



---

---

---

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**

**INSTITUTO DE NEUROETOLOGIA**

MAESTRIA EN NEUROETOLOGIA

**Tesis**

**Niveles de corticosterona sérica en tortuga verde  
(*Chelonia mydas*) durante la temporada de anidación en  
la zona del Raudal, Veracruz**

PRESENTA:

Q.C Claudia Belén Ortega Planell

Director de Tesis:

Dr. Emilio A. Suárez Domínguez

XALAPA, VER

Mayo 2013

## RESUMEN

La mayoría de las tortugas marinas se desplazan a través de ciclos definidos a lo largo de su vida, cuando son adultas, durante el periodo de reproducción, periódicamente se alejan de los sitios donde se alimentan y se dirigen a otras áreas para aparearse o, específicamente las hembras, para realizar la anidación (Limpus *et al.*, 1992, Musick y Limpus, 1997). La conducta de desove de las hembras de tortugas marinas incluyen diferentes etapas, la emergencia, el desplazamiento, la excavación, la ovoposición y el retorno al mar, en general en los animales el ejercicio exhaustivo promueve la liberación de catecolaminas al torrente sanguíneo para acelerar la ventilación, incremento de la frecuencia cardíaca, la utilización de glucógeno y para que se presente un mayor intercambio de oxígeno (AlKindi *et al.*, 2008; Gleeson *et al.*, 1993), lo que conduce a un incremento en los niveles de glucocorticoides que, en ocasiones, se puede considerar como estrés (Lundberg, 2005). El objetivo principal de este trabajo es identificar la relación que existe entre los niveles de corticosterona sérica con la distancia recorrida en playa para efectuar la ovoposición y los esfuerzos de anidación de las hembras de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en El Raudal de Las Flores, Veracruz. Para ello se efectuaron muestreos sanguíneos después de haber efectuado la ovoposición y el momento en que retornan al mar, se determinaron la distancia recorrida hasta el sitio elegido y los esfuerzos de anidación que estas llevaron a cabo. Los resultados obtenidos indican que no se presentó correlación entre la concentración de corticosterona sérica y la distancia que recorren las tortugas para llevar a cabo la ovoposición ( $r= 0.28$  y  $p =0.33$ ) y los datos de concentración de corticosterona y esfuerzos de anidación mostraron una correlación negativa significativa ( $r =-0.77$ ;  $p =0.003$ ). Por lo tanto durante la temporada reproductiva, la tortuga verde (*C.mydas*), no presentó variaciones significativas en las concentraciones de corticosterona en

relación a las distancias recorridas en playa, para efectuar la anidación y para llevar a cabo el desove, puede realizar diferentes esfuerzos de anidación, esta actividad provoca que las concentraciones de corticosterona puedan variar entre individuos.

## **Agradecimientos:**

Esta tesis se llevo a cabo gracias al financiamiento CONACYT del Proyecto “Evaluacion de las poblaciones anidadoras de tortugas marinas en el estado de Veracruz “ con numero 10940.

Al Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACyT) por haberme apoyado otorgándome la beca número 336969 para Cursar la maestría en Neuroetología.

Al Dr. Emilio A. Suárez Domínguez, por su apoyo, comprensión y aportes a este trabajo.

A los Doctores miembros del comité:

Laura Teresa Hernández Salazar, María de Jesús Rovirosa Hernández, Jorge E. Morales Mávil, Emilio A. Suárez Domínguez, Leonel Zavaleta Lizárraga, por sus valiosas aportaciones en mejoría del presente trabajo.

Al Centro Veracruzano para la investigación y conservación de la tortuga marina “Marcelino Yopez “del Raudal, Veracruz, por permitirnos la realización del trabajo de campo.

A la M en C Jazmín Cobos Silva, y a Viridiana Moncayo Vázquez compañeras y amigas, por su apoyo en el trabajo de campo y las aportaciones a este trabajo.

