



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

---

**“Relación entre el tamaño de grano de arena,  
temperatura y humedad de la arena con la  
emergencia de las crías de *Caretta caretta* y  
*Chelonia mydas* en las playas de X'Caclé-  
X'Caclito”**

---

TESIS  
PARA OBTENER EL GRADO DE

LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES

PRESENTA  
NANCY YANIN ARGÜELLES MARÍN

DIRECTOR  
M.C. BENITO PREZAS HERNÁNDEZ

ASESORES  
M.C.A. ALBERTO PEREIRA CORONA  
DRA. PATRICIA FRAGOSO SERVÓN  
DR. CARLOS ALBERTO NIÑO TORRES  
M. en P. MONICA CHARGOY ROSAS



CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, FEBRERO DE 2016



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

TRABAJO DE TESIS BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ  
DEL PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADA COMO  
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES

COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR:

M. C. Benito Prezas Hernández

ASESOR:

M.C.A. Alberto Pereira Corona

ASESOR:

Dra. Patricia Frago Servón



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**DIVISION DE CIENCIAS E INGENIERÍAS**  
**LICENCIATURA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

**TESIS**

**“Relación entre el tamaño de grano de arena, temperatura y humedad de la arena con la emergencia de las crías de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* en las playas de X'Cacel-X'Cacelito”**

**NANCY YANIN ARGÜELLES MARÍN**

**COMITÉ DE TESIS**

**M.C. BENITO PREZAS HERNÁNDEZ**

**M.C.A. ALBERTO PEREIRA CORONA**

**Dra. PATRICIA FRAGOSO SERVÓN**

**M. en P. MONICA CHARGOY ROSAS**

**Dr. CARLOS ALBERTO NIÑO TORRES**

## DEDICATORIA

*Al amor de mi vida, Rodrigo Ernesto Xool Anca.*

*A ti, que has sido la fuente de motivación más hermosa que Dios me haya podido regalar. Juntos hemos seguido este bello camino y juntos lo haremos hasta el final.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, a él que me ha dado lo más hermoso que pueda existir, su bendición.*

*A él que con su amor me ha guiado hasta donde estoy y hacia dónde voy.*

*A él le debo todo.*

*A mi familia, que con mucha dedicación, esfuerzo y amor siempre me apoyó en este gran logro. Gracias madre, Nancy Marín, por ser mi ejemplo a seguir; mi padre y hermano, Luis Argüelles y Ángel Argüelles quienes me brindaron su apoyo incondicional.*

*Particularmente, gracias Nanlui Argüelles, por siempre estar conmigo, por cuidarme, por todos esos ratos de convivencia de lo más genial que haya podido vivir a tu lado y por ser la mejor hermana del mundo! Gracias mi pequeño Luis Ángel Argüelles, eres ese pequeño corazoncito lleno de vida y alegría por quien gira nuestro mundo.*

*Agradezco a Rosario Xool y Salvador Zuñiga, por haberme cobijado en su dulce morada en el tiempo que más lo necesité para realizar este trabajo. Gracias por todo.*

*Jazmín Landeta, amiga, eres uno de mis valiosos pilares, gracias por nunca abandonarme, y aunque la distancia nos separe jamás dejaremos de vivir nuestra amistad.*

*Agradezco a mis profesores Carlos Niño, Alberto Pereira, Benito Prezas, Patricia Fragoso y Mónica Chargoy por su gran consejo y dedicación, créanme, aprendí mucho.*

*Gracias a todos aquellos que me apoyaron en X'cacel, Leo, Dani, Ángel, Tito.*

*Gracias Rodrigo Xool, por ser mi mano derecha. Todo fue una gran aventura.*

**GRACIAS A TODOS**

## **Contenido**

INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMA.....	3
ANTECEDENTES .....	4
JUSTIFICACIÓN.....	9
ÁREA DE ESTUDIO .....	11
HIPÓTESIS .....	14
OBJETIVO GENERAL.....	14
OBJETIVOS PARTICULARES.....	14
METODOLOGÍA.....	15
RESULTADOS.....	19
Tamaño de Grano .....	19
Humedad .....	20
Temperatura.....	23
Análisis de correlación.....	28
COMPONENTES PRINCIPALES .....	29
Emergencias .....	30
DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIONES.....	38
RECOMENDACIONES DE MANEJO .....	39
REFERENCIAS .....	41

## **INTRODUCCIÓN**

Las tortugas marinas son uno de los grupos de vertebrados más antiguos que aún existen en el planeta. Son organismos de gran importancia cultural y biológica a nivel mundial, sin embargo, el aprovechamiento desmedido de estos animales ha provocado que se encuentren en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT). La economía derivada del aprovechamiento de la tortuga marina actualmente es considerada un delito de acuerdo a las leyes mexicanas (Instituto Nacional de Ecología, 2000)

De las siete especies de tortugas marinas que existen en el mundo, seis anidan en playas mexicanas y cuatro de ellas en Quintana Roo. Para la tortuga verde o blanca (*Chelonia mydas*) y la tortuga caguama (*Caretta caretta*) particularmente, las playas del Caribe mexicano se encuentran entre sus principales sitios de anidación a nivel mundial (Flora, Fauna y Cultura de México, 2013)

El principal sitio de anidación de la tortuga verde y la caguama en Quintana Roo es en las playas de X'cacel-X'cacelito el "Santuario de la tortuga marina", en el que se estableció un campamento tortuguero con el propósito de proteger y conservar a estas dos especies. Dada su importancia, dicho lugar se registró posteriormente como un Área Natural Protegida Estatal (Periódico Oficial, 21 de Febrero de 1998)

Con base en los resultados de diversos programas de investigación y estudios realizados, es posible identificar los distintos factores que influyen en la biología de anidación de las tortugas marinas para posteriormente proponer estrategias de manejo que propicien el éxito reproductivo. Esto con la finalidad de que sus poblaciones que actualmente se encuentran diezmadas puedan recuperarse.

Autores como Prange y Ackerman (1974 en Segura *et. al.* 2010), Mortimer (1990), Packard *et. al.* (1988), Hirth y Carr, (1970); Schwartz (1982), entre otros, han documentado el comportamiento, la anidación y el éxito de eclosión de las tortugas marinas de acuerdo al tipo de grano de la arena en diferentes sitios.

Conocer las características del medio de incubación de los neonatos es fundamental para implementar medidas de protección y estrategias de manejo. Las características de la arena, la temperatura, el agua y los gases respiratorios se consideran las variables físicas más importantes que afectan a la supervivencia de los embriones (Packard, et al., 1988).

La arena debe tener la temperatura adecuada, debe permitir el intercambio gaseoso adecuado, y debe proporcionar a los huevos con suficiente (pero no demasiada) humedad (Mortimer, 1990). Con base al estudio mundial de las playas de anidación de tortugas verdes éste mismo autor sugiere; que la mayoría (aunque no todas) de las playas de anidación comparten ciertas características que incluyen: 1) bajos niveles de sílice; 2) baja salinidad; 3) bajos niveles de carbono orgánico; 4) la clasificación moderada; 5) diámetros medios de la panícula que van de 0,2 a 1,0 mm; y 6) de alta esfericidad. Es posible que las tortugas usen playas con estas características porque dichos sustratos tienden a producir un ambiente con los niveles favorables de intercambio de gases y la humedad disponible.

Dada la gran importancia que tienen las playas de X'cacel-X'cacelito para la conservación, por sus altas densidades de hembras anidadoras, resulta de gran interés investigar acerca del efecto que tiene el tamaño de la arena sobre el éxito de emergencia en las crías. Después de la eclosión, las jóvenes tortugas cavan a través de la arena y emergen típicamente en masa hacia la superficie durante la noche. El éxito de emergencia para las tortugas marinas es crucial para su supervivencia.

Con el presente estudio se identificó y caracterizó el efecto que tiene la arena en conjunto con la humedad y la temperatura en la emergencia de las crías de tortuga caguama y verde en X'cacel-X'cacelito, y se comparó con otros estudios para proponer estrategias y acciones que apunten al mejor manejo posible de la playa.

## **PROBLEMA**

La protección y manejo que se le ha dado a las tortugas verdes en X'Caclé-X'Caclé ha tenido buenos resultados, sin embargo no ha tenido el mismo efecto para la tortuga caguama (SEMARNAT, 2011). La tortuga caguama presenta densidades de anidación más bajas que las de la verde por lo que posiblemente su recuperación sea más lenta. El éxito reproductivo de las tortugas marinas depende de las características ambientales y biológicas de la zona costera en la que desova, por lo que la erosión de las playas debido a diversas actividades humanas es un factor que limita de manera alarmante el éxito de emergencia de las crías.

Las técnicas de manejo se deben implementar de acuerdo a las necesidades de la especie a la que se desea beneficiar, sin embargo, al carecer de esta información el manejo puede resultar ineficiente y en muchas ocasiones hasta perjudicial. Una vez implementadas las técnicas de manejo es necesario evaluar si los objetivos se cumplen, si no es así, entonces hay que aplicar medidas para mitigar cualquier problema y mejorar los resultados.

Al ser X'Caclé-X'Caclé un área natural protegida en la que se registra gran número de anidaciones, un mal manejo causado por la falta de estudios de las condiciones de emergencia estaría contribuyendo de alguna manera al deterioro de las playas y por consiguiente no se estarían cumpliendo los objetivos de protección y conservación disminuyendo el éxito en la emergencia de las crías.

Es importante que se conozcan las características de una playa de anidamiento, de esta manera se puede saber sobre los lugares más adecuados para la reubicación de los huevos de tortuga y mejorar las prácticas de manejo.

## **ANTECEDENTES**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología (2000) la sobreexplotación de las tortugas marinas así como las diversas actividades humanas que provocan la contaminación y deterioro de sus hábitats han contribuido a la disminución de sus poblaciones, a tal grado que en la actualidad se consideran especies en peligro de extinción.

Se ha investigado que la influencia de factores abióticos en los nidos interviene en las características del medio para garantizar la supervivencia de los neonatos. Por lo tanto, el manejo de los huevos en sitios donde se reporta mayor supervivencia podría disminuir la mortalidad de las crías (Eckert y Eckert 1990; Marcovaldi y Laurent 1996; Glen *et. al.* 2005; Pintus *et al* 2009).

Las características físicas de una playa en particular pueden tener un efecto profundo en el éxito de anidación (Stancyk and Ross, 1978). Prange y Akerman (1974 en Segura y Cajade 2010) han demostrado que las demandas de oxígeno de tortugas en desarrollo se cumplen por los gases que se difunden a través de la arena, y la difusión es probable que sea afectada por factores tales como el tamaño de las partículas y contenido de agua.

Según Mortimer (1990) hay gran variación en las arenas de las playas de anidación de una localidad a otra y hay pocos estudios sobre cómo las características del substrato influyen en la incubación de los huevos. Así mismo menciona que se necesita mucho más trabajo para determinar las necesidades fisiológicas de los huevos de tortugas marinas y de aprender cómo estos requisitos se relacionan o manifiestan en las condiciones de campo.

Hirth y Carr (1970 en Johannes & Rimmer, 1984) han documentado que la composición de las playas de anidación va de arena fina a fragmentos de conchas o corales gruesos, principalmente de calizas. Así mismo igual mencionan que las tortugas verdes son "curiosamente flexibles en cuanto a su medio de incubación". Hirth y Carr, (1970 en Johannes & Rimmer, 1984); Hirth (1971); Hughes, (1974); Stancyk y Ross, (1978); Mortimer, (1982); Hendrickson y Balasingham (1966 en

Johannes & Rimmer 1984) informaron de que playas de grano fino fueron preferidos por las *Chelonia mydas*.

La Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (2008) señala que es posible que una vez que la tortuga está sobre la playa, el olor de la arena y la humedad le ayuden a precisar el sitio exacto del desove.

Según Prezas *et al.* (2008) las tortugas *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* si tienen preferencia por el tamaño de grano de la arena en X'cacel-X'cacelito. Menciona este autor que las tortugas prefieren anidar en zonas donde el tamaño de grano es de 250 a 710 micras.

Además de la selección del sitio de anidación varios autores afirman que la supervivencia de las crías se puede ver influida por las características de la arena, como lo son: tamaño de grano, porosidad, cantidad de humedad, condiciones térmicas, entre otros (Mrosovsky y Yntema 1980; Mortimer, 1982; Ackerman *et al.* 1985; Whitemore y Dutton 1985; Mrosovsky y Provanha 1989; Mrosovsky 1994; Ackerman 1997; Prezas *et al.* 2008). Las emergencias en general se presentan por la noche. Con base en distintos estudios el 85,0 % de la tortuga verde y el 79,5 % de tortuga caguama surgen en la noche en grupos. Las emergencias restantes se dispersan a lo largo del día de los nidos de tortugas verdes, pero limitada la por la mañana en los nidos de tortugas caguama. Incluso se ha observado que las crías de tortugas caguama no siempre surgen simultáneamente del nido; más bien, lo hacen en grupos diferentes e incluso en días diferentes (Hays *et al* 1992; Peters *et al* 1994; Glen. *et al.* 2005).

Glen. *et al.* (2005) ha encontrado que la emergencia en los nidos suele ocurrir durante períodos de entre 1 y 7 noches para las *Chelonia* y *Caretta*. Otros autores como Godfrey y Mrosovsky (1997) mencionan que las crías emergen de la arena generalmente entre 4 a 7 días después de la eclosión del huevo. Balazs (1974) y Diamond (1976) reportan que el periodo de emergencia de las tortugas verdes es de 3 a 8 días. Se ha registrado que las crías de tortugas bobas emergen por

periodos de hasta 11 noches después de la eclosión (Hays et al. 1992, Houghton y Hays 2001) Gyuris (1993) en Australia, y en la isla de la Ascensión (Glen 2002). Para las tortugas verdes, Hendrickson (1958) documentó respecto a un estudio en Malasia y Sarawak que la emergencia se produce hasta durante 8 días.

En cuanto a la influencia que tiene el tamaño de grano de la arena en la anidación y éxito de eclosión de los neonatos, Mortimer (1990) documentó que a las tortugas verdes se les dificulta la construcción de nidos adecuados en las playas compuestas de arena gruesa y seca. Igualmente menciona que los granos de arena de mayor tamaño se han correlacionado con el aumento en el abandono de los intentos de anidación, así como también aumento en la mortalidad de las crías y los huevos de las tortugas verdes (*Chelonia mydas*) en la isla de la Ascensión y el atolón de Aldabra.

Foley *et al.* (2006) por su parte examinaron el éxito de eclosión de *Caretta caretta* en las arenas con una amplia gama de diámetros de partícula medios y las cantidades de los espacios de poros llenos de aire, incluyendo las arenas que eran extraordinariamente gruesas y porosas, y no detectaron ningún efecto sobre el éxito de eclosión. Sin embargo Trindell *et al.* (1999) mencionan que de acuerdo a su estudio referente a la anidación de *Caretta caretta* en Florida el número de nidos en las playas disminuyeron con el incremento del tamaño de grano de arena o de grosor después del rellenado de las playas y que el coeficiente de clasificación que ejercían las tortugas aumentó.

Una posible respuesta a este fenómeno reportado en la arena gruesa es sugerida por Mortimer (1990) quien propone la existencia de un “estrés fisiológico” causado por la desecación y los derrumbes de la misma. Estas conclusiones igualmente son mencionadas por Ackerman (1977), quien había predicho que el grano grueso en las playas de anidación propiciaría la conducción de gas entre las partículas medias, lo que provocaría la desecación. A su vez tales nidos construidos en arena gruesa y seca pueden ser estructuralmente inestables y propensos a caer sobre las crías, lo que hace que escapar del nido sea difícil (Mann 1977).

La temperatura por su parte ayuda al éxito en la incubación de las tortugas marinas cuando se encuentra dentro de un rango térmico ajustado de 26 a 33°C (Avutarda y Greenham, 1968 en Johannes & Rimmer, 1984); McGehee 1979; Yntema y Mrosovsky 1980; Miller 1982 en Johannes & Rimmer 1984, 1985; Miller *et al* 2003). La temperatura del ambiente también regula la determinación del sexo de neonatos durante el segundo tercio de la incubación (Yntema y Mrosovsky 1982). Las temperaturas más cálidas por encima de la temperatura pivotal, donde se produce una proporción de sexos 1:1, producen más hembras, mientras que temperaturas inferiores a la temperatura pivotal cambian la relación hacia más machos (Yntema y Mrosovsky 1980, 1982). Las emergencias nocturnas mantienen a las crías lejos de los efectos de desecación en altas temperaturas y los rayos solares (Hays *et al.* 1992).

Según Booth & Astill (2001) y Booth & Freeman (2006) los factores que influyen en el perfil de temperatura del nido son el color de la arena, la orientación de la playa, la cantidad de luz directa del sol o la sombra que recibe el nido, la profundidad del nido que interactúa con la temperatura de la arena y que puede aumentar durante el comienzo de la temporada de anidación, o disminuir hacia el final de la temporada de anidación, y la cantidad de calor metabólico generado por los embriones en desarrollo (que a su vez depende del tamaño y el número de huevos viables en un nido).

Estos mismos autores aseguran que la incubación a temperaturas más altas reduce la cantidad de yema que se convierte en el tejido de la cría, debido a que el período de incubación es más corto. Las crías nacen con dimensiones más pequeñas, pero un caparazón más grande en comparación con las crías de los nidos con temperaturas más frescas. Estudios anteriores han encontrado la misma tendencia en neonatos de tortuga verde y tortuga caguama (Ischer *et al.* (2009).

En los nidos de reptiles, las dos variables abióticas más importantes que pueden influir en el fenotipo de la cría son la temperatura y las características hídricas del sustrato (Deeming & Unwin, 2004). El potencial hídrico del sustrato afecta el intercambio de agua a través de la cáscara del huevo entre el embrión en

desarrollo y el nido (Ackerman *et al.* 1991) y puede influir en el fenotipo de los neonatos (Packard, 1999).

## **JUSTIFICACIÓN**

No existe documentación para X'cacel-X'cacelito acerca de la influencia del tipo de grano de arena, la temperatura y la humedad sobre el éxito de emergencia de los neonatos de las tortugas marinas que ahí se protegen.

Se ha realizado un estudio para la identificación de los tipos de arena que existe en el lugar pero no hay aún ningún otro que describa el resultado final del proceso de incubación con respecto al tipo de grano de la arena. De tal manera que si los esfuerzos de protección y conservación realizados en X'cacel-X'cacelito difieren de un manejo considerando la influencia de la tipología de la arena, la temperatura y humedad, es posible que los esfuerzos de conservación para las especies de tortuga no de resultado.

Además no se ha demostrado en términos de la calidad de la arena, si los nidos de tortuga que requieren ser reubicados, se trasladan a los sitios que tengan las mismas condiciones en las que habitualmente las tortugas anidan. Las probabilidades de emergencia de los neonatos podrían reducirse si no se toma en cuenta lo anterior.

Asimismo hay pocos estudios llevados a cabo en relación al tamaño de grano y la emergencia de los neonatos en X'cacel-X'cacelito, por lo que la ausencia de estudios comparativos excluye la posibilidad de justificar los rasgos distintivos de la arena de mayor calidad para los nidos. En contraste con lo anterior, este estudio puede contribuir al conocimiento científico para dar respuesta y determinar las condiciones óptimas de la arena en las que las crías tengan mayor éxito.

Es por ello que hasta que se conozcan las características esenciales de una playa de anidamiento se podrá dar pie a un mejor manejo y por tanto a una mejor conservación de las tortugas marinas.

Autores como Eckert y Eckert (1990); Marcovaldi y Laurent (1996); Glen *et. al.* (2005) y Pintus *et.al.* (2009) mencionan que tales tipos de estudios se deben desarrollar en todas las áreas de anidación.

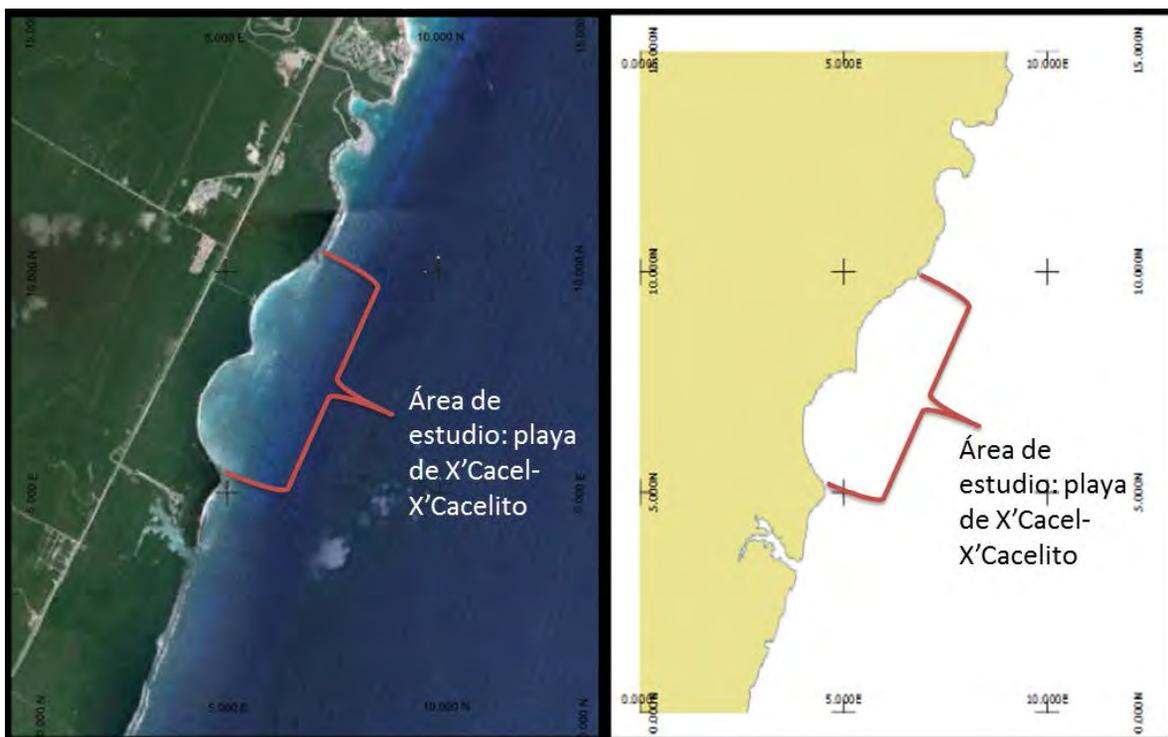
Es indispensable respaldar las estrategias de conservación y protección por medio de este tipo de estudios en diferentes áreas geográficas con base en que las estrategias reproductivas de las tortugas marinas pueden ser diferentes en distintas poblaciones.

En fin, una mejor comprensión del comportamiento de los neonatos de tortuga permitirá determinar los efectos de su ambiente y se conseguirá el manejo adecuado para el éxito reproductivo.

## ÁREA DE ESTUDIO

La Comisión Nacional de las Áreas Naturales Protegidas (CONANP) describe el Área Natural Protegida X'cacel-X'cacelito de acuerdo a lo siguiente:

X'cacel-X'cacelito es el lugar donde se reporta el número más importante de anidaciones en el estado y en México para las especies de tortuga marina blanca (*Chelonia mydas*) y caguama (*Caretta caretta*). X'cacel, vocablo maya que significa "pequeña caleta", se ubica a 16 km al Norte de Tulum y a 12 km de Akumal en el Estado de Quintana Roo, entre los 20° 20' 27" N - 87° 20' 37" O y los 20° 19' 29" N - 87° 21' 14" O, comprendiendo una extensión de aproximadamente 2.5 km



En X'cacel-X'cacelito, se ubica el “Santuario de la Tortuga Marina”, cuya zona es resguardada por el Gobierno del estado de Quintana Roo. De acuerdo con la CONANP (2003) se decretó como Área Natural Protegida (ANP) en 1998.

El polígono del área natural protegida X'cacel-X'cacelito se compone de dos zonas, una zona marina que va desde la isobata de los 60 metros hasta la zona terrestre que llega 100 metros tierra adentro. La parte protegida terrestre es de

34.7 ha, mientras que en la zona marina, el área protegida es de 327.4 ha, lo que representa un total de 362.1 ha protegidas por decreto (CONANP 2003). La franja litoral de X'cacel-X'cacelito presentan una elevación promedio de hasta 7 m. sobre el nivel del mar.

De acuerdo a la información recopilada de la CONANP las playas se han caracterizado por su tradición en el manejo y protección de estos quelonios. X'cacel-X'cacelito tiene ensenadas anchas de más de 15 metros, y en general el sitio tiene una importancia ecológica relevante al poseer tipos de vegetación con algún estatus de protección como es la selva de palma kuká (*Pseudophoenix sargentii*), la selva de palmas chit (*Thrinax radiata*) y los ecosistemas de manglar (mangle rojo *Rhizophora mangle*, mangle negro *Avicennia germinans*, mangle blanco *Laguncularia racemosa* y botoncillo *Conocarpus erectus*).

En las playas existen afloramientos de agua subterránea a la orilla del mar, las cuales originan condiciones muy particulares para el crecimiento de vegetación acuática, abundancia en peces juveniles y corales, algunos de ellos considerados como especies amenazadas.

En cuanto a la fauna, se encuentran el zorrillo (*Conepatus semistriatus*), la serpiente de cascabel (*Crotalus durissus*) y la aguililla negra (*Buteogallus anthracinus*), en categoría de protección especial según la norma oficial mexicana-059-SEMARNAT (NOM-059). Las tortugas marinas caguama (*Caretta caretta*) y blanca (*Chelonia mydas*), además de encontrarse en la NOM-059 igual están en el Apartado I de CITES en donde se hallan dentro de la categoría de peligro de extinción.

Siguiendo con la descripción que proporciona la CONANP (2003) en X'cacel se localizan cuatro cenotes que guardan una alineación entre sí. También se observan numerosas grietas en el suelo rocoso, de los predios aledaños al santuario, lo que consta como una serie de comunicaciones subterráneas que corren en dirección noroeste-sureste y que afloran principalmente en la punta llamada X'cacel que divide las ensenadas de X'cacel con X'cacelito. Las

geoformas costeras se producen por la acción de las olas y de las mareas. En estos lugares los procesos de erosión son lentos y la acumulación de materiales (arena) resulta en la formación de terraplenes o bermas muy características del área e importantes para la anidación de tortugas marinas.

La franja litoral de X'cacel está formada por terrenos planos con una duna costera (Tipo E de humedal) que presenta una elevación hasta de 7 m. sobre el nivel del mar (Prezas, 1996). La vegetación dominante está compuesta por manglar, cocoteros y una selva baja subcaducifolia y caducifolia desarrollada sobre suelos planos y pedregosos.

En X'cacel, la dinámica de playas es bastante notable. El movimiento de la arena es importante para el hábitat donde anidan las tortugas por las siguientes razones: 1) Se elimina cualquier compactación que haya sufrido la playa; 2) Se distribuye al azar la arena permitiendo una distribución también al azar de los diferentes tamaños de arena; 3) Se lleva a cabo el intercambio de nutrientes y 4) Se interrumpe cualquier crecimiento peligroso de poblaciones de microorganismos (CONANP 2003)

Conocer la dinámica de la costa puede ayudar a marcar épocas del año y sitios, donde el uso turístico de la playa sea limitado, con el fin de no perjudicar los procesos que el ecosistema lleva a cabo.

El clima de X'cacel es cálido subhúmedo con lluvias en verano  $Aw_2$  (i) según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (1973 en CONANP 2003). La temperatura media mensual, con base en 11 años de datos colectados por la Zona Naval de Cozumel, es  $26.1^{\circ}\text{C}$ , la media anual es de  $26.5^{\circ}\text{C}$ . Las temperaturas máximas y mínimas puntuales han sido  $44^{\circ}\text{C}$  y  $4.5^{\circ}\text{C}$  respectivamente. El 75% de las precipitaciones se presentan en los meses de mayo a octubre, el mes más lluvioso es septiembre con 208.1 mm de promedio y el más seco es marzo con 29.4 mm (CONANP 2003)

## **HIPÓTESIS**

El tamaño de grano de la arena, la temperatura y la humedad determinan la eficiencia en la emergencia de los neonatos de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la relación que existe entre el tamaño de grano de arena, la temperatura y la humedad con la emergencia de las crías de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* en las playas de X'Caçel-X'Caçelito.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar la relación entre el tamaño de grano y la emergencia de las crías de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.
- Determinar la relación entre la temperatura y la humedad con la emergencia de las crías de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.
- Proponer estrategias de manejo para las zonas más importantes para la emergencia de crías de tortugas marinas *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

## METODOLOGÍA

Primero se llevó a cabo el marcaje de nidos de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* en las playas de X'cacel-X'cacelito, de acuerdo a las zonas delimitadas anteriormente por un estudio de granulometría realizado por Prezas *et al.* en el 2008.

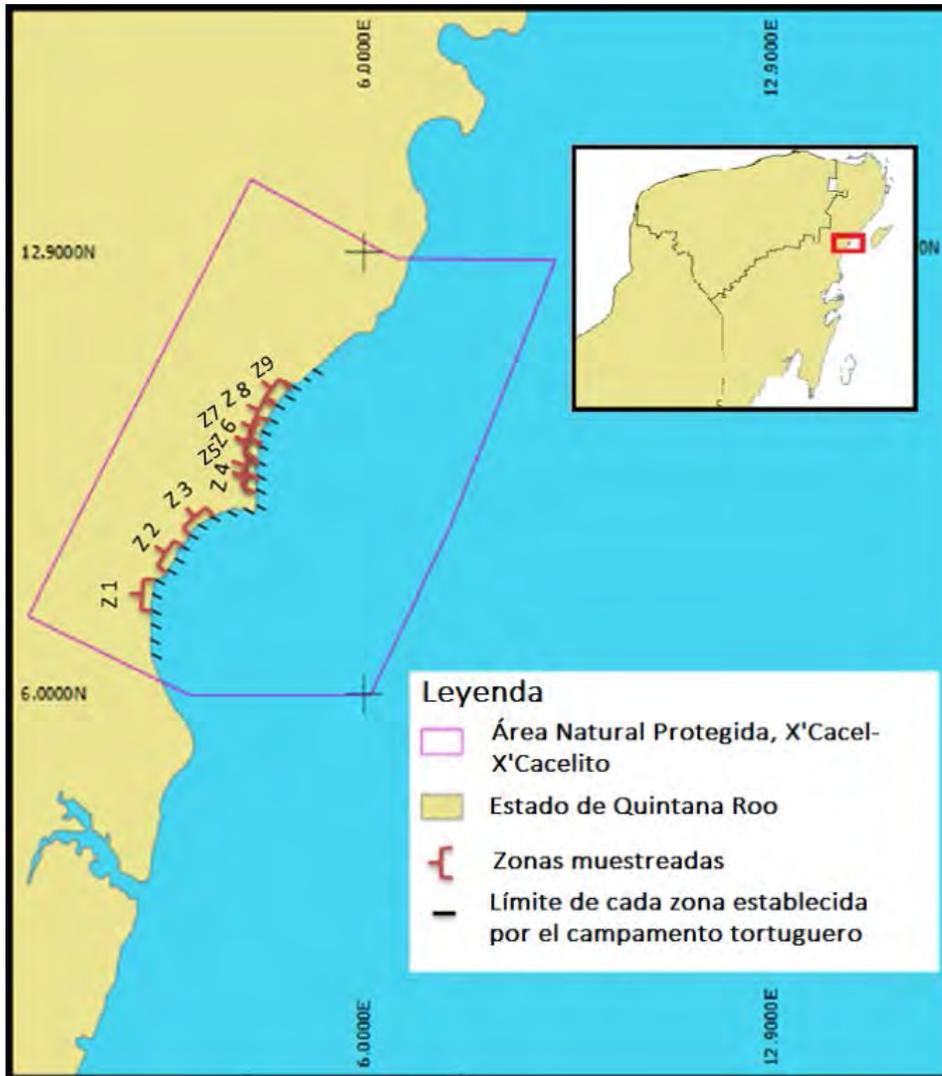
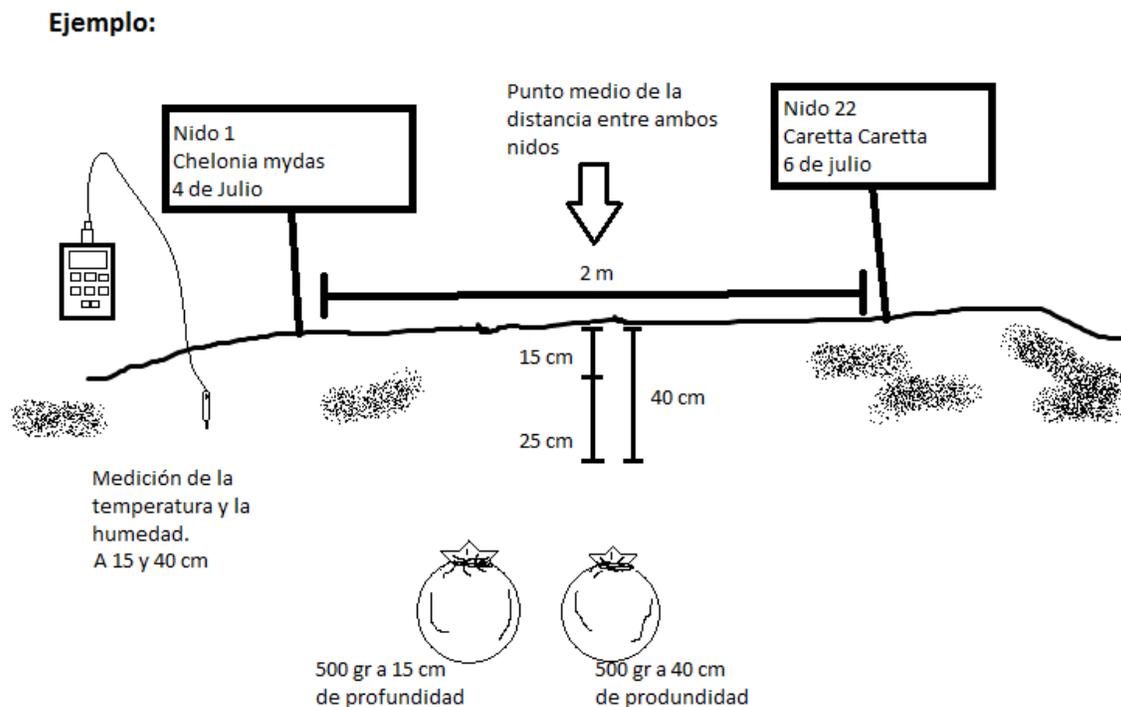


Figura 1: Mapa de X'cacel-X'cacelito donde se ubican las zonas de mayor densidad de anidación (Prezas 2008).

Existen zonas ya delimitadas por el personal tortuguero de X'cacel-X'cacelito. De esas zonas se procedió a tomar datos en 9 de ellas, como bien se indica en el mapa anterior. En cada una de ellas se marcaron 5 pares de nidos (10 nidos totales por zona). Cada par estuvo separado entre sí a no menos de 2 metros de distancia aproximadamente. En el momento del marcaje se procedió a tomar registro de la ubicación de cada nido con la ayuda de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Debido a la aún baja densidad de anidación en ambas playas, sobre todo en X'cacel al inicio de la temporada, se procedió a marcar nidos primeramente en X'cacelito, posteriormente un mes después se comenzaron a marcar en X'cacel. Principalmente por esta razón se marcaron más nidos en ésta última playa que en X'cacelito.

Una vez marcados los nidos, en el punto medio de la distancia entre ambos, se colectaron 500 gr de arena a 15cm de profundidad y otros 500 gr a 25 cm más profundo (partiendo de la medida anterior). Las muestras se pusieron en bolsas marca Ziploc, juntándose un total de 90 muestras.



**Figura 2: Metodología**

A cada uno de los 90 nidos se les midió la humedad (H) y la temperatura (T) con el higrotermómetro modelo 725 "Datalogging Humidity/Temperature Meter With Dual input" de marca "BK PRECISION", de acuerdo al día y la hora en la que se presentó la marea más alta y la más baja. Éste dato se obtuvo en el sitio web del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, la cual proporciona información sobre el comportamiento de las mareas en México. En estas fechas se tomó la humedad y la temperatura a 15 y a 40 cm después de la superficie, y el tiempo de estabilización que se le dio al aparato en la arena fue de 3 minutos.

Cuando inició la temporada de emergencia de los nidos marcados, se procedió a retirar el contenido para su contabilización. Se extrajeron: crías que no pudieron salir en conjunto con las que emergieron, huevos podridos, huevos infértiles y cáscaras de huevo.

Se organizó una base datos en el programa de Microsoft Excel en el cual se registraron los resultados conforme se obtuvieron en las salidas de campo.

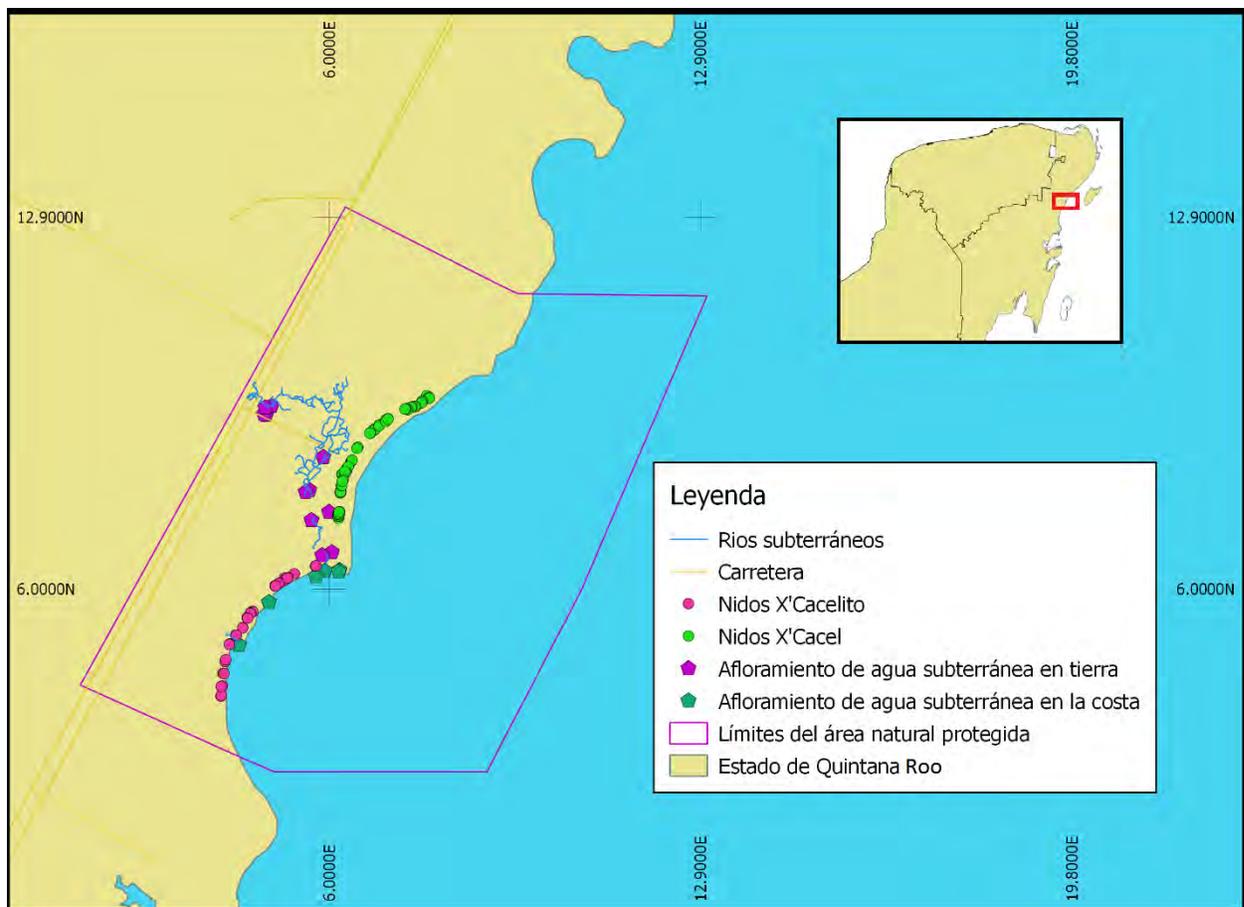
Seguidamente se realizó el análisis granulométrico de la arena, el cuál consistió primeramente en el secado del material a temperatura ambiente dentro de un laboratorio. Después se usó una balanza electrónica para tomar 3 submuestras diferentes de 100 gr. de cada bolsa, dando como resultado 270 submuestras.

La siguiente actividad fue llevada a cabo de acuerdo a la norma de American Society for Testing and Materials (ASTM) C 125, cuyo fin es determinar la granulometría de los materiales. De acuerdo con esa norma, una por una cada muestra pasó por varios tamices con malla de distinto tamaño, esto fue posible gracias a la utilización de dos máquinas agitadoras de tamices modelo DT 168, dichos aparatos sacudían la serie de 6 tamices haciendo que la arena se filtrara. Los tamices permanecían en la máquina 20 min. Posteriormente se pesó lo que se haya filtrado en cada tamiz y el residuo del fondo se vaciaba en el siguiente grupo de 6 tamices más finos que los anteriores, los cuales igualmente pasaban por la

máquina otros 20 minutos para que al terminar también se apuntara el peso de la arena que quedaba en cada tamiz.

Las mallas que se emplearon para determinar el módulo de finura fueron las siguientes: 2 mm, 1.4 mm, 1 mm, 710  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ , 355  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 180  $\mu\text{m}$ , 125  $\mu\text{m}$ , 90  $\mu\text{m}$ , 63  $\mu\text{m}$ , y 45  $\mu\text{m}$ .

Después del trabajo de campo y el análisis granulométrico en laboratorio, se procedió al análisis de los resultados obtenidos. En Excel se correlacionaron los datos sobre temperatura, humedad, tamaño de la arena y éxito de emergencia de los neonatos, así como también la representación de los datos en gráficas. Igualmente se trabajó en la elaboración de los mapas que corresponden al área estudiada.



**Figura 3: Mapa de X'cacel-X'cacelito en donde se señala la ubicación de todos los nidos, ríos subterráneos y sus afloramientos.**

## RESULTADOS

### Tamaño de Grano

Primeramente tenemos la playa de Xcacelito, esta ensenada presenta mayor cantidad de grano medio ( $0.25\mu - 1.4\mu$ ). Partiendo del sitio 1 al sitio 3 tenemos que el grano de arena que domina es la de tamaño medio e incluso incrementa ligeramente su densidad en el sitio 3 (Figura 4). De acuerdo al análisis de varianza el grano de arena a 15 cm de profundidad no se diferencia del de 40 cm en todo Xcacelito.

Por su parte en X'cacel las zonas de tamaño de grano fino aumentan a medida que se avanza del sitio 4 al sitio 9, a su vez, el grano mediano disminuye hasta el punto en el que ambos tamaños llegan a tener casi la misma proporción en el último sitio. El análisis de varianza (Figura 4) muestra que el tamaño de grano entre los sitios no es diferente en ambas profundidades, sin embargo si se compara el tamaño entre los 15 y 40 cm de cada sitio resulta que solo en el sitio 8 existen diferencias, tanto el grano fino como el mediano está en proporciones casi iguales.

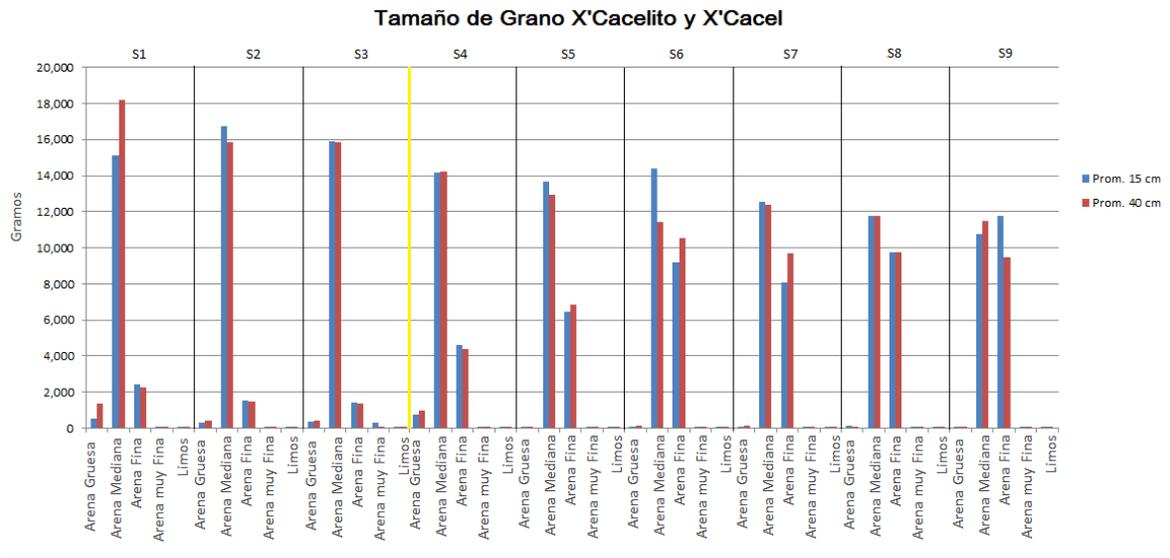
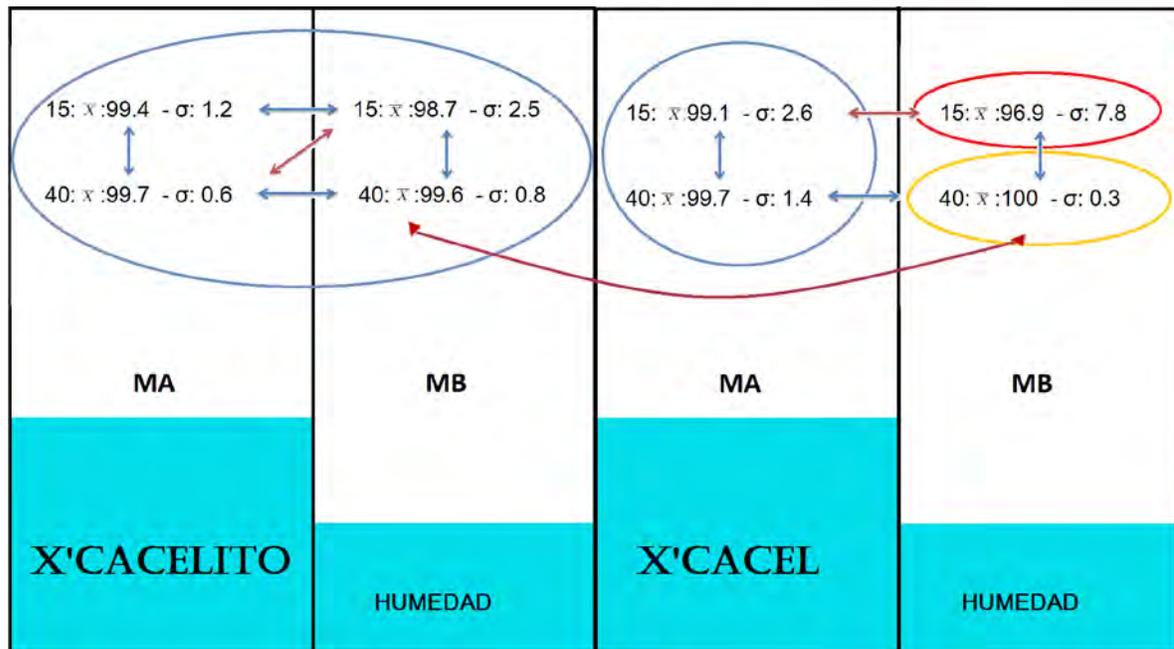


Figura 4: Tamaños de grano de la arena por sitios, X'cacel-X'cacelito

## Humedad

La humedad presenta escasas variaciones en ambas playas, sin embargo en el sitio 7 y 8 se presentan picos totalmente contrastantes con el patrón normalmente seguido a lo largo de las mismas.

Los resultados de la ANOVA indican que la humedad tiende a ser menor en marea baja sobre todo a 15 cm (donde igual se presentan las mayores variaciones y las más altas temperaturas) (Figura 5). Ambas playas experimentan cambios en la humedad pero en X'Caçel se logran notar con mayor facilidad sobre todo en los sitios 7 y 8.



**Figura 5: La humedad y sus valores en Marea Alta y Mare Baja, X'Caçel-X'Caçelito. Las flechas de color rojo indican que en términos del ANOVA se encontraron diferencias entre los datos de un lugar en contraste con el otro, y las flechas azules indican lo contrario. Por lo anterior los círculos de colores representan la similitud que tienen ambas playas.**

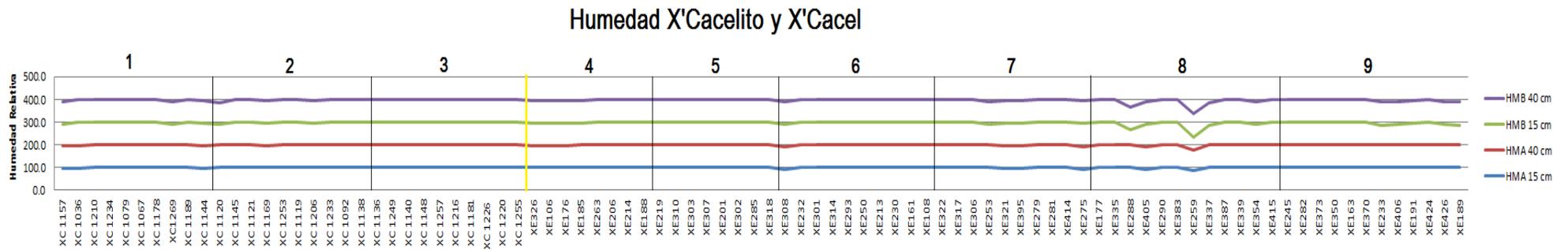
Cuando la marea sube logra aumentar ligeramente la cantidad de humedad en la arena, y lo mismo pero a la inversa ocurre cuando baja. Por lo visto en los resultados, X'Caçel tiene mayor capacidad para retener humedad a los 40 cm pero igualmente puede perder humedad considerable cerca de la superficie cuando es marea baja (Cuadro 1).

Humedad	SITIO	H MA				H MB			
		Promedio		Desviación		Promedio		Desviación	
		15	40	15	40	15	40	15	40
	S1	98.7	99.7	1.8	0.6	98.4	99.6	2.4	1.1
	S2	99.6	99.6	0.5	0.8	97.9	99.3	3.4	0.8
	S3	99.9	99.9	0.2	0.1	99.8	100	0.4	0.1
	Todo Xcacelito	99.4	99.7	1.2	0.6	98.7	99.6	2.5	0.8
	S4	99.3	98.8	0.8	1.7	99.1	99.7	1.8	0.7
	S5	100	100	0	0	100	100	0	0
	S6	99.0	100	3.2	0	99.7	100	0.9	0
	S7	98.2	100	3	0	98.2	100	3.2	0
	S8	98.3	99.1	4	2.8	91.3	100	15.1	0
	S9	99.8	100	0.4	0	95.7	100	5.6	0

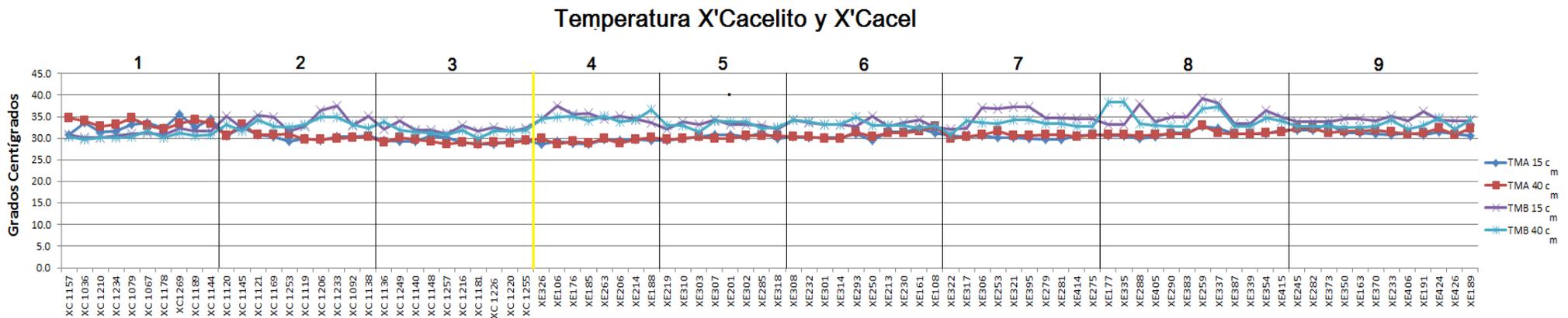
**Cuadro 1: Promedio y Desviación estándar de los datos tomados en X'Cacel-X'Cacelito de la Humedad.**

Temperatura	SITIO	T MA				T MB			
		Promedio		Desviación		Promedio		Desviación	
		15	40	15	40	15	40	15	40
	S1	32.9	33.5	1.5	0.9	31.0	30.5	0.7	0.6
	S2	30.4	30.6	0.9	1.0	34.4	33.3	1.9	1.1
	S3	29.4	29.2	0.6	0.5	32.2	31.6	0.8	1.0
	Todo Xcacelito	30.9	31.1	1.8	1.9	32.6	31.8	1.8	1.4
	S4	29.2	29.4	0.5	0.6	35.1	34.8	1.2	0.9
	S5	30.4	30.2	0.5	0.3	33.1	33.0	0.8	0.9
	S6	30.8	30.9	0.8	0.9	33.5	33.3	0.8	0.8
	S7	30.3	30.6	0.4	0.4	35.1	33.3	2.0	1.0
	S8	31.2	31.2	0.8	0.6	35.3	34.7	2.2	2.3
	S9	31.4	31.7	0.7	0.6	34.4	33.0	0.6	0.9
	Todo X'Cacel	30.6	30.8	0.9	0.9	34.5	33.7	1.6	1.5

**Cuadro 1: Promedio y Desviación estándar de los datos tomados en X'Cacel-X'Cacelito de la Temperatura.**



**Figura 6: Humedad registrada de cada nido a lo largo de X'Cacel-X'Cacelito**



**Figura 7: Temperatura registrada de cada nido a lo largo de X'Cacel-X'Cacelito**

## Temperatura

A lo largo de X'cacelito la temperatura en marea alta a 15 cm oscila entre los 28.6 y 35.6, es decir, un rango de 7°C; a 40 cm oscila entre los 28.6 y 34.7. En marea baja las temperaturas son más inestables oscilando a los 15 cm entre los 30.1 y 37.5; y a 40 cm entre los 29.7 y 34.9. Empezando por el sitio 1 las temperaturas en marea baja son más frescas que las de marea alta, sin embargo a partir del sitio 2 se eleva la temperatura en MB y las de la marea alta bajan (Figura 7).

En X'cacel la temperatura en marea alta no presenta tantas variaciones como en marea baja, además en esta última es en donde se presentan las mayores temperaturas. En marea alta el intervalo de temperatura es de 28.6 a 33.3°C a 15 cm, y a 40 cm es de 28.7 a 32.9°C; en marea baja el rango es de 32.1 a 39.3°C a 15 cm y a 40 cm es de 30.8 a 38.4°C. Particularmente en los sitios 4, 7 y 8 son los que presentan los picos más altos de temperatura cuando es marea baja, mientras que en marea alta la temperatura sube gradualmente del sitio 4 al 9.

Ambas ensenadas tienen similitudes y diferencias, por lo que con base en el análisis estadístico con el modelo ANOVA de un factor se pueden hacer las siguientes afirmaciones.

De acuerdo a los datos que se tomaron en marea alta y marea baja a lo largo de

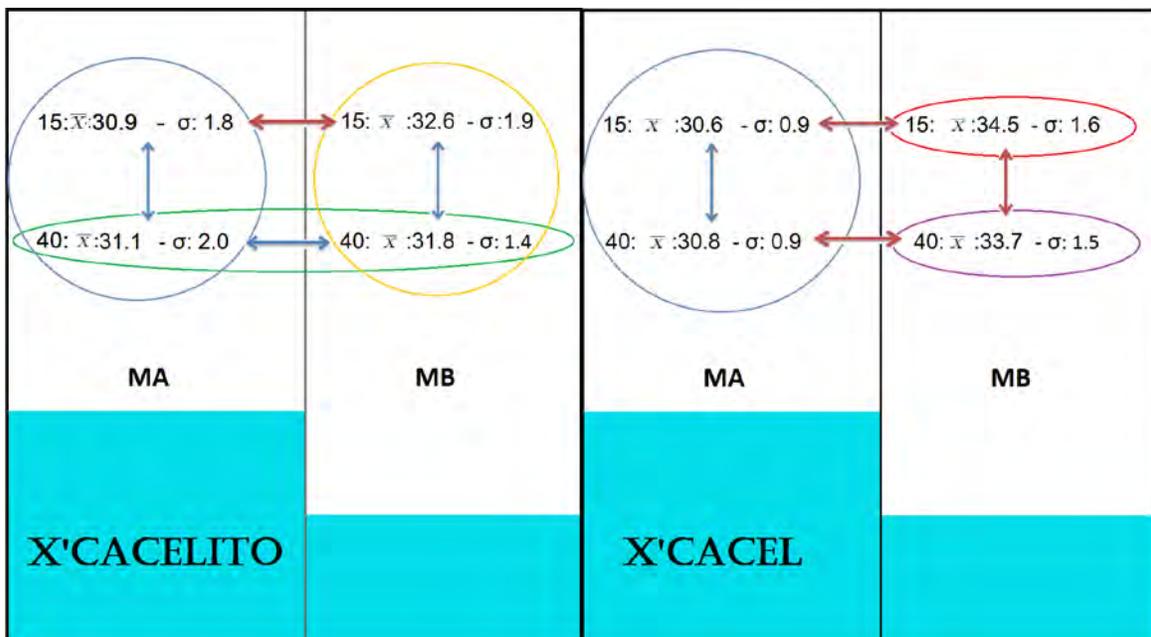


Figura 8: La Temperatura y sus valores en Marea Alta y Mare Baja, X'cacel-X'cacelito. Las flechas de color rojo indican que en términos del ANOVA se encontraron diferencias entre los datos de un lugar en contraste con el otro, y las flechas azules indican lo contrario. Por lo anterior los círculos de colores representan la similitud que tienen ambas playas.

las playas, los nidos presentan temperaturas más variadas e inestables durante la marea baja, más particularmente a 15cm. Prueba de ello es que en ambas ensenadas la temperatura que se obtiene en marea alta tanto a 15 como a 40 cm es diferente a la de MB, en ésta suele haber más calor (Figura 8).

Las condiciones térmicas presentadas en marea alta de ambas playas son similares en las dos profundidades oscilando entre los 29.2 y los 31.7.

Ahora bien, lo que diferencia a X'Caçel de X'Caçelito en este factor, es que en X'Caçel a 15 cm en MB las condiciones térmicas se elevan generando picos más altos de temperatura diferenciándose incluso con las de 40 cm en la misma marea. La temperatura se dispara particularmente en los sitios 4, 7 y 8.

Por su parte en X'Caçelito, la temperatura se mantiene en ambos extremos de la marea a los 40 cm, sin embargo cuando sube la marea alcanza a disminuir la temperatura a 15 cm y cuando baja, la temperatura vuelve a elevarse, la profundidad a los 40 cm es el punto de transición entre una condición térmica y la otra, es por ello que no se diferencian a su vez entre sus 15 cm (Figura 8).

Todo lo anterior indica que la temperatura se ve directamente influenciada por el comportamiento de la marea. Como se dijo anteriormente en marea baja las temperaturas varían más y tienden a ser más elevadas.

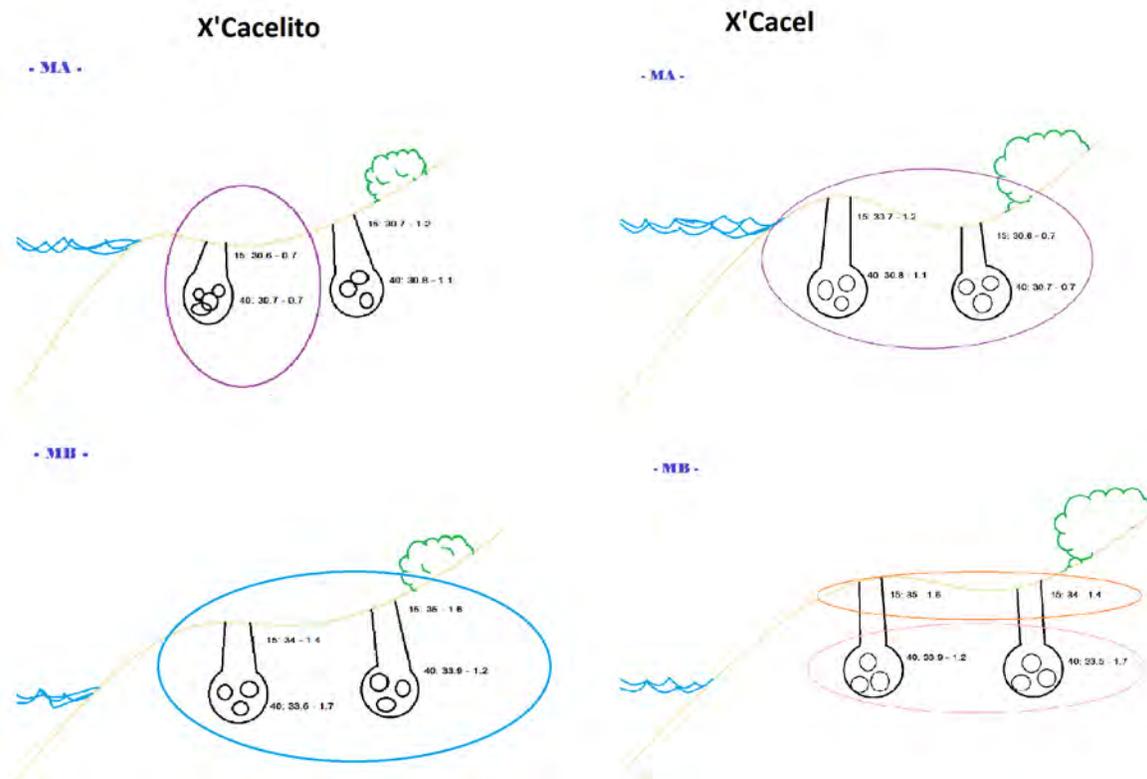
Pero además de todo lo anterior, hay otros aspectos que dan parte al comportamiento de la temperatura, como por ejemplo la vegetación.

Se ha encontrado que las condiciones térmicas pueden subir hasta un grado y ser más variable cuando el nido se encuentra cerca de la vegetación. Dado que X'Caçel e X'Caçelito presentan diferencias en las temperaturas se analizaron por separado.

En X'Caçelito cuando es marea alta los nidos que se encuentran cerca de la vegetación aumentan de temperatura en ambas profundidades durante el día y los que no están cerca se mantienen. En la tarde cuando es marea baja los nidos cerca de la vegetación aumentan ligeramente su temperatura y los que no están cerca también la aumentan hasta igualarse (Figura 9). Es decir, la marea alta refresca más rápidamente a los nidos que están lejos de la vegetación y cuando es marea baja las temperaturas para esos nidos vuelve a subir hasta parecerse a los que están cerca de la vegetación.

En X'Caçel se presenta algo distinto, cuando es marea alta los nidos cerca y lejos de la vegetación en ambas profundidades tienen casi la misma temperatura, no se diferencian; pero cuando es marea baja entonces la temperatura a 15 cm tanto de los que están cerca como los que están lejos llega a elevarse mucho y a ser muy

variable a lo largo de la playa, y a los 40 cm se tiene una temperatura más baja que a los 15 pero más alta que cuando influía la marea alta (Figura 9)



**Figura 9: La Temperatura y sus valores en Marea Alta y Mare Baja, X'cacel-X'cacelito tomando en cuenta la vegetación circundante. Las flechas de color rojo indican que en términos del ANOVA se encontraron diferencias entre los datos de un lugar en contraste con el otro, y las flechas azules indican lo contrario. Por lo anterior los círculos de colores representan la similitud que tienen ambas playas.**

Las tortugas caguamas cuyo nido se encuentra más cerca de la superficie, en comparación con los nidos de las blancas, son las más vulnerables a los cambios térmicos que se experimentan en la arena, sobre todo en X'cacel.

Además de la vegetación, la distancia al mar de los nidos en Mare Baja y Alta es también influyente en ellos. Por ejemplo se ha encontrado que en ambas playas mientras más lejos esté el nido de la costa presentará una mayor temperatura. Mediante gráficas de Excel la distancia de la línea de costa y el nido en X'cacelito fue relativamente menor que en X'cacel (Figura 10). En la ensenada de X'cacelito el espacio arenoso para que las tortugas aniden es menos ancho que en X'cacel. Precisamente en X'cacel es en donde se presentan las mayores temperaturas

sobre todo en marea baja. Sin embargo no en todos los sitios de X´Cacel e X´Cacelito son así. Los nidos están ubicados en sitios al azar bajo factores no controlados que son los que a fin de cuentas permitirán establecer un ambiente determinado y por consiguiente el éxito o no en la emergencia de los neonatos de tortuga marina.

### Temperatura y distancia del nido al nivel del mar X'Cacelito y X'Cacel

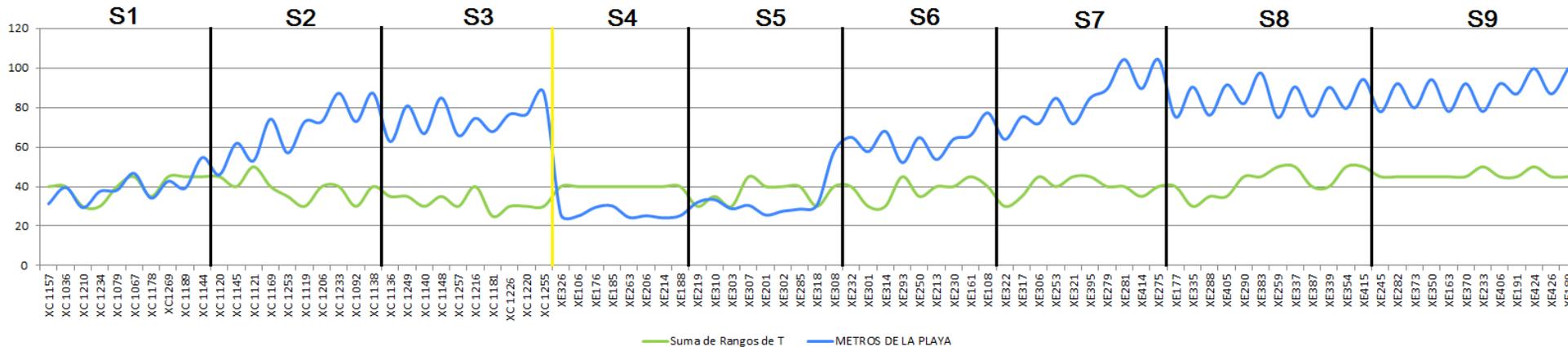


Figura 10: Gráfica del comportamiento de la temperatura y la distancia de los nidos al mar

### Humedad y distancia del nido al nivel del mar X'Cacelito y X'Cacel

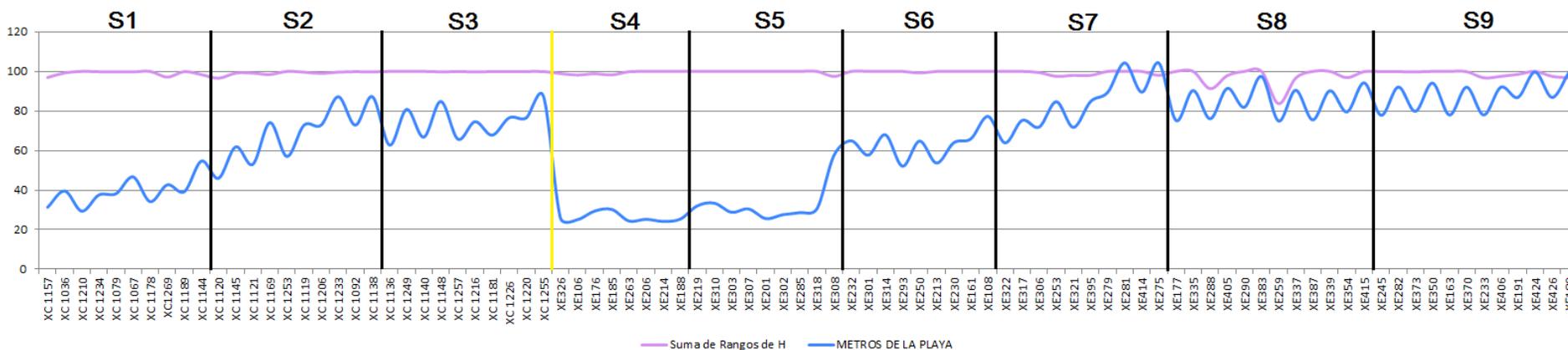


Figura 11: Gráfica del comportamiento de la humedad y la distancia de los nidos al mar

## Análisis de correlación

X'Caclito				
Sitio	15 MA	15 MB	40 MA	40 MB
S1	XC 1157	XC 1157	XC 1157	XC 1157
	XC 1036	XC 1036	XC 1036	XC 1036
	XC 1210	XC 1210	XC 1210	XC 1210
	XC 1234	XC 1234	XC 1234	XC 1234
	XC 1079	XC 1079	XC 1079	XC 1079
	XC 1067	XC 1067	XC 1067	XC 1067
	XC 1178	XC 1178	XC 1178	XC 1178
	XC1269	XC1269	XC1269	XC1269
	XC 1189	XC 1189	XC 1189	XC 1189
	XC 1144	XC 1144	XC 1144	XC 1144
S2	XC 1120	XC 1120	XC 1120	XC 1120
	XC 1145	XC 1145	XC 1145	XC 1145
	XC 1121	XC 1121	XC 1121	XC 1121
	XC 1169	XC 1169	XC 1169	XC 1169
	XC 1253	XC 1253	XC 1253	XC 1253
	XC 1119	XC 1119	XC 1119	XC 1119
	XC 1206	XC 1206	XC 1206	XC 1206
	XC 1233	XC 1233	XC 1233	XC 1233
	XC 1092	XC 1092	XC 1092	XC 1092
	XC 1138	XC 1138	XC 1138	XC 1138
S3	XC 1136	XC 1136	XC 1136	XC 1136
	XC 1249	XC 1249	XC 1249	XC 1249
	XC 1140	XC 1140	XC 1140	XC 1140
	XC 1148	XC 1148	XC 1148	XC 1148
	XC 1257	XC 1257	XC 1257	XC 1257
	XC 1216	XC 1216	XC 1216	XC 1216
	XC 1181	XC 1181	XC 1181	XC 1181
	XC 1226	XC 1226	XC 1226	XC 1226
	XC 1220	XC 1220	XC 1220	XC 1220
XC 1255	XC 1255	XC 1255	XC 1255	

**Cuadro 3: Grupos formados en base al análisis de correlación hecho con los datos de Humedad, Temperatura y Textura de la arena en X'Caclito.**

Es por lo anterior que con ayuda del programa Systat se hizo un análisis de correlación en el que se tomó en cuenta la humedad, la temperatura y el tamaño de grano de cada nido para distinguir los que presentan condiciones particulares diferentes a los demás cuando sube y baja la marea. El resultado es el que se muestra en el cuadro 3.

En este cuadro se puede observar los nidos agrupados en el sitio al que pertenecen pero con colores que representa un tipo de ambiente compuesto por la cantidad de humedad, el tipo de arena y la temperatura.

En el cuadro puede verse claramente la influencia de la profundidad en los nidos; existen diferentes condiciones a 15 cm y a 40 cm. Tomando en cuenta este resultado se podría decir que la marea tiene poca o nula influencia en la playa, pero no es así, más bien de retener a un grado tal la temperatura y la humedad.

En X'Caclito a 15 cm se presentan cinco tipos de ambientes que varían solo en el sitio 3 cuando cambia la marea, y a los 40 cm se presentan solo cuatro.

La arena es cambiante solo a largo plazo en comparación con la temperatura y la humedad, por lo que es un factor independiente, lo que puede hacer que los grupos se establezcan pero a la vez las condiciones del nido puedan cambiar por causa y efecto de la marea, humedad y por consiguiente de la temperatura.

X'Caçel presenta los siguientes grupos.

En esta playa el número de ambientes se eleva, lo que quiere decir que a lo largo de la ensenada se tiene condiciones más variadas.

No es que los factores influyan más o menos, sino que la combinación de ellos en distintos niveles origina más y mayores variaciones.

El ambiente en el nido cambia si cambia la marea, humedad, temperatura, tamaño de grano etc. Y por lo visto a lo largo de X'Caçel los nidos enfrentan más cambios.

### COMPONENTES PRINCIPALES

Pero ¿Cuál es el factor o factores principales que dominan a los demás? El análisis de Componentes Principales recreado en el programa Systat claramente muestra que en X'Caçelito el factor principal que regula a la temperatura y humedad es la arena, particularmente la mediana en X'Caçelito y la fina en X'Caçel.

**Cuadro 4: Grupos formados en base al análisis de correlación hecho con los datos de Humedad, Temperatura y Textura de la arena en X'Caçelito.**

X'Caçel				
Sitio	15 MA	15 MB	40 MA	40 MB
S4	XE326	XE326	XE326	XE326
	XE106	XE106	XE106	XE106
	XE176	XE176	XE176	XE176
	XE185	XE185	XE185	XE185
	XE263	XE263	XE263	XE263
	XE206	XE206	XE206	XE206
	XE214	XE214	XE214	XE214
	XE188	XE188	XE188	XE188
S5	XE219	XE219	XE219	XE219
	XE310	XE310	XE310	XE310
	XE303	XE303	XE303	XE303
	XE307	XE307	XE307	XE307
	XE201	XE201	XE201	XE201
	XE302	XE302	XE302	XE302
	XE285	XE285	XE285	XE285
	XE318	XE318	XE318	XE318
S6	XE308	XE308	XE308	XE308
	XE232	XE232	XE232	XE232
	XE301	XE301	XE301	XE301
	XE314	XE314	XE314	XE314
	XE293	XE293	XE293	XE293
	XE250	XE250	XE250	XE250
	XE213	XE213	XE213	XE213
	XE230	XE230	XE230	XE230
S7	XE161	XE161	XE161	XE161
	XE108	XE108	XE108	XE108
	XE322	XE322	XE322	XE322
	XE317	XE317	XE317	XE317
	XE306	XE306	XE306	XE306
	XE253	XE253	XE253	XE253
	XE321	XE321	XE321	XE321
	XE395	XE395	XE395	XE395
S8	XE279	XE279	XE279	XE279
	XE281	XE281	XE281	XE281
	XE414	XE414	XE414	XE414
	XE275	XE275	XE275	XE275
	XE335	XE177	XE177	XE177
	XE335	XE335	XE335	XE335
	XE288	XE288	XE288	XE288
	XE405	XE405	XE405	XE405
S9	XE290	XE290	XE290	XE290
	XE383	XE383	XE383	XE383
	XE259	XE259	XE259	XE259
	XE337	XE337	XE337	XE337
	XE387	XE387	XE387	XE387
	XE339	XE339	XE339	XE339
	XE354	XE354	XE354	XE354
	XE415	XE415	XE415	XE415
S9	XE245	XE245	XE245	XE245
	XE282	XE282	XE282	XE282
	XE373	XE373	XE373	XE373
	XE350	XE350	XE350	XE350
	XE163	XE163	XE163	XE163
	XE370	XE370	XE370	XE370
	XE233	XE233	XE233	XE233
	XE406	XE406	XE406	XE406
	XE191	XE191	XE191	XE191
	XE424	XE424	XE424	XE424
XE426	XE426	XE426	XE426	
XE189	XE189	XE189	XE189	

Si se hace un recuento de los resultados expuestos anteriormente es posible notar que efectivamente la arena dominante en X'cachelito es la arena media y no varía mucho en cantidades; por su parte X'cachel tiene mayor volumen de arena fina pero en cantidades distintas en los diferentes sitios, lo que puede explicar la discrepancia del número de ambientes entre ambas playas.

