UNIVERSIDAD DEL MAR
Campus Puerto Ángel
División de Estudios de posgrado

CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAYAS LA ESCOBILLA Y MORRO AYUTA COMO SITIOS DE ANIDACIÓN MASIVA DE *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz 1829), OAXACA.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Ciencias: **Ecología Marina**

Presenta:

el Lic. Biol. Mar. Benjamín Lobato Yáñez

Director

Dr. Juan Francisco Meraz Hernando, Universidad del Mar, Oaxaca, México.

Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2015

Puerto Ángel, Pochutla, Oaxaca, 2015

DRA.MARÍA DEL ROSARIO ENRÍQUEZ ROSADO
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DE LA UNIVERSIDAD DEL MAR
P R E S E N T E

Después de haber analizado y evaluado la tesis **"CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAYAS LA ESCOBILLA Y MORRO AYUTA COMO SITIOS DE ANIDACIÓN MASIVA DE *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz 1829), OAXACA."** que presenta el Lic. Biol. Mar. Benjamín Lobato Yáñez, le comunicamos que dicho documento cumple con los requisitos académicos para su impresión y defensa en el examen profesional correspondiente.

Sin más por el momento, quedamos de Usted.

A t e n t a m e n t e

_____
Dr. Juan Francisco Meraz Hernando
Director

_____
Dr. María Auxilio Esparza Álvarez
Revisor

_____
M. en C. Bárbara Zavala Trujillo
Revisor

_____
M. en C. Martha Regina Harfush Meléndez
Revisor

_____
M. en C. Samantha Gabriela Karam Martínez
Revisor

DEDICATORIA

AL MAR Y A LA VIDA DEDICO

MI ESFUERZO Y MI ALEGRÍA,

LLENO DE INTERÉS Y CURIOSIDAD

POR SEGUIR DENTRO DE

EL CAMINO DE LA SABIDURÍA.

DEDICO MI AMOR Y LA INSPIRACIÓN,

SIN FINGIR LO QUE HAGO;

Y LO QUE SEGUIRÉ HACIENDO

SEGUIRÁ SIENDO, PARA USTEDES;

MI FAMILIA.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al Dr. Juan Meraz Hernando, director de esta investigación, así como a la Dra. María Auxilio Esparza Álvarez, M.C. Bárbara Zavala Trujillo, M.C. Samantha Karam Martínez, M.C. Martha Harfush Meléndez, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

Agradezco a la UMAR por permitirme una vez más obtener un grado más, también a CONACYT por el apoyo recibido al programa de posgrado 2010-2012.

Especial reconocimiento merece el interés mostrado por mi trabajo y el apoyo recibido por las autoridades del Centro Mexicano de la Tortuga; Dir. Manuel, Biol. Cuahutemoc Peñaflores, Biol. Ernesto Padilla y a los biólogos que coordinan los campamentos tortugeros de Morro Ayuta y La Escobilla; Memo y Erika.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis compañeros y amigos (psyco, safe, caver, niñote, Sinue, David, Azucena y a mi hijo Isaac) por su apoyo incondicional y por las aventuras vividas durante el proceso de muestreo y sobre todo por su aprecio.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia.

A todos ellos, muchas gracias.

RESUMEN

La Escobilla y **Morro Ayuta** son playas de gran importancia nacional como sitios de anidación masiva de la tortuga golfina (***Lepidochelys olivacea***), ya que en cada una se presentan miles de anidaciones en ciclos anuales. Por eso, fueron caracterizadas en la temporada de arribada 2012 desde dos puntos de vista: El geo-físico donde se analizaron los cambios el perfil de playa, volumen de sedimento, tamaño de la partícula de arena, así como en el viento y el oleaje que incidieron en ambas playas, y el biológico con registros de cambios en la concentración de materia orgánica y biomasa evaluada en cantidad de huevos por arribada durante la temporada 2012. La amplitud de ambas playas cambia con los procesos de erosión y depósito de sedimento, que a su vez, están directamente relacionados por la energía del viento y del oleaje, los cuales son la expresión de la temporalidad del clima para esta región de Oaxaca. Estas variables físicas intervienen en cierta forma sobre el éxito de anidación, de eclosión y de reclutamiento para la especie. En playa **La Escobilla** fue evidente el proceso de erosión durante el huracán Carlota (15/06/12), el cual condujo a la pérdida del 70 % aproximadamente de área disponible para anidar para las consecutivas arribadas. Con respecto al oleaje fue la variable que presentó mayor importancia para esta playa, debido a que fue más alto (1.5 – 3.3 m). La concentración de materia orgánica y la biomasa aumentan considerablemente del 22.3 a 44.7 %, conforme aumentó el número de anidaciones durante la temporada. En playa **Morro Ayuta** no hubo erosión a lo largo del mismo periodo, siendo el proceso de depósito de sedimento el que dominó sobre la playa durante la temporada con una acreción de 5,000 a 23,400 m^3 aproximadamente. La variable viento es la que mejor caracterizó a esta playa por ser de mayor intensidad (5.7 – 15.2 m/s), y se observó que está directamente influenciado por los vientos del Norte que afectan la región, mientras que el oleaje fue de menor importancia (0.6 – 1.2 m). Independientemente de que en ambas playas las condiciones geofísicas, ambientales y biológicas fueron diferentes, se pudo observar que en las dos playas los meses de máxima abundancia de anidaciones corresponden con los meses de mayor intensidad de viento (**Morro Ayuta**) y del oleaje (**La Escobilla**) así como en el momento que se acentúa la temporada de lluvias (agosto-octubre) y de Nortes (noviembre-marzo). Para playa **La Escobilla** este periodo de máximos (septiembre) corresponde a las mayores concentraciones de materia orgánica estimada (44.7 %) y la mayor acumulación de biomasa.

Palabras clave: *Lepidochelys olivacea*, La Escobilla, Morro Ayuta, perfil de playa, depósito-erosión, sedimento, viento, oleaje, abundancia de anidaciones, materia orgánica, biomasa.

ABSTRACT

La Escobilla and **Morro Ayuta** beaches are great national importance as sites of mass nesting of olive ridley (***Lepidochelys olivacea***), since in each thousands of nesting are presented in annual cycles. So were characterized in the season of arrival 2012 from two points of view: The geo-physical which changes the beach profile, sediment volume, particle size sand and the wind and waves were analyzed that affected both beaches, and biological records of changes in the concentration of organic matter and biomass evaluated in number of eggs per arribadas during the 2012 season.

The amplitude of both beaches changes to the processes of erosion and deposition of sediment, which in turn, are directly related with the energy of wind and waves, which are the expression of temporality climate for this region of Oaxaca. These physical variables involved in some form of nesting success, hatching and recruitment for the species. In beach **La Escobilla** the erosion process was evident during Hurricane Carlota (15/06/12), which led to the loss of approximately 70% of available nesting area for consecutive arrivals. With respect to the wave was the variable that showed greater importance to this beach because it was higher (1.5 - 3.3 m). The concentration of organic matter and biomass increased significantly from 22.3 to 44.7 %, as increased the number of nests during the season.

In beach **Morro Ayuta** was no erosion over the same period, being the sediment deposition process which dominated on the beach during the season with an accretion 5,000 to about 23,400 m^3. The wind variable is the best characterized this beach being higher intensity (5.7 - 15.2 m/s), and found that it is directly influenced by the north winds that affect the region, while the waves were of minor (0.6 - 1.2 m). Whether at both beaches geo-physical, environmental and biological conditions were different, it was observed that the two beaches the months of maximum abundance of nesting correspond to the months of highest intensity of wind (**Morro Ayuta**) and wave (**La Escobilla**) and when the rainy season (August to October) and Nortes (November to March) is emphasized. **La Escobilla**, in this beach the maximum period (September) corresponds to the highest concentrations of organic matter estimated (44.7%) and greater biomass accumulation.

Key words: *Lepidochelys olivacea*, La Escobilla, Morro Ayuta, profile Beach, depositation- erosion, sediment, wind, waves, abundance of nesting, organics, biomass.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA 3
AGRADECIMIENTOS 4
RESUMEN 5
ABSTRACT 6
LISTA DE FIGURAS 9
LISTA DE TABLAS 11
I.- INTRODUCCION 12
I.3.- REPRODUCCIÓN 16
I.4.- AMBIENTES COSTEROS 18
I.5.- ECOLOGÍA 22
II.- ANTECEDENTES 26
III.- JUSTIFICACIÓN 27
IV.- HIPOTESIS 27
V.- OBJETIVO GENERAL 28
VI.- AREA DE ESTUDIO 29
VI.1.- Playa La Escobilla 30
VI.2.- Playa Morro Ayuta 32
VII.- METODOLOGÍA 33
VII.1.- NIVELACIÓN DIFERENCIAL 33
VII.2.- CÁLCULO DE VOLUMEN DE SEDIMENTO 34
VII.3.- ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO 36
VII.4.- MATERIA ORGÁNICA (M.O.) 40
VII.6.- VIENTO Y OLEAJE 41
VIII.- RESULTADOS 42
VIII.1.- PERFIL DE PLAYA 42
VIII.2.- VOLUMEN DE SEDIMENTO 43
VIII.3.- SEDIMENTO 45
VIII.4.- MATERIA ORGÁNICA, HUMEDAD Y MATERIAL LITOGÉNICO. 53
VIII.5.- MATERIA ORGÁNICA POR VOLUMEN DE SEDIMENTO ESTIMADO. 58
VIII.6.- LAS ARRIBADAS Y EL APORTE DE BIOMASA 58

VIII.7.- VIENTO Y OLEAJE 60
IX.- DISCUSIÓN 64
X.- CONCLUSIÓN 73
XII.- BIBLIOGRAFÍA 75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Especies de tortugas marinas del mundo. 13

Figura 2.- Tortuga Golfina (***Lepidochelys olivacea***). 14

Figura 3.- Playas de anidación masiva y solitaria de tortuga golfina en México. 16

Figura 4.- Registro anual de abundancia de anidaciones en las playas **La Escobilla** y **Morro Ayuta**, Oaxaca, (tomado de: Albavera-Padilla 2007). 17

Figura 5.- Perfil de playa (perfil tipo) 21

Figura 6.- Localización de las playas **La Escobilla** y **Morro Ayuta** como áreas de estudio en la costa del Estado de Oaxaca..... 31

Figura 7.- Zonación del lugar donde anida la tortuga golfina sobre la playa..... 32

Figura 8.- Representación de la variación de un perfil de playa, con base en la altura en metros y la amplitud de la playa en metros con respecto al nivel medio sobre el mar (NMSM). (modificado de Peñaflores y Vasconcelos 1996)..... 34

Figura 9.- Representación del área de trapecios en un perfil. 35

Figura 10.- Perfil comparativo de los levantamientos topográficos en playa **La Escobilla**. 42

Figura 11.- Perfil comparativo de los levantamientos topográficos en playa **Morro Ayuta**. 43

Figura 12.- Área *vs* volumen de sedimento en cada fecha de muestreo, ... 44

Figura 13.- Área *vs* volumen de sedimento en cada fecha de muestreo, ... 45

Figura 14.- Distribución en porcentaje del peso por clase que representa el tamaño de grano de arena en la muestra por zona de anidación para cada mes de muestreo en playa **La Escobilla** para el periodo de estudio. 48

Figura 15.-Distribución en porcentaje del peso por clase que representa el tamaño de grano de arena en la muestra por zona de anidación para cada mes de muestreo en playa **Morro Ayuta** para el periodo de estudio. 51

Figura 16.- Comparación gráfica de los contenidos de M.O., humedad, y material mineral por muestra analizada de cada zona de anidación y por fecha de muestreo, para playa **La Escobilla**. 55

Figura 17.- Comparación gráfica de los contenidos de M.O., humedad, y material mineral por muestra analizada de cada zona de anidación y por fecha de muestreo, para playa **Morro Ayuta**. 57

Figura 18.- Velocidad promedio del viento por fecha de arribada en **La Escobilla** y **Morro Ayuta** 2012. 61

Figura 19.- Altura promedio del oleaje por fecha de arribada en **La Escobilla** y **Morro Ayuta** 2012. 61

Figura 20.- Dirección y velocidad del viento y dirección y altura del oleaje (m) para cada playa durante la temporada de arribada 2012. 63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Cambio del área de muestreo y volumen de sedimento en las fechas de muestreo..... 44

Tabla 2.- Parámetros descriptivos del sedimento en playa **La Escobilla.**..... 48

Tabla 3.- Parámetros descriptivos del sedimento en playa **Morro Ayuta.**..... 50

Tabla 4.-Concentración de materia orgánica (MO) en porcentaje, contenida en el volumen de sedimento estimado para las áreas de estudio. 58

Tabla 5 .- Estimación del aporte de biomasa proporcionada por fecha de arribada en playa **La Escobilla.**..... 59

Tabla 6.- Estimación del aporte de biomasa proporcionada por fecha de arribada en playa **Morro Ayuta**..... 60

I.- INTRODUCCION

Entre los reptiles se encuentran las tortugas, que aparecieron en la Tierra a principios del Triásico (hace 230 millones de años). Las primeras tortugas fueron terrestres y dulceacuícolas invadiendo posteriormente el medio marino, por lo que tuvieron la necesidad de adaptarse al medio realizando ciertas modificaciones como la transformación de las patas en aletas, reducción de uñas y la reducción del tamaño del caparazón, logrando una forma más hidrodinámica para poder desplazarse más libremente en el medio acuático (Pritchard 1997).

Los primeros registros fósiles de tortugas marinas fueron encontrados en sedimentos del Triásico en Alemania, Groenlandia y Tailandia. *Proganochelys* es la tortuga primitiva cuya morfología es muy similar a la que vemos hoy en día en la mayoría de las tortugas. Poseía el margen de la boca dentado, característica que se ha ido perdiendo. Este organismo habitó los ambientes dulceacuícolas y tenía una longitud de un metro aproximadamente (Spotila 2004).

Las tortugas marinas alcanzaron su mayor éxito evolutivo durante el Triásico y hasta la fecha han conservado rasgos similares: Esqueleto bien osificado; costillas con esternón formando una caja torácica completa y cráneo con un cóndilo occipital; organismos ectotérmicos con respiración por medio de pulmones, son amniotas con huevos cubiertos con una cáscara calcárea o coriácea; membranas extraembrionarias (amnios, corion, saco vitelino y alantoides) durante la vida embrionaria (Spotila 2004).

México, podría ser considerado como el país de las tortugas marinas, pues su diversidad de ambientes costeros y la riqueza de sus litorales ofrecen condiciones ideales para la alimentación, descanso y reproducción de estos reptiles. De las ocho especies de tortugas marinas que existen en el mundo, siete anidan en playas mexicanas (Figura 1).

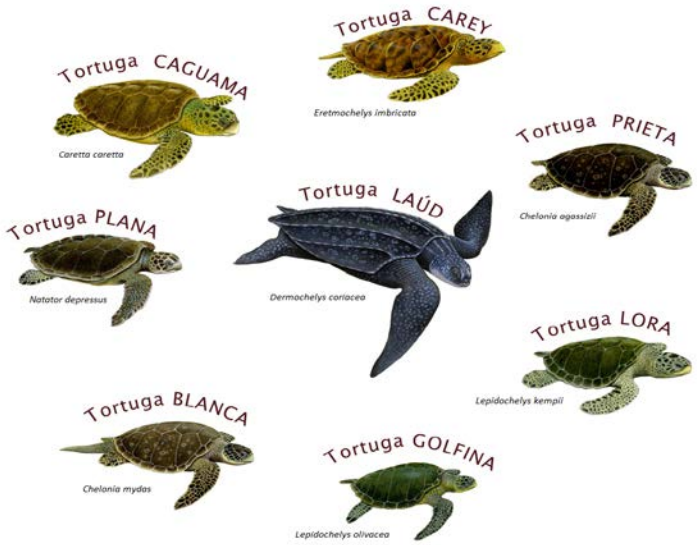


Figura 1.- Especies de tortugas marinas del mundo.

I.1.- *Lepidochelys olivacea*

L. olivacea (Figura 2), es una especie de tortuga marina descrita por primera vez por Eschscholtz (1829) en el océano Indico, Pacífico y zona ecuatorial del Atlántico. Es conocida con los nombres de golfina, lora, caguama, bastarda, frijolilla, carpintera, parlama, paslama, mulato, oliva, bestia, loba, pinta, amarilla y garapachi (Márquez 1996).

Es la especie más pequeña de la familia Cheloniidae. Su caparazón es de forma casi circular, con longitud que va de los 67.6 cm hasta los 78 cm, y ancho aproximado al 90% de su longitud (Márquez *et al*. 1976). Generalmente, el caparazón tiene más de 15 escudos mayores, cinco dorsales y frecuentemente más de cinco pares laterales, aunque también puede presentar desigualdad en el número de escudos en ambos lados; el par lateral anterior está en contacto con el escudo pre-central. El plastrón está compuesto de cuatro escudos infra-marginales y cada uno presenta un poro (Frazier 1983).

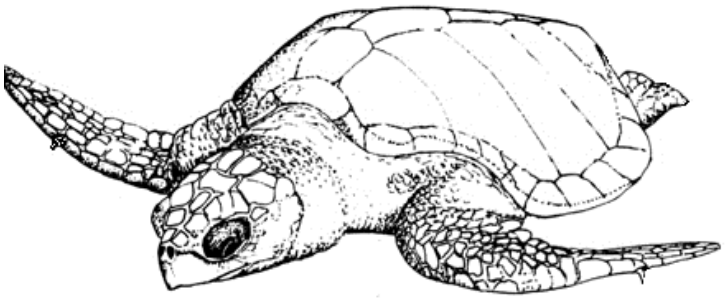


Figura 2.- Tortuga Golfina **(*Lepidochelys olivacea*)**.
(Modificado de:
http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/144/img/i23p113.jpg)

Márquez (1990) menciona que en el borde anterior de cada aleta en las hembras hay una uña poco desarrollada en comparación de los machos que las tienen más desarrolladas para cumplir una función en la cópula. La cabeza es sub-triangular y tiene dos pares de escamas pre-frontales y un pico corneo no aserrado, mientras que los machos lo presentan con reborde alveolar. La coloración del caparazón de los adultos es gris oliváceo o amarillento, mientras que el plastrón es crema a gris verdoso con manchas oscuras en los extremos de las aletas. Las crías son de color gris oscuro a negro y tienen una longitud promedio de 5 cm. El peso promedio que alcanza un adulto es de 38 kg.

En la fase de cría, su fuente de energía es el saco vitelino, el cual aprovecha hasta que puede alimentarse de manera independiente (Musick y Limpus 1997). En la fase juvenil, su dieta cambia drásticamente según su localización; en aguas oceánicas se alimenta de organismos pelágicos como langostillas, huevos de peces, etc., mientras que en aguas costeras se alimentan de crustáceos, moluscos, peces y salpas (Montenegro *et al.* 1982; Márquez 1990). Gracias a su pico fuerte y puntiagudo le permite quebrar las duras cubiertas y puede aprovechar diversos tipos de organismos tanto de fondo como de la superficie.

Deraniyagala (1939a; en Rebel 1974 y Carr 1952) mencionan que la tortuga golfina es principalmente herbívora, aunque también se alimenta de algunos erizos y moluscos. Erdman y Caldwell (1969; en Rebel 1974) informan que en el contenido estomacal de un espécimen capturado en Surinam se encontraron dos pequeños peces gato, tres cubiertas de cangrejos no identificados, conchas irregulares de caracoles y remanentes de medusas. Márquez (1976) señala la predominancia de camarón en la dieta de la tortuga golfina, encontrándose también en el contenido estomacal de 20 hembras capturadas en el puerto de Zihuatanejo medusas y cangrejos como componentes principales de la dieta y un solo ejemplar presentó un pez de la familia Carangidae. El autor informa que durante el crucero R/V Yaqui Queen (Nov. de 1964) el Dr. Waller encontró en el tracto digestivo de cinco ejemplares examinados exclusivamente *Pleuroncodes planipes* (langostinos rojos). Por otra parte Montenegro *et al*. (1982) y Márquez (1990) mencionan que la dieta de la tortuga golfina se tipifica más en un hábito carnívoro, siendo las salpas, crustáceos y moluscos los grupos más representantes para la población que se distribuye en las costas de Oaxaca.

Es interesante conocer los aspectos físico-biológicos que acompañan al éxito que ha tenido esta especie dentro del ecosistema marino, después de haber soportado una intensa explotación pesquera por varios años. En la actualidad se considera la especie de tortuga marina más abundante en el mundo (Márquez 1986).

I.2.- DISTRIBUCIÓN

La tortuga golfina es una especie pantropical y su distribución está limitada por las franjas tropicales. En su circuito migratorio incluye áreas de alimentación en diversos ambientes costeros y pelágicos; anida en forma solitaria y forma arribazones en algunas playas de la India, el Pacífico Mexicano y Centroamérica.

En México se distribuye a lo largo de toda la costa del Pacífico (Márquez *et al*. 1982), teniendo actualmente sus principales áreas de concentración de anidaciones masivas en el estado de Oaxaca y Michoacán (Figura 3).

Figura 3.- Playas de anidación masiva y solitaria de tortuga golfina en México. 1.- Playa **La Escobilla**, Oaxaca, 2.- Playa **Morro Ayuta**, Oaxaca, 3.- Playa **Ixtapilla**, Michoacán, Fuente: PNCTM 2009, CONANP 2008.

I.3.- REPRODUCCIÓN

Los juveniles pueden establecerse en sitios de residencia costera, incluso algunos individuos permanecen dentro del perímetro de unos pocos kilómetros durante un período que puede abarcar de 8 a 20 años, mientras transcurre su proceso de maduración.

La madurez sexual la alcanzan entre los 10 y 15 años (Chaloupka y Musick 1997). Una vez maduras, las tortugas realizan migraciones reproductivas que las llevan de zonas costeras de alimentación a las playas de anidación donde nacieron. Estas migraciones son llevadas a cabo cada varios años tanto por las hembras como por los machos, y pueden atravesar amplias regiones pelágicas que frecuentemente se extienden miles de kilómetros (Nichols *et al*. 1999, 2000; Nichols 2003a; Seminoff *et al*. 2002d). El cortejo y la cópula ocurren en el mar, generalmente a no más de 1 km de distancia de la playa de

anidación. Las hembras se reproducen dependiendo de la duración entre un periodo y otro del intervalo de remigración a las zonas de anidación (Lutz y Musick 1997). Durante periodos en los que no se están reproduciendo, los adultos viven en zonas costeras donde encuentran áreas de alimentación que frecuentemente coinciden con hábitats en los que se desarrollan las tortugas juveniles.

La tortuga golfina como especie presenta dos tipos de estrategias reproductivas, una es el desove o anidamiento solitario y un segundo como desove masivo o “arribada” (Eckrich y Owen 1995). Una arribada consiste en la agregación de cientos o miles de hembras anidando simultáneamente en una misma playa, por un periodo de varias noches (Plotkin 2007). La reproducción ocurre comúnmente en ciclos anuales (Pritchard y Trebbu 1984). Las tortugas golfinas se agrupan espacial y temporalmente frente las playas **La Escobilla** y **Morro Ayuta** (Figura 4), en respuesta a los ciclos temporales de la región, basado en los registros de abundancias de anidación de cada una de las playas (CONANP 2003).

LA ESCOBILLA **MORRO AYUTA**

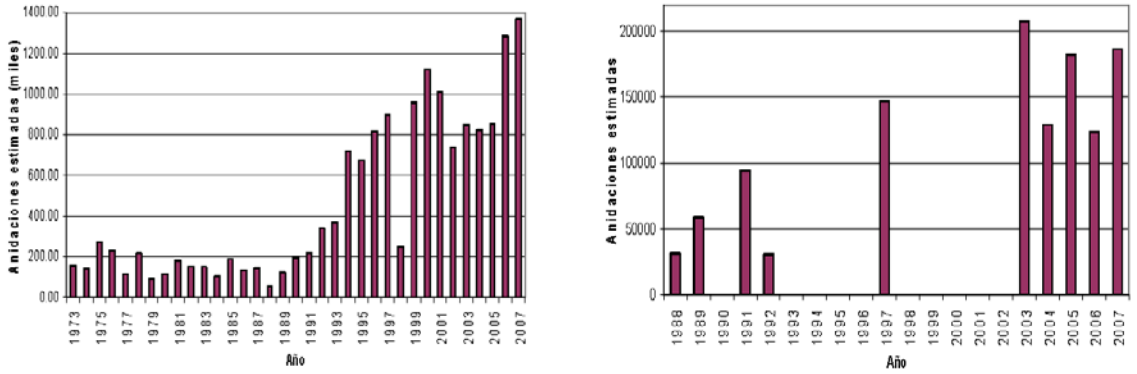


Figura 4.- Registro anual de abundancia de anidaciones en las playas **La Escobilla** y **Morro Ayuta**, Oaxaca, (tomado de: Albavera-Padilla 2007).

El proceso de anidación consiste en la selección del lugar donde la hembra hará el nido y desovará. La primera parte del proceso se refiere a que cuando la hembra sale del mar hacia la playa, en su recorrido por la pendiente de la playa va “olfateando” y “palpando” la arena, siendo lo más intrigante el momento de selección del lugar para empezar a cavar el nido. La excavación la realiza con las aletas posteriores cuchareando la arena una y otra vez hasta alcanzar una profundidad promedio de 40 cm o lo que sería el largo de la aleta posterior. Una vez realizado el nido que tiene forma de jarrón. Comienza el segundo proceso donde la hembra posa las aletas posteriores a los lados de la entrada del nido y empieza a liberar los huevos. Una hembra en una nidada puede depositar entre 70 y 110 huevos y esto estará en relación al tamaño y madurez sexual de la hembra. Al terminar de desovar la hembra, con la ayuda de las aletas anteriores remueve la arena hacia atrás de su cuerpo para que con las aletas posteriores la recoja y la deposite en la boca del nido formando un tapón que posteriormente con el plastrón (peto) y con un movimiento de vaivén lo aplasta y compacta. Posteriormente la tortuga regresa al mar. El proceso de selección del lugar de anidación y desove puede tardar de 45 min a 1 h para la tortuga golfina (Casas-Andreu 1977).

La tortuga golfina desova preferentemente en litorales donde exista una pendiente ligera con no más de 5°, playas arenosas de gran amplitud y principalmente en ambientes donde existan en la porción continental contigua al frente de playa, esteros o lagunas costeras, médanos o lomeríos. (Márquez-García *et al*. 2010).

I.4.- AMBIENTES COSTEROS

Las áreas costeras son de gran importancia debido a la gran demanda como recurso natural para el desarrollo de ciertas poblaciones silvestres y humanas. Las playas son zonas de transición entre continente - océano - atmósfera, por ello poseen una dinámica muy compleja de los procesos físico-biológicos que se llevan a cabo en éstas

porciones del litoral costero. Conocer esta complejidad nos ayudará a evitar problemas que se originan en áreas de interés de conservación biológica y ecológica o de interés económico debido a la alteración de éstos ambientes por los cambios temporales naturales y la aceleración del cambio climático.

Richardson (2000) sugiere que el entendimiento de los procesos biológicos como la reproducción y anidación de las poblaciones de tortugas marinas son de vital importancia en la recuperación y el manejo de éstos recursos, así como el entendimiento de los procesos que se llevan a cabo en las playas como áreas de anidación, teniendo una oportunidad para estudios demográficos y de reclutamiento de la especie.

Dentro de los procesos físicos ambientales que actúan día a día sobre la línea de costa y en específico sobre las playas arenosas, se puede observar que existen variaciones en intensidad y podemos notar cambios a diferentes intervalos de tiempo, ya sean semanales, temporales, anuales o decadales. Sin embargo, los cambios más notables se deben a la temporalidad del clima (variaciones estacionales, interanuales y decadales), ya que éste rige las condiciones oceanográficas de la zona. El oleaje es uno de los principales agentes causantes de estos cambios, los cuales se ven reflejados en la variabilidad del perfil de las playas (Sánchez y Jiménez 1994).

Cuando cambian las fuerzas que afectan la geometría de una playa, ésta responde a dichos cambios tratando de restaurar el equilibrio. De acuerdo a los ciclos temporales del clima en el sureste del Pacífico mexicano, podemos aceptar que existen perfiles de equilibrio para condiciones extremas de la acción del oleaje. Estos perfiles se consideran temporales; temporada de estiaje y temporada de lluvias (Hastenrath 2001, Quintero 2010).

El perfil de estiaje (deposicional o reflejante) se forma bajo condiciones de oleaje que en general es de pequeña altura y de relativamente largo periodo y que provoca que la arena se acumule por encima del nivel medio del mar, procedente del pie del perfil, formando una berma que a su vez provoca la reflexión de la ola (contraola). Por otra parte, está el perfil de tormenta (erosivo y disipativo) que se forma bajo condiciones de oleaje incidente de gran altura y periodo relativamente corto y provoca que el perfil inicial se erosione transportando arena media del perfil, acumulándola por debajo del nivel medio del mar, formando una o más barras, que a su vez provocan la rotura de las olas antes de llegar a la playa reduciendo su acción erosiva. Ambos tipos de perfiles son formas de equilibrio del lecho arenoso bajo la acción de un determinado tren de olas, que dependiendo de su altura o periodo, alcanzarán distintos perfiles de equilibrio (Manual S.P 1984).

Las playas que son utilizadas por las tortugas marinas para anidar, están cubiertas de arena principalmente y presentan variación espacio temporal en el perfil (Figura 5), el cual se caracteriza por una cara de la playa o meso playa que es la porción de la playa que se encuentra directamente expuesta al oleaje; su pendiente puede modificarse dependiendo del tamaño del grano de los sedimentos y de la energía del oleaje incidente. La sección que se encuentra bajo el nivel de marea baja (infraplaya) presenta una pendiente más suave, dentro de esta zona los sedimentos pueden ser movidos por las corrientes. La sección de la cara de la playa que se encuentra hacia tierra firme se llama supraplaya y puede ser plana o presentar una terraza llamada berma, no todas las playas presentan esta característica, algunas pueden tener más de una berma o carecer de ella. El límite de la supraplaya hacia tierra firme puede estar dado por la presencia de acantilados, dunas o una zona de vegetación permanente (Iwagaki y Noda 1962).

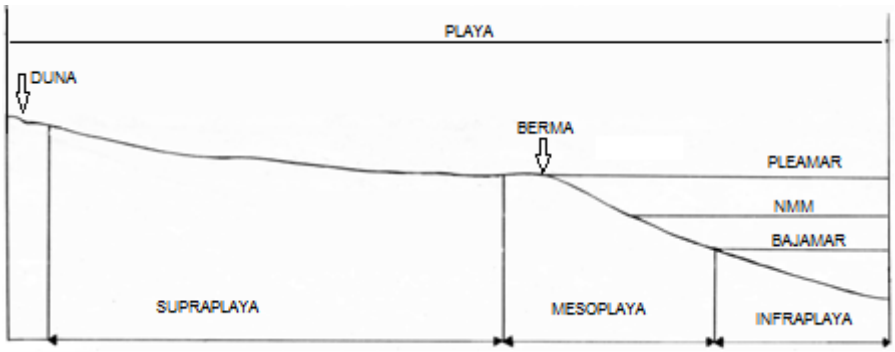


Figura 5.- Perfil de playa (perfil tipo)

Los sedimentos de la berma y de la mesoplaya son removidos (erosionados) hacia fuera de la costa, originando un área de acreción detrás de la zona de rompiente, conocida como barra de tormenta (Manual S.P. 1984). Este proceso da como consecuencia la modificación de un perfil de estiaje a uno de tormenta.

La intensidad del oleaje y las corrientes determinan el tamaño de grano de la arena predominante en las playas. El tamaño de grano es la propiedad fundamental de las partículas de cualquier sedimento, está afectado por el transporte y el depósito. Su análisis nos provee de importantes pistas sobre su origen, historia de su transporte y su condición depositacional (Folk 1974).

Las corrientes tienden a mover la arena constantemente en una dirección preferencial de una playa dada. A lo largo del tiempo, el transporte de sedimentos continuará de haber una fuente constante de arena (Manual S.P. 1984).

Un aspecto importante de la sedimentología es el estudio de la dinámica del transporte de sedimentos, la cual está basada en las interrelaciones de la hidrodinámica y las características texturales del sedimento. Estas, han sido ampliamente usadas por diferentes autores para delinear las tendencias del transporte de sedimentos en la costa (Sánchez y Jiménez 2004).

Zurita *et al.* (1993) mencionan que las tortugas seleccionan sus sitios de anidación dependiendo de características geofísicas de la playa como pendiente topográfica, amplitud y tipo de sedimento. La longitud de la playa parece no ser importante; observándose altas densidades de anidación en playas de longitud corta.

I.5.- ECOLOGÍA

Desde un punto de vista ecológico, en las playas de anidación masiva la densidad de tortugas juega un papel muy importante, debido a su alta abundancia y la frecuencia de las arribadas. Esto con lleva a la acumulación y destrucción de nidos y por consecuencia a una alta concentración de materia orgánica. Características que marcan una gran diferencia en la condiciones de incubación y eclosión con las playas donde la anidación se presenta de forma individual, lo cual se ve reflejado en la abundancia poblacional (Spotila 2004, Albavera 2007, Castro-Gonzales y Pérez-Gill 2011).

Un efecto negativo que se ha observado desde hace una década es la disminución en el éxito de eclosión en playas de otras partes del mundo donde también ocurren arribadas, como es el caso de Nancite, Costa Rica y la India, donde se han realizados estudios sobre el éxito de eclosión de *L. olivacea*, que han demostrado que el desarrollo embrionario es afectado por el exceso de temperatura que rodea el nido y que supera la temperatura letal (35 °C) para la especie (Honarvar 2007, Valverde *et al*. 2010), por otra parte se ha encontrado también un aumento en la presión parcial de dióxido de carbono y una disminución de la presión parcial de oxígeno al interior del nido durante la primera mitad de incubación (Clusella-Trullas y Paladino 2006). Todos estos procesos se han relacionado con la concentración de materia orgánica circundante de los nidos y que el metabolismo bacteriano es el principal responsable del aumento circunstancial de la temperatura y está relacionado directamente con la hipótesis de denso-dependencia (Honarvar *et al*. 2008).

Otro aspecto ecológico que juegan las tortugas marinas, es que son de gran importancia como transportadoras de energía y nutrientes del medio marino al terrestre (las playas). Las tortugas hembras pueden acarrear nutrientes y energía de áreas de forrajeo a cientos y miles de kilómetros de distancia a las áreas de anidación al liberar y depositar sus huevos en los nidos sobre las playas. La energía y los nutrientes en ese momento son representados por el desarrollo embrionario, los fluidos amnióticos, las cáscaras de los huevos y las propias crías estarán disponibles para los depredadores. Así mismo, también existe un aporte de nutrientes y energía de forma natural del medio marino hacia ambientes costeros de relativa baja diversidad y productividad biológica, como son las playas de anidación de la tortuga golfina, este transporte se da por medio del oleaje y la acción del viento. Lo que provoca que se acarren fragmentos de algas, diatomeas y en algunos casos restos cadáveres de peces, aves e incluso de las mismas tortugas, a la parte alta de la playa o a través de escorrentías en zonas adyacentes al lado terrestre. (Spotila 2004).

Las cáscaras del huevo y líquidos del nido serán los elementos que conformen el aporte de energía hacia los descomponedores que reintegrarán los nutrientes al medio para ser utilizados e incorporados por los productores primarios (la vegetación de la playa), lo cual se ve reflejado en el crecimiento de la vegetación y con esto la retención de la arena y la formación de las dunas. Las plantas de las dunas son viables para incrementar las densidades faunísticas, incluyendo herbívoros, insectos y aves. Asimismo, la energía y nutrientes depositados en forma de huevo por las tortugas golfinas contribuye a la formación de los ambientes de dunas en sus zonas de anidación, por lo que pueden participar en su propio éxito reproductivo futuro, asegurando un área apropiada para anidar (Bouchard y Bjorndal 2000).

Contar en Oaxaca con éstas playas de importancia nacional, hace que el compromiso de investigación y conservación se convierta en una tarea cotidiana. Entender que hace, que un grupo tan numeroso de hembras salga a desovar de manera simultánea y que esta condición se repita año con año en éstas mismas playas, es sin duda una de las mayores incógnitas para la investigación en materia de ecología de las poblaciones de tortugas marinas.

Los desoves masivos pueden considerarse como eventos naturales desagradables, ya que al caminar en la playa uno se encuentra con huevos a medio desarrollo, otros recién puestos que han sido expuestos de su nido por otra hembra en busca de su lugar para anidar, algunas otras veces con crías en su frenesí para alcanzar el mar, cadáveres, tortugas con problemas de salud o lesiones, otras decapitadas por el oleaje o con dislocación de algún miembro y, cuando ya han ocurrido varias arribadas el olor fétido de la playa se torna intolerable. Lo fascinante es que éste es un proceso natural, y que nos permite conocer la presión de selección que se ejerce en una playa de arribada para comprobar el principio básico de la sobrevivencia y el esfuerzo que la especie tiene que hacer para formar parte del ecosistema marino (Albavera 2007).

I.6.- MATERIA ORGÁNICA

Suponiendo que una arribada esté compuesta por 50,000 tortugas, en un periodo de dos a tres noches, y donde cada tortuga puso en promedio 90 huevos en una fracción de playa de dos kilómetros aproximadamente, se tendría un aproximado de 4,500,000 huevos. Contando con un peso de 40 g cada huevo, entonces equivaldría a 220,000 kg de biomasa de huevos. Con estos datos se puede conocer la cantidad de nutrientes y energía que se encuentran en una playa de anidación por una arribada.