Al Laboratorio Diagnostica y asociados, de Villahermosa Tabasco, por su apoyo para la determinación de la hormona, en especial al Dr. Raúl Solís Martínez.

Por supuesto a mis hijos que son el motor más importante para mi crecimiento. Los amo. A mi Familia, a los que ya no están pero segura estoy que me ayudan desde allá, y los que siguen aquí, Mami gracias por todo, hermanos los quiero mucho.

A los abuelos, gracias por su apoyo.

Contenido	Pág.
RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ANTECEDENTES.....	6
2.1 Investigaciones relacionadas con la medición de glucocorticoides.....	9
2.1.1 Estudios con diferentes especies de tortugas.....	11
2.1.2 Estudios realizados con la tortuga verde ( <i>C. mydas</i> ).....	14
2.2 Descripción de la especie.....	15
2.2.1 Hábitat y distribución.....	16
2.2.2 Alimentación.....	17
2.2.3 Reproducción.....	17
3. HIPÓTESIS.....	19
4. OBJETIVOS.....	20
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
5.1 Área de estudio.....	21
5.2 Localización de individuos y obtención de esfuerzos de anidación....	22
5.3 Distancias recorridas por las tortugas.....	22
5.4 Extracción de las muestras de sangre.....	23
5.6 Análisis Estadístico.....	26
6. RESULTADOS.....	27
6.1 Análisis de las muestras sanguíneas y Distancias recorridas .....	27
6.2.1 Relación entre los niveles de corticosterona y la distancia recorrida para la ovoposición.....	28
6.3.1 Relación entre los niveles de corticosterona y el esfuerzo de anidación.....	29
7. DISCUSION.....	31
8. CONCLUSIONES.....	36

9. PERSPECTIVA..... 37

10. REFERENCIAS..... 38

ANEXOS..... 48

## 1. INTRODUCCION

La mayoría de las tortugas marinas se desplazan a través de ciclos definidos a lo largo de su vida. Las crías nadan desde las playas donde eclosionan, hasta el océano abierto (Fric, 1976; Salmon y Wyneken, 1987), donde encuentran espacios que utilizan como zonas de alimentación (Carr, 1986, Bolten *et al.*, 1995). Algunos juveniles residen en zonas costeras y en las estaciones de verano e invierno migran en búsqueda de alimento y refugio libre de depredadores (Musick y Limpus, 1997). Cuando son adultas, durante el periodo de reproducción, periódicamente se alejan de los sitios donde se alimentan y se dirigen a otras áreas para aparearse o, específicamente las hembras, para realizar la anidación (Limpus *et al.*, 1992, Musick y Limpus, 1997).

Para llevar a cabo el desove, las hembras por lo general tienen que nadar grandes distancias y posteriormente desplazarse sobre la arena, desde la zona intermareal hasta el sitio seleccionado para la postura (AlKindi *et al.*, 2008). Esta actividad, junto con la excavación para construir el nido y la postura de huevos, provoca que las tortugas presenten un desgaste energético elevado. En los animales el ejercicio exhaustivo promueve la liberación de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) al torrente sanguíneo para acelerar la ventilación, incremento de la frecuencia cardíaca, la utilización de glucógeno y para que se presente un mayor intercambio de oxígeno (AlKindi *et al.*, 2008; Gleeson *et al.*, 1993), lo que conduce a un incremento en los niveles de glucocorticoides que, en ocasiones, se puede considerar como estrés (Lundberg, 2005).

El estrés es la consecuencia biológica y fisiológica que experimentan los individuos cuando se encuentran expuestos a condiciones ambientales que les resultan adversas (Selye, 1936). Los

cambios en las concentraciones de glucocorticoides en los animales silvestres o incluso en cautiverio, permiten evaluar las perspectivas de supervivencia y salud en general de una población (Owens, 1997).

En las playas del Estado de Veracruz, anidan de manera ocasional la tortuga caguama (*Caretta caretta*), la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y recurrentemente la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), la tortuga blanca o verde (*Chelonia mydas*) y la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) (SEMARNAT-2001). Mediante este proyecto, se pretende conocer las concentraciones de corticosterona en sangre (el glucocorticoide mayormente representado en reptiles) (Romero y Wikelski 2001; Hamman *et al.*, 2002), que presenta la tortuga verde (*C. mydas*) durante la temporada de anidación en las playas de El Raudal, Veracruz. Una vez obtenidos los valores de la hormona, se determinará si estos presentan variaciones en las concentraciones como consecuencia de las distancias recorridas en playa para efectuar la anidación; además, si tales variaciones y los esfuerzos de anidación están correlacionados. Los resultados obtenidos de esta investigación, aportan información relevante sobre aspectos biológicos de la tortuga verde en Veracruz.



## 2. ANTECEDENTES

De manera continua los animales secretan glucocorticoides, en el humano, esta secreción responde al ritmo circadiano, incrementándose durante las primeras horas de la mañana o de la noche de acuerdo a los hábitos del individuo y le permite mantenerse en estado de alerta (Guyton y Hall, 2001; Sapolsky, 2004).

Para los mamíferos con hábitos diurnos los glucocorticoides se encuentran en valores mínimos durante las primeras horas del sueño y máximos una hora antes de despertar. Casi la mitad de la producción diaria de glucocorticoides se secreta durante este periodo. El ritmo circadiano puede alterarse por cambios en las horas del sueño (ciclo sueño/vigilia), exposición a la luz (ciclos luz/oscuridad), y horario de alimentación de los individuos. Los valores de cortisol en adultos en el periodo de 7:00 a 9:00 horas son de 5-25  $\mu\text{g}/\text{dl}$  y de 15:00-17:00 horas el 50% menos del valor de las 8:00 am (Greenspan y Baxter, 1996).

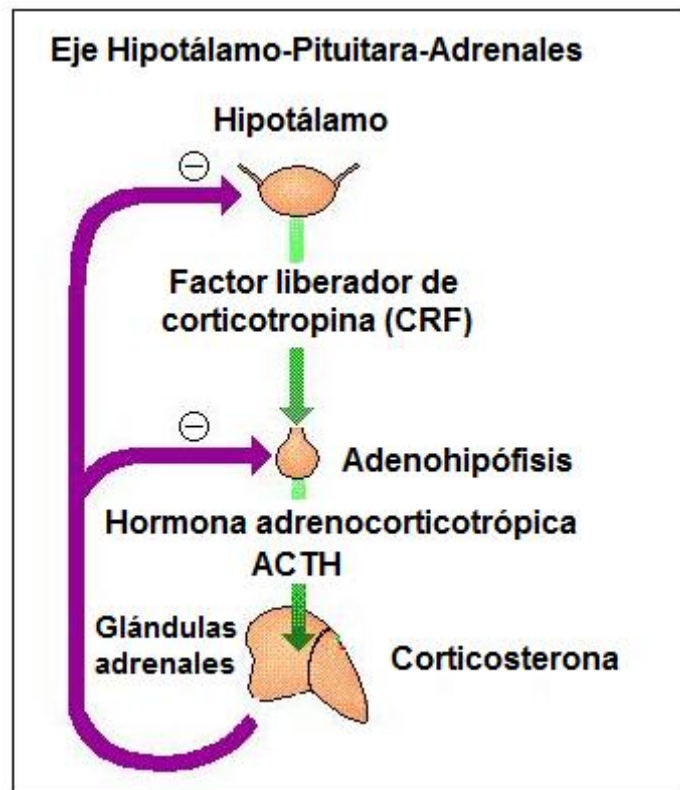
Selye (1950) calificó al estrés como la respuesta generalizada del organismo, determinada por tres procesos fisiológicos secuenciales y dependientes: 1) alarma que constituye la primera parte del proceso, y está relacionada con los cambios fisiológicos, asociados a la liberación de hormona adrenocorticotrópica a la circulación sanguínea, sobre todo catecolaminas y corticosteroides, 2) periodo denominado de resistencia, que comprende respuestas fisiológicas secundarias participes de los procesos comprometidos en lograr la recuperación de la homeostasis y la adaptación del individuo y, 3) el agotamiento en el que la condición funcional del animal, en el cual se ha excedido la capacidad de tolerancia al agente estresante. El estrés es una respuesta adaptativa de los sistemas

endocrino, nervioso y respiratorio a estímulos externos e internos. En algunos casos el estrés puede ser considerado como una amenaza para la homeostasis (estabilidad de componentes fisiológicos como son temperatura, pH, tensión de oxígeno, tensión arterial), sin embargo a través de mecanismos como la retroalimentación negativa (*feed back*) muchos individuos logran mantener un equilibrio de sus valores en un rango estrecho lo que es esencial para la supervivencia de los organismos (Hardman, 1996).

El estrés continuo genera alostasis, lo contrario a la homeostasis, Sterling y Ever en 1988 introdujeron este término para referirse a los procesos integrativos y adaptativos necesarios para mantener la estabilidad total del organismo. McEwen y Winfield (2003) pretende reflejar con este término lo que puede ser considerado como la manera eficaz del organismo de tratar con las circunstancias medioambientales y los estímulos a que se exponen los individuos todos los días. Las demandas de este sistema son consideradas como la carga alostática, y se considera que la alostasis se produce por un rápido e intrincado sistema organizado de comunicación en el cerebro, el sistema nervioso autónomo y otros sistemas del cuerpo a través de las hormonas liberadoras. Esto enlaza al cerebro, que sensorializa la situación nueva o amenazante, el sistema endocrino (qué moviliza el resto del cuerpo), y el sistema inmunológico, que es esencial para nuestra defensa interior. Una imagen clásica de la alostasis es aquella en la que un animal huye de su depredador.

En situaciones de estrés, el organismo reacciona al sentirse amenazado por los cambios en el ambiente; en el cerebro, que es el principal órgano regulador de respuesta al estrés, se estimula al hipotálamo generando factor liberador de corticotropina (CRH), llegando a la hipófisis y promoviendo la liberación de hormona

adrenocorticotrópica (ACTH), la cual, a través del torrente sanguíneo llega a las glándulas adrenales para secretar los glucocorticoides (Mucio- Ramírez 2007) (Figura 1). En la mayoría de los mamíferos, el principal glucocorticoide secretado como respuesta a un factor estresante es el cortisol, mientras que para algunos roedores, aves, anfibios y reptiles es la corticosterona (Buchanan, 2000; Sapolsky, 2004; Romero, 2001).



**Figura 1.** El cerebro percibe un factor estresante; se presenta una reacción que comienza con la liberación del factor liberador de corticotropina (CRF) secretado en el hipotálamo. Estimula la liberación de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH) de la adenohipófisis; ésta viaja por el torrente sanguíneo hacia las glándulas adrenales en donde se realiza la secreción y síntesis de glucocorticoides (tomado de Suárez-Domínguez *et al.*, 2011; modificado de Mucio-Ramírez 2007).

El estrés es una respuesta adaptativa del organismo, originalmente es un estado benéfico ya que permite la recuperación de la

homeostasis, sin embargo, cuando se prolonga se presentan trastornos en el crecimiento, en los procesos reproductivos, existen cambios conductuales, osmorreguladores y también conlleva la supresión de la respuesta inmunológica o un desarrollo desmesurado de la misma. Todo esto puede desequilibrar el resto de la fisiología del individuo y por lo tanto causar enfermedad (Ellis, 1981; McEwen y Winfield, 2003; Valverde *et al.*, 1999).

El estrés puede ser originado por diferentes factores entre ellos el climático, es decir, cuando hay una exposición a cambios bruscos de temperatura; nutricional, debido a la privación de agua o alimento; por patógenos o toxinas, cuando ocurren enfermedades en los individuos; entre otros (Stott, 1981). El ambiente puede considerarse como un conjunto de estresores interactuantes, que en un sentido amplio, puede incluir todas las condiciones en las cuales habitan los seres vivos (temperatura ambiental, luz, medio ambiente social y conductual), así como aquellos factores internos como enfermedades, microorganismos, toxinas (Siegel, 1995).

## **2.1. Investigaciones relacionadas con la medición de glucocorticoides.**

Se han realizado diversas investigaciones con animales silvestres y específicamente con el grupo de los reptiles, donde utilizan a los glucocorticoides como una herramienta para evaluar los efectos que diversos factores ambientales o ecológicos tienen sobre el estrés que presentan los individuos a corto y largo plazo, en temas relacionados con la bioconservación, la ecología y con aspectos conductuales; incluso en situaciones específicas como en periodos de reproducción (cortejo, selección de pareja, copula, gravidez, ovoposición y/o parto y cuidado parental), territorialidad, nutrición, entre otras (Martensz *et al.*, 1987; Silverin, 1998; Buchanan, 2000;

Stavisky *et al.*, 2003; Moore y Jessop, 2003; Romero 2004; Suárez-Domínguez *et al.*, 2011).

En un estudio realizado en el lagarto cornudo de Texas (*Phrynosoma cornutum*) se observó que las hembras grávidas presentan niveles de corticosterona más altos que las hembras no grávidas; además, encontraron los niveles de corticosterona más elevados en las hembras grávidas a diferencia de los niveles observados en los machos en la misma temporada reproductiva (Wack *et al.*, 2008).

La elevación en las concentraciones de corticosterona también ha sido asociada al estado de salud de los individuos, se conoce que animales expuestos a estrés presentan un deficiente sistema inmunológico. Al presentar esta deficiencia los individuos son infectados por diferentes agentes etiológicos, las tortugas marinas son afectadas por la fibropapilomatosis que es una infección de etiología viral, es un crecimiento benigno interno y externo del epitelio (Herbst, 1999). Algunos investigadores han estimado la incidencia de 33 a 61% en la Florida según Erhart (1991) y del 49-92 % en individuos observados en Hawai (Balazs, 1991).

Las funciones específicas de la corticosterona en promoción de la migración de algunos individuos no son del todo claras, aunque la elevación de la corticosterona se observa en muchas especies. En general, los glucocorticosteroides promueven la homeostasis metabólica y pueden provocar efectos sobre la alimentación y locomoción (Landys *et al.*, 2002).

En el caso de las tortugas marinas la distancia que recorren los individuos hasta alcanzar el sitio seleccionado para la anidación puede ser un factor estresante. Algunos estudios realizados con aves han demostrado que la actividad física es un promotor de la secreción

de la corticosterona en los individuos, misma que se observa claramente en los periodos de migración en los que el desgaste físico, así como la disminución de energía promueven la movilización de glucosa para aportar energía extra, lo que implica para aquellos individuos con deficiencias nutricionales una situación condicionante para la supervivencia (Fanjul y Ayarzal, 2007).

Al considerar los cambios en el medio ambiente como factor estresante, investigadores han reportado que individuos cuyos hábitats se encuentran en sitios transformados presentan niveles de hormonas más elevados en comparación con aquellos ubicados en zonas conservadas (Romero y Wikelski, 2001; Hamman *et al.*, 2002). En contraste con la información antes mencionada, en un estudio sobre estrés fisiológico en la iguana de cola espinosa (*Ctenosaura acanthura*) perteneciente al Estado de Veracruz, se reportó que no existen diferencias significativas en las concentraciones de corticosterona fecal entre individuos que se encontraron en un hábitat conservado y uno perturbado (Suárez-Domínguez *et al.*, 2011). Esta información responde a que existen especies que presentan una capacidad de adaptación a las transformaciones del ambiente (Suárez-Domínguez *et al.*, 2011).

### **2.1.1. Estudios con diferentes especies de tortugas**

En un estudio realizado en el parque de Santa Rosa Costa Rica con tortugas golfina (*Lepidochelys olivacea*) se muestrearon dos grupos de hembras identificadas como aquellas flotando en la superficie; y otro grupo de hembras que habían llevado a cabo la ovoposición. Los resultados de aquellas muestreadas flotando en el mar se consideraron los “niveles basales de corticosterona”, no así para los individuos que realizaron el desove, en los que se observa

un incremento en la concentración de esta hormona (Valverde *et al.*, 1994).

En Australia, se llevó a cabo un estudio para conocer los niveles plasmáticos de esteroides en hembras anidadoras de la tortuga Caretta (*C. caretta*) durante el periodo 1992-1993. El objetivo fue examinar los cambios hormonales en relación al éxito de anidación, anidaciones anteriores, el episodio durante la temporada, relación de los niveles de corticosterona y la presencia de marea y el tamaño de la hembra. Se obtuvieron muestras de hembras durante cuatro periodos que abarcaban diferentes etapas de la temporada de anidación. Para conocer el tamaño del animal, se determinó la longitud hocico-cloaca (LHC) después de la obtención de la muestra. Los autores demostraron que existe una correlación positiva en los niveles de corticosterona y testosterona; además, que los niveles de corticosterona se encuentran elevados durante el segundo periodo de anidación y disminuyen considerablemente hacia el fin de la temporada. No registraron diferencias significativas entre los niveles de las hormonas y el éxito de la anidación, ni con el tamaño de los individuos. Concluyen que los niveles de corticosterona y testosterona juegan un papel análogo en la fisiología de la reproducción y son importantes para la movilización de lípidos, carbohidratos y proteínas durante el periodo de vitelogénesis y sobre todo en la temporada de anidación regulan la función ovárica y hepática (Whittier *et al.*, 1997).

Ott y Mandoca (1999), analizaron el comportamiento de la tortuga terrestre de la Florida (*Gopherus polyphemus*) durante la temporada de reproducción. Mostró que los individuos con niveles altos de corticosterona presentaron alteraciones conductuales, como por ejemplo efectuar la ovoposición fuera de la temporada habitual; además, presentaron cambios conductuales en la búsqueda de pareja

e incluso en la vitelogénesis. El autor sugiere estudiar fuentes naturales y artificiales de estrés (por ejemplo, hábitat de mala calidad, reducida disponibilidad de alimentos, presencia de enfermedad en los individuos) para determinar el potencial indirecto de los efectos del estrés en la reproducción.

Cash y Holberton (1999), analizaron las variaciones en la actividad física a diferentes temperaturas de la tortuga de orejas amarillas (*Trachemys scripta scripta*) aplicando un implante de corticosterona. Utilizaron 17 tortugas machos y 13 hembras, las cuales, previamente al estudio, fueron sometidas durante tres semanas a un proceso de adaptación. Observaron que los ejemplares implantados aumentaron su actividad física, sin encontrar diferencias entre sexos, así como en la exposición de los individuos a diferentes temperaturas. Consideraron que los niveles de corticosterona sérica son necesarios en la adaptación a los cambios de temperatura y en el fenómeno de migración.

Gregory y Schmid (2001), evaluaron la relación de la hormona corticosterona con la testosterona y la glucosa en tortugas lora (*Lepidochelys kempii*) sometidas a estrés agudo al ser capturadas, en el noroeste del Golfo de México. Los individuos fueron muestreados a los 0,30 y 60 minutos después de la captura con red. Los resultados obtenidos mostraron que los niveles de corticosterona y glucosa se incrementaron con relación al tiempo de muestreo, no así la testosterona que se mantiene durante el tiempo. La corticosterona varió con relación al tiempo 0 encontrando valores de 6.16 ng/ml, 30 minutos después de la captura fue de 13.08 ng/ml y de 24.68 ng/ml para el tiempo 60 minutos. Concluyeron que el eje hipotálamo adrenales es muy sensible al estrés agudo.



Cash y Holberton (2005), compararon las concentraciones de corticosterona sérica de individuos de la especie *Trachemys scripta*, que se encontraban en estanques con diferentes niveles de agua a fin de simular condiciones adversas de temperatura y humedad. Las tortugas que se encontraban en el estanque control, es decir, al que no se le realizaron variaciones en el contenido de agua, presentaron concentraciones menores de la hormona (0.95 ng/ml) y las que estuvieron en el estanque con menor cantidad de agua presentaron concentraciones mayores de glucocorticoides (5.78 ng/ml); además estos últimos individuos, también experimentaron conducta de migración hacia zonas con mayor humedad, por lo que asumieron que los niveles de corticosterona también tienen significancia cuando se observa la migración.

### **2.1.2. Estudios realizados con la tortuga verde (*C. mydas*)**

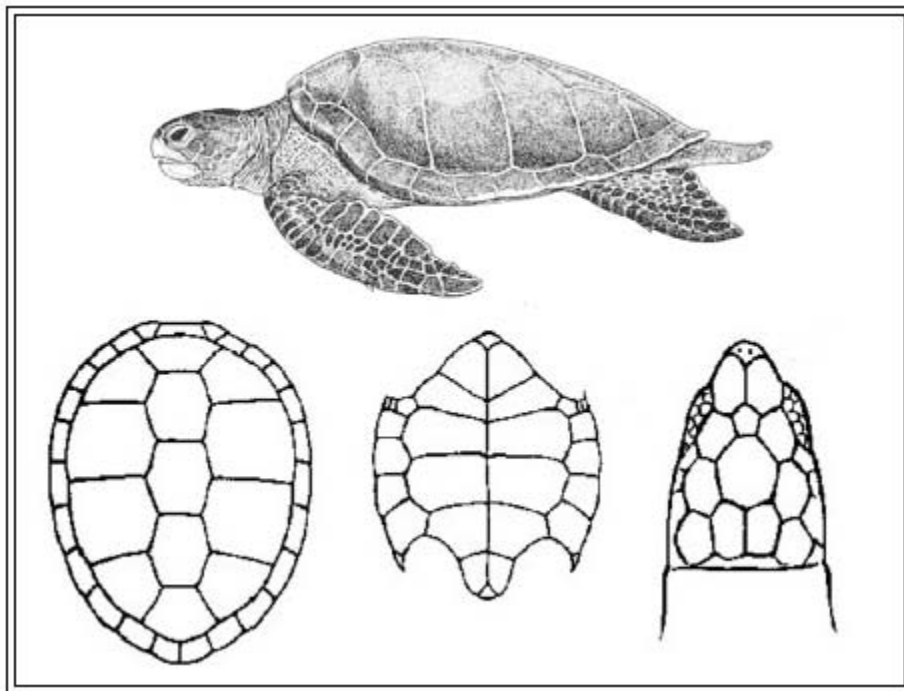
Swimmer (2000), realizó un estudio para establecer los efectos clínico-patológicos de la infección por papilomas en tortugas verde bajo condiciones de cautiverio y en vida libre. Además llevó a cabo determinaciones bioquímicas de enzimas hepáticas, calcio, colesterol, triglicéridos, glucosa, ácido úrico, proteínas totales, lactato y corticosterona. Encontró que los niveles de los diferentes parámetros químicos no están correlacionados con los animales infectados por fibropapilomas en los ambientes; sin embargo, los valores de corticosterona, triglicéridos, lactato, glucosa y calcio fueron más elevados en individuos de vida libre, y en particular, la corticosterona se encontró en concentraciones mayores en animales infectados por fibropapilomas. Los valores de corticosterona determinados en tortugas sanas fue de 2.29 ng/ml y para aquellas infectadas los valores alcanzaron los 5.5 ng/ml. Concluye que la asociación entre los valores de corticosterona y lactato elevados en el individuo, reflejan estrés por retención de la respiración o apnea.

Otras investigaciones han correlacionado los niveles de diferentes hormonas y parámetros bioquímicos (Alkindi *et al*, 2008). Durante el periodo de mayo a octubre, que es el pico del período de anidación de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en Ras al-Hadd en las Costas de Oman. Durante este período, las condiciones climáticas permanecen estables sin cambios drásticos de temperatura y porcentaje de humedad. Los datos de temperatura en este estudio muestran consistencia y uniformidad y por lo tanto, las hormonas y otros parámetros de plasma reflejan las condiciones naturales en las que los individuos se encontraban. Los niveles hormonales se analizaron en los individuos desde recién capturado para evitar la tensión y para asegurar que los valores fueron confiables a las condiciones naturales. Las etapas que se identifican en este estudio fueron emergencia (EM) excavación (EX) sin éxito de anidación (SU) y con éxito de anidación (UN). En individuos con éxito de anidación los valores de adrenalina y noradrenalina fueron más elevados, los valores de glucosa se mantuvieron, sin embargo los valores de lactato fueron significativamente más altos en las que tuvieron éxito de anidación, lo que indica que en este periodo se lleva a cabo un metabolismo anaerobio y se dispone de glucógeno de forma más efectiva a fin de garantizar la glucosa circulante necesaria para las necesidades energéticas del ejercicio extenuante. De igual forma los valores de hematocrito se encuentran elevados en las hembras con éxito de anidación indicando estrés (Alkindi *et al*, 2008).

## **2. 2. Descripción de la especie**

El género *Chelonia*, está formado por una única especie, la tortuga verde o blanca (*C. mydas*). El carapacho es de forma ovalada y está compuesto de cinco escudos centrales, flanqueados por cuatro pares de escudos dorsales. Su coloración puede variar desde un verde pálido a un verde oscuro o ser completamente café. La cabeza es

redonda y posee un par de escamas prefrontales, su pico es corto y ancho y sin forma de gancho. Las aletas tienen una tonalidad oscura delineada con amarillo y por lo general una mancha café en el centro de la extremidad (Márquez, 1990). Es la tortuga más grande de la familia Cheloniidae, el caparazón mide en promedio 1200 mm y llega a pesar hasta 230 kg. Su cabeza mide en promedio 150 mm de ancho (Márquez, 1990) (Figura 2).



**Figura 2.** Características de la tortuga verde (*C. mydas*) (Tomado de Pritchard y Mortimer, 1982; Márquez, 1996).

### **2.2.1. Hábitat y distribución**

Es común encontrar a la tortuga verde cerca de las costas, arrecifes, islas, bahías y costas protegidas, especialmente en áreas con lechos de pasto marino, pocas veces son vistas en mar abierto. Es una especie cosmopolita de aguas tropicales y subtropicales. Existen dos grandes subpoblaciones, la del Atlántico y la del Pacífico. La primera

se localiza en las costas de Europa, África y América del Norte, la población del Pacífico se localiza desde Alaska hasta Chile (CONANP, 2009).

En México se le ha reportado en Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo en el Golfo de México y Caribe, en el océano Pacífico se ha reportado en Baja California, en Los Cabos y desde Sinaloa hasta Chiapas (CONANP, 2009).

### **2.2.2. Alimentación**

Es una especie típicamente nerítica que forma agregaciones en aguas someras, abundantes en pastos y mantos de algas marinas. Se alimenta básicamente de plantas que viven en el fondo arenoso (como *Zoostera*, *Thalassia* y *Posidonia*), pero también puede alimentarse de algas y moluscos (Diesener y Reichholf, 1993).

### **2.2.3. Reproducción**

En las playas mexicanas, la temporada reproductiva ocurre de mayo a septiembre. Luego de aparearse, las hembras se desplazan hasta la playa sobre la línea de marea alta. En promedio ovopositan 120 huevos; la hembra cubre el nido con arena y regresa al mar. Después de la puesta, