubicación espacial de los nidos de tortuga se

muestrearon 300 nidos con un sistema portátil de posicionamiento global (GPS Garmin) a lo largo y ancho de la playa de Colola. Con la información obtenida de la ubicación de los puntos se superpusieron en los modelos de inundación para poder observar con un mejor detalle el impacto q puede tener el aumento del nivel del mar bajo los distintos escenarios.

3. RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos de las simulaciones de los modelos de inundación podemos observar que con un aumento de 50 cm del nivel mar las tortugas que arriban a la playa de Colola, no se verán afectas sus áreas de anidación ya que solo se perdería el 2% de playa (tabla 1), este aumento según la predicción de Rahmstorf es a 50 años (fig. 10).

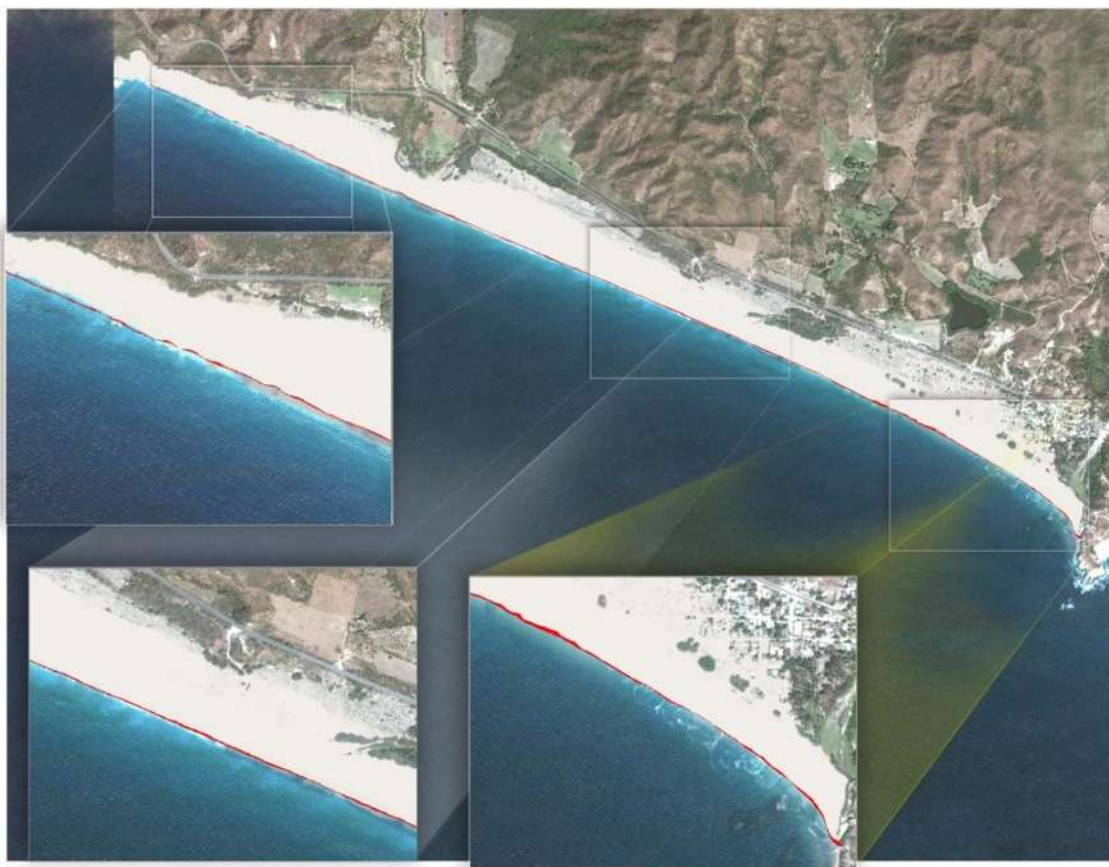


Figura 10. Simulación de un escenario de aumento del nivel del mar de 50 cm esperado en un periodo de 50 años en la playa de Colola, Michoacán, México.

La simulación de inundación con un ascenso del nivel del mar de 1.40 cm que corresponde a 100 años tampoco muestra una afectación ya que solo se perdería el 9% de área de anidación de la tortuga negra (Tabla 1), ya que esta tiende a anidar en la parte media y alta de la playa (fig. 11).



Figura 11. Simulación de un escenario de aumento del nivel del mar de 1.40 cm esperado en un periodo de 100 años en la playa de Colola, Michoacán, México.

Mientras que la simulación de inundación de 5 metros de aumento del nivel del mar muestra una pérdida del 54% de playa (Tabla 1), quedando solo manchones de playa, Colola tiene 2 salidas de ríos que al aumentar el nivel del mar buscarían su cauce natural dejando prácticamente sin área de anidación para la tortuga negra (fig. 12).



Figura 12. Simulación de un escenario de aumento del nivel del mar de 5 m en la playa de Colola, Michoacán, México.

Tabla 1. Pérdida de área de anidación de la paya de Colola, Michoacán.

Playa Colola	Pérdida de área de anidación	Escenario 50cm	Escenario 1.40m	Escenario 5m
	Hectáreas	1.24 ha	5.01 ha	31.95 ha
	Porcentaje	2%	9%	54%

En cuanto el Modelo en la playa de Colola que muestra la posición geográficamente referenciada de los nidos de tortuga negra podemos observar que en las simulaciones de inundación con ascenso del nivel del mar de 50cm y 1.40cm no se observa ninguna afectación o perturbación de manera directa, ya que los nidos quedan ubicados en la parte media y alta de la playa de Colola. Sin embargo, la simulación de inundación de ascenso del nivel del mar de 5m claramente muestra que el 45% de los nidos estarían afectados ya con el aumento del nivel del mar prácticamente se quedarían si áreas de anidación (fig. 13). Aunque se observa en este escenario zonas de anidación de tortuga negra al parecer sin afectaciones, la zona principal de anidación que corresponde a la plataforma media de la playa de Colola se perdería por completo, sin embargo, al ser una playa muy amplia (150 m de ancho promedio) las zonas cercanas a la vegetación al parecer no resultarían afectadas, pero el efecto de oleaje alto con una línea costera más cercana, afectaría sin duda estas zonas cercanas a la vegetación. Los Perfiles confirman que en el escenario de 5 m de ascenso de nivel del mar, una parte importante de la playa quedaría inundada (perfiles 2,3,4,5) y que en los perfiles 1 y 6 la playa queda totalmente cubierta por el mar (fig. 14).

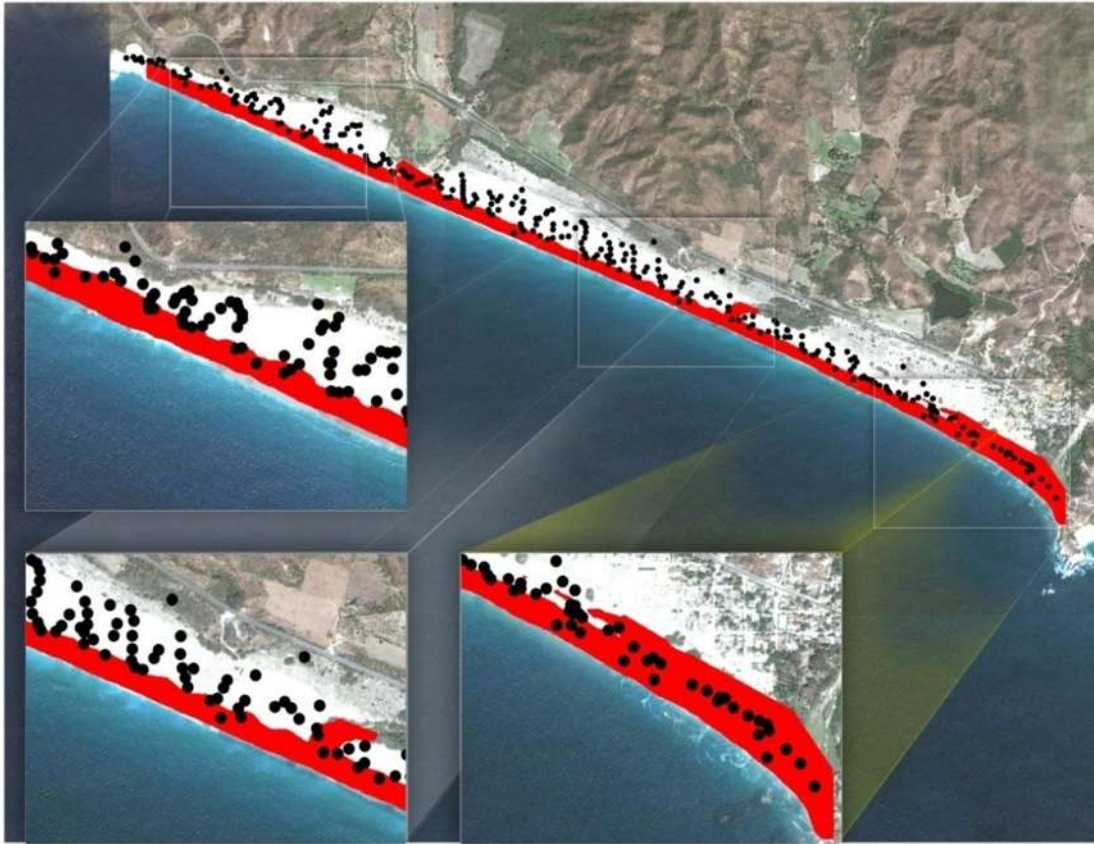


Figura. 13. Imagen de la playa de Colola ilustrando la simulación correspondiente a 5 m de aumento del nivel del mar y la ubicación geográfica de los nidos de tortuga.

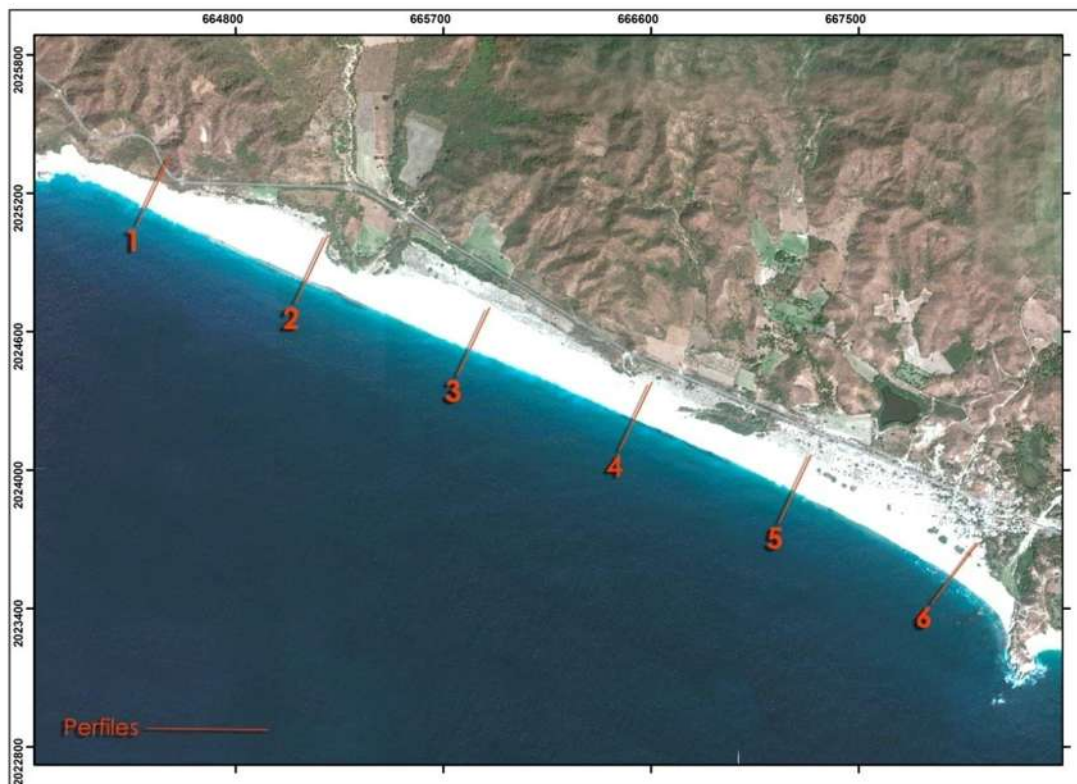
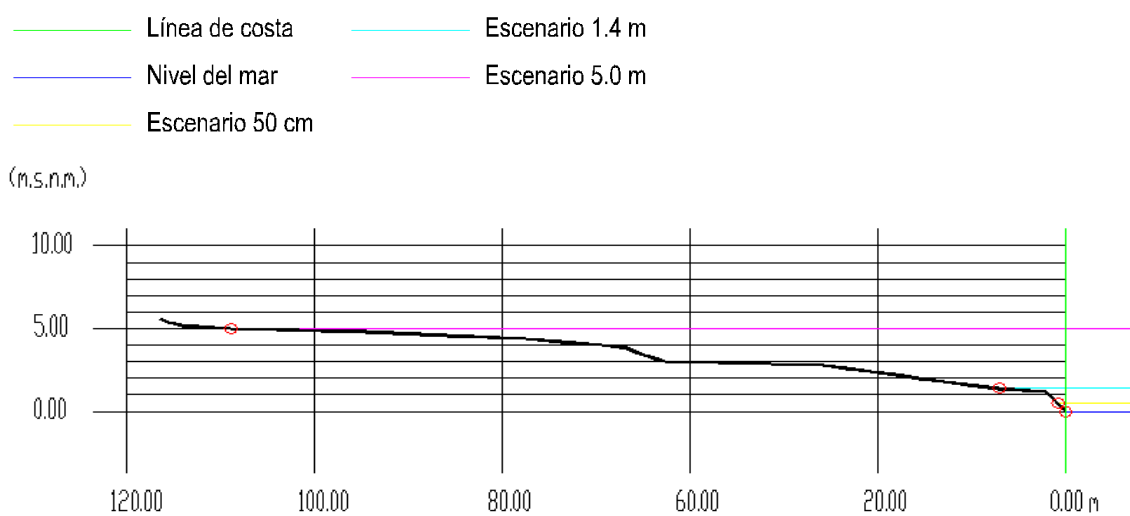
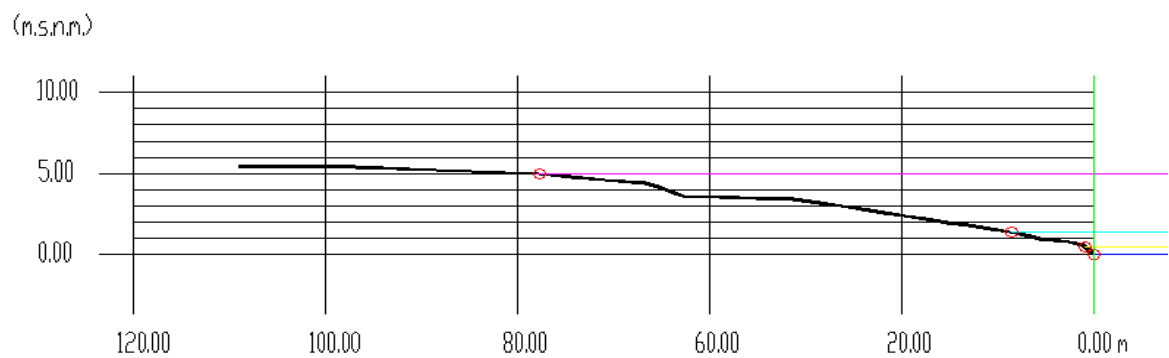
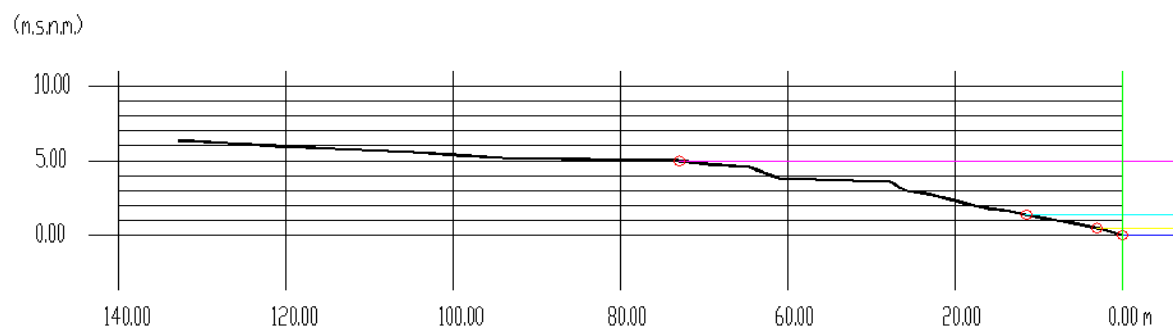


Figura 14. Perfiles de la playa de Colola, Michoacán, México.

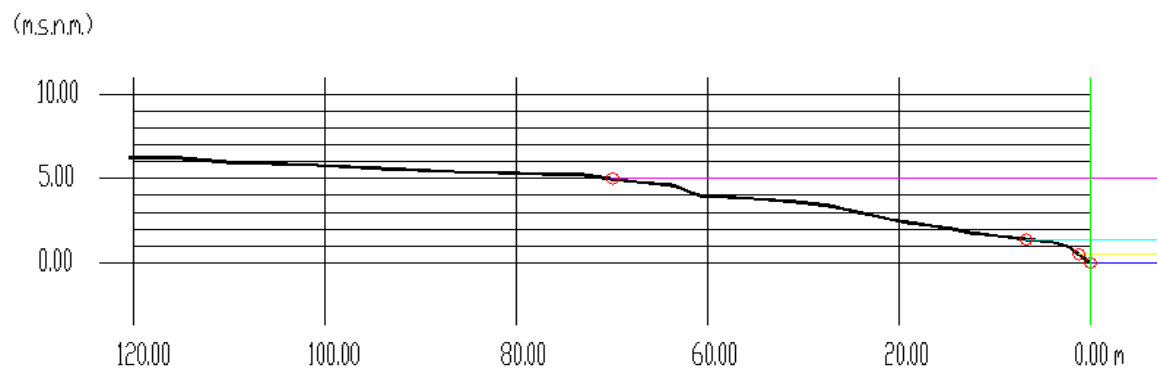




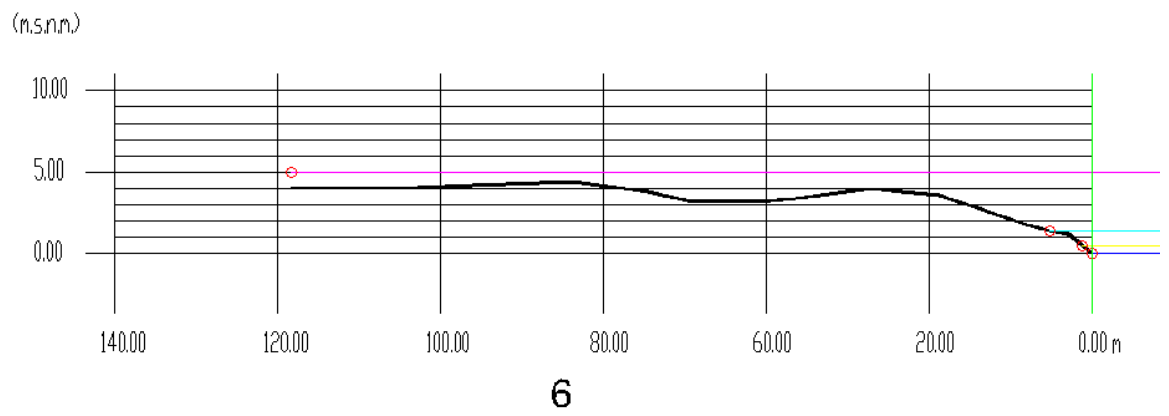
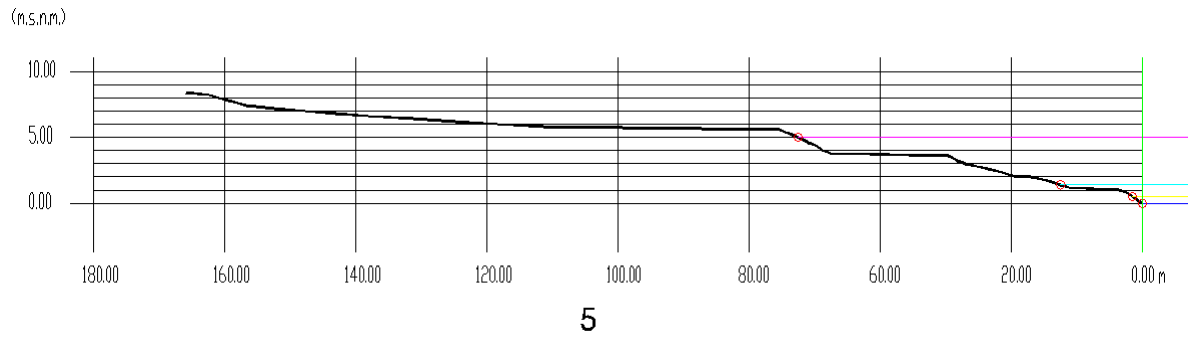
2



3



4



4. Discusión

La creación de modelos que simulen el aumento del nivel del mar en áreas de anidación para las tortugas marinas es de gran importancia para crear medidas de mitigación para la conservación de esta especie. Los resultados que se obtuvieron en nuestra área de estudio nos muestran que las simulaciones de 50 cm y 1.40 m de aumento del nivel mar no tienen algún impacto significativo ya que solo se perdería el 2% y 9% respectivamente de áreas de anidación de las tortugas ya que estas prefieren anidar en la plataforma media de la playa y térmicamente caliente. Mortimer (1982), y Pereira (2002) consideran que la selección del sitio de anidación es el resultado de la biología de la especie y la evolución de sus patrones de conducta van en este sentido. La preferencia de las tortugas a la selección del sitio de anidación en Colola también se debe a que prefieren zonas libres de vegetación y con un contenido de humedad que pueda favorecer la construcción de sus nidos. Una alta o baja concentración de humedad en la arena puede repercutir en el fracaso de la construcción del nido y en consecuencia el fracaso de la anidación. Una de las razones por las que las tortugas no eligen estos sitios es por su gran contenido de humedad y salinidad, lo que dificulta la construcción de los nidos y que estos están sujetos a inundación por efecto de la marea.

La simulación de aumento del nivel del mar de 5m, nos muestra que la pérdida de área de anidación sería del 54% debido a que la inundación de la playa alcanza la mitad de la plataforma media de la playa donde ocurre la mayor parte de las anidaciones de tortuga negra, sin embargo, por la dinámica del oleaje la pérdida de hábitat anidatorio podría rebasar el 54% de la superficie de anidación. Por otro parte, debido a que Colola tiene dos desembocaduras de ríos, al aumentar el nivel del mar, probablemente el agua avanzaría por el cauce de los ríos incrementándose la inundación de la playa, quedando solo manchones de playa y dejando prácticamente a las tortugas sin áreas de anidación. Colola es una playa que tal vez por sus características físicas no tenga grandes afectaciones en la pérdida de sus áreas de anidación en un periodo relativamente corto, según los

resultados de las simulaciones aquí realizadas hasta un periodo de 100 años, pero es necesario tomar en cuenta, que la perdida de áreas de anidación tiene consecuencias importantes para la poblaciones de tortugas.

Es necesario considerar la alta filopatría que exhiben las tortugas marinas a los sitios de anidación, que pueden ser determinantes en la ocurrencia diferencial de hembras anidadoras en las playas de anidación, si se producen un mayor número de crías en un sitio determinado de la playa, es probable que en esos sitios los altos porcentajes de sobrevivencia de las hembras anidadoras y de las crías que ahí son producidas determine, por selección natural, la selección diferencial de los sitios para anidar. Es necesario considerar que si los sitios de anidación no cuentan con las características necesarias requeridas por las tortugas para lograr el éxito de la nidación, podrían tener como consecuencia la reducción del tamaño de su población.

A nivel mundial, el aumento del nivel mar tiene el potencial de poner en peligro la disponibilidad de las playas de anidación, sobre todo en bajas contiguas estrechas playas insulares (Nicholls, 1998, Fish et al., 2005, Baker et al., 2006, Jones et al 2007, Mazaris et al., 2009) y donde el desarrollo costero impide la migración de la playa hacia tierra adentro. Un estudio realizado en el noroeste de las islas de Hawái (Baker et. al., 2006) revelo que hasta un 40% de playas de anidación de tortuga verde (*Chelonia mydas*) podría ser inundado con 0,9 m de elevación del nivel del mar, mientras que los estudios en Barbados (Fish et al., 2008) y Bonaire (Fish et al., 2005) sugirieron pérdidas similares de la tortuga Carey (*Eretmochelysimbricata*) en su área de anidación (significa 50% y 51% de disminución, respectivamente). A pesar de que existen estos estudios, es necesario generar mayor información en los demás áreas de anidación, por las características migratorias de las tortugas marinas.

5. Conclusiones

Es necesaria la creación de modelos de inundación de los distintos escenarios esperados del aumento del nivel del mar para el manejo adecuado de las áreas de anidación de las tortugas. Colola es una playa que gracias a sus características físicas, no se verán afectados sus sitios de anidación, por lo menos en un periodo de 100 años, ya que los modelos muestran que los sitios elegidos por las tortugas para anidar no serían afectados por el incremento del nivel del mar en escenarios de incrementos de nivel del mar más conservadores (.50m y 1.40m.).

Nuestros resultados muestran que con un incremento del nivel del mar de 5m en Colola provocaría que la playa se reduzca a solo manchones de playa dejando prácticamente sin áreas de anidación a las tortugas marinas. El futuro de Colola depende en su mayoría de la capacidad de retroceso ante el aumento del nivel del mar y el poder mantener las condiciones ideales para la anidación de las tortugas marinas. Por lo que es necesario la creación de estrategias para la adaptación al cambio climático que nos permitan preservar las áreas de anidación y por lo tanto las poblaciones de tortugas marinas.

6. Literatura Citada

- Aguilar, E., et al. (2005), Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003, J. Geophys. Res., 110, D23107, doi:10.1029/2005JD006119.
- Alvarado, J. y D. Huacuz. 1996. Guía ilustrada de los anfibios y reptiles más comunes de la reserva Colola-Maruata en la costa de Michoacán, México. U.M.S.N.H. Facultad de Biología. Morelia, Michoacán.90.
- Baker, J.D., C.L. Littnan&D.W. Johnston. 2006. Potential effects of sea level rise on the terrestrial habitats of endangered and endemic megafauna in the Northwestern Hawaiian Islands. Endangere Species Research. 2:21–30.
- Bird, E.C. 1996.Beach management, John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. 281.
- Bjorndal, A.K. & B.A. Bolten. 1992. Spatial Distribution of Green turtle (*Chelonia mydas*) Nest at tortuguero, Costa Rica. Copeia. 1:45-53.
- Burrough P.A. and R.A. McDonnell. 1998. Principles of Geographical Information systems Oxford University press, New York. 333p.
- Church, J., J.M. Gregory, P. Huybrechts, M. Kuhn, K. Lambeck, M.T. Nhuan, D. Qin, & P.L. Woodworth. 2001. Changes in sea level. In: Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. Vander Linden, X. Dai, K. Maskell, C.A. Johnson. (eds) Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. 639–694.
- Davenport, J. 1989. Sea turtles and the greenhouse effect. British Herpetological Society Bulletin. 29:11–15.
- Delgado, C., y J. Alvarado. 2005. Tortugas marinas de Michoacán. Historia Natural y Conservación, México.152.
- Drews, C., y A. Fonseca. 2009. Aumento del nivel del mar por cambio climático en Playa Grande, Parque Nacional Las Baulas, Costa Rica. Simulación de inundación

basada en un modelo de elevación digital de alta resolución e implicaciones para el manejo del parque. Informe técnico, WWF / Stereocarto, San José, Costa Rica, 20.

Fish, M.R., I.M. Cote, J.A. Gill, A.P. Jones, S. Renshoff & A.R. Watkinson. 2005. Predicting the impact of sea-level rise on Caribbean sea turtle nesting habitat. *Conservation Biology*. 19:482–491.

Fish, M.R., I.M. Cote, J.A. Horrocks, B. Mulligan, A.R. Watkinson, & A.P. Jones. 2008. Construction setback regulations and sea level rise: mitigating sea turtle nesting beach loss. *Ocean & Coast Management*. 51:330–341.

Fish, M.R., y C. Drews. 2009. Adaptación al cambio climático: opciones para las tortugas marinas. Informe de WWF, San José. 20.

Fuentes, F. A. 2001. El área de reserva Colola-Marúata geomorfología, Magnetismo y sus aplicaciones para la conservación de la tortuga negra (*Chelonia agassizii*, Bocourt 1868). Tesis de Maestría, UMSNH. México. 163.

Grinsted, A., J.C. Moore & S. Jevrejeva. 2009. Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100AD. *Climate, Dynamics*. In press. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-008-0507-2>. 461-472.

Hoffman, J.S., D. Keyes & J.G. Titus. 1983. Projecting Future Sea Level Rise; Methodology, Estimates to the Year 2100, and Research Needs, Environmental Protection Agency, Washington. 115-121.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2002. Cambio Climático y biodiversidad. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, Suiza. 84.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007. Cambio climático. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto

Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza. 104.

Jones, A.R., W. Gladstone & N.J. Hacking. 2007. Australian sandy beach ecosystems and climate change: ecology and management. *Australian Zoologist*. 34:190–202.

Lara, L.R. 2008. Los cambios ambientales globales y la vulnerabilidad de los sectores de México. En: *Infra estructura y Desarrollo Sustentable*. I. A. Azuz Adeath (Editor). 2008. Gobierno del Estado de B.C. CETYS Universidad. 15.

Lutcavage, M.E., P. Plotkin, B. Witherington & P. L. Lutz. 1997. Human impacts on sea turtle survival. In: Lutz, P.L., Musick, J.A. (Eds.), *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 387–409.

Mazaris, A.D., G. Mastinos & J.D. Pantis. 2009. Evaluating the impacts of coastal squeeze on sea turtle nesting. *Ocean and Coast Management*. 52:139–145.

Miller, J.D. 1997. Reproduction in sea turtles. In: Lutz PL, Musick JA (eds) *The biology of sea turtles*, Vol 1. CRC Press, Boca Raton, Florida. 51–81

Mortimer, J.A. 1982. Factors influencing beach selection by nesting sea turtle. K.A. Bjorndal (ed). *Smithsonian Institution Press*, Washington, D.C. 45-52.

Mrosovsky, N., P.H. Dutton & C.P. Whitmore. 1984. Sex ratios of two species of sea turtle nesting in Suriname. *Canadian Journal of Zoology*. 67: 2227-2239.

NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, 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

Nicholls, R.J. 1998. Coastal vulnerability assessment for sea level rise: evaluation and selection of methodologies for implementation. Technical Report R098002, Caribbean Planning for Adaption to Global Climate Change.45.

Perez, C.A. 2008. Éxito de anidación de tortuga negra (*Chelonia agassizii*, Bocourt 1868) en la playa de Colola, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. UMSNH. Morelia, México. 42.

Pereira, Y. 2002. Proceso de anidamiento de *Chelonia mydas* en Cayo Real, Archipiélago de los Canarreos, Cuba. Universidad de la Habana, Centro de Investigaciones Marinas, Trabajo de diplomado. 48.

Pritchard, P.C.H. 1997. Evolution, Phylogeny and Current Status, in: The biology of sea turtles. CRC Marine Sciences Serie, CRC Press, Inc.1-28.

Vermeer, M., &S. Rahmstorf. 2009. Global sea level linked to global temperature. Proceedings of the National Academy of Science of the United States. 51:21527–21532.

Watson, J.W., S.P. Epperly, A.K. Shah & D.G. Foster. 2005. Fishing methods to reduce sea turtle mortality associated with pelagic longlines. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 62:965–981.

Weibel, R. & M. Heller. 1991. Digital terrain modeling. In Maguire, D.J. ;Godchild, M.F. y Rhind, D.W. (Eds.) Geographical Information Systems. Longman, Scientific & Technical.1:45:54.

World Conservation Union 2001.Ruling of the IUCN red list standards and petitions subcommittee on petitions against the 1996 listings of four marine turtle species.Species.Newsletter of the species survival commission. 36:31-34.

Capítulo 2

1. Discusión sobre las Implicaciones del incremento del nivel del mar en la recuperación de tortuga negra

Las tortugas marinas ocupan un amplio rango de diferentes tipos de hábitat a lo largo de su historia de vida incluyendo playas arenosas templadas y tropicales, sistemas oceánicos frontales y giros, manglares costeros, arrecifes neríticos, camas de pastos marinos y otras áreas someras de forrajeo (Musick y Limpus 1997). Durante su desarrollo pueden cruzar cuencas oceánicas enteras y se ha visto que adultos y juveniles interactúan en las grandes corrientes oceánicas superficiales (Hawkes et al., 2006; Polovina et al., 2006; Seminoff et al., 2007; Schillenger et al., 2008).

La temperatura es un factor ambiental de suma importancia para las tortugas marinas, afectando características de su historia de vida como la determinación del sexo de las crías (Yntema y Mrosovsky, 1980), la distribución de los adultos (Standoray Spotila, 1985; Seebacher y Franklin, 2005).

Las 7 especies de tortuga marina se encuentran bajo esquemas de conservación y estas son afectadas por un rango natural y antropogénico de amenazas, sin embargo, a pesar de los esfuerzos que se han invertido en las últimas 2 décadas para entender y mitigar las amenazas a las tortugas marinas, las amenazas que representan el cambio climático en este taxón, recientemente han llamado la atención de la comunidad científica (Lutcavage et al., 1997, Watson et al., 2005).

En todas las especies de tortuga marina, el éxito en la reproducción depende principalmente de la disponibilidad de hábitat terrestre. Las tortugas pueden emerger hacia las playas para depositar varias nidadas de huevos sobre el curso de una temporada de anidación (Miller, 1997), entonces la pérdida de hábitat anidatorio por incremento del nivel medio del mar (promedio de 4.2 mm por año hasta el 2080, Church et al., 2001 IPCC, 2007) sugiere efectos potencialmente adversos sobre el éxito en la reproducción de las tortugas marinas y por lo tanto en su supervivencia.

En México los escenarios de pérdida de hábitat anidatorio en playas de anidación de tortugas marinas por incremento del nivel medio del mar, no han sido evaluados. Este trabajo representa uno de los primeros intentos en México para determinar los impactos del incremento del nivel medio del mar sobre la integridad del hábitat anidatorio de una playa de anidación.

Al parecer los daños al hábitat anidatorio de tortuga negra en Colola serán drásticos con un incremento de 5 metros del nivel del mar, sin embargo, con incrementos de 50 cm y 1 m de elevación del nivel medio del mar, el oleaje sufre un incremento que va del 7 al 16 % debido al incremento de la tabla de agua lo que sugiere que el oleaje rebasara la línea actual natural de marea por oleaje, que se incrementara significativamente en condiciones de tormentas y huracanes. Las repercusiones entonces sobre el futuro de su población sugieren un alto riesgo para su sobrevivencia. Por otra parte, una de las fuentes de recursos económicos en la comunidad de Colola, lo representa el turismo que visita la playa de anidación con el interés de observar el proceso de anidación de las tortugas, esta actividad, que deja cada vez más ingresos a la población, se vería fuerte mente afectada por los procesos de inundación y pérdida del hábitat anidatorio en Colola.

Las zonas costeras están entre las áreas más dinámicas y productivas de la tierra y han sido consideradas atractivas para asentamientos humanos e inversión económica (Clark, 1997). Muchas de estas áreas son particularmente susceptibles a daños por tormentas y, con las proyecciones del incremento del nivel del mar resultado del calentamiento global de la actividad antropocéntrica, las amenazas a las áreas costeras se están incrementando (Huang, 1997).

Las islas pequeñas como las del Pacífico y del Caribe son particularmente vulnerables al incremento del nivel del mar debido a su tamaño pequeño, alta densidad de población y dependencia de recursos costeros (IPCC 2001).

El escenario de 5 metros de incremento del nivel del mar representaría la pérdida catastrófica del hábitat anidatorio de todas las especies de tortuga marina, debido

a que la altura del declive de las playas de anidación, no es más alta que 5 metros. En Colola aunque el declive es relativamente alto, el 70% de la anidación ocurre en la plataforma media de la playa justo en la línea de inundación del escenario de 5 metros de incremento.

2. Conclusiones

Este trabajo representa el primer estudio de simulaciones de inundación en la playa de Colola Michoacán, bajo tres escenarios de inundación 0.50 m, 1.40 m y 5 m.

La simulación de inundación con un ascenso del nivel del mar de 50 cm del nivel que corresponde a 50 años, no afectara de manera significativa el área de anidación de la tortuga negra. Sin embargo, el incremento del oleaje podría alcanzar la plataforma media de la playa donde anida el 70 % de las hembras de tortuga negra en Colola.

La simulación de inundación con un ascenso del nivel del mar de 1.40 cm que corresponde a 100 años tampoco muestra una afectación significativa en la perdida de área de anidación de la tortuga negra, sin embargo, el incremento del oleaje podría alcanzar la plataforma media de la playa donde anida el 70 % de las hembras de tortuga negra en Colola.

La playa de Colola presenta un declive alto que de acuerdo a los resultados obtenidos no presentará una pérdida de superficie considerable, bajo los escenarios de incremento de nivel del mar de 50 cm y 1 m, previstos para finales de siglo, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.

La simulación de inundación de 5 metros de aumento del nivel del mar muestra una pérdida significativa de superficie de anidación, permaneciendo solo manchones de playa. La pérdida del hábitat anidatorio seria total no solo para la tortuga negra si no para todas las especies de tortuga marina.

El éxito a largo plazo de protección de áreas de anidación requiere una evaluación más rigurosa y exhaustiva de las elevaciones en relación al nivel del mar que presentan otras de las playas prioritarias para la anidación de la tortuga negra como son: La Llorona, Maruata, Paso de Noria, Cachan, Motín del Oro, Arenas Blancas en la costa de Michoacán, para la creación de estrategias para la

mitigación de los efectos del incremento del nivel medio del Mar por efectos de cambio climático.

3. Literatura Citada

Bjorndal, A.K. and B.A. Bolten. 1992. Spatial Distribution of Green turtle (*Chelonia mydas*) Nest at tortuguero, Costa Rica. *Copeia*. 1:45-53

Church, J., J.M. Gregory, P. Huybrechts, M. Kuhn, K. Lambeck, M.T. Nhuan, D. Qin, & P.L. Woodworth. 2001. Changes in sea level. In: Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. Vander Linden, X. Dai, K. Maskell, C.A. Johnson. (eds) *Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. 639–694.

Clark, J. R. 1997. Coastal zone management for the new century *Ocean and Coastal management*. 37:191-216.

Eckert, K.L. 1987. Environmental unpredictability and leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*) nest loss. *Herpetologica*. 43: 315-323

Fish, M.R., y C. Drews. 2009. Adaptación al cambio climático: opciones para las tortugas marinas. Informe de WWF, San José. 20.

García, E, y T. Reyna. 1969. Relación entre el clima y la vegetación del suroeste de Michoacán. *Boletín del Instituto de Geografía. U.N.A.M.* 2:59-81.

González, C. 1981. Excursiones a Michoacán y Colima. Guías botánicas de excursión en México. Congreso Mexicano de botánica. Soc. Botánica Mexicana y Escuela de Biología, U.M.S.N.H.

Hawkes, L.A, A.C. Broderick, M.S. Coyne M.S, M.H. Godfrey, Lopez-Jurado L.F, Lopez-Suarez P, Merino S.E, Varo-Cruz N, Godley B.J. 2006. Phenotypically linked dichotomy in sea turtle foraging requires multiple conservation approaches. *Curr. Biol*. 16:990–995.

Huang, J. C. K. 1997. Climate change and integrated coastal management Challenge for small island nations. *Ocean and Coastalmanagement*. 37:95-107.

Instituto de geofísica 1977. Datos Geofísicos. Serie A, *Oceanografía* 2, UNAM. 197.

IPCC, (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2001. Assessment report and current activities under the UN Framework Convention on Climate Change.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007. Cambio climático. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza. 104.

León, A.D. 1983. Variaciones a pequeña escala de la composición del microplancton de la bahía de chamela, Jalisco. UNAM, Tesis Profesional.

Lutcavage, M.E., P. Plotkin, B. Witherington & P. L. Lutz. 1997. Human impacts on sea turtle survival. In: Lutz, P.L., Musick, J.A. (Eds.), *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 387–409.

Mendez, R.J. y V. Avalos. 1992. Contribución al estudio Biológico, Ecológico y Bromatológico de la Lapa Patelle mexicana en el Faro de Bucerisas, Michoacan. Mexico”, UMSNH, Fac. Biología, Tesis Profesional.

Miller, J.D. 1997. Reproduction in sea turtles. In: Lutz PL, Musick JA (eds) *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 1:51–81.

Morreale, S. J., G. J. Ruiz, J. R. Sotila and E. A. Standora. 1982. Temperature dependent sex determination: current practices threaten conservation of sea turtles. *Science*. 216:1245-1247.

Musick, J.A. and C.J. Limpus. 1997. Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. In: P.L. Lutz and J.A. Musick (Eds.). The Biology of Sea Turtles. CRC Press, Boca Raton, Florida.1:137-163.

Mrosovsky, N.1983. Conserving Sea Turtles. London: logical Society.

Mrosovsky, N., P.H. Dutton & C.P. Whitmore. 1984. Sex ratios of two species of sea turtle nesting in Suriname. Canadian Journal of Zoology. 67: 2227-2239.

Mrosovsky, N. and C. L. Yntema.1980. Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices.Biological Conservation. 18:271-280.

Polovina, J. I. Uchida, G. Balazs, E.A. Howell, D. Parker and P.H. Dutton. 2006. The Kuroshio Extension Bifurcation Region: A pelagic hotspot for juvenile loggerhead sea turtles. Deep-Sea Research II. 53: 326-339.

.

Seminoff, J.A. P.Zárate,M.S. Coyne, M.S., Foley, D.G., Parker, D., Lyon, B. & Dutton, P.H. 2008. Post-nesting migrations of Galapagos green turtles, *Chelonia mydas*, in relation to oceanographic conditions of the Eastern Tropical Pacific Ocean: integrating satellite telemetry with remotely-sensed ocean data. Endangered Species Research. 4:57–72.

Seebacher, F. and C.E. Franklin. 2005. Physiological mechanisms of thermoregulation in reptiles: a review. J. Comp. Physio. B. 175: 533-541

Schulz, J.P. 1975 .Sea turtle nesting in suriname. Zool. Verh. 143:1-143

Schillinger, G.L. D.M. Palacios, H. Bailey, S.J. Bograd, A.M. Swithenbank.2008. Persistent Leatherback Turtle Migrations Present Opportunities for Conservation. PLoS Biology 6 (7): e171.

Standora EA, Spotila JR. 1985 .Temperature-dependent sexdetermination in sea turtles. Copeia.711–722.

2009. Marine and tropical sciences research facility. Australian Institute of marine science.Boletin.

Watson, J.W., S.P. Epperly, A.K. Shah & D.G. Foster. 2005. Fishing methods to reduce sea turtle mortality associated with pelagic longlines. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 62:965–981