Temporalmente las capas superficiales de algunas playas arenosas son sometidas a laboreo de anidación. Las playas arenosas suelen contener en promedio entre el 1 y el

3 % de materia orgánica. A pesar de que el contenido de este constituyente del sedimento no es muy elevado, su papel en la estructura y procesos que tienen lugar en los sistemas arena-agua-soluto es fundamental. En la práctica, se suelen distinguir dos tipos de materia orgánica; la total, que incluye todo tipo de compuestos orgánicos y la oxidable, que está totalmente transformada y que por lo tanto es la que influye en mayor medida en las propiedades físico-químicas del sedimento.

La importancia que se le reconoce a la materia orgánica deriva de su intervención en procesos como la formación y estabilización de agregados, el ciclo biogeoquímico de nutrientes, el pH del suelo y el balance de agua y energía. Así, la materia orgánica tiene un papel importante en la retención de humedad, dado su carácter hidrófilo (Nelson, 1996) y afecta a la densidad aparente y estructura del suelo. Otro aspecto importante es su papel en los equilibrios de oxido-reducción de prácticamente cualquier elemento químico (Sauvé *et al*., 1998; Yermiyahu *et al*., 1995) y muy particularmente su papel regulador de muchas de las transformaciones en el ciclo del nitrógeno (Johnsson *et al*., 1987). Además y como aspectos más relevantes, interviene en el transporte de agua y solutos, como la adsorción-desorción de pesticidas (Benoit *et al*., 1996; Barriuso *et al*., 1992), hidrocarburos aromáticos (Totsche *et al*., 1997) y óxidos (Gu *et al*., 1994).

II.- ANTECEDENTES

Es poco el conocimiento que se tienen sobre las playas como el ambiente físico donde se llevan a cabo algunos procesos biológicos, que en este caso uno de ellos es la anidación masiva de *L. olivacea*. Se resaltan los siguientes para playa **La Escobilla** y nulo para playa **Morro Ayuta**:

Casas-Andreu (1977), realiza por primera vez una descripción del ambiente físico y del proceso de anidación de *L. olivacea*, en Playón de Mismaloya, Jalisco y playa **La Escobilla**, Oaxaca, así como *de L. kempi*, en Barra Coma, Tamaulipas.

Arzola y Armenta (1994), mencionan que el tamaño de grano de arena es importante para el desarrollo embrionario de la tortuga golfina.

Carranza- Edwards (2001), realizó la caracterización de muestras de sedimento del litoral de Oaxaca, y para la zona en la que se encuentra playa **La Escobilla**, el tamaño promedio de grano fue de 1.6 $\phi \pm 0.65\ \phi$.

Quintero de Leonardo (2010), realizó un análisis espacial sedimentológico y morfológico de playa **La Escobilla**, encontrando variaciones de la amplitud de playa con respecto a la longitud de la misma, es decir, disminuye de 80 m a 40 m a partir de los 5000 m partiendo de la barra del Río de Cozoaltepec. El tamaño promedio de grano corresponde a arenas medias.

Bolongaro *et al.* (2010), realizaron el análisis de la vulnerabilidad de los sitios de anidación de las tortugas *Eretmochelys imbricata* y *Chelonia mydas* por efectos de erosión en el estado de Campeche, encontrando tasas de erosión del 6.8 % anual y sedimento del tipo de arenas gruesas y medias.

III.- JUSTIFICACIÓN

Es de suma importancia la necesidad de generar información sobre la dinámica del ambiente físico de las playas de anidación como lo son: la intensidad del viento (nortes, ciclones), la marea, cambio del tamaño de sedimento, erosión de playas y cambios del perfil de playa a corto plazo, para entender los efectos del cambio climático y dejar en claro el impacto que puede tener a futuro sobre la especie.

La Escobilla y **Morro Ayuta** son playas de importancia nacional para el desove masivo de la tortuga golfina. Por ello, el presente trabajo pretende caracterizar las playas desde un punto de vista físico de las zonas de anidación, y aportar conocimiento de los procesos físico-biológicos que determinan la variabilidad estacional de ambos sistemas, que hasta el momento son escasos o nulos.

IV.- HIPOTESIS

- Las playas **La Escobilla** y **Morro Ayuta** en el Estado de Oaxaca son sitios de desove masivo para la tortuga golfina, ya que ahí encuentran las condiciones ideales para ello. Por consiguiente, se espera que las condiciones de dinámica litoral y procesos biológicos en ambas playas sean similares.

V.- OBJETIVO GENERAL

Caracterizar parámetros geofísico-biológicos de las playas **La Escobilla** y **Morro Ayuta** como sitios de anidación masiva de la tortuga marina ***Lepidochelys olivacea*** en la temporada de anidación 2012.

V.1.-Objetivos Específicos

Para ambas playas:

- Caracterizar parámetros geofísicos del perfil de playa, tamaño de grano de arena, volumen de sedimento.
- Caracterizar parámetros biológicos con respecto a la concentración de materia orgánica.
- Estimar el aporte de biomasa proporcionada por cada una de las arribas durante la temporada de anidación.
- Describir el comportamiento de las variables viento y oleaje.

VI.- AREA DE ESTUDIO

Las playas de estudio se encuentran en el litoral de Oaxaca (Figura 6) y tienen la peculiaridad de encontrarse situadas dentro de la llamada alberca cálida que corresponde al Golfo de Tehuantepec, caracterizada por tener una temperatura superficial promedio de 28 °C. Esta región está influenciada por un sistema dinámico complejo que involucra atmósfera, continente y océano, lo cual tipifica las condiciones que imperan en el área de estudio. A macroescala el Pacífico tropical es afectado por los cambios de presión de noviembre a marzo por los vientos fuertes que soplan temporalmente a través de la baja orografía entre el Golfo de México donde existe una fuerte presión atmosférica causada por el descenso de los vientos polares del norte, y el Golfo de Tehuantepec, donde existe un descenso de la presión. A nivel regional dichos vientos originan que el agua superficial se mueva hacia afuera del Golfo de Tehuantepec debido al forzamiento que ejercen sobre la superficie del mar (Kessler 2006).

El clima que prevalece en la región “Costa” de Oaxaca es cálido subhúmedo con lluvias en verano, las temperaturas medias anuales varían entre los 22 a 28 ºC, y con una precipitación total anual de 800 a 2000 mm. Las mareas en la costa de Oaxaca pueden clasificarse de acuerdo a su número de forma como mixtas, con dominancia semidiurna, ya que tienen valores de 0.77, 0.35 y 0.29 metros sobre el nivel del mar (msnm), para las estaciones mareográficas de Acapulco, Puerto Ángel y Salina Cruz, respectivamente (CONANP 2003).

Debido a que la precipitación en la región se concentra en los meses de junio a octubre, y a que existe escasa retención de humedad en el suelo, la zona carece de corrientes fluviales permanentes, excepto los Río Copalita y el Río Tonameca (De la Lanza y Cáceres 1994).

Los vientos provienen del sur y del este, en la temporada de lluvias, siendo los vientos dominantes del suroeste, debido al desplazamiento de la zona de convergencia intertropical hacia el norte; época cuando también se recibe la influencia ciclónica que acentúa el movimiento e intensidad de los vientos del sur. Hacia el otoño e invierno se perciben con mayor fuerza los vientos del oeste, con el desplazamiento de la zona de convergencia intertropical hacia el sur, lo que provoca un decaimiento de las lluvias así como una disminución de la humedad ambiental, que por ser vientos secos acarrean consigo la humedad relativa (Moreno 1994).

La Corriente Costera Mexicana deriva de la Contracorriente Nor-Ecuatorial (CCNE), lo cual por la deflexión de su eje hacia el suroeste hace que pase por el Golfo de Tehuantepec en el mes de mayo (Ramírez 1991).

En relación con las características oceanográficas a macroescala, la zona está dominada de enero a junio por la Corriente Norecuatorial Superficial con temperatura alta (mayor a 25 °C) y baja salinidad (menor a 35 ups). De julio a diciembre domina la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR), también con características tropicales y dirección oeste (De la Lanza y Cáceres 1994; Umatani y Yamagata 1991; Fielder 1992). La temperatura superficial anual del agua, fluctúa entre los 26 °C y 28 °C, con una oscilación térmica de 3° a 4 °C (Secretaria de Marina 1978; Weare *et al*. 1981).

Geológicamente la plataforma continental de esta región del país es muy estrecha, de tal forma que el declive del continente se pronuncia rápidamente conforme aumenta la profundidad a escasos metros de la línea de costa (Moreno 1994).

VI.1.- Playa La Escobilla

Playa **La Escobilla** (96°44' LW y 15°47' LN) pertenece al Municipio de Sta. Ma. Tonameca, Estado de Oaxaca (Figura 6). Es una playa con una extensión aproximada de 25 km y una anchura hasta de 20 m en su porción arenosa, consistiendo la zona de

anidación de una longitud de 8 km. Se encuentra limitada al oeste por Barra del Potrero (Río Cozoaltepec) y al este por la Barra de Tilapa; hacia el continente está limitada por pequeños esteros de poca importancia que sólo drenan al mar durante la temporada de lluvias. El Río Tonameca es el más importante en esta región y está a 18 km al este del poblado de **La Escobilla**. A lo largo de la playa se observan médanos de poca altura, cubiertos principalmente por *Ipomoea pesca-prae.* La franja arenosa de la playa está constituida principalmente por arena fina al tacto (Casas-Andreu 1977).

Figura 6.- Localización de las playas **La Escobilla** y **Morro Ayuta** como áreas de estudio en la costa del Estado de Oaxaca.

Las playas se encuentran marcadas por estacas cada 50 m en la zona de anidación formando estaciones con el fin de realizar muestreos de hembras anidadoras y censos de crías. Estas playas son muy amplias, con un área de vegetación y otra arenosa, ligera pendiente hacia el océano que se pronuncia al aproximarse al mar. Las playas están clasificadas en tres zonas en las que las tortugas anidan durante y después de una arribada (Figura 7).

- Zona A o frente de playa: Abarca desde la zona intermareal de flujo y reflujo (anterior a la zona de rompiente) hasta el límite superior de la marea alta.
- Zona B o supraplaya: Es el área comprendida entre el límite superior de la zona A hasta el inicio de la vegetación.
- Zona C: Abarca el área donde inicia la vegetación y se caracteriza por la presencia de dunas (Peñaflores y Vasconcelos 1996).

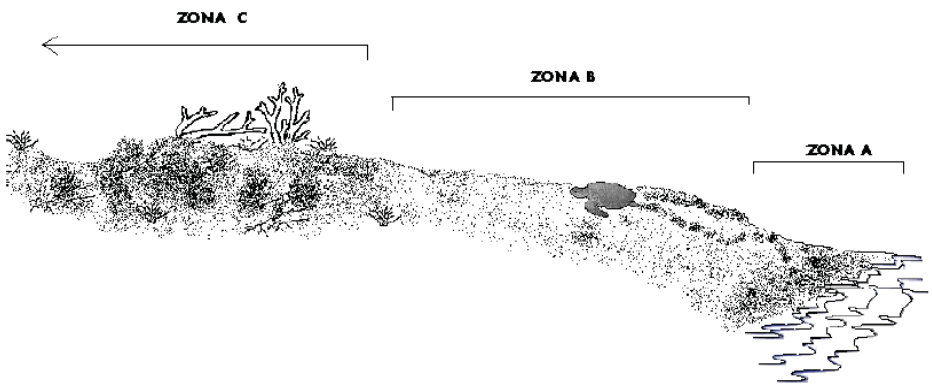


Figura 7.- Zonación del lugar donde anida la tortuga golfina sobre la playa (Peñaflores y Vasconcelos 1996).

VI.2.- Playa Morro Ayuta

La playa "**Morro Ayuta**" se encuentra al sureste del Estado de Oaxaca en el kilómetro 307 sobre la Carretera Federal 200 Puerto Escondido- Salina Cruz (15°53´ LN y 95°42´ LW). Está delimitada hacia el oeste por una punta rocosa de acantilado donde se encuentra el Faro de El Coyul, y al este por Punta La estrella. Esta playa comprende un frente de 16 km y corresponde a tres localidades; El Coyul, Río Seco y Tapanalá pertenecientes al municipio de San Pedro Huamelula.

VII.- METODOLOGÍA

Para caracterizar las playas **La Escobilla** y **Morro Ayuta** durante la temporada de arribada 2012, se midieron las siguientes variables físicas; perfil de playa, cambio del volumen de sedimento, análisis del tamaño sedimento y se analizó la serie de datos de viento y oleaje obtenidos de la página www.Buoyweather.com. Por otra parte, como variable biológica se analizó; la concentración de materia orgánica obtenida del análisis sedimentológico. A continuación se presenta una descripción detallada de la metodología aplicada.

VII.1.- NIVELACIÓN DIFERENCIAL

Para conocer la variabilidad del perfil de las playas en estudio se utilizó lo propuesto por (Emery 1961), el cual considera que la forma o relieve que tiene la fracción de playa estudiada, se puede establecer por medio de un perfil; es decir, se realizó una gráfica dibujando las distancias horizontales contra las distancias verticales medidas previamente en el terreno (Figura 8). Estas medidas verticales son denominadas cotas, alturas ó elevaciones. Las distancias horizontales dependen de lo accidentado de la playa. Una playa con una pendiente suave y sin accidentes es posible dibujarla con apenas dos puntos, pero cuando existen varias irregularidades se necesitan tantos puntos como cambios en la pendiente tenga la playa.

Se realizaron seis visitas de muestreo a lo largo de la temporada de anidación; tres en **La Escobilla** (09/06/12, 01/07/12 y 30/09/12) y tres en **Morro Ayuta** (03/06/12, 09/09/12 y 24/11/12), con la finalidad de conocer los cambios en la pendiente, en cada visita se realizaron tres perfiles aplicando el método de nivelación diferencial de Emery (1961), con el apoyo de un tripie, nivel topográfico automático marca LUFT, modelo B2-F,

dos estadales de fibra de vidrio de cinco metros, marca SECO, cinta métrica de fibra de vidrio de 50 m y un GPS para georeferenciar los puntos muestreados.

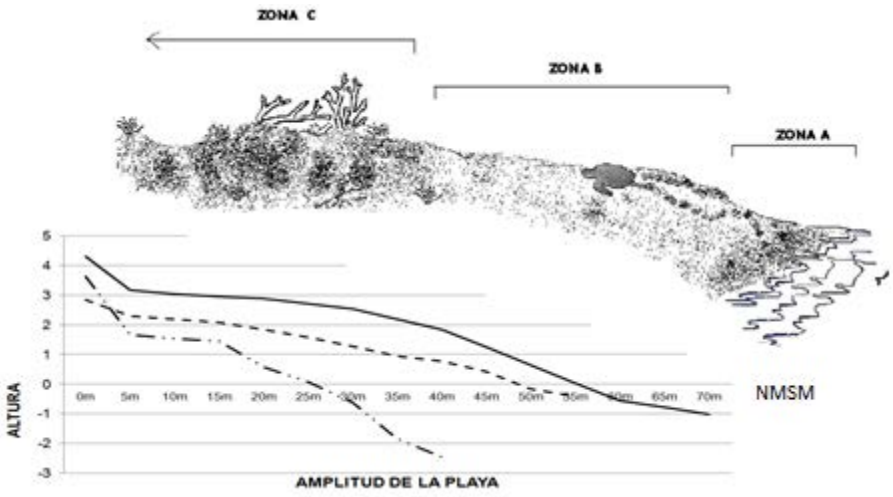


Figura 8.- Representación de la variación de un perfil de playa, con base en la altura en metros y la amplitud de la playa en metros con respecto al nivel medio sobre el mar (NMSM). (modificado de Peñaflores y Vasconcelos 1996).

Se utilizó los postes de concreto separados cada 50 m, localizados en la zona donde inicia la vegetación, como el inicio de cada perfil. Este estudio contempló 100 m de longitud de playa. En playa **La Escobilla** se utilizaron como referencia los postes de las estaciones 22, 22.5 y 23, mientras que en **Morro Ayuta** fueron los postes de las estaciones 82, 82.5 y 83. La longitud del perfil varió de acuerdo al momento de muestreo y en cada una de las playas.

Como cada playa de estudio carece de un banco de nivel preestablecido, se obtuvo la cota inicial respecto al nivel medio del mar, de esta forma los perfiles quedaron referenciados al mismo punto para su futura comparación.

VII.2.- CÁLCULO DE VOLUMEN DE SEDIMENTO

Para conocer el volumen ganado o perdido con respecto a uno y otro levantamiento de perfil, se utilizó el método matemático de suma de área de trapecios,

donde las áreas corresponden a los trapecios calculados a partir de una línea horizontal, que en este caso es el nivel medio del mar. Las cotas o alturas de la pendiente se tomaron como las bases del trapecio, base mayor (B) y base menor (b) y como la altura (h) se tomó la distancia entre cada punto de muestreo (Figura 9), siguiendo la ecuación:

Área de trapecio: $A1 = \frac{(B+b)h}{2}$ (1)

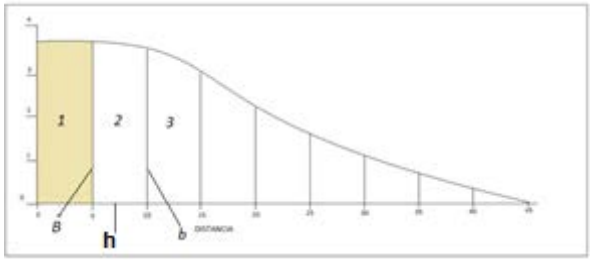


Figura 9.- Representación del área de trapecios en un perfil.

Entonces, el área del perfil corresponde a la suma del área de todos los trapecios, aplicando la fórmula:

$$\text{Área}_{p1} = \sum(A_1+A_2+A_3+\ldots+A_n) \quad (2)$$

Para determinar el volumen es necesario por lo menos conocer el área de dos perfiles. Se determina el área promedio de ambos perfiles por medio de:

$$\text{Área}_{promedio} = (\text{área p1} + \text{área p2})/2 \quad (3)$$

Posteriormente el volumen de sedimento se estima multiplicando el área promedio por la distancia entre cada perfil:

$$\text{Volumen } (m^3) = \text{área}_{promedio} \text{ X distancia}_{entre\ perfiles} \quad (4)$$

La diferencia del volumen calculado en una fecha con respecto a otra, será la cantidad de sedimento que se depositó (ganancia, valores positivos) ó se erosionó (pérdida, valores negativos).

VII.3.- ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO

Todo estudio de nivelación diferencial va acompañado de un análisis sedimentológico del suelo donde se realizó el perfil. Como cada playa se dividió en tres zonas (A, mesoplaya; B, supraplaya; C, dunas), para éste análisis también se tomó en cuenta una cuarta que correspondió a la zona de rompiente (R, rompiente), y para ello se recolectó una muestra de 200 g de arena de cada zona que se guardó en bolsas de plástico debidamente etiquetadas indicando el lugar y fecha de muestreo, de esta muestra se tomaron 50 g para el análisis granulométrico y obtención de concentración de materia orgánica. El resto de la muestra se guardó como referencia.

Para el análisis sedimentológico se aplicó la técnica propuesta por Folk (1974), la cual consiste en un primer paso de pretratamiento de la muestra para eliminar materia orgánica mediante la combustión con peróxido de hidrógeno (H_2O_2), eliminación de sales mediante el lavado del sedimento con agua destilada, secado sobre planchas de calentamiento y, un segundo paso que es el tamizado para obtener los pesos de las diferentes clases de tamaños de granos de arena.

Dichos tamaños están dados en la escala granulométrica denominada UDDEN-WENTWORTH, siendo la más utilizada en la actualidad, propuesta por Udden (1914), y modificada por Wentworth (1922) y por el Comité Lana (1947). Establece una notación phy (ϕ) la cual está basada en el logaritmo base 2 del diámetro de la partícula del sedimento ($\phi = -\log_2 D_{mm}$).

Los datos obtenidos del análisis sedimentológico se procesaron con el programa GRADISTAT que proporcionó los parámetros estadísticos que caracterizan a cada una de las playas. El programa fue desarrollado por Blott and Pye (2001) para el estudio de sedimentos no consolidados. El análisis estadístico es para poder describir la distribución y dispersión de las clases de grano de arena siguiendo lo propuesto por Folk (1966), que

consiste en un método gráfico logarítmico. Este utiliza índices sedimentarios estimados a partir de los llamados genéricamente cuartiles para determinar el tamaño de sedimento correspondiente a una proporción concreta de individuos de tamaño superior a él. Normalmente la curva de frecuencias de tamaños se divide en cien partes de ahí que normalmente se utilicen percentiles. Los percentiles se expresan con el signo ϕ_i (phy_i) , indicando el subíndice "i" el porcentaje utilizado. Así ϕ_5 corresponderá a aquél tamaño que tiene un 5% de individuos superiores a él. Estos percentiles se pueden calcular gráficamente a partir de la curva de frecuencias relativas acumuladas (McManus 1991).

El percentil más característico es él ϕ_i o centil, que indica que el 1% del efectivo es mayor que ese tamaño y equivale al mayor tamaño transportado. Otros percentiles (5, 16, 15, 50, 84, 95) son también muy útiles para calcular los distintos parámetros estadísticos de las distribuciones.

Estos estadísticos sedimentarios son herramientas matemáticas que nos ayudan a describir la distribución y dispersión de las clases de granos de arena mediante su representación gráfica y, con ello obtener una mejor interpretación. Asimismo, se clasifican de la siguiente manera:

• Estadísticos de centralización:

a) **Moda** (Mo). Es el valor en escala phy (ϕ) más frecuente (la marca más frecuente) o bien la clase granulométrica de mayor representación en el sedimento.

b) **Mediana** (Md). Es el tamaño de grano para el cual la frecuencia acumulada es del 50% (Md= ϕ_{50}). Representa al punto medio de la distribución granulométrica y por lo tanto es el diámetro que deja la mitad (en peso) de la población analizada con tamaños más gruesos y la otra mitad con tamaños más finos.

c) **Media** (Mz). Es el diámetro promedio de todas las partículas que componen el sedimento.

$$\mathrm{Mz} = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

• Estadísticos de dispersión:

a) Selección (σ). Indica la forma en que se distribuyen los tamaños de una población alrededor del valor central, por ello debería hablarse más de clasificación que de selección:

$$\sigma i = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6.6}$$

En función del resultado obtenido se clasifican las muestras como:

Muy bien seleccionada	σ < 0,35
Bien seleccionada	0,35 < σ < 0,50
Moderadamente bien seleccionada	0,50 < σ < 0,71
Moderadamente seleccionada	0,71 < σ < 1,0
Pobremente seleccionada	1,0 < σ < 2,0
Mal seleccionada	2,0 < σ < 4,0
Muy mal seleccionada	σ > 4,0

b) Asimetría o **sesgo** (*sk*). Es una medida independiente de la selección e indica predominio de una población con respecto a otra. La asimetría es un parámetro que relaciona la separación de los extremos (colas de la distribución) de la población con la media. De esta forma existen dos tipos de asimetría según exista un exceso de partículas gruesas (asimetría negativa) o finas (asimetría positiva).

$$ski = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2\phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2\phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

Sesgo muy fino	+0.3 a +1.0
Sesgo fino	+0.1 a +0.3
Simétrico	+0.1 a -0.1

Sesgo grueso	-0.1 a -0.3
Sesgo muy grueso	-0.3 a -1.0

c) **Curtosis** (*kg*). Representa un índice de dispersión que relaciona las clases proximales con las distales, compara la dispersión de la parte central y la dispersión de los extremos de la curva de frecuencia. Juntamente con la asimetría son parámetros sensibles para detectar ambientes de depósito y para averiguar si la frecuencia es resultante de la mezcla de intervalos distintos, es un auténtico índice de la selección:

$$kg = \frac{\phi 95 - \phi 5}{2.44(\phi 75 - \phi 25)}$$

Con base en el valor calculado la muestra se clasifica como:

Muy platicurtica	<0.67
Platicurtica	0.67 – 0.90
Mesocurtico	0.90 – 1.11
Leptocurtica	1.11 – 1.50
Muy leptocurtica	1.50 – 3.00
Extremadamente leptocurtica	>3.00

VII.4.- MATERIA ORGÁNICA (M.O.)

El contenido de materia orgánica se obtuvo a partir de 100 g de arena de cada una de las zonas de anidación. La materia orgánica se expresó en porcentaje de concentración por peso de sedimento, por cada zona de anidación y por fecha de muestreo. Estos datos fueron obtenidos con el análisis sedimentológico siguiendo la metodología de Folk (1974), el cual consistió en eliminar por combustión el contenido de materia orgánica con peróxido de hidrógeno, calentando la mezcla sobre una plancha y agitando constantemente, posteriormente se enfrió hasta obtener la temperatura ambiente y se pesó, por diferencia de peso se obtuvo la fracción de materia orgánica contenida en la muestra. Estos datos sirvieron para hacer el análisis de la concentración del material orgánico por zona de anidación de cada perfil y por fecha de muestreo, y un segundo análisis para extrapolar la concentración contenida en promedio en un metro cúbico de sedimento. Esto se obtuvo con multiplicar el contenido de materia orgánica estimada por el peso de sedimento contenido en un volumen de un metro cúbico, lo cual para **La Escobilla** correspondió a 1740 kg/m^3 y 1815 kg/m^3 para **Morro Ayuta**.

Además se realizaron pruebas de análisis de varianza (ANOVA) para encontrar diferencias de las concentraciones entre las zonas de anidación y entre los meses de muestreo.

VII.5.- APORTE DE BIOMASA

Los datos de abundancia de tortugas por arribada y por playa, fueron proporcionados por el Centro Mexicano de la Tortuga (CMT) de sus reportes internos de la administración, y fueron utilizados para estimar la biomasa aportada por las tortugas por fecha de arribada para la temporada 2012 en cada una de las playas de estudio. Los datos del número de hembras anidadoras se multiplicaron por el número promedio de

huevos por puesta (90 huevos) depositado por una hembra, o sea, para obtener un valor aproximado del número de huevos depositados en una arribada, posteriormente este dato se multiplicó por 0.30 (Márquez 1990), que corresponde al peso promedio, en kilogramos, de un huevo de golfina, con el objeto de obtener una estimación referente del aporte de biomasa en forma de huevo en una arribada.

VII.6.- VIENTO Y OLEAJE

Para conocer la variabilidad del viento y oleaje que incidió en cada una de las playas de estudio durante la temporada de medición y muestreo del año 2012, se obtuvo la información de la página de pronóstico marino www.buoyweather.com y de las boyas virtuales localizadas en las coordenadas 15.5°N/97.0°W frente a la playa **La Escobilla**, y 15.5°N/96.0°W frente a la playa **Morro Ayuta**. Los registros de valores diarios de velocidad y dirección del viento, altura del oleaje en un lugar y tiempo específico son obtenidos a través del modelo WAVEWATCH.

A las series de datos de cada playa se les aplicaron dos metodologías; una en el programa STATISTICA para el análisis de la velocidad y dirección del viento, y altura y dirección del oleaje, para ver si existieron diferencias significativas con respecto a cada fecha de arribada y, una segunda mediante el la rutina WIND-ROSE que se ejecuta con el programa MatLab desarrollado por el Instituto Español de Oceanografía (IEO; La Coruña), para obtener gráficamente mediante rosa de los vientos la velocidad y dirección del viento y, la altura y dirección del oleaje que en promedio se presentaron durante la temporada de anidación 2012.

VIII.- RESULTADOS

VIII.1.- PERFIL DE PLAYA

Para el mes de junio playa **La Escobilla** presentó una amplitud de playa de 70 m y cota inicial de 4.29 m con respecto al nivel medio sobre el mar (nmsm). El 15 de junio la playa fue afectada por la acción erosiva del huracán Carlota, provocando la remoción de sedimento que modificó el perfil y redujo la amplitud de playa a 25 m, la cota a 3.62 m, dejando un perfil erosionado. Sin embargo es notorio cómo para finales de septiembre la misma dinámica litoral recobra el perfil hacia una apariencia muy cercana a la encontrada al inicio del estudio con el aumento en la amplitud de la playa y una cota de 2.95 m entre los perfiles (Figura 10).

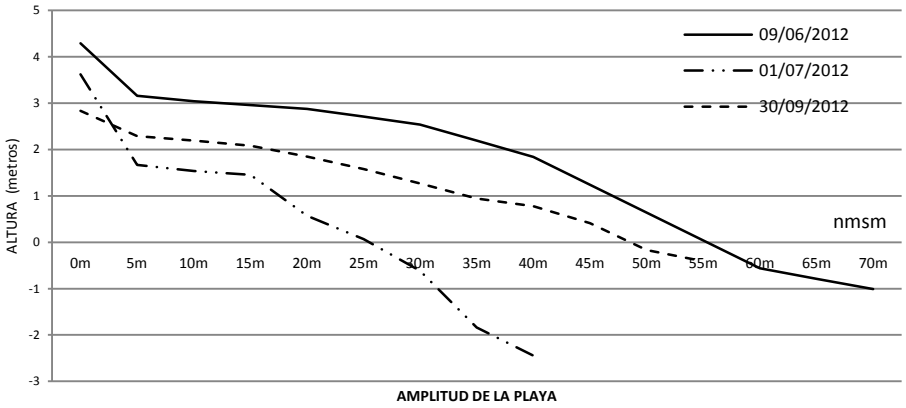


Figura 10.- Perfil comparativo de los levantamientos topográficos en playa **La Escobilla**.

En el escarpe formado por la tormenta en la zona de anidación fue evidente observar; 1) la pérdida parcial o total de casi 5,600 nidos de la arribada previa, con una estimación de 504,000 huevos aproximadamente y 2) se evidenció la acumulación de nidos sobrepuestos de arribadas, incluso de temporadas anteriores.

En playa **Morro Ayuta**, al inicio del muestreo (03/06/12) las características fueron contrarias a lo observado en **La Escobilla**, esta playa presentó una amplitud de 35m, cota inicial de 3.38 m. Para el mes de septiembre, la zona de la supraplaya no presentó gran

cambio, mientras que en la zona de la infraplaya presentó una fuerte acumulación de sedimento que trajo consigo el aumento de la amplitud a 52 m, así como la disminución de la cota inicial a 2.7 m dando la formación de un perfil disipativo. En el mes de noviembre los cambios fueron sustanciales en la acreción de la playa con un aumento de la amplitud cercana a los 58 m y una cota de 3.35 m con respecto al nivel medio del mar (Figura 11).

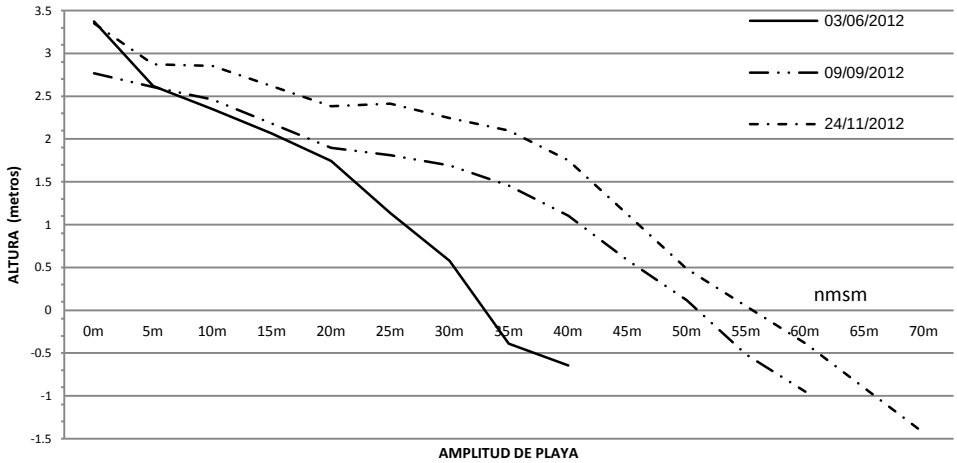


Figura 11.- Perfil comparativo de los levantamientos topográficos en playa **Morro Ayuta**.

VIII.2.- VOLUMEN DE SEDIMENTO

En la Tabla 1 se muestra la variación del área de muestreo y el cálculo del volumen de sedimento correspondiente a cada una de las tres visitas que se realizaron en cada sitio de estudio.

La longitud de la playa no varió durante el estudio. En contraste, el ancho de playa es la que presentó la variación debida al efecto de erosión y depósito de sedimento durante el periodo de estudio.

La Escobilla, en el mes de junio el volumen de sedimento estimado fue de 10,381.5 m^3, y el área disponible de anidación fue de 5,500 m^2. En julio el área de

anidación muestreada se redujo fuertemente con la erosión causada por el huracán Carlota que azotó la playa, con un cálculo de 2,500 m^2 y una pérdida de sedimento de 7,079.3 m^3 (Figura 14). El sedimento de la porción de playa que correspondía a la zona A, se erosionó.

Tabla 1.- Cambio del área de muestreo y volumen de sedimento en las fechas de muestreo**.**

LA ESCOBILLA				
FECHA	SUPERFICIE (m^2)	VOLUMEN DE SEDIMENTO (m^3)	DIFERENCIA (m^3) Erosión (-)/Deposito (+)	%
09/06/12	5,500	10,381.50 ± 1.1	-	
01/07/12	2,500	3,302.19 ± 19.1	(-) 7,079.31 ± 18.0	- 68
30/09/12	5,000	7,417.69 ± 15.2	(+) 4,115.50 ± 4.0	+ 55
MORRO AYUTA				
03/06/12	3,500	5,712.4 ± 25.1	-	
09/09/12	5,000	8,673.5 ± 14.6	(+) 2,961.12 ± 10.5	+ 34
24/11/12	5,800	13,407.3 ± 12.2	(+) 1,772.52 ± 2.4	+ 13

Para el mes de septiembre es evidente el aumento del área de muestreo a 5000 m^2 y la acreción del volumen de sedimento sobre la playa se incrementó 4,115.5 m^3. Existe una relación directa entre el área y el volumen de sedimento (Figura 12).

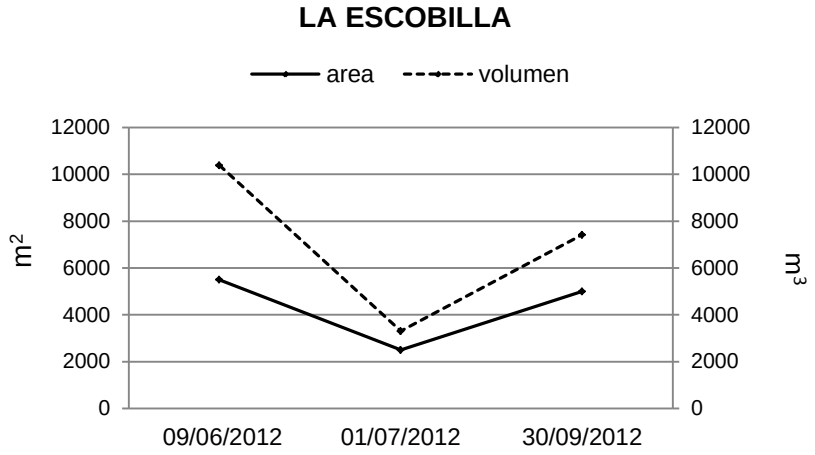


Figura 12.- Área *vs* volumen de sedimento en cada fecha de muestreo, **La Escobilla**.

En la playa **Morro Ayuta** se encontró una situación muy diferente, el volumen estimado para junio fue de 5,712.4 m^3 en 3,400 m^2 que corresponden al área de muestreo. En el mes de septiembre se observó una acreción en el volumen del sedimento de 2,961.12 m^3, así como un incremento en el área de 2,500 m^2. En este caso es notorio que el huracán Carlota no tuvo efecto sobre ésta porción de costa. Dos meses después en el mes de noviembre se observa una acreción en el depósito del sedimento de 1,772.5 m^3 con un aumento de 800 m^2 del área de muestreo (Figura 13).

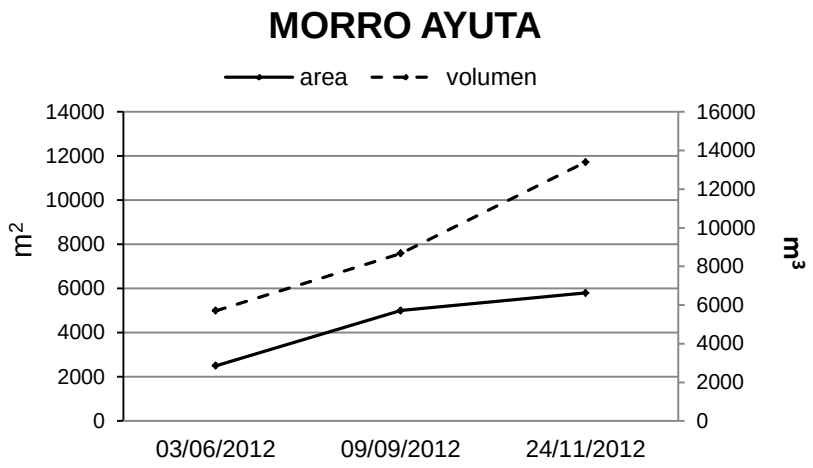


Figura 13.- Área *vs* volumen de sedimento en cada fecha de muestreo, **Morro Ayuta.**

VIII.3.- SEDIMENTO

Para este rubro sólo se tomaron en cuenta las zonas A, B y C, ya que estas zonas son utilizadas únicamente por las tortugas para desovar. En la Figura 14 se presenta la distribución de frecuencias relativas en peso de las clases de tamaño de grano de arena, para las tres fechas de muestreo en las tres zonas de anidación (A, B, C) en playa **La Escobilla**.

En la Tabla 2 se muestran los parámetros estadísticos descriptivos de la distribución del tamaño del sedimento con respecto al peso más representativo de cada clase. El tipo de sedimento corresponde principalmente a arenas medias a finas según la

metodología de Folk (1974), mientras que para la zona de rompiente se encuentra el tipo de arenas medias a gruesas. Para el lado de la zona B y zona C se permitió la suspensión y una mejor redistribución de los sedimentos a lo largo del área muestreada. Para playa **La Escobilla** en el mes de junio el tamaño promedio en la zona A correspondió a arena media (1.5 ϕ), representando el 55 % del peso total de la muestra, un 30 % correspondió a arena gruesa (0.5 ϕ), el 15 % fue arena fina (2.5 ϕ) y un 5 % fueron arenas muy finas (3.5 ϕ). En la zona B el tamaño de arenas medio (1.5 ϕ) en peso representó el 65 % del total de la muestra. La arena fina representó el 18 % del peso, 15 % de arena gruesa y el 2 % de arena muy gruesa. Para la zona C un 65 % fue arena media, un 20 % arena fina, un 10 % de arena gruesa y el 5 % de arena muy gruesa. Con esto, la distribución de los pesos porcentuales de los tamaños para la zona B y C es simétrica, moderadamente bien seleccionadas las clases y mesocúrtica, mientras que en la zona A la distribución es también mesocúrtica con un fino sesgo hacia la clase de arena gruesa, con moderada buena selección (Tabla 2). En el mes de julio la zona A se caracterizó con 58 % de arena media, el 25 % correspondió a arena fina, el 15 % de arena gruesa y el 2 % arena muy fina. En la zona B el tamaño medio representó el 60 % en peso, mientras que el 20 % representó al tamaño fino, el 14 % al tamaño grueso y un 6 % de arena muy fina.

Para el mes de septiembre las tres zonas A, B y C presentaron el mismo porcentaje (60 %) en peso de la clase de arena media, el 25, 20 y 18 % respectivamente correspondieron a arena gruesa y el 12, 18 y 18 % a arena fina, 3, 2 y 4 % representaron la arena muy fina en la distribución de los pesos por tamaño dentro de cada muestra (Figura 14).

Con base en los parámetros estadísticos descriptivos se determina que para playa **La Escobilla** y para todo el periodo de estudio, el tipo de arena corresponde a la clase de tamaño medio, con una moderada buena selección y distribución simétrica de los

tamaños con respecto al tamaño promedio, la curtosis es mesocúrtica lo que indica que no existe el predominio por un tamaño o una clase en específico (Tabla 2 y Figura 14).

Tabla 2.- Parámetros descriptivos del sedimento en playa **La Escobilla**.

	Junio			Julio			Septiembre		
Zona	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Media	AM*	AM*	AM*	AM*	AM*	AM*	AM*	AM*	AM*
σ	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**
SK	SIMETRICO	SIMETRICO	SIMETRICO	SIMETRICO	SIMETRICO	SESGO	SIMÉTRICO	SIMÉTRICO	SIMÉTRICO
K	MESO	MESO	MESO	MESO	MESO	MESO	MESO	MESO	LEPTO

AM = arena media
AG = arena gruesa
MBS = moderadamente bien seleccionada

S = simétrica
A = asimétrica
Lepto-cúrtica; Meso-cúrtica

Sin embargo, hay que resaltar que para el mes de septiembre la zona C presenta un sesgo hacia valores positivos y una curtosis promedio leptocúrtica, lo que indica una distribución preferencial hacia arena muy fina.

Con respecto a la madurez textural, que se refiere a la modificación del aspecto físico de la partícula (forma) y de la uniformidad de su distribución (desviación estándar), el sedimento de **La Escobilla** es del tipo maduro, casi sin arcillas, bien clasificado, subredondeado y una desviación estándar (σ) de $\pm$ 0.5 ϕ.

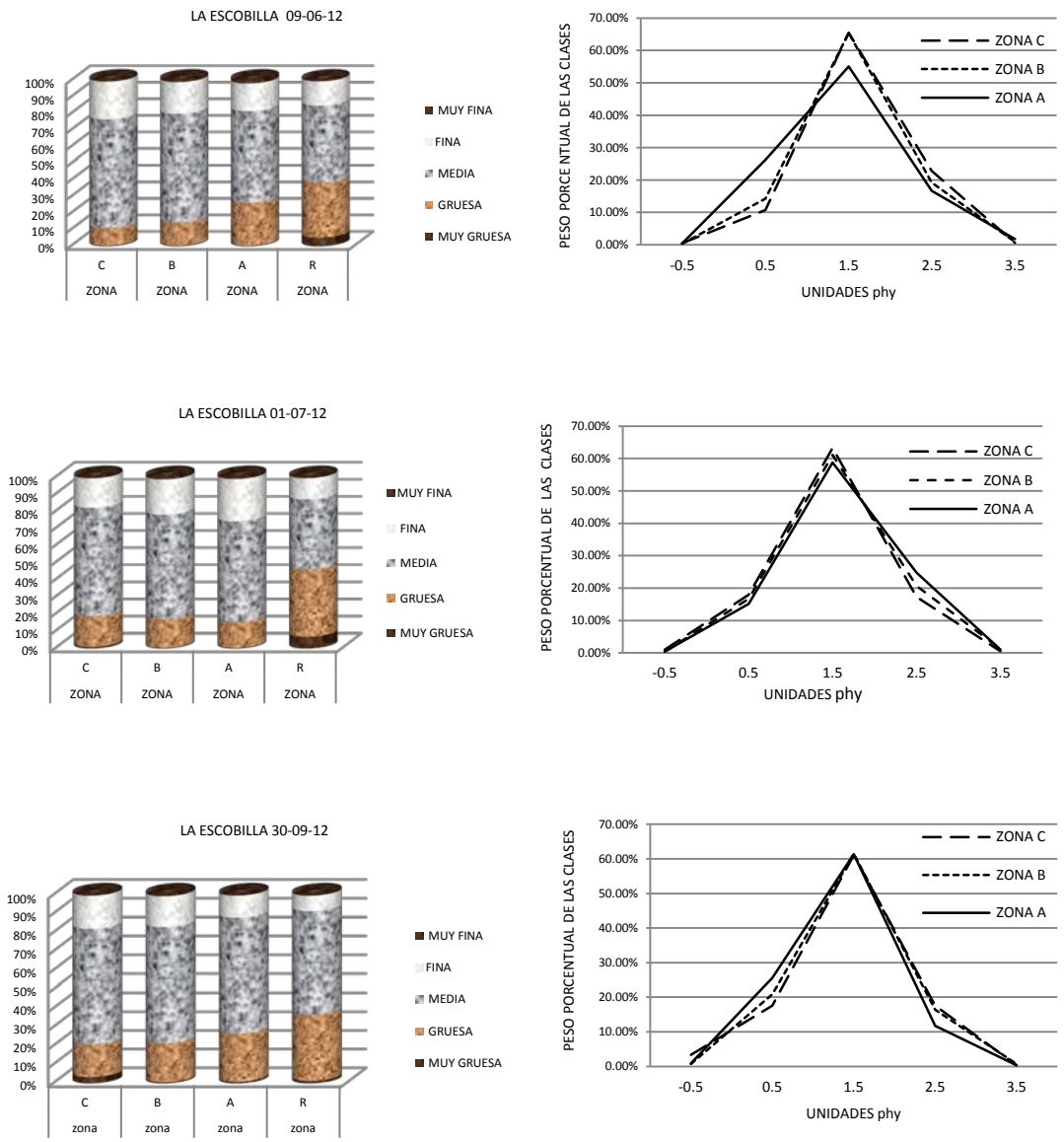


Figura 14.- Distribución en porcentaje del peso por clase que representa el tamaño de grano de arena en la muestra por zona de anidación para cada mes de muestreo en playa **La Escobilla** para el periodo de estudio.

.

La playa **Morro Ayuta** presentó condiciones muy diferentes a las encontradas en **La Escobilla**, ésta playa tuvo una mayor variabilidad con respecto a la selección y distribución del sedimento en las zonas de anidación (Figura 15), la descripción de los parámetros estadísticos se recobran en la Tabla 3.

Para el mes de febrero (temporada de estiaje) el tamaño medio para la zona A fue de 1.5 ϕ representando el 63 % del peso de la muestra, una desviación estándar de 0.63 ϕ que representa el 22.5 % de arena fina y el 12 % de arena gruesa, sesgo de 0.02 que corresponde al 2.3 % de arena muy fina, la curtosis de 1.1 indica una distribución meso cúrtica (Tabla 3, Figura 15). La zona B presentó un tamaño promedio de 0.9 ϕ que correspondió al 40 %, con desviación estándar de 0.6 ϕ que corresponde al sesgo hacia arena gruesa que representó el 52 % del peso total de la muestra, un 5 % de arena muy gruesa y el 3 % de arena fina. Los parámetros estadísticos describen la zona con una distribución moderadamente bien seleccionada. El sesgo con valor negativo (-0.06) indica una fuerte predominancia de arena gruesa. Sin embargo, para la zona C el tamaño medio fue de 1.6 ϕ representando el 63 % del peso total de la muestra, desviación estándar de 0.6 que equivalió al 22.5 % de arena fina, sesgo de 0.06 que representó el 12 % de arena gruesa y el 2.5 % de arena muy fina (Figura 15). En el mes de junio el tamaño de partícula promedio para la zona A fue de 1.4 ϕ con el 56 % del peso total de la muestra, 27 % de arena gruesa, 15 % de arena fina y el 2% de arena muy fina, con desviación estándar de -0.6 ϕ que clasifica al sedimento como moderadamente bien seleccionado, así como un sesgo de -0.66 que indica que los tamaños se encuentran proporcionalmente distribuidos con respecto al tamaño medio y la curtosis fue mesocúrtica con un valor de 1.01.

La zona B tuvo un tamaño promedio de 1 ϕ que representó el 45.6 %, un 42 % de arena gruesa, 6.3 % de arena fina y el 6 % de arena muy gruesa. El sesgo con valor negativo indica asimetría y un fuerte sesgo hacia partículas gruesas y muy gruesas, la

curtosis es mesocúrtica. En la zona C el 51.5 % correspondió arena media, 39 % arena gruesa, 9.5 % arena fina, 3 % arena muy gruesa y cercano al 1 % arena muy fina. La desviación estándar indica una moderada buena selección y simétricamente bien distribuidos los tamaños con respecto al tamaño medio. La curtosis fue mesocúrtica indicando que no existe el predominio de una población en particular.

En el mes de septiembre, en la zona A el tamaño promedio de grano de arena fue de 1 ϕ representando el 40 % del peso, el 47.4 % correspondió a arena gruesa, 4.4 % de arena muy gruesa, representando ambos porcentajes el sesgo negativo, un 7.2 % de arena fina y 1.1 % de arena muy fina. La distribución es leptocúrtica y junto con la asimetría indican un predominio de la clase arena gruesa (Tabla 3).

Tabla 3.- Parámetros descriptivos del sedimento en playa **Morro Ayuta**.

	FEB			JUN			SEP			NOV		
Zona	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
MEDIA	AM*	AG*	AM*	AM*	AM*	AM*	AM*	AM*	AM*	AM*	AM*	AM*
DST	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**	MBS**
SESGO	S***	A´´	S***	A´´	A´´	S***	A´´	A´´	A´´	A´´	S***	A´´
CURTOSIS	LEPTO	MESO	MESO	MESO	MESO	PLATI	MESO	LEPTO	LEPTO	MESO	MESO	MESO

AM = arena media
AG = arena gruesa
MBS = moderadamente bien seleccionada
S = simétrica
A = asimétrica
Lepto-cúrtica;
Meso-cúrtica

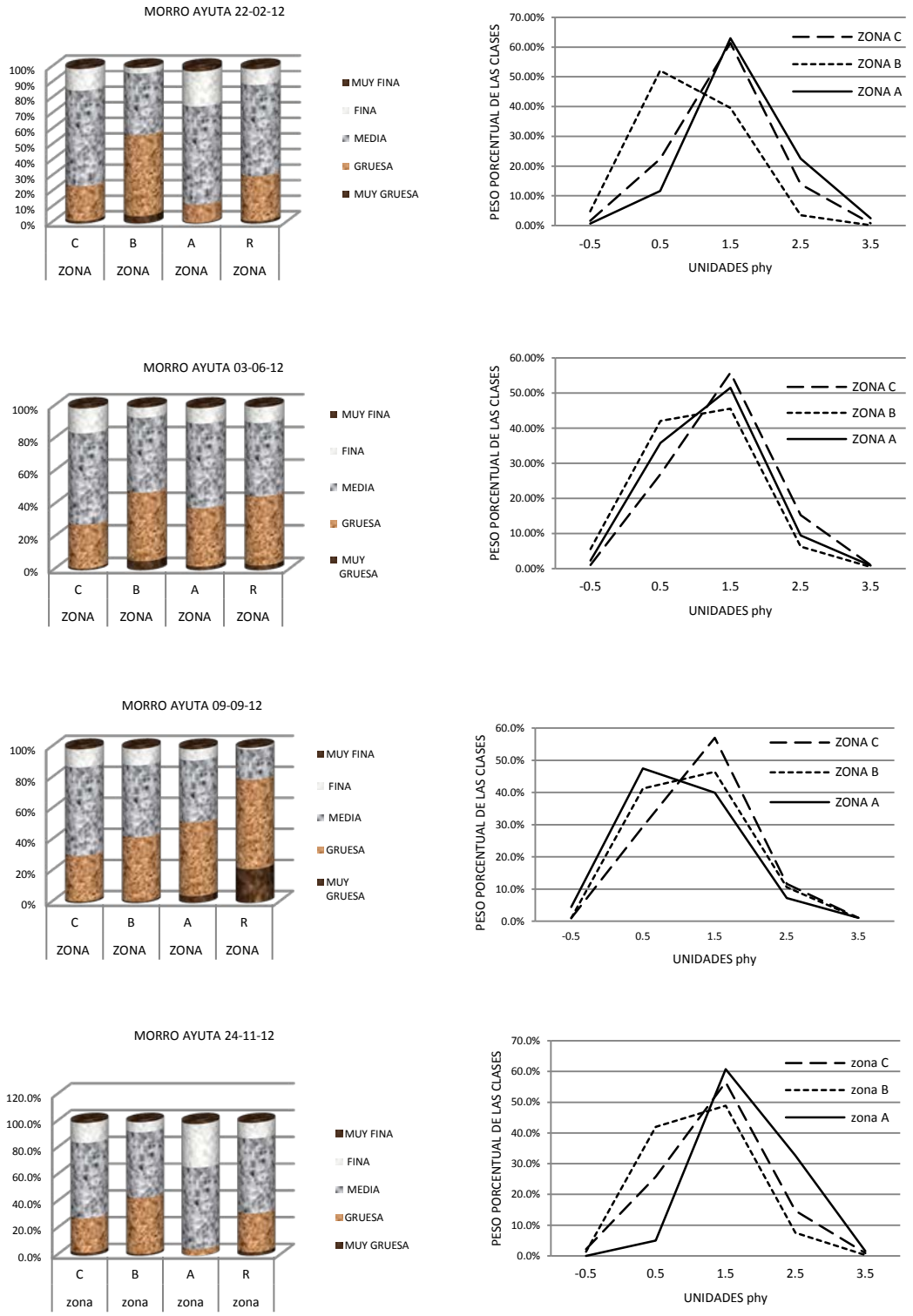


Figura 15.-Distribución en porcentaje del peso por clase que representa el tamaño de grano de arena en la muestra por zona de anidación para cada mes de muestreo en playa **Morro Ayuta** para el periodo de estudio.

La distribución de las clases en la zona B fue del 46 % de arena media, 41.2 % de arena gruesa, 10.6 % arena fina y cercano al 2 % de arena muy gruesa y muy fina. La desviación estándar de 0.66 ϕ indica que el sedimento se encuentra moderadamente bien seleccionado, sin embargo el sesgo hacia valores negativos y predominio de partículas gruesas son representadas por una distribución leptocúrtica. La zona C mostró una distribución simétrica, con desviación estándar que muestra una moderada buena selección del material y mesocúrtica bien representada por una distribución normal. La arena media correspondió al 57 %, arena gruesa el 29 %, un 11.6 % correspondió arena fina y un dos por ciento a los extremos (Figura 15).

Noviembre, se caracterizó por un predominio de arenas medias a finas representadas por el 60.8 % de arena media, 32.6 % arena fina y 1.6 de arena muy fina, apenas un 5 % de arena gruesa del peso de la muestra. El sesgo es positivo que se corrobora con el predomino de partículas finas. La zona B al contrario, la distribución de las clases de tamaños estuvo representada por arena media con un 49 %, arena gruesa con 42 % y 1.3 % de arena muy gruesa. Por otra parte disminuyó el peso de las clase de arena fina con 7.5 % y apenas 0.2 % de arena muy fina. Siendo platicúrtica la forma de la curva de distribución. La zona C se caracterizó con un 56.5 % de arena media, 25.7 % de arena gruesa y 2.2 % de arena muy gruesa. Las partículas finas correspondieron al 14.7 % y las muy finas casi el 1 %. El análisis describe al sedimento de esta zona, moderadamente bien seleccionado, simétricamente distribuido, y del tipo mesocúrtico, sin predominio de una población en particular con respecto al tamaño medio (Tabla 3).

Con respecto a las características de madurez del sedimento de **Morro Ayuta** se encontró que es del tipo Maduro, casi sin arcillas, bien clasificado, subredondeado y una desviación estándar ($\sigma = \pm 0.5\ \phi$).

VIII.4.- MATERIA ORGÁNICA, HUMEDAD Y MATERIAL LITOGÉNICO.

A continuación se describen las cantidades porcentuales del contenido de concentración de materia orgánica, humedad y proporción de material litogénico cuantificadas en 100 g de arena del estrato superficial de 10 cm, en cada zona de anidación y en cada periodo de muestreo, respetando la siguiente nomenclatura: R, rompiente; A, meso playa; B, supra playa y C, dunas

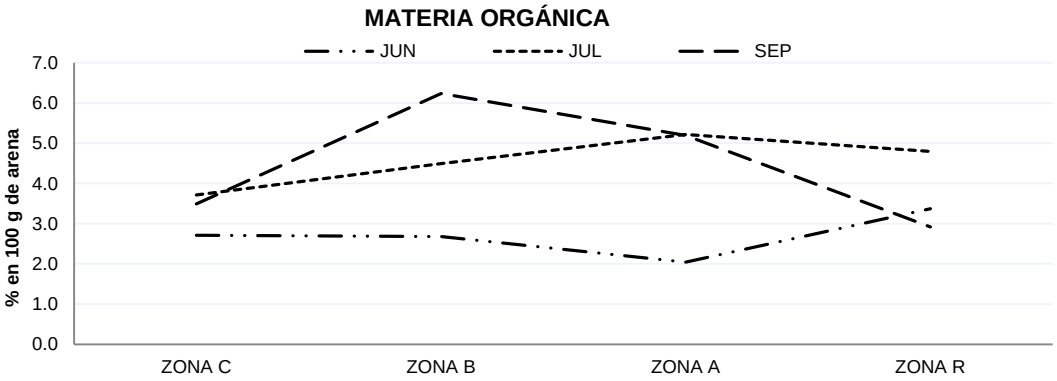
La Escobilla.

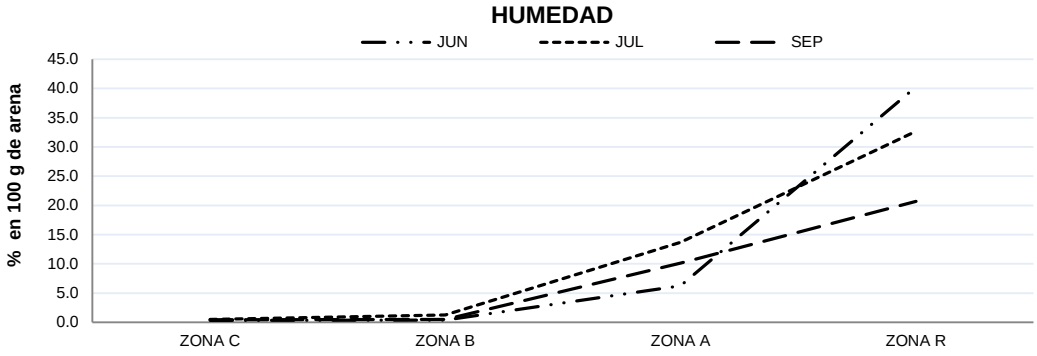
Para el mes de junio el contenido porcentual de materia orgánica en la zona de rompiente fue de 3.4 %, un 40.3 % de humedad y el 56.3 % de litogénicos. En la Zona A la M.O. fue de 2.0 %, la humedad de 6.3, y la proporción de litogénicos de 91.7 %, en la zona B y C las proporciones de M.O. fueron de 2.7 % en ambas zonas, 0.4 y 0.3 % de humedad así como 97 % de litógenos en ambas zonas. En el mes de julio en la zona R el contenido de M.O. fue de 4.8 %, 32.7 % de humedad y 62.5 % de litógenos, con un aumento en la zona A con el 5.2 %, 13.7 % de humedad y 81.1 % de litógenos, en la zona B la M.O. fue de 4.5 % 1.3 % de humedad y 94.2 % de litógenos, en la zona C los contenidos fueron de3.7 % M.O., 0.5 % humedad y 95.8 % litógenos. En el mes de septiembre la estimación de materia orgánica fue del 2.9 % en la zona de rompiente, 20.7 % de humedad y 76.4 % de litógenos, mientras que para la zona A la M.O. fue de 5.2 %, 13.7 % de humedad y 84.7 % de litógenos. En la zona B la M.O. fue mayor con 6.2 %, 0.5 % de humedad y 93.3 % de litógenos y para la zona C la M.O. fue de 3.5 %, humedad 0.4 % y litógenos 96.1 %, (Figura 16). El análisis de varianza de la concentración de materia orgánica entre meses de muestreo, indicó que sí existen diferencias significativas en las

concentraciones estimadas (F= 5.98, p= 0.03), por lo que se rechaza la hipótesis que las concentraciones son iguales.

MORRO AYUTA

La variación espacial del porcentaje de materia orgánica para febrero (temporada de estiaje) en la zona R fue de 0.5 %, la humedad 33.1 % y 66.4 % de litógenos. En la zona A la M.O. fue de 0.5 %, 1.6 % de humedad y 97.9 % de litógenos. Para zona B (arena seca) la M.O. fue de 0.4 %, humedad del 0.2 % y 99.4 % de litógenos y para la zona C (área de vegetación) el contenido de M.O. fue de 0.6 %, 0.2 % de humedad y 99.1 % de litógenos. Para el mes de junio el contenido de M.O. para la zona R fue de 0.9 %, 31.2 % de humedad y 67.9 % de litógenos, en la zona A la M.O. fue de 0.8 %, 1.7 de humedad y 97.5 % de litógenos, En la zona B los contenidos fueron de 0.3 % de M.O., 0.4 % de humedad y 99.2 de litógenos, mientras que para la zona C la M.O. representó el 0.6 %, 0.3 % la humedad y el 99.1 % los litógenos.





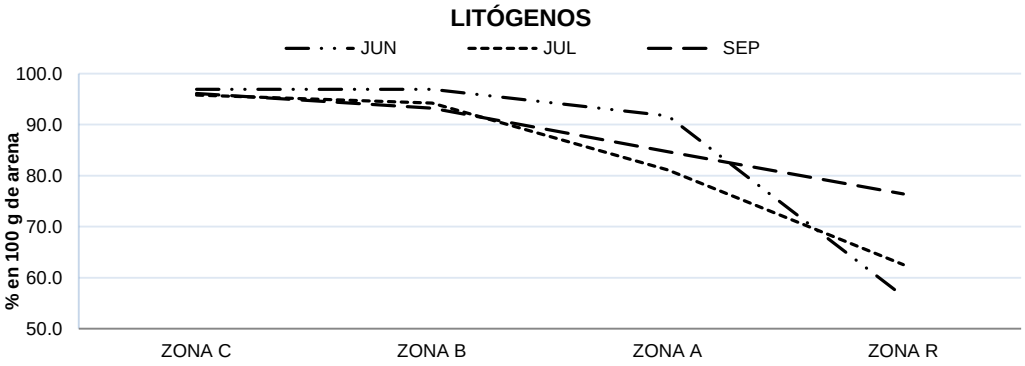


Figura 16.- Comparación gráfica de los contenidos de M.O., humedad, y material mineral por muestra analizada de cada zona de anidación y por fecha de muestreo, para playa **La Escobilla.**

En el mes de septiembre las condiciones de materia orgánica para la zona R fueron del 1.1 %, 26.5 % de humedad y 72.5 % de litógenos, en la zona A la M.O. fue de 0.5 %, 0.8 % de humedad y 98.7 % de litógenos, en la zona B la M.O. correspondió al 0.3 %, la humedad el 0.4 % y los litógenos el 99.4 %. Para la zona C la concentración de M.O. aumentó a 0.7 %, con el 0.2 % de humedad y el 99.2 % de litógenos. Para noviembre la estimación de M.O. en la zona de rompiente fue de 0.4 %, mientras que la humedad representó el 35.8 % y los litógenos el 63.3 %, en la zona A los contenidos fueron del 1.1 % de M.O., 5.5 % de humedad y 93.4 % de litógenos, mientras que para la zona B, la M.O. fue de 0.4 %, 0.4 % de humedad y 99.3 % de litógenos. En la zona C la M.O. fue de 0.4 %, 0.2 % de humedad y 99.3 % de litógenos (Figura 17).

Mediante el análisis de ANOVA se obtuvo que, entre zonas no existen diferencias significativas entre las concentraciones estimadas de materia orgánica ($F= 3.66$, $p= 0.06$) por lo tanto las concentraciones son iguales. De igual forma, entre los meses de muestreo no presentaron diferencias significativas ($F= 0.36$, $p= 0.78$), por lo tanto se acepta la hipótesis de igualdad en las concentraciones.

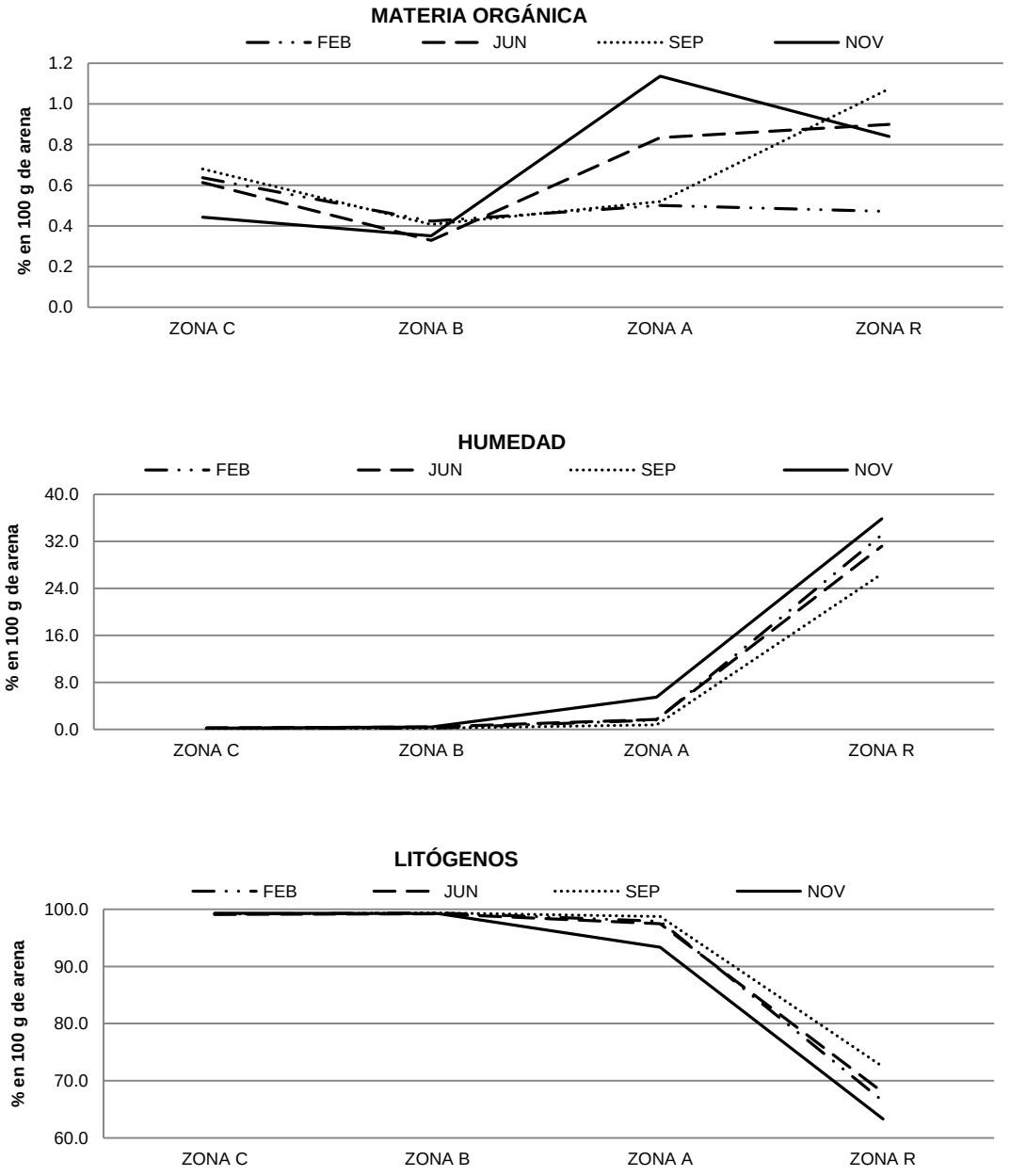


Figura 17.- Comparación gráfica de los contenidos de M.O., humedad, y material mineral por muestra analizada de cada zona de anidación y por fecha de muestreo, para playa **Morro Ayuta**.

VIII.5.- MATERIA ORGÁNICA POR VOLUMEN DE SEDIMENTO ESTIMADO.

En playa **La Escobilla** en un volumen de un metro cúbico caben 1740 kg de arena, mientras que en **Morro Ayuta** se ocupan 1815 kg de arena por metro cúbico. La Tabla 4 muestra la concentración de materia orgánica por metro cubico para cada fecha de muestreo. En la playa **La Escobilla,** para el mes de junio la proporción de materia orgánica fue del 22.3 %. Mientras que para el mes de julio fue del 40.3 %, y para el mes de septiembre del 44.7 % de materia orgánica por metro cubico. En playa **Morro Ayuta** la proporción de materia orgánica por metro cubico para el mes de febrero fue de 7.8 %. Para el mes de junio 10.6 %. Mientras que para el mes de septiembre la proporción disminuye a 9.6%, aumentando para noviembre.

Tabla 4.-Concentración de materia orgánica (MO) en porcentaje, contenida en el volumen de sedimento estimado para las áreas de estudio.

	FECHA	**Sedimento (m^3)**	**% de M.O./(m^3)**
LA ESCOBILLA	09/06/2012	10381.50 ± 1.1	**22.3**
	01/07/2012	3302.19 ± 19.1	**40.3**
	30/09/2012	7417.69 ± 15.2	**44.7**
	FECHA	**Volumen (m^3)**	**% de M.O./(m^3)**
MORRO AYUTA	22/02/2012	0	**7.8**
	03/06/2012	5712.44 ± 25.1	**10.6**
	09/09/2012	8673.567 ± 14.6	**9.6**
	24/11/2012	23407.3 ± 22.2	**11.6**

VIII.6.- LAS ARRIBADAS Y EL APORTE DE BIOMASA

Fueron diez arribadas durante la temporada 2012 - 2013 en **La Escobilla**, iniciando el 25 de mayo y concluyendo la última en marzo 2013 con una estimación total de 980,678 anidaciones en playa. Suponiendo que un nido esté formado por 90 huevos

en promedio y pensando que cada huevo de golfina pesa en promedio 30 g (Márquez 1990), se pueden hacer las estimaciones del número de huevos por arribada y la cantidad de biomasa depositada sobre la playa. Con base en esto se obtuvieron las siguientes estimaciones (Tabla 5).

Tabla 5 .- Estimación del aporte de biomasa proporcionada por fecha de arribada en playa **La Escobilla**.

# Arribada	Fecha	# ANIDACIONES	# HUEVOS	kg BIOMASA
1	25-may-12	5,600	504,000	151,200
2	14-jul-12	26,411	2,376,990	713,097
3	08-ago-12	90,531	8,147,790	2,444,337
4	28-ago-12	164,338	14,790,420	4,437,126
5	19-sep-12	287,319	25,858,710	7,757,613
6	11-0ct-12	248,194	22,337,460	6,701,238
7	11-nov-12	114,554	10,309,860	3,092,958
8	16-dic-12	35,534	3,198,060	959,418
9	11-01-13	5,793	521,370	156,411
10	07-03-13	2,404	216,360	64,908
	TOTAL	**980 678**	**88 261 020**	**26 478 306**

Para la temporada de arribadas en **Morro Ayuta** se presentaron doce anidaciones masivas, siendo la primera el 23/07/12 y finalizando la temporada con la última el 17/01/13, observándose una concentración menor a la estimada en **La Escobilla** (Tabla 6).

Tabla 6.- Estimación del aporte de biomasa proporcionada por fecha de arribada en playa **Morro Ayuta**.

# Arribada	FECHA	# ANIDACIONES	# HUEVOS	kg BIOMASA
1	23-07-12	734	66,060	22,020
2	12-08-12	19,789	1,781	593,670
3	26-08-12	61,471	5,532	1,844,130
4	10-09-12	44,669	4,020	1,340,070
5	21-09-12	95,186	8,566	2,855,580
6	13-10-12	79,429	7,148	2,382,870
7	30-10-12	62,083	5,587	1,862,490
8	26-11-12	56,583	5,092	1,697,490
9	14-12-12	5,920	532,800	177,600
10	22-12-12	7,928	713,520	237,840
11	06-01-13	781	70,290	23,430
12	17-01-13	2,413	217,170	72,390
	TOTAL	**436 986**	**39 328 740**	**13 109 580**

VIII.7.- VIENTO Y OLEAJE

En la Figura 18 se muestra la comparación de la velocidad del viento que se presentó por fecha de arribada en cada una de las playas de estudio. Los valores de velocidad de viento para Playa **La Escobilla** fueron menores, mientras que en **Morro Ayuta** se observa un aumento de los valores para esta variable, un poco más intenso en la parte central de la temporada de anidación.

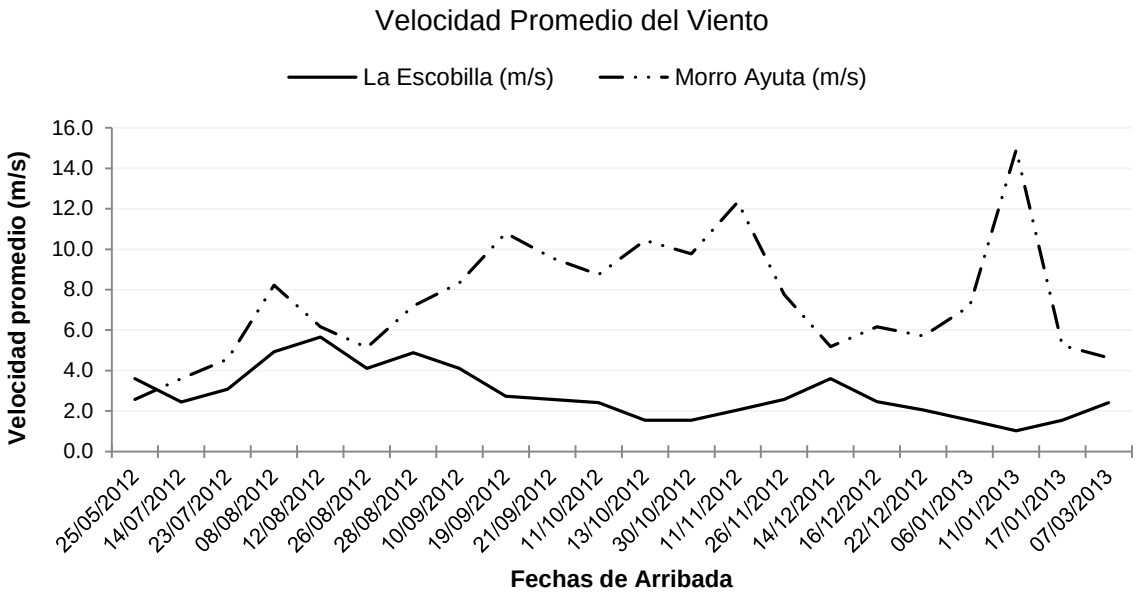


Figura 18.- Velocidad promedio del viento por fecha de arribada en **La Escobilla** y **Morro Ayuta** 2012.

En contra parte, la altura promedio del oleaje durante las arribadas mostró ser de mayor altura en playa **La Escobilla**, que en playa **Morro Ayuta** (Figura 19).

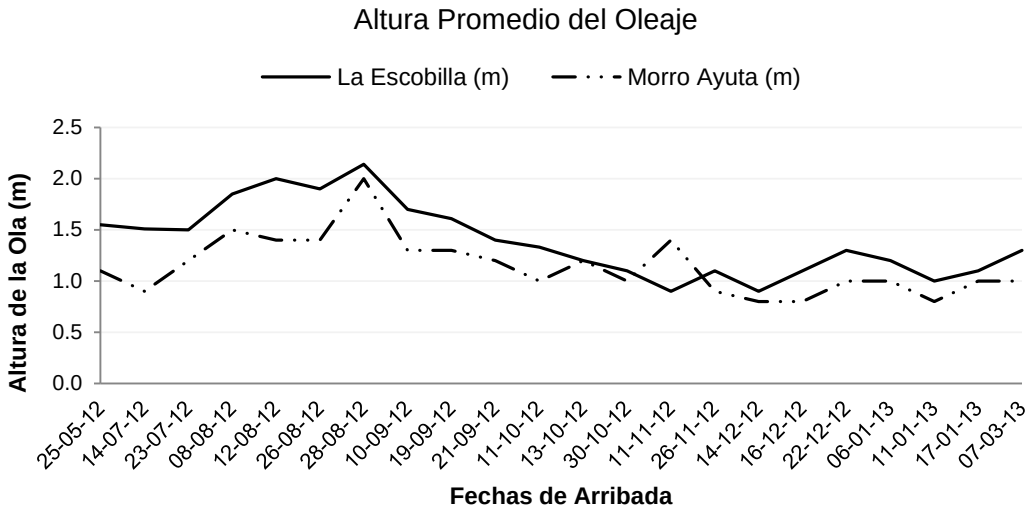
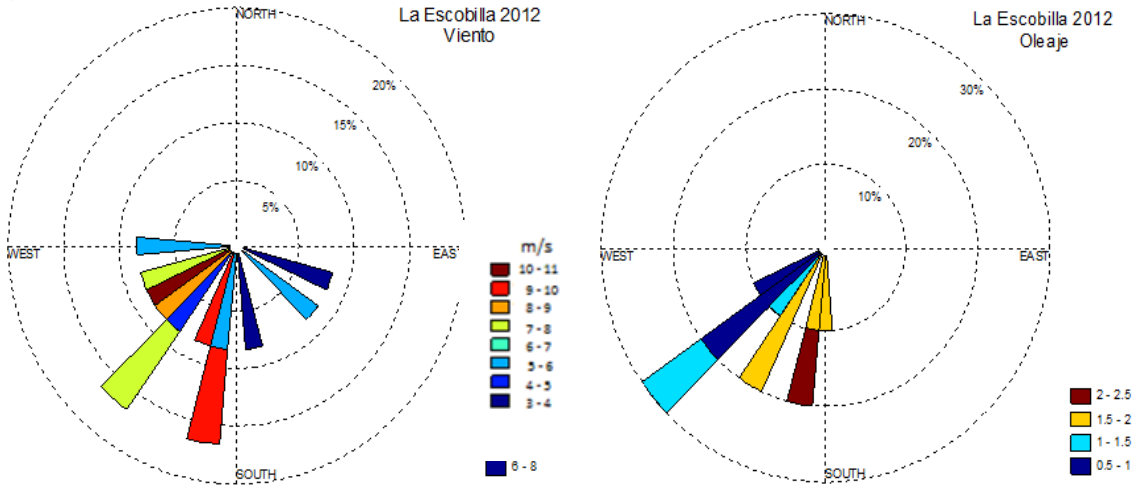


Figura 19.- Altura promedio del oleaje por fecha de arribada en **La Escobilla y Morro Ayuta** 2012.

En la Figura 20 se representa gráficamente, por medio de una rosa de los vientos, las direcciones y magnitudes promedio del viento, así como, la dirección y altura del oleaje que se presentó durante la temporada de arribada 2012 en cada una de las playas de estudio. En la Figura 20a, en el caso de **La Escobilla** la velocidad del viento durante la temporada de arribada osciló entre los 1.5 a 10.3 m/s, siendo la más frecuente de 2.0 a 2.6 m/s representando con el 20 % y la dirección predominante del SW. El oleaje con mayor presencia durante la temporada fue del SW con un rango de altura de 0.5 a 1.5 m y una frecuencia del 10 al 30 %, sin embargo el oleaje proveniente del sur fue de mayor altura con una frecuencia del 20 % y de 1.5 a 2 m de altura.

Para playa **Morro Ayuta** durante la temporada de arribada el viento del NE presentó una frecuencia cercana al 25 % (Figura 20b), con un rango de velocidad de 3.1 a 8.3 m/s, mientras que los más intensos y con una frecuencia cercana al 18 % provenían del N y NNE con un rango de velocidad de 9.3 a 11.3 m/s. La altura del oleaje osciló entre 0.8 y 1.4 m con predominancia del SW.

a)



b)

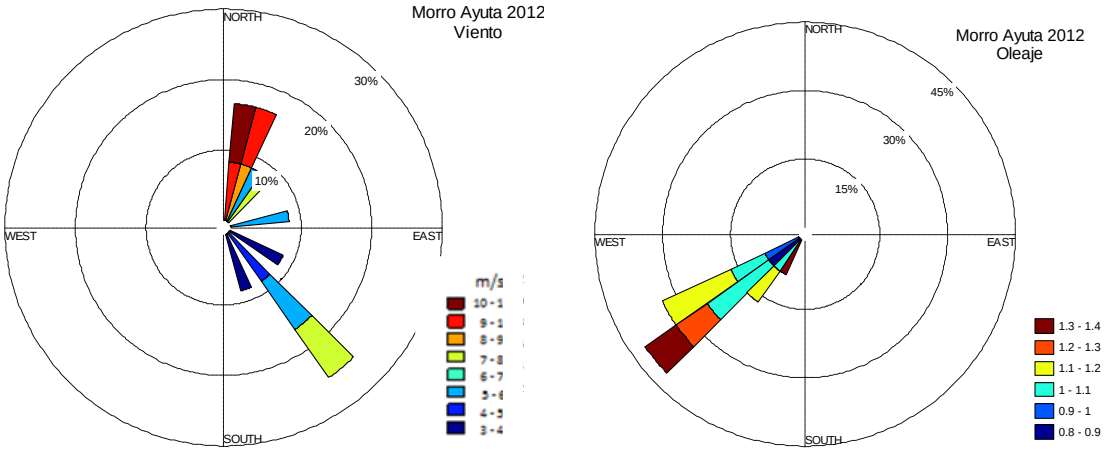


Figura 20.- Dirección y velocidad del viento y dirección y altura del oleaje (m) para cada playa durante la temporada de arribada 2012.

IX.- DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS PLAYAS LA ESCOBILLA Y MORRO AYUTA

Los cambios en la pendiente y amplitud de las playas para esta región de la Costa de Oaxaca, pueden estar relacionados con algunos procesos atmosféricos y oceanográficos a macro-escala, en el caso del desplazamiento de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), como lo menciona Hastenrath (2001) que tipifica a la región en dos temporadas cuando se desplaza hacia el norte de julio a diciembre por el debilitamiento de los vientos alisios, trae consigo la temporada de lluvias y la época que también recibe la influencia ciclónica que favorece el movimiento e intensidad de los vientos del sur, mientras que cuando se desplaza hacia el sur de enero a junio acarrea toda la humedad dejando un ambiente seco y condiciones de estiaje. En relación a estos procesos físicos frecuentemente se presentan las estrategias reproductivas de ***L. olivacea***; es decir, Márquez *et al*. (1996) mencionan que en temporada de estiaje o de no arribadas se presentan los desoves solitarios, solo una o unas cuantas hembras desovando individualmente a lo largo de una noche, mientras que en temporada de lluvias es cuando se tienen las anidaciones masivas o arribadas de miles de hembras.

Los perfiles de playa de cada uno de los sitios estudiados presentaron características particulares en cada una de las fechas de medición. Asimismo se pudo constatar los efectos que pueden tener los procesos atmosféricos temporales sobre el perfil de playa y reconocer que tan dinámica es la relación atmósfera-océano-tierra corroborando lo mencionado por Carranza-Edwards (2009) y Bolongaro *et al.* (2010).

El perfil de playa La Escobilla es el que presentó mayor variabilidad durante el periodo de estudio, por la pérdida de una gran cantidad de sedimento por el paso del Huracán Carlota afectando fuertemente el frente de playa y parte de la supra y mesoplaya, consecuencia de la erosión provocada por la intensidad del oleaje el cual

removió el 70 % del sedimento. Al inicio del estudio la playa presentaba una pendiente suave y una amplitud de 70 m, que es muy cercana a lo descrito por primera vez en esta playa por Casas-Andreu (1977).

Salazar (1998), menciona que las playas en proceso de erosión por acción de eventos naturales como tormentas se caracterizan porque sufren cambios en su amplitud y pendiente. Al aumentar el desnivel y disminuir la amplitud de playa se presentan diversas configuraciones como: escalones, áreas cóncavas, canales de marea e incluso taludes en la zona de mesoplaya, algunas de estas descripciones y características se observaron en La Escobilla. Ahora si esto sucede las tortugas que arriben a desovar encontrarán condiciones que podrían afectar su éxito en el proceso de selección de la zona de anidación.

La erosión tuvo repercusiones en las zonas A, B y C para La Escobilla, siendo que para el primer levantamiento de perfil (06/06/12) la playa presentó un perfil suave con una pendiente que casi se extendía a los 70 m, y sobre la playa ya existía una primera arribada del 25/05/12 y de acuerdo a la información obtenida del CMT la arribada se ubicaba principalmente en la zona A. Para el segundo levantamiento de perfil (01/07/12), se pudo observar el efecto del paso de la tormenta Carlota que fue el día 15/06/12 y con velocidad promedio del viento de 47.8 m/s proveniente del SE (información proporcionada por el laboratorio de Oceanografía Costera de la UMAR) y 3.3 m de altura promedio del oleaje, la zona A fue erosionada por completo e inundada la zona B, resultando la pérdida total de esa arribada; 5,600 nidos aproximadamente (dato proporcionado por el CMT). Dentro de los procesos costeros un punto muy importante es reconocer como una tormenta en cuestión de horas puede modificar el perfil y amplitud de la playa, mientras que su restauración es más lenta hablando en este caso de días o semanas, como se pudo observar con el tercer levantamiento del perfil (30/09/12). Esto debido a que con el

impacto del huracán se pudo reconocer como el cambio en el perfil y amplitud determinan el volumen de sedimento removido o depositado, siendo que el 68 % del sedimento fue erosionado por la tormenta en el transcurso de su mayor intensidad (horas), después de la tormenta y con la restauración del oleaje *swell* el depósito de sedimento en un periodo de doce semanas fue del 55 %.

Es la erosión de la playa, razón por la cual disminuye su área y favorece la exposición o inundación como menciona Salazar (1998), así como la pérdida de los nidos. Esto quiere decir que los nidos que se encontraban en la zona A y B fueron erosionados e inundados, y desde un punto de vista biológico como lo mencionan Casas-Andreu (1977) y Márquez (1996) el desarrollo embrionario se ve fuertemente afectado. Es decir, para que el desarrollo embrionario sea viable los nidos tienen que ser puestos más allá de la parte alta del nivel máximo de pleamar para evitar inundaciones de los nidos y cambios bruscos de la temperatura y alteraciones en los procesos tanto bioquímicos como físico-químicos del ambiente circundante al nido.

Bolongaro *et al.* (2010) determinan que el cambio climático acelera los procesos de erosión al presentarse un aumento en el nivel medio del mar y una mayor frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos, modificando drásticamente la línea de costa. Así mismo, la erosión costera es una de las principales causas asociadas a la disminución de las tortugas marinas, al ocasionar graves impactos a su hábitat de anidación, esto pudo ser corroborado con los cambios medidos en **La Escobilla** y **Morro Ayuta** durante la temporada de anidación del 2012.

Por el contrario, las playas en proceso de acreción o acumulación, son aquellas en las que se observa un aumento en la amplitud de playa, mientras la pendiente tiende a ser uniforme en toda la playa (Márquez *et al*. 2007). Asimismo playa **Morro Ayuta** a lo largo del periodo de estudio se caracterizó por la acumulación de sedimento, observándose un

aumento en la pendiente y en la amplitud de playa. De este modo, las tortugas que arribaron encontrarían condiciones más favorables por la disponibilidad de espacio y con esto un mayor éxito en su proceso de anidación. De otra forma y bajo este argumento cabría pensar que el depósito de sedimento puede influir en el éxito de eclosión por la deposición de sedimento sobre el nivel de playa donde existía una arribada previa, es decir, los nidos de puestas anteriores quedarían con una columna mayor de sedimento sobre la boca de los nidos, lo que conllevaría a un mayor esfuerzo por parte de las crías al momento de la eclosión y su salida a la superficie.

TAMAÑO DE GRANO Y LAS ANIDACIONES

Durante el desarrollo de los embriones de tortuga golfina influyen algunos factores ambientales como tamaño del grano de la arena, humedad, temperatura y salinidad; los cuales, entre otros, determinan el éxito en la incubación como lo mencionan Arzola & Armenta (1994). En particular el tamaño de grano, ya que esta variable influye en la humedad y la temperatura, aún siendo variables independientes y sin presuponer sobre una la acción de la otra, ambas están íntimamente relacionadas.

Con respecto a la selección del sedimento en playa **La Escobilla** fue la variable física que no presentó diferencias significativas a lo largo y ancho del área de estudio, ya que la distribución de los tamaños de grano de arena a lo largo del periodo de muestreo se tipificó en promedio como arena media a fina en un intervalo de 1.5 ϕ a 2.5 ϕ para las tres zonas de anidación, lo que no concuerda con lo reportado por Quintero (2010), quien encontró un intervalo de 0.5 ϕ a 1.7 ϕ en su análisis.

De acuerdo con su madurez y textura es un sedimento maduro y subredondeado. La fuente más cercana de aporte de sedimento fino a la playa es el Río Cozoaltepec que drena al mar solo en temporada de lluvias y que se encuentra aproximadamente a 1000 m al oeste del área de estudio, otro aporte se encuentra al este a siete kilómetros

aproximadamente del área de estudio y de menor importancia que es Barra Tilapia y que también drena al mar en temporada de lluvias, estos dos afluentes pueden ser los causantes del acotamiento del área de anidación a lo largo de la playa.

En lo que respecta al sedimento de **Morro Ayuta** este se caracterizó en promedio como arena media a gruesa y con una moderada buena selección de los tamaños de grano. Es posible que en esta playa, al ser los granos de arena de mayor tamaño existe un aumento en el espacio entre ellos, lo que permite una mayor permeabilidad y porosidad del sedimento y con ello una mejor estabilización de los parámetros físico-químicos.

CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y LAS ANIDACIONES

Desde un punto de vista biológico - ecológico, la estrategia reproductiva masiva de ***Lepidochelys olivacea*** *per se,* promueve dentro de sus playas de arribada una mayor concentración de materia orgánica debido a la sobreposición de desoves consecutivos, con respecto a las playas donde se presentan desoves solitarios. Esta concentración de material orgánico (biomasa y/o energía) en forma de huevo y el poco porcentaje de eclosión cercano al 10 %, genera que el otro 90 % del total de biomasa acumulada a lo largo de la temporada de arribada se exprese en la compactación del sedimento por la descomposición de los lixiviados, esto trae consigo la generación de gases tóxicos como metanos y gases nitrogenados producto del metabolismo bacteriano e inhibe el intercambio gaseoso del huevo en desarrollo con el medio que le rodea como lo menciona Clusella-Trullas y Paladino (2007).

Otro elemento biológico de interés en la actualidad es el escarabajo (*Omorgus suberosus*), como amenaza depredadora para la sobrevivencia de los huevos (Márquez 1990, López-Reyes & Olivera 1996; López-Reyes & Harfush 2000; Rosano-Hernández y Deloya 2002). Como opinión del presente estudio podría tratarse de una estrategia

ecológica donde una especie aprovecha la disponibilidad de un recurso como especie oportunista al encontrar un ambiente rico y saturado de materia orgánica. El hecho de que el sedimento no se pueda remover de una temporada a otra y dentro de una misma, hace que el gran porcentaje de huevos que quedaron sin eclosionar formen una bomba en descomposición que desencadene un desequilibrio y se transforme en contaminación por materia orgánica, entonces en ese momento el escarabajo podría ser un indicador de inestabilidad ambiental.

Como mencionan Clusellas y Paladino (2007) y Honarvar *et al*. (2008) que analizaron el efecto de la presión parcial de O_2 y CO_2 en nidos, y el aumento de la temperatura atribuido al metabolismo embrionario y a la actividad bacteriana por la descomposición de la materia orgánica circundante. Por otro lado Arzola y Armenta (1994) mencionan que las características del sedimento son importantes para permitir el intercambio gaseoso así como para la regulación de humedad y temperatura. Sin embargo, cuando el sedimento es de partículas más finas estos procesos se alteran al reducirse los espacios entre los granos de arena, por la cementación debida a la mezcla de la materia orgánica y otros minerales. Honarvar (2007), demostró que cuando el espacio para anidar es limitado como recurso a causa de la densidad, el intercambio gaseoso llega a ser un factor limitante muy importante que dirige una alta tasa de mortalidad de embriones en áreas donde la densidad de nidos es alta.

Por otra parte, los resultados del análisis del sedimentológico proporcionaron información valiosa para sustentar estas hipótesis y la de Albavera (2007), ya que las estimaciones de la concentración de material orgánico (principalmente huevo descompuesto) sugieren una fuerte concentración para esta playa. Como se muestra en la Figura 16, la concentración de materia orgánica en el sedimento aumenta conforme la temporada avanza y con la abundancia de las anidaciones, en junio sólo se tenía la

arribada de mayo, que al paso del huracán se perdió; sin embargo se observó una fuerte concentración para la zona de rompiente y frente de playa en julio, debido a que el sedimento erosionado a mediados de junio que contenía la arribada anterior quedó en la zona de la rompiente. Mientras que para septiembre se notó un continuo aumento. Esto se relaciona directamente con la cantidad de nidos que fueron expuestos y destruidos tanto por depredadores como por las hembras de arribadas sucesivas. Esto se pudo observar al tacto, con el apelmazamiento y cementación de la arena por los residuos de los huevos descompuestos.

En **Morro Ayuta** no se encontraron diferencias significativas en la concentración de materia orgánica entre los meses de muestreo; sin embargo, sí se encontraron diferencias en las concentraciones por zona de anidación. En la Figura 17, observamos cómo en la zona A (frente de playa) y donde se encuentra la berma, la concentración es más variable, y aumenta conforme transcurre la temporada y aumenta el número de anidaciones, mientras que ésta disminuye hacia la zona B (supraplaya) donde el sedimento en promedio es de grano más grande. Esto podría relacionarse con el esfuerzo que realiza la tortuga para realizar su nido por el tamaño de grano.

Las concentraciones de materia orgánica fueron menores al igual que el número de anidaciones lo que hace suponer que se trata de una población anidadora en crecimiento (Albavera 2007), observándose un aumento en la abundancia de la población de hembras que anidan año con año.

ALTURA DEL OLEAJE, INTENSIDAD DEL VIENTO Y LA EROSIÓN

Por parte del oleaje, este predominó en playa **La Escobilla** durante la temporada de arribada, el oleaje en promedio provenía del suroeste (Figura 20a), con oleaje *swell* de 1.5 m a 2.5 m de altura y periodo de 12 a 15 segundos. Como se menciona en el Shore Protection Manual (1984), estos parámetros son muy importantes para poder describir las

propiedades de una playa en particular. Cuando se presenta un huracán como el que impactó a **La Escobilla** (a la salida de la temporada de estiaje), el oleaje intensifica energía y altura haciendo que se supere la pendiente del frente de playa, lo que no da tiempo para que esta energía excedente se disipe en la zona de rompiente. En ese momento la energía es disipada a lo ancho de la playa teniendo algunas veces impacto hasta las dunas causando la erosión de la playa y dejando un frente de playa más angosto y con un escarpe. El sedimento erosionado es transportado fuera de la orilla donde se depositará y formará una barra de tormenta, entonces en ese momento se amplía la zona de rompiente para amortiguar y disipar el oleaje de tormenta. Una vez que pasa esta se restaura el oleaje de *swell* y comienza la recuperación de la playa, este proceso es mucho más tardado que el necesario para erosionar la playa.

En **Morro Ayuta** el oleaje fue de menor altura en la mayor parte del periodo de muestreo con respecto a **La Escobilla** solo en noviembre se observa un ligero traslape con los valores observados en **La Escobilla**. Siendo el oleaje de menor altura este fue menos energético y por lo tanto su efecto erosivo fue casi nulo, esto trajo consigo la predominancia del proceso de acreción de la playa como se constató por medio de los perfiles. Esta playa no fue afectada por el oleaje de tormenta de Carlota, por lo tanto no se presentó erosión.

En **La Escobilla** la cota inicial de la playa fue de 4.8 m medida en junio, la cual descendió a 3.6 m en julio a causa del oleaje de tormenta. En septiembre sigue descendiendo la cota por el deslave de sedimento que se presenta a consecuencia de las lluvias. Sin embargo cuando comienza el oleaje reinante, el oleaje empieza a depositar el sedimento en la orilla; el viento tiende transportar el sedimento a la parte alta de la playa y hasta las dunas donde será retenido por la vegetación y en este momento se estará presentando la recuperación de la cota por la acumulación del sedimento en esta zona de

la playa como lo menciona Moreno-Casasola (1982). No obstante, se observó un proceso inverso, la energía del viento no fue suficientepara generar este cambio respecto a lo medido en **Morro Ayuta**.

En **Morro Ayuta** el viento que tipificó a la playa fue de mucho mayor energía con respecto a **La Escobilla** (15.2 m/s y 5.2 m/s respectivamente, aunque cabe señalar el dato extraordinario de 47.8 m/s para la Escobilla por el paso del huracán). Esta condición puede ser explicada por la posición geográfica del área de estudio, **Morro Ayuta** se encuentra ubicada en la zona de influencia de los vientos del Norte o Tehuantepecanos que caracterizan la región del Istmo de Tehuantepec. La cercanía de esta playa a la zona de influencia de los Tehuantepecanos es posible que determine el efecto que tiene el viento sobre la playa de **Morro Ayuta** donde se observó un fuerte influencia en el transporte del sedimento y la conformación de la playa.

Bolongaro *et al*. (2010) mencionan la importancia y la utilidad de tener información básica que describa las características físicas de la playa de arribada; como el cambio en la pendiente y condiciones del sedimento, pues éstas influencian fuertemente las propiedades físicas de cualquier área en particular y podrían ayudar a explicar los patrones térmicos observados a lo largo y ancho de la playa y de una a otra temporada de arribada. Asimismo, Zurita *et al*. (1993) proponen que estos datos también son útiles para crear mapas detallados de patrones ambientales de las playas de anidación de acuerdo a las características atmosféricas y oceanográficas, pues los patrones de variabilidad de los diferentes factores que influyen tanto en la incubación como en el éxito de eclosión; tales como la humedad, la temperatura, así como la presencia de microorganismos, están condicionados por las características de la arena como la compactación y la erosión entre otros, y que estos varían geográficamente de una playa a otra playa. Por todo esto, es

necesario continuar con el monitoreo de ambas playas, debido a su importancia nacional como áreas de reproducción masiva de ***Lepidochelys olivacea***.

X.- CONCLUSIÓN

El perfil de ambas playas es modificado en la cota y la pendiente a lo largo de la temporada de anidación, principalmente si ocurren fuertes tormentas.

El viento en **La Escobilla** no la caracterizó como lo hizo el oleaje que fue de mayor altura. Por otra parte, en **Morro Ayuta** el viento es la variable que caracterizó a esta playa, siendo el oleaje de menor altura con respecto a la otra playa de estudio y ambos se ven fuertemente determinados por la posición geográfica de ambas playas.

Los huracanes son eventos que ponen en evidencia los cambios en la morfología de la playa y pueden afectar de forma negativa la anidación debido a la pérdida de sedimento al ser erosionado.

En las tres zonas de anidación las partículas de sedimento presentaron una moderada buena selección con ϕ =1.5 y con una distribución normal mesocúrtica de los demás tamaños con respecto al tamaño promedio.

El tamaño de arena de **La Escobilla** va de medios a finos, mientras que en **Morro Ayuta** los tamaños corresponden de medios a gruesos. Estos parámetros pueden afectar negativamente la incubación de los huevos, ya que alteran los parámetros físico-químicos del sedimento como puede ser el intercambio de gases, humedad y la difusión de temperatura metabólica de los embriones, que a su vez, pueden afectar el éxito de eclosión.

La concentración de materia orgánica fue mayor en **La Escobilla** que en **Morro Ayuta**, así como, la biomasa aportada por las tortugas fue mayor en las consecutivas

arribadas, lo que destaca la afectación que puede tener la sobreposición y la descomposición en el proceso de incubación.

XI.- RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar este tipo de estudios a los sitios prioritarios de conservación de las tortugas marinas y continuar investigando sobre el papel que juegan los procesos de erosión en el éxito de la anidación de éstas, así como monitorear permanentemente la dinámica de las playas de arribada para poder evaluar las tasas de erosión y poder definir medidas de protección.

XII.- BIBLIOGRAFÍA

Albavera-Padilla, E. 2007. Situación actual de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en playas de arribada del Pacífico mexicano. Resumen, Reunión nacional sobre Conservación de tortugas marinas. Revisado el 28 de noviembre de 2008. Disponible en: www.conanp.gob.mx/pdf/LIBRO_%20RNCTM.pdf

Arzola, F. y J, Armenta. 1994. Análisis comparativo de los factores ambientales en nidos naturales y nidos trasladados y su efecto en crías de tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea* en la playa El Verde, Mazatlán, Sinaloa, durante la temporada 1992-1993. Tesis de Biología, Instituto Tecnológico de Los Mochis, México, 72 p.

Barriuso, E.; Baer, U. And Calvet, R 1992. Dissolved organic matter and adsorption-desorption of dimefuron, atrazine, and carbetamide by soils. J. Environ. Qual 21: 359-367

Benoit, P.; Barriuso, E.; Houot, S. And Calvet, R. 1996. Influence of the nature of soil organic matter on the sorption-desorption of 4-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol and the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D). European Journal of Soil Science, 47: 567-578

Bolongaro C.R.A., Márquez-García A.Z., Torres-Rodríguez V. y A. García-Vicario 2010. Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche, p. 73-96. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.

Bouchard S.S., y K. A. Bjorndal. 2000. Nutrient Transfer and Energy Flow from Marine to Terrestrial Ecosystems by Loggerhead Turtles at Melburne beach Florida, USA. Eighteenth Internacional Sea Turtles Symposium.

Casas-Andreu, G. 1977. Análisis de la anidación de las tortugas marinas del género *Lepidochelys* en México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología 5(1): 141-158.

Carr, A. 1952. Hand book of the Turtles. Cornell Univ. Press, XV, 542 p.

Castro-González M.I. y R. Pérez-Gill. 2011. Composición química del huevo de Tortuga Golfina ***Lepidochelys olivacea*** (Testudines: Cheloniidae) y su potencial como recurso alimenticio. Rev. Biol. Trop. vol.59 no.4

Chaloupka M.Y. y C.J. Limpus. 1997. Robust statistical modelling of hawksbill sea turtle growth rates (southern Great Barrier Reef). Marine Ecology Progress Series 146:1–8

CONANP. 2003. Programa de Manejo Parque Nacional Huatulco. CONANP-SEMARNAT, México DF, México.

De la Lanza E.G. y C.M. Cáceres. 1994. Lagunas Costeras y Litoral Mexicano. UABCS. 525 p.

Deraniyagala P.E.P. 1939. The tetrapod reptiles of Ceylon, Colombo, *Mus. Nat. Hist*. Series, 1:1-412.

Eckrich C.E. y D.W. Owens. 1995. Solitary versus arribada nesting in the olive ridley sea turtles (***Lepidochelys olivacea***): a test of the predator-satiation hypothesis. Herpetologica. 51(3): 349-354.

Emery K.O. 1961. A Simple Method of Mesuring Beach Profiles. Univ. South Cal. L.A. 14: 91-93 pp.

Frazier G.J. 1983. Análisis estadístico de la tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz), de Oaxaca, México. Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca. México 125(4): 49-75.

Fiedler P.C, Chavez F.P., Behringer D.W. y S.B. Reilly. 1992. Physical and biological effects of Los Niños in the eastern tropical Pacific, 1986–1989. Deep-Sea Res. I39:199–219

Folk R.L. 1966. A review of grain size parameters. Sedimentology, 6:73-93.

Folk R.L. 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas. 182 p.

García-Vicario, A. 2008. Impacto de la erosión costera de las playas del litoral de Campeche, México, sobre la anidación de las tortugas marinas Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. 90 p.

Guéguen, Y. y V. Palciauskas. 1994. Introduction to the Physics of Rocks, Princeton University Press, Nueva Jersey, Estados Unidos, 1994, pp. 17-53, 117-130.

Gu, B.; Schmitt, J.; Chen, Z.; Liang, L. and McCarthy, J. 1994. Adsorption and desorption of natural organic matter on iron oxide: mechanism and models. Environ. Sci. Technol. 28(1): 38-46

Hastenrath, S. 2001. The Intertropical Convergence Zone or the Eastern Pacific Revisited. Int. J. Climatol. 22: 347–356

Honarvar, S. 2007. Nesting Ecology of Olive Ridley (*Lepidochelys olivacea*) Turtles on Arribda Nesting Beaches, Drexel University. Tesis de Doctorado.

Honarvar, S., O´Connor, y J.R. Spotila. 2008. Density-dependent effects on hatching success of the olive ridley turtle, *Lepidochelys olivacea*. Departament of Biosciences and Biotechnology, Drexel University, Philadelphia, USA.

Iwagaki, Y. y H. Noda. 1962. Laboratory Study of Scale Effects in Two-dimensional Beach Processes. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University. Annuals. N° 14, pp.194-210

Johnsson, H., L. Bergstrom, P. Jansson y K. Paustiaen, 1987. Simulating nitrogen dynamics and losses in a layered agricultural soil. Agric. Ecosystems and the Environ. 18:333-356.

Kessler S.W. 2006. The Circulation of the Eastern Tropical Pacific: A review. Progress in Oceanography 69: 181-217

Komar P.D. 1976. Beach Processes and Sedimentation, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

López-Reyes E.M. y A. Olivera. 1996. Control del escarabajo que destruye los huevos de la tortuga marina. En: Memorias 1er. Encuentro regional sobre investigación y desarrollo costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas. UMAR, POECO, CONACYT, SEMARNAP, CODE. 14-16 de noviembre, Puerto Ángel, Oaxaca.

López-Reyes E.M. y M. Harfush. 2000. Determination of the percentage of olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) *In situ* nests that are affected by beetles at Escobilla, beach, México. p. 83 In: A. Mosier, A. Foley and B. Brost (comps). Proceedings of

the Twentieth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA. Tech. Memo NMFS-SEFSC-477, 369 pp.

Lutz P.L. y A.J. Musick. 1997. The biology of the Sea Turtles, Washington: CRC Press.

M.A.P.A. (1994). Métodos oficiales de Análisis. Parte III. Madrid. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Manual S.P. 1984. Vol. 1. US. Army Engineer Waterways Experiment Station, US. Govermment Printing Office. Washington, DC.

Márquez-García A.Z., Campos-Verduzco R. y B.S. Castro-Soriano. 2010. Sedimentología y morfología de la playa de anidación para tortugas marinas, El Carrizal, Coyuca de Benítez, Guerrero. *Hidrobiológica* 20(2): 101-112.

Márquez, R., 1976. Estado actual de la pesquería de tortugas marinas en México. Secretaría de Pesca, INP- Programa de Tortugas Marinas. México. Serie Información, INP/SI; i46: 27pp.

Márquez, R. 1990. FAO Species catalogue. Vol. 11: Sea turtles of World. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Fisheries Synopsis. No 125, Vol. 11. Roma 81 pp.

Márquez, R., Vasconcelos, J. y C. Peñaflores. 1990. XXV Años de investigación, conservación y protección de la tortuga marina. Secretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca. 49 pp.

Márquez, R., Peñaflores, C. y J. Vasconcelos. 1996. Olive Ridley Turtles (*Lepidochelys olivácea*) Show of Recovery at La Escobilla, Oaxaca. Marine Turtles Newsletter 73:5-7

M^CManus, J. 1991. Grain size determination and interpretation. In Techniques in Sedimentology, M. Tucker, Ed., Blackwell Scientific Publications, 63-85.

Montenegro S.B. y N. Bernal. 1982. Análisis del contenido estomacal de ***Lepidochelys olivacea***. Tesis profesional. E.N.E.P. Iztacala, U.N.A.M. México.

Moreno-Casasola, P.C. 1994. Estudio de ordenamiento ecológico de las Bahías de Huatulco Oaxaca. México. Instituto de Ecología, Jalapa, Veracruz, México. 271 p.

Musick J.A. y C.J. Limpus. 1997. Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles, en P.L. Lutz y J.A. Musick (eds.), The biology of sea turtles. CRC Press, Boca Ratón, pp. 137-163.

Nayak I.V. 1970. Equilibrium Profiles of Model Beaches, Hydraulic engineering Laboratory Report No.HKL-2-25, University of California, Berkeley.

Nelson, D. W. and L. E. Sommers. .1996. Total Carbo, Organic Carbon and Organic mater. P. 1001-1062. In D. L. Sparks (ed.). Method of Soil Analysis, Part 3 Chemical Methods. SSSA Book Series Nº5, Madison, WI.

Nichols W.J. 2003b. Sinks, sewers, and speed bumps: the impact of marine development on sea turtles in Baja California, Mexico. En: JA Seminoff (comp.), Proceedings of the Twenty-Second Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-503. Pp. 17–18.

Nichols W.J., Seminoff J.A., Reséndiz, A., Dutton P. y F.A. Abreu-Grobois. 1999. Using molecular genetics and biotelemetry to study life history and long distance movement: A tale of two turtles. In: FA Abreu-Grobois, R Briseño-Dueñas, R Márquez-Millan, L Sarti-Martínez (comps.), Proceedings of the Eighteenth Annual

Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC-436. Pp. 102–103.

Nichols W.J, Reséndiz, A. y J.A. Seminoff. 2000. Transpacific loggerhead turtle migration monitored with satellite telemetry. Bull. Mar. Sci. 67: 937–947.

Ocaña M.S. 2010. Arribada Nesting of Olive Ridley Sea Turtles (**Lepidochelys olivace**a) at **La Escobilla**, México. Oregon State University, Tesis de Maestría.

Peñaflores S.C. y J. Vasconcelos. 1996. Anidaciones en las arribadas de tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea*, en la playa de la Escobilla, Oaxaca, México, Temporada 1995. Memoria de Resúmenes. XIII Encuentro Interuniversitario y III Internacional para la Conservación de Tortugas Marinas. Universidad Veracruzana. Dir. Gral. Acad. Área Cienc. Biol. y Agrop. Jalapa, Ver.

Plotkin, P. 2007. Introduction. En: Pamela T. Plotkin (ed.) Biology and conservation of ridley sea turtles. The John Hopkins University Press. Baltimore, EUA. 3-5.

Pritchard, P. y P. Trebbau. 1984. The Turtles of Venezuela**.** Soc. Study Amphib. Rept. 404 pp.

Pritchard, P.C. 1997. Evolution, philogeny and current status of sea turtles. En: Peter L. Lutz & J. A. Musick (ed.). The Biology of Sea Turtles, CRC Press, pp 1-28.

Quintero de Leonardo, E. 2010. Análisis sedimentológico y geomorfológico de una playa de anidación de tortugas en el Pacífico Sur Mexicano, La Escobilla, Oaxaca, México. UNAM. Ciencias del Mar y Limnología. Tesis de Maestría.

Ramírez-Cruz J.C., Ramírez I.P. y D.V. Flores. 1991. Distribución y abundancia de la tortuga perica en la costa occidental de Baja California Sur, México. Archelon 1:1-4

Rebel, T. P. 1974. Sea Turtles and the Turtle Industry of the West Indies. Florida and the Gulf of Mexico. Univ. Miami Press Coral Cables, Florida, 250 p.

Richardson, J. I. 2000. Prioridades para los estudios sobre la biología de la reproducción en la anidación. In: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu–Grobbois y M. Donnely (Eds). Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas Publicación No. 4. 270 p.

Rosano-Hernández M.C. y C. Deloya. 2002. Interacción entre Trogidos (Coleóptera: Trogidae) y tortugas marinas (Reptilia: Chelonidae) en el Pacífico Mexicano. Acta Zool. Mex. (n.s) 87: 29-46.

Rueda-Galindo, M. 2000. Sedimentología y morfometría de las playas del Catrín y la Palma, Chiapas y su relación con el desove de tortuga. Informe técnico, Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, 25 p.

Sánchez-Arcilla, A. y J.A. Jiménez. 1994. Ingeniería de Playas (I): Conceptos de Morfología Costera. Ingeniería del Agua. Vol. 1 Num. 2 p. 97

Secretaría de Marina. 1978. Temperatura y salinidad de los puertos de México en el Océano Pacífico. Sec. De Marina/Dirección general de Oceanografía. México, D.F. 45 p.

Sauve, S.; McBride, M. and Hendershot, W. 1998. Soil Solution Speciation of Lead(II): Effects of Organic Matter and pH. Soil Sci. Soc. Am. J. 62:618-621.

Seminoff, J. 2002. IUCN Red List Status Assessment. Marine Turtle Specialists Group. Disponible en www.iucn-mtsg.org/red_list/cm/MTSG_Chelonia_Assessment_26-4-2002.pdf.

Spotila R.J. 2004. Sea Turtles, a Complete Guide to their Biology, Behavior, and Conservation. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, EUA.

Totsche, K. U.; Danzer, J. and Kögel-Knabner, I. 1997. Dissolved organic matter-enhanced retention of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil miscible displacement experiments. J. Environ. Qual. 26: 1090-1100

Utamani, S. y T, Yamagata. 1991. Response of the Eastern tropical pacific to meridional migration of the ITCZ. The Generation of the Costa Rica Dome. J Phys. Ocean. 21:346-363.

Weare B.C., Strub P.T. y M. Samuel. 1981. Annual mean surface heat fluxes in the tropical pacific ocean. Ocean. Jurnal Physics Oceanography. 11(5):705-717.

Yermiyahu, U., Keren, R. and Chen, Y. 1995. Boron Sorption by Soil in the Presence of Composted Organic Matter. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:405-409.

Zurita G., J.C., Herrera R. y B. Prezas, 1993. Tortugas marinas del Caribe. p. 735-751. En: S. I. Salazar-Vallejo y N E. González (eds). Biodiversidad Marina y costera de México. Conabio y Ciqro, México. 865 p.