### Emergencias

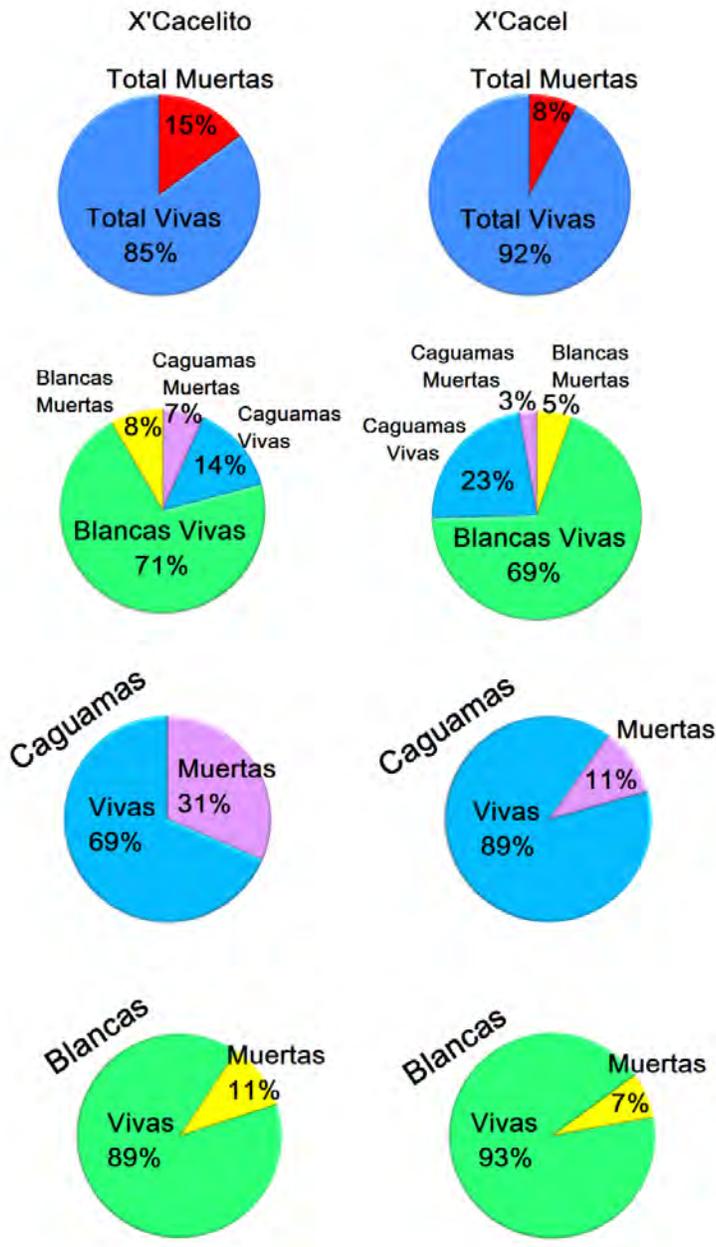


Figura 10: Gráficas del total de vivas y muertas de tortugas caguama y blanca en X'cachel-X'cachelito.

Visualmente en las dos primeras gráficas se muestra que del total de tortugas emergidas vivas en ambas playas X'cachel tiene el mayor éxito pero con una diferencia apenas del 7% en los resultados.

El porcentaje total de vivas y muertas se muestra en el segundo par de gráficas pero ahora tomando en cuenta el agrupamiento de caguamas y blancas. El porcentaje es dividido proporcionalmente en base al número de datos tomados. Con ello es fácil interpretar que las blancas tienen el mayor éxito de emergencia, sin embargo, en el tercer y cuarto par de gráficas se muestra el porcentaje real de muertas y vivas de ambas especies por separado (Figura 10).

En estas últimas gráficas se puede apreciar mejor que en X'cachel el porcentaje de vivas y muertas de ambas especies no es tan diferente pero en X'cachelito sí se notan diferencias más marcadas. No obstante, aunque se pueda ver que en X'cachel hay mayor éxito

no existe diferencias entre vivas por playas, sino en muertas por especies.

Es decir, en términos del ANOVA, las únicas diferencias que se encontraron fueron entre las muertas de caguamas en contraste con las muertas de blancas juntando los datos de ambas playas. Dicho de otra manera, todas las caguamas tanto de X'Cacel como de X'Cacelito diferían en cantidad de muertes contra todas las blancas de ambas playas. Lo que quiere decir que los efectos de los parámetros medidos en este estudio afectan de manera distinta a una especie y la otra en ambas playas, incluso podría ser en sitios determinados.

Las muertes de las caguamas son diferentes a la de las blancas debido a que, como se dijo anteriormente, las primeras tienden a estar expuestas a un mayor cambio en las condiciones térmicas y húmedas en el sustrato arenoso. Las blancas al estar a una mayor profundidad en la arena experimentan pocas y menores variaciones.

Los factores en conjunto tienen la capacidad tanto de albergar como de afectar a los huevos de tortuga, las causas de mortandad de los neonatos se deben al exceso o escases de algún factor.

Algunos autores subestiman la importancia de la arena, mencionan que la arena no tiene ninguna relación con el éxito de emergencia de las tortugas, sin embargo, esto es completamente refutable, debido a que en este estudio se comprueba la gran importancia del tamaño de grano de la misma, que además de hospedar a los huevos, domina a los demás elementos clave (temperatura y humedad) para que los neonatos puedan nacer; la arena lejos de ser un simple elemento es el componente principal que regula el acceso y salida de fluidos.

### Vivas y muertas totales por nido, X'Cacelito y X'Cacel

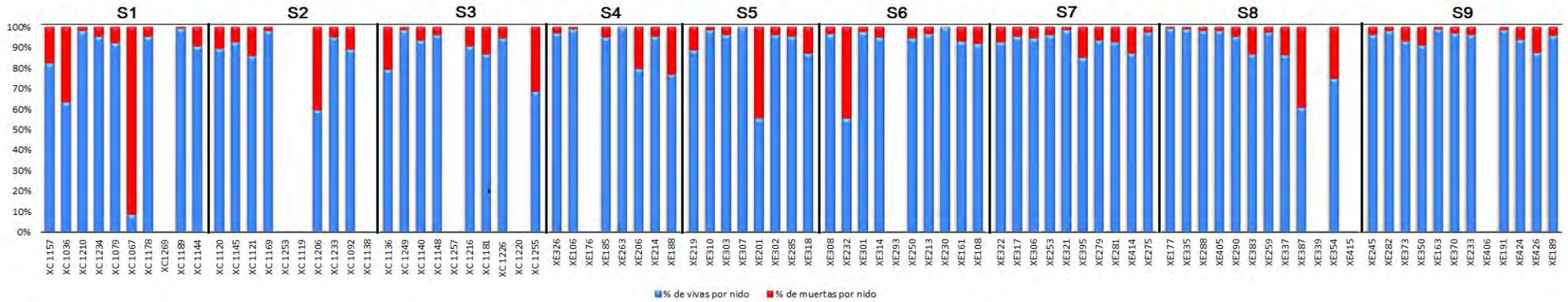


Figura 12: Gráfica del total de vivas y muertas de caguama y blanca por sitio a lo largo de X'Cacel-X'Cacelito.

### Porcentaje de muertas y vivas de caguama y blanca, X'Cacelito y X'Cacel

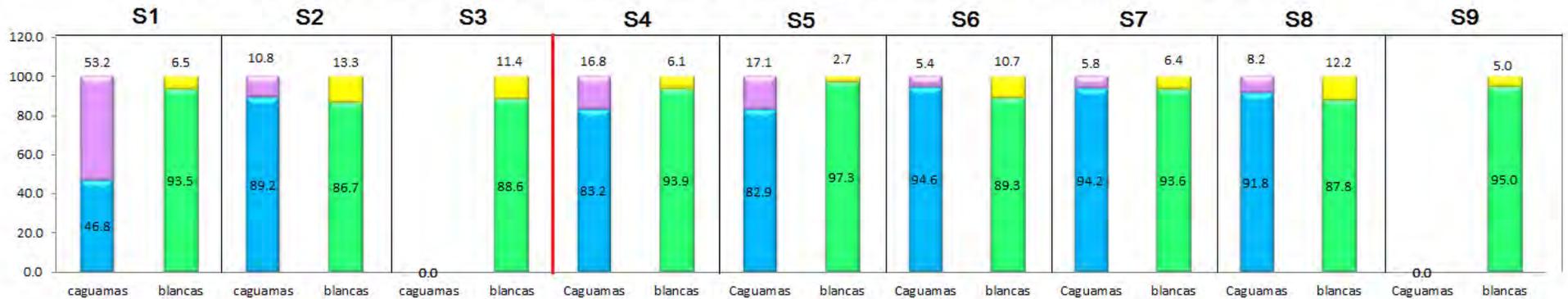


Figura 11: Gráfica del total de vivas y muertas por nido a lo largo de X'Cacel-X'Cacelito.

## DISCUSIÓN

Como se vio en los resultados, la arena es el componente de mayor importancia para las tortugas, porque tanto ayuda a definir el sitio de anidación (Prezas et al. 2008, Mortimer, 1990, 1995) como también es el sustrato en donde se hospedan y desarrollan los nidos de las tortugas marinas.

A lo largo de X'Caclito domina la arena mediana tanto a 15 como a 40 cm, pero incluso aun siendo poca, hay mayor presencia de arena gruesa en esta playa en comparación con X'Cacl, en ésta última domina la arena fina, que es la que va aumentando su densidad del sitio 4 al 9. En ambas playas se registró mayor número de nidos de tortugas blancas, las caguamas registradas para la elaboración de este estudio fue considerablemente menor, aunque el mayor número de incidencias fue registrado en X'Cacl. Esto puede ser lógico ya que precisamente en este lugar se registraron menor mortandad tanto de caguamas como blancas, sin embargo, según Prezas et al (2008), la mayor anidación de tortugas se registra en X'Caclito.

Dado que se inició este proyecto cuando apenas empezaba la temporada de anidación de tortugas en ambas playas, X'Caclito tenía mayor número de nidos en comparación con X'Cacl, por lo que al terminar de muestrear en X'Cacl, en un segundo periodo, para ese tiempo X'Caclito ya contaría con mayor número de nidos que X'Cacl. Como consecuencia al tener mayor cantidad de datos de X'Cacl que de X'Caclito es posible que la desproporción haya causado que el mayor éxito se registre en X'Cacl.

A pesar de lo anterior se puede observar que en los sitios de X'Cacl que tienen mayor cantidad de arena gruesa y la costa sur de X'Caclito que se caracteriza por tener mayor cantidad de arena fina a 15 cm son los lugares donde existe menor éxito de emergencias. Precisamente en X'Caclito los nidos más afectados son los de las tortugas caguamas, los cuales se encuentran más cerca de la superficie en comparación con las de las blancas.

Mortimer (1990) afirma que la calidad de la playa puede influir en el éxito reproductivo de manera determinante, igualmente, al estudiar la población de tortugas caguamas y blancas en la Isla de la Ascensión encontró que el éxito de emergencia disminuía a medida que incrementaba el tamaño de las partículas de arena, incluso este mismo resultado fue reportado por Miller *et al.* (1987 en Foley et al. 2006), quien también correlacionó positivamente la disminución de emergencias con espacios porosos más grandes. .

Mortimer (1990) asegura que al haber más espacios porosos en la arena gruesa es posible la mayor difusión de fluidos, lo contrario sucedería en la arena con

mayor fineza. Este autor menciona que la distribución del tamaño de partícula y la forma de éstas interactúan para determinar las características de los espacios de los poros entre los granos de arena. El espacio de los poros y la forma de éstos afectan tanto la difusión de gas como la conductividad del agua. Si existen poros pequeños éstos pueden tener un efecto capilar y retener agua. La cantidad de agua en la arena afecta la difusión de gas, mientras que la tasa de difusión de gas, a su vez, afecta a la disponibilidad de agua. La difusión de gas en exceso puede provocar la desecación, ya que el agua se puede eliminar en su fase gaseosa.

Dado que el intercambio de gases, probablemente sería más alto en la arena de grano grueso, la supervivencia no estaría limitada por el intercambio de gases sino por la disponibilidad de agua y ésta se convierte entonces en un factor limitante. A su vez esta afirmación se complementa con la hecha por Foley et al (2006), quien encontró que el diámetro medio de las partículas, la porosidad total, el espacio de los poros llenos de aire, y la conductividad hidráulica saturada de la arena se relacionaron positivamente con el éxito de eclosión de la tortuga caguama. Al haber espacios porosos mayores en la arena gruesa el vapor de agua escaparía más fácilmente provocando que a su vez la temperatura se eleve, pero así como le es posible salir con mayor rapidez igualmente podría humedecerse; por el contrario en la arena fina sería todo lo contrario, el intercambio de fluidos se haría más lenta y gradualmente lo que también provocaría la retención de temperaturas por más tiempo.

Cuando la arena es gruesa el factor limitante podría ser la humedad, tal y como atestiguan autores como Foley *et al.* (2006), Ackerman (1997) y Motimer (1990), quienes encontraron que había una relación positiva entre los poros más grandes en arena gruesa y nidos fallidos. Como se mencionó anteriormente con la temperatura ocurre lo mismo, ésta tiene una relación estrecha con la humedad según McGhee (1990) y Foley (1998) cuando la humedad es alta las temperaturas tienden a bajar. Este hecho igualmente fue encontrado en el conjunto de resultados que se dio en las playas de X'Cacel-X'Cacelito.

La presencia de humedad en las playas de X'Cacel y X'Cacelito tuvo ligeras variaciones en todos los sitios exceptuando el 7 y el 8, cuyas temperaturas igualmente sobrepasaban los niveles medios, incluso se tienen diferencias notables tanto a 15 como a 40 cm de profundidad en la arena. Sin embargo tal como se ve en las gráficas anteriores estos sitios no presentan mayores problemas en comparación con otros en la emergencia de neonatos.

La costa sur de X'Cacelito tiene mayor cantidad de arena fina en la parte superior, lo que puede provocar el colapso de los nidos por compactación y humedecimiento de la misma. Del mismo modo, una arena demasiado fina puede

formar una capa impermeable que puede asfixiar a los neonatos al impedir el intercambio de gases, así como también impedir el cambio óptimo de temperaturas.

Por otro lado en la zona media-sur de X'cacel donde domina tanto a 15 como a 40 cm la arena mediana se reduce la mortalidad, en estos lugares ya hay más flujo de humedad y oxígeno; en la zona norte de la misma playa la cantidad de arena fina como de arena mediana es semejante originando las condiciones ideales para la emergencia ya que como menciona Yalçın-Özdilek *et al.* (2007) tanto el tamaño de grano demasiado fino como el demasiado grueso no es adecuado para la actividad de los neonatos de tortuga verde.

El tamaño de grano puede influir directamente en el éxito de emergencia de los nidos, como a continuación se reporta por varios autores:

1. El tamaño de grano muy pequeño puede causar la compactación de la playa y obstrucción en la excavación del nido por las tortugas hembras adultas (Ehrhart y Raymond, 1983; Fletemeyer, 1980).
2. La arena fina obstaculiza el movimiento de las crías en la cámara del nido (Fletemeyer, 1979)
3. El tamaño de grano fino provoca el lento desarrollo del embrión impidiendo la difusión de gases (Ackerman, 1977; Mortimer, 1981).
4. El tamaño de grano muy grueso provoca que las crías de tortugas no sean capaces de salir de la cámara del nido por el colapso de la arena (Mann, 1978; Sella, 1981 en Yalçın-Özdilek 2007).
5. En la arena de tamaño demasiado grueso tiene mayor capacidad de difusión y por lo tanto ser capaz de soportar la biomasa de embrague más grande (Ackerman 1975 en Mortimer 1990; y Mortimer 1990).

La mayor concentración de huevos se encuentra a una profundidad alrededor de los 40 y 60 cm dependiendo de la especie de tortuga (caguama o blanca), la temperatura a esa profundidad es la que más podría afectar a los huevos. De acuerdo a los datos registrados en este estudio la temperatura en esas profundidades tiende a ser más estable que a los 15 cm, por lo que los nidos más someros están expuestos a mayores variaciones térmicas, tal es el caso de los nidos de tortugas caguamas en contraste con los de las blancas.

En el sur de X'cacelito es en donde se presentan temperaturas más elevadas. Al existir mayor cantidad de poros la arena se reseca con mayor facilidad, lo que a su vez aumenta la temperatura y eleva también la del fondo.

A medida que la arena fina aumenta su proporción en los sitios el calor a 40 cm puede retenerse con mayor facilidad, pero a su vez el nido puede llegar a

calentarse demasiado a los 15 cm durante las mareas bajas, ya que al no haber la cantidad de humedad necesaria para mantener esa temperatura las arenas del nido tienen variaciones más amplias de temperatura.

La temperatura que produce una proporción de 50:50 de ambos sexos se conoce como umbral o pivotal (Mrosovsky 1991; Georges et al., 1994). Para las *Chelonia mydas*, esto es por lo general entre 28.8 y 31.8°C, pero varía entre las especies y poblaciones (Miller y Limpus 1981 en Van de Merwe et. al. 2006). Para las poblaciones caguama la temperatura pivotal es aproximadamente 29°C. En todas las especies de tortugas marinas, las hembras se producen predominantemente a temperaturas superiores a la temperatura pivotal y los machos se producen predominantemente por debajo de ella (Mrosovsky y Yntema 1980; Georges et al 1994; Godfrey et al 1996). Incluso Schmidt-Nielsen (1997) menciona que la temperatura acelera los procesos fisiológicos, incluyendo el crecimiento, por lo tanto el periodo de incubación disminuye a medida que la temperatura aumenta. El desarrollo del embrión es más rápido teniendo temperaturas más altas en el nido (Miller 1985)

Los nidos estudiados en el sitio 1 de X'cacelito presentaban altas temperaturas rebasando la pivotal de las caguamas, precisamente en este sitio se presentó mayor mortalidad de estas que de blancas. Los demás sitios presentaban en promedio la temperatura pivote normal para ambas especies, por supuesto en unos sitios (2, 4, 6 y 8) con mayores variaciones que en otros, sobre todo a 15 cm. Esto concuerda con los resultados de Segura *et al.* (2010), quienes afirman que el calentamiento por encima de los 33 grados podría matar a las crías de las tortugas caguama.

Como se mencionó anteriormente los nidos de las tortugas caguama son los más vulnerables, sobre todo en X'cacelito, los registros coinciden con la elevación y variación de la temperatura y el menor éxito de emergencia de los neonatos. Kaska *et al.* (1998); Hays *et al.* (2003); Chu *et. al.*, (2008); Houghton *et al.* (2001) y Janzen et al (1991) encontraron este mismo resultado; los últimos dos autores en su investigación en isla de la Ascensión incluso afirman que las dimensiones verticales del nido también afectará a la magnitud de las variaciones térmicas, es decir, los nidos que tienen una gran gama vertical presentan este tipo de variaciones.

La variación térmica pronunciada existente no sólo entre, sino también dentro de los nidos individuales, se relaciona con los patrones de las crías emergentes; las crías de los nidos que presentan grandes variaciones térmicas son las que emergen en un periodo más largo en comparación de las que se caracterizan por temperaturas más uniformes.

Las mareas juegan un papel importante relacionado con la distancia del nido a la línea de costa, en este estudio los resultados apuntan a que existe una relación no muy notoria de la línea de costa con la temperatura y la humedad. Las figuras 10 y 11 muestran el comportamiento de la temperatura y la humedad, respectivamente, presentados en X'Cacel y X'Cacelito. Puede verse que aunque cambie la distancia entre la línea de costa y los nidos, la temperatura no suele variar tan notoriamente y mucho menos la humedad. Por su parte Adam *et al.* (2007) afirma que los nidos más cercanos al mar eran diferentes en humedad y temperatura en comparación con los más lejanos, además mencionan que las condiciones de incubación parecen ser más uniformes en los nidos más distantes al mar.

Aparentemente en X'Cacelito al haber menores distancias entre los nidos y la línea de costa se pudiera lograr un mayor éxito de emergencias, resultó que a pesar de que en X'Cacel hay mayores distancias las crías tuvieron mayor éxito, lo cual pudo ser posible debido a la presencia de canales de agua subterránea en X'Cacelito y parte de X'Cacel.

El aumento de la temperatura cerca de la vegetación (Dunas) igualmente había sido reportado antes por Hawkes *et al.* (2009) cuya investigación revela que las proporciones sexuales del nido fueron sesgadas habiendo mayor cantidad de hembras debido a las altas temperaturas cerca de la vegetación.

La temperatura suele variar entre las diferentes zonas de la playa (Standora y Spotila 1985 en DeGregorio & Southwood 2011); Fuentes *et al.* 2010 en DeGregorio & Southwood 2011), cuando un nido se reubica y se aleja de la línea de marea hacia las dunas el microambiente que suele haber es significativamente más caliente en comparación con los entornos despejados o también más cerca de la línea de marea (Standora y Spotila 1985 en DeGregorio & Southwood 2011); Spotila *et al.* 1987).

## CONCLUSIONES

La hipótesis planteada se verifica como verdadera.

El presente trabajo de investigación revela la gran importancia del sustrato arenoso. En este estudio se comprueba la indiscutible importancia del tamaño de grano, que además de hospedar a los huevos, domina a los demás elementos clave (temperatura y humedad) para que los neonatos puedan emerger.

Se comprobó que la arena uniformemente ordenada en términos del tamaño de grano es favorable para la actividad de anidación de las tortugas. El conjunto arenoso con cantidades similares de tamaño de grano medio y fino hubo mayor éxito de emergencias; en contraste con los nidos situados en lugares con mayor cantidad de arena fina y mayor cantidad de arena gruesa, cuyo resultado muestra un menor porcentaje de emergencia.

La textura de la arena regula humedad y temperatura, en la arena de tamaño medio puede haber una difusión más controlada y eficaz, en comparación con tamaños desproporcionadamente más finos o más gruesos.

De acuerdo con lo visto en X'Cacel-X'Cacelito las condiciones más favorables para los huevos son la combinación entre arena fina y mediana tanto a 15 como a 40 cm, esto permite tanto la difusión como la retención en cierta medida de la humedad y la temperatura, y además de ello las tortugas pueden emerger sanamente sin el colapso del nido.

Las tortugas caguama son más vulnerables al ser sus nidos menos profundos y presentar mayor variación en temperatura y humedad. Los nidos de las tortugas blancas sufren menos variaciones y tienen menor porcentaje de mortandad.

Los factores tanto bióticos como abióticos en combinación con la variabilidad de los mismos afectan a los huevos, es por eso que no se encuentra diferencias estadísticamente significativas en el conteo de vivas sino en las muertas. La humedad y la temperatura no limitaron el éxito de emergencia de los neonatos.

La distancia del nido a la zona de barrido del oleaje es un factor que influye las condiciones térmicas del mismo.

Aparentemente en X'Cacelito al haber menores distancias entre los nidos y la línea de costa se pudiera lograr un mayor éxito de emergencias, resultó que a pesar de que en X'Cacel hay mayores distancias las crías tuvieron mayor éxito debido a la textura de la arena y su efecto en la humedad y temperatura del nido.

Tanto X'Cacel como X'Cacelito son playas con gran potencial para sustentar a las poblaciones de tortugas marinas, siempre y cuando haya (como hasta ahora) el

tipo de grano perfectamente disperso para regular con bastante precisión la humedad y la temperatura.

#### RECOMENDACIONES DE MANEJO

Debido a la gran importancia del suelo arenoso como componente principal en el proceso de anidación de las tortugas marinas en X'cacel-X'cacelito se recomienda rotundamente evitar todas aquellas acciones que favorecen la compactación de la arena.

Prezas (et. al. 2006) documentó que en X'cacelito es donde existe la mayor densidad de anidación y por tanto se restringe el paso a esa área, sin embargo, de acuerdo a los resultados de este estudio el mayor éxito de emergencia se registra en X'cacel, en donde el paso al turismo y diversas actividades recreativas se llevan a cabo día a día.

Para evitar la compactación de la arena y la pérdida de la calidad de la misma se recomienda limitar el paso y el uso del suelo particularmente en ciertas zonas de X'cacel, como lo son: las zonas 4, 7 y 9 (3, 6, 7 y 10 de acuerdo a los límites establecidos por el campamento tortuguero), consideradas como las "zonas núcleo" debido a que poseen los índices de emergencia más altos. En las zonas 6, 5, 8, 3, 2 y 1 (establecidas como 5 4 8 9 en X'cacel y 3 4 6 7 8 9 10 en X'cacelito por el campamento tortuguero), ordenadas jerárquicamente de acuerdo a su grado de importancia el éxito de emergencia disminuye gradualmente.

Las actividades en la playa de X'cacel deben ser restringidas en la zona núcleo y limitadas a establecerse solo en zonas cerca de la línea de costa, ya que son los lugares en donde el éxito de emergencia es menor.

Dichas actividades deben ser vigiladas con el fin de detener cualquier indicio de afectación en las zonas núcleo y las demás áreas, esto ayudaría a reducir la

contaminación por residuos sólidos, la compactación de la arena y la contaminación visual y auditiva.

Se sugiere que las acciones que se permitían (dado el decreto de manejo del ANP X'cacel-X'cacelito) en las zonas 3, 6 y 7 ya no se permitan, ya que actividades tales como la manipulación de la arena y caminata excesiva en la playa podrían deteriorar la calidad de la arena a largo plazo.

Por otro lado, debido a la presencia de ríos subterráneos en X'cacelito y la biodiversidad que se sustenta gracias a ellos es necesario dar mantenimiento y vigilancia al sistema de tratamiento de residuos líquidos presente en el ANP, con esta medida de precaución se evitaría contaminar el manto acuífero y perjudicar la incubación de las crías de tortuga marina.

Por último, se recomienda seguir realizando estudios de investigación científica con la finalidad proponer más y mejores estrategias de conservación para las especies de tortugas marinas, de esta manera reduciría el impacto que el ser humano genera sobre las mismas otorgando mayores posibilidades de supervivencia.

## REFERENCIAS

Ackerman, R. A., 1977. The respiratory gas exchange of sea turtle nests (*Chelonia mydas*, *Caretta caretta*). *Respiratory Physiology*, Volumen 31, pp. 19-38.

Ackerman, R. A., Deeming, D. C. & Ferguson, M. W., 1991. *Physical factors affecting the wáter exchange of buried reptile eggs*. Cambridge, Cambridge, UK: Cambridge University Press, p. 193–212.

Ackerman, R. A., Lutz, P. L. & Musick, J. A., 1997. *The nest environment and the embryonic development of sea turtles*. Boca, Raton, Florida, The biology of sea turtles.

Ackerman, R. A., Seagrave, R. C., Dmiél, R. C. & Ar, A., 1985. Water and heat exchange between parchment-shelled reptile eggs and thir surroundings. *Copeia*, Volumen 711, p. 703.

Adam, V., Tur, C., Rees, A. F. & Tomas, J., 2007. Emergence pattern of loggerhead turtle (*Caretta caretta*). *Marine Biology*, 4 Enero, Volumen 151, p. 1743–1749.

Allman, P., Seitz, J. & Kraus, M., 2001. *An analysis of sand characteristics in collier county, Florida*. Philadelphia, Pennsylvania, Usa, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-528, pp. 86-88.

Alvarado Padilla, J. C., 2003. *Ficha Informativa de los Humedales Ramsar*. Playa del Carmen: s.n.

Anon., s.f.

Balazs, G. H., 1974. Observations on the pre-emergence behaviour of the green turtle. *Copeia*, p. 986–988.

Bedoya, S., Nahill, B., Alguera, H. & Chacon, D., 2002. *Sea turtle nesting in black beach: a new nesting area in Costa Rica*. Miami, Florida, USA, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-503, pp. 133-134.

Booth, D. T., 2006. Influence of incubation temperature on hatchling phenotype in reptiles.. *Physiol Biochem Zool*, Volumen 79, pp. 274-281.

Booth, D. T., 2009. Swimming for your life: locomotor effort and oxygen consumption during the green turtle (*Chelonia mydas*) hatchling frenzy. *The Journal of Experimental Biology*, Volumen 212, pp. 50-55.

Booth, D. T. & Astill, K., 2001. Temperature variation within and between nests of the green turtle, *Chelonia mydas* (*Chelonia: Cheloniidae*) on Heron Island, Great Barrier Reef. *Australian Journal of Zoology*, Volumen 49, pp. 71-84.

- Booth, D. T. & Evans, A., 2011. Warm Water and Cool Nests Are Best. How Global. *PLoS ONE*, 3 agosto, 6(8), p. e23162.
- Booth, D. T. & Freeman, C., 2006. Sand and nest temperatures from the Heron Island green turtle (*Chelonia mydas*) rookery, Southern Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, Volumen 25, pp. 629-633.
- Buitrago, j. & Ziegler, J., 2001. *SAND GRAIN SIZE CHARACTERISTICS AND INCUBATION TEMPERATURE AT THE GREEN TURTLE NESTING BEACH IN AVES ISLAND, VENEZUELA*. Philadelphia, Pennsylvania, USA, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-528, pp. 129-130.
- Cheeks, R. J. y otros, 1997. *THE EFFECTS OF VARIOUS SAND TYPES ON THE TEMPERATURE, INCUBATION*. Orlando, Florida, U.S.A., NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-415, p. 165.
- Cheng, I. J., 2000. Post-Nesting migrations of green turtles (*Chelonia mydas*) at Wan-An Island, Penghu Archipelago, Taiwan. *Marine Biology*, 8 Mayo, pp. 747-754.
- Comision Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003. *Ficha informativa de los humedales Ramsar*. s.l.:s.n.
- Dalleau, M. y otros, 2012. Nesting Phenology of Marine Turtles: Insights from a Regional Comparative Analysis on Green Turtle (*Chelonia mydas*). *PLoS One*, 7(10), pp. 1-7.
- Deeming, D. C. & Unwin, D. M., 2004. *Reptilian incubation: evolution and the fossil record, in Deeming D.C.*, Nottingham, UK: Reptilian Incubation: Environment, Evolution and Behaviour:.
- DeGregorio, B. A. & Southwood Williard, A., 2011. Incubation temperatures and metabolic heating of relocated and in situ Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*) nest at a Northern Rookery. *Chelonian Conservation and Biology*, 17 Enero, Volumen 10, pp. 54-61.
- Dellert, L. J., O'Neil, D. & Cassill, D. L., 2014. Effects of Beach Renourishment and Clutch Relocation on the Success of the. *Journal of Herpetology*, 11 Febrero, 48(2), p. 186-187.
- Diamond, A. W., 1976. Breeding biology and conservation of hawksbill turtles, *Eretmochelys imbricata* L., on Cousin Island, Seychelle. *Biological Conservation*, Volumen 9, pp. 199-215.
- Dutton, y otros, 1985. Increase of a Caribbean leatherback turtle *Dermochelys coriacea* population linked to long-term nest protection. *Biological Conservation*, Volumen 126, pp. 186-192.
- E., R. & Rimmer, J., 1984. Some distinguishing characteristics of nesting beaches of the green turtle *Chelonia mydas* on North West Cape Peninsula, Western Australia. *Marine Biology*, Volumen 83, pp. 149-154.
- Eckert, K. L. & Eckert, S. A., 1990. Embryo mortality and hatch success in situ and translocated leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*) eggs. *Biological Conservation*, Volumen 53, pp. 37-46.

- Ehrhart, L. M. & Raymond, P. W., 1983. Loggerhead (*Caretta caretta*) and green turtles (*Chelonia mydas*) nesting densities on a major east-central Florida nesting beach.. *Abstract. American Zoologist*, Volumen 23, p. 963.
- Ferrer, Y., Díaz, R. & Fernández, R., 2007. Características de la anidación de la tortuga verde *Chelonia mydas* (Testudinata, Cheloniidae) en la playa Caleta de los Piojos, Cuba, a partir de marcaciones externas.. *Animal Biodiversity and Conservation*, Volumen 30.2, pp. 211-218.
- Fletemeyer, J. R., 1979. *Sea turtle monitoring project, 1979 report*.. Fort Lauderdale, Florida, Cooperation Sea Turtle Monitoring Program, Nova University and Broward County Environmental Quality Control Board, p. 64.
- Fletemeyer, J. R., 1980. *Sea turtle monitoring project, 1980 report. Cooperation Sea Turtle Monitoring Program*., Fort Lauderdale, Florida: Nova University and Broward County Environmental Quality Control Board.
- Flora, F. y. C. d. M. A. C., 2013. *Flora, Fauna y Cultura de México*. [En línea] Available at: <http://florafauaycultura.org/tortugas-marinas.php> [Último acceso: 15 Junio 2014].
- Foley, A. M., 1998. *The nesting ecology of the loggerhead turtle (Caretta caretta) in the Ten Thousand Islands, Florida*, Florida: PhD Dissertation, University of South Florida, St Petersburg.
- Foley, A. M., Peck, S. A. & Harman, G. R., 2006. Effects of Sand Characteristics and Inundation on the Hatching Success of. *Chelonian Research Foundation*, Junio 11, 5(1), pp. 32-41.
- Garmestani, A. S., Percival, H. F., Portier, K. M. & Rice., K. G., 1997. *EVALUATION OF PHYSICAL PARAMETERS AS INDICATORS OF NESTING BEACH SELECTION FOR THE LOGGERHEAD SEA TURTLE IN THE TEN THOUSAND ISLANDS OF FLORIDA*. Orlando, Florida, NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC, pp. 56-57.
- Georges, A., Limpus, C. J. & Stoutjesdijk, R., 1994. Hatchling sex in the marine turtle *Caretta caretta* is determined by proportion of development at a temperature, not daily duration of exposure.. *Journal of Experimental Zoology*, Volumen 270, p. 432-444..
- Glen, F., 2002. *Studies on the behaviour and ecology of adult and hatchling sea turtles*.. s.l.:s.n.
- Glen, F., Broderick, A. C., Godley, B. J. & Hays, G. C., 2005. Patterns in the emergence of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead. *Marine Biology*, 6 Octubre, Volumen 146, p. 1039-1049.
- Godfrey, B. J. & Kelly, A., 1996. *Glasgow University conservation expedition to northern Cyprus. Expedition report*, Gaslow: Department of Veterinary Anatomy, University of Glasgow Veterinary Schoo.
- Godfrey, M. H., Barreto, R. & Mrosovsky, N., 1996. Estimating past and present sex ratios of sea turtles in Suriname. *Canadian Journal of Zoology*, Volumen 74, pp. 267-277.

- Godfrey, M. H. & Mrosovsky, N., 1997. Estimating the time between hatching of sea turtles and their emergence from the nest. *Chelonian Conservation Biology*, Volumen 2, pp. 581-584.
- Goodfrey, M. H., Barreto, R. & Mrosovsky, N., 1997. Metabolically-generated heat of developing eggs and its potential effect on sex ratio of sea turtle hatchlings. *Journal of Herpetology*, Volumen 31, pp. 616-619.
- Gurys, E., 1993. Factors that control the emergence of green turtle hatchlings from the nest. *Wildlife Research*, Volumen 20, p. 345–353.
- Hart, K. M. y otros, 2013. Movements and Habitat-Use of Loggerhead Sea Turtles. *PLoS ONE*, 13 Mayo, Volumen 8, p. e66921.
- Hawkes, L. A., Broderick, A. C., Godfrey, M. H. & Godley, B. J., 2009. Climate change and marine turtles. *Endangered Species Research*, Volumen 7, p. 137–154..
- Hays, G. C., Speakman, J. R. & Hayes, J. P., 1992. The pattern of emergence by loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings on Cephalonia, Greece. *Herpetologica*, Volumen 48, p. 396–401.
- Hays, G. C., Broderick, A. C., Glen, F. & Godley, B. J., 2003. Climate change and sea turtles: a 150-year reconstruction of nest temperatures at major marine turtle rookery. *Global Change Biology*, Volumen 9, p. 642–646.
- Hendrickson, J. R., 1958. The green turtle, *Chelonia mydas* (L.) in Malaya and Sarawak.. *Proceedings of the Zoological Society of London*, Volumen 130, p. 455–535.
- hendrickson, J. R., 1980. The ecological strategies of sea turtles.. *American Zoologist*, Volumen 20, p. 597–608.
- Hirth, H. F., 1971. Synopsis of Biological Data on the Green Turtle, *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758). *FAO Fisheries Synopsis, FIRM,,* Volumen 585, p. 1–75.
- Houghton, J. D. R. & Hays, G. C., 2001. Asynchronous emergence by loggerhead turtle. *Naturwissenschaften*, 21 Enero, Volumen 88, p. 133–136.
- Houghton, J. D. R. & Hays, G. C., 2001. Asynchronous emergence by loggerhead turtle. *Naturwissenschaften*, 21 Enero, Volumen 88, p. 133–136.
- Hughes, G. R., 1974. *The sea turtles of south-east Africa. 1. Status, morphology and distribution.,* Durban: Oceanographic Research Institute (Durban) Investigative Report.
- Instituto Nacional de Ecología, 2000. *PROGRAMA NACIONAL DE PROTECCIÓN, CONSERVACIÓN, INVESTIGACION Y MANEJO DE LAS TORTUGAS MARINAS..* México: s.n.
- Ischer, T., Ireland, K. & Booth, D. T., 2009. Locomotion performance of green turtle hatchlings from the Heron Island Rookery, Great Barrier Reef.. *Marine Biology*, Volumen 156, p. 1399–1409.

- Janzen, F. J. & Paukstis, G. L., 1991. Environmental sex determination in reptiles – ecology, evolution, and experimental design. *The Quarterly Review of Biology*, Volumen 66, pp. 149-179.
- Johanes, R. E. & Rimmer, D. W., 1984. Some distinguishing characteristics of nesting beaches of the green turtle *Chelonia mydas* on North West Cape Peninsula, Western Australia. *Marine Biology*, Volumen 83, pp. 149-154.
- Johannes, R. E. & Rimmer, D. W., 1984. Some distinguishing characteristics of nesting beaches of the green turtle. *Marine Biology*, 6 Agosto, Volumen 83, pp. 149-154.
- Kaska, Y., Downie, R., Tippett, R. & Furness, R. W., 1998. Natural temperature regimes for Loggerhead and Green Turtle nests in the eastern Mediterranean. *Canadian Journal of Zoology*, Volumen 76, pp. 723-729.
- Mann, T. M., 1997. *Impact of developed coastline on nesting and hatchling sea turtles in southeastern Florida*. Boca Raton: M.S. Thesis, Florida Atlantic University,.
- Marcovaldi, M. A. & Laurent, A., 1996. A 6 season study of marine turtle nesting at Praia do Forte Bahia Brazil with implications for conservation and management. *Chelonian Conservation and Biology*, Volumen 2, pp. 55-59.
- Matsuzawa, Y., Sato, K., Sakamoto, W. & Bjorndal, K., 2002. Seasonal Fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan.. *Marine Biology*, Volumen 140, pp. 639-646.
- McGehee, M. A., 1979. *Factors affecting the hatching success of loggerhead sea turtle eggs (Caretta caretta caretta)*. Orlando, Florida: Unpublished master's thesis. Universtiy of Central Florida.
- McGhee, M. A., 1990. Effects of moisture on eggs and hatchlings of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*).. *Herpetologica*, 46(3), pp. 251-258.
- Merwe, J., Ibrahim, K. & Whittier, J., 2006. Effects of Nest Depth, Shading, and Metabolic Heating on Nest Temperatures in Sea Turtle Hatcheries. *Chelonian Conservation and Biology*, 5(2), pp. 210-215.
- Miller, J. D., 1985. Embryology of marine turtles. *Biology of the Reptilia*, Volumen 14, pp. 269-328.
- Miller, J. D., Limpus, C. J. & Godfrey, M. H., 2003. Nest site selection, oviposition, eggs, development, hatchling, and emergence of loggerhead turtles. En: A. a. W. B. Bolten, ed. *Loggerhead Sea Turtles*. Washington: Smithsonian Books, pp. 125-143.
- Mortimer, J., 1982. Factors influencing beach selection by nesting sea turtles.. *Biology and conservation of sea turtles*, pp. 45-51.

Mortimer, J., 1990. The influence of beach sand characteristics on the nesting behavior and clutch survival of green turtles (*Chelonia mydas*). *American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH)*, Issue 3, pp. 802-817.

Mortimer, J. A., 1981. *Reproductive Ecology of the Green Turtle, Chelonia mydas, at Ascension Island*, Gainesville, Florida: University of Florida, Ph.D. dissertation.

Mortimer, J. A., 1995. Factors influencing beach selection by nesting sea turtles. *The biology and conservation of sea turtles*, pp. 45-51.

Mrosovsky, N., 1994. Sex ratio of sea turtles. *Journal of Experimental Zoology*, Volumen 270, pp. 16-27.

Mrosovsky, N., 1994. Sex ratios of sea turtles.. *Journal of Experimental Zoology*, Volumen 270, p. 16-27.

Mrosovsky, N. & Pieau, C., 1991. Transitional range of temperature, pivotal temperatures and thermosensitive stages for sex determination in reptiles.. *Amphibia-Reptilia*, Volumen 12, pp. 169-179.

Mrosovsky, N. & Pieau, M., 1991. Transitional range of temperature, pivotal temperature and thermosensitive stage for sex determination in reptiles. *Amphibia-Reptilia*, Volumen 12, pp. 169-179.

Mrosovsky, N. & Provanca, J., 1989. Sex ratio of loggerhead sea turtles hatching on a Florida beach. *Canadian Journal of Zoology*, Volumen 67, p. 2533-2539.

Mrosovsky, N. & Shettleworth, S. J., 1982. What double tagging studies can tell us. *Marine Turtle Newsletter*, Volumen 22, pp. 11-15.

Mrosovsky, N. & Yntema, C. L., 1980. Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtle: implication for conservation practices. *Biology Conservation*, Volumen 18, pp. 271-280.

Packard, G. C., 1999. Water relations of chelonian eggs and embryos: is wetter better?. *American Zoologist*, Volumen 39, p. 289-303.

Packard, G. C., Packard, M. J., Miller, K. & Boardman, T. J., 1988. Effects of temperature and moisture during incubation on carcass composition of hatching snapping turtles (*Chelydra serpentina*).. *Journal of Comparative Physiology*, Volumen B 158, pp. 117-125.

Periódico Oficial del Gobierno del estado de , Q. R., 1998. *Decreto por el que se declara Área Natural Protegida la Región denominada X'CACEL-XCACELITO, con la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, Santuario de la Tortuga Marina, Ubicada en el Municipio de Solidaridad, Estado de Quintana Roo..* Quintana Roo: s.n.

- Peters, A., Verhoeven, K. J. F., Van Piggelen, D. C. G. & Strijbosch, H., 1994. *Caretta caretta* (Loggerhead Sea Turtle) Predation. *Herpetological Review*, 25(3), p. 120.
- Pintus, K. J., Godley, B. J., McGowan, A. & Broderick, A. C., 2009. Impact of clutch relocation on green turtle offspring.. *Journal of Wildlife Management*, Volumen 103, p. 1151–1157.
- Prezas, B., Pereira, A., Fragoso, P. & Herrera, R., 2008. *Análisis de la relación entre el tamaño de grano de arena y selección del sitio de anidación de las tortugas marinas caguama (Caretta caretta) y blanca (Chelonia mydas) en la playa de X'cacel-X'cacelito, Quintana Roo, México..* Sonora, México, ANCA, p. s/n.
- Prezas, H. B., 1996. *X'cacel: Propuesta para el establecimiento y manejo de un área protegida.* Chetumal, Q. Roo, México: Ecosur.
- Protegidas, C. N. d. Á. N., 2011. *Ficha de identificación*, México. D.F.: NGT/CAG,
- Protegidas, C. N. d. Á. N., 2011. *Ficha de identificación*, Tlaupan, México: NGT/CAG.
- Schmidt-Nielsen, K., 1997. *Animal Physiology. Adaptation and Environment..* 5 ed. New York, USA.: Cambridge University Press, New York,.
- Schwartz, F. J., 1982. Correlations of nest sand asymmetry and percent loggerhead sea turtle nest hatch in North Carolina determined by geological sorting analyses. *ASB Bulletin*, Volumen 29, p. 83.
- Secretaría de Medio Ambiente, R. N. y. P., 2000. *Programa nacional de protección, conservación, investigación y manejo de tortugas marinas..* México, D. F: Dirección General de Vida Silvestre.
- Segura, L. N. & Cajade, R., 2010. THE EFFECTS OF SAND TEMPERATURE ON PRE-EMERGENT GREEN. *Herpetological Conservation and Biology*, 19 Julio, Volumen 5, pp. 196-206.
- SEMARNAT, 2011. *Ficha técnica*, México: NGT/CAG.
- Spotila, J. R., Standora, E. A., Morreale, S. J. & Ruiz, G. J., 1987. Temperature dependent sex determination in the Green turtle (*Chelonia mydas*): effects on the sex ratio on a natural nesting beach.. *Herpetologica*, Volumen 41, p. 74–81.
- Stancyk, S. E. & Ross, J. P., 1978. An analysis of sand from Green turtle nesting beaches on Ascension Island.. *Copeia*, 1978(1), pp. 93-99.
- Stancyk, S. & Ross, J., 1978. An Analysis of Sand from green Turtle Nesting Beaches on Ascension Island.. *American Society of Ichthyologists and Herpetologists*, Issue 1, p. 9399.
- Stand, D., Feeney, R. & Shibata, Y., 2012. Nests and maternal origin can influence the morphology and locomotor performance of young green turtles (*Chelonia mydas*) were incubated in nests of field.. *Marine Biology*, pp. 9-21.

- Standora, E. A. & Spotila, J. R., 1985. Temperature dependent sex determination in sea turtles. *Copeia*, Volumen 3, p. 711–722.
- The Chu, C., Booth, D. T. & Limpus, C. J., 2008. Estimating the sex ratio of loggerhead turtle hatchlings at Mon Rookery (Australia) from nest temperatures.. *Australian Journal of Zoology*, Volumen 56, pp. 57-65.
- Trindell, R., Arnold, D., Moody, K. & Morford, B., 1999. *Sand on Florida Nesting Beaches: Does Size Really Matter?*. Isla del Padre del Sur, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-443, pp. 66-88.
- Turtle, J. & Rostal, D., 2010. Effects of Nest Relocation on Nest Temperature and Embryonic Development of. *Chelonian Research Foundation*, 8 Octubre, 9(1), pp. 1-7.
- Van de Merwe, J., Ibrahim, K. & Whittier, J., 2006. Effects of Nest Depth, Shading, and Metabolic Heating on Nest Temperatures in. *Chelonian Research Foundation*, 19 Septiembre, 5(2), pp. 210-215.
- Wang, H. C. & Cheng, I. J., 1990. Breeding biology of the green turtle, *Chelonia mydas*. *Marine Biology*, 24 Diciembre, Volumen 133, pp. 603-609.
- Wang, H. & Cheng, I., 1999. Breeding biology of the green turtle *Chelonia mydas* (reptilia: Cheloniidae), on Wan-An Island, PengHu archipelago. II Nest site selection.. *Marine Biology*, Volumen 133, pp. 603-609.
- Whitmore, C. P. & Dutton, P. H., 1985. Infertility, embryonic mortality and nest-site selection in leatherback and green sea turtles in Suriname.. *Biology Conservation*, Volumen 34, pp. 251-272.
- Yalçın-Özdilek, Ş., Göksel Özdilek, H. & Sancar Ozaner, F., 2007. Possible Influence of Beach Sand Characteristics on Green Turtle Nesting Activity. *Coastal Education and Research Foundation*, 11 Septiembre, 23(6), p. 1379–1390.
- Yntema, C. L. & Mrosovsky, N., 1980. Sexual differentiation in hatchling loggerheads (*Caretta caretta*) incubated at different controlled temperatures.. *Herpetologica*, Volumen 36, pp. 33-36.
- Yntema, C. L. & Mrosovsky, N., 1982. Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerhead sea turtles. *Canadian Journal of Zoology*, Volumen 60, p. 1012–1016.
- Yntema, C. L. & Mrosovsky, N., 1982. Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerhead sea turtles.. *Canadian Journal of Zoology*, Volumen 60, p. 1012–1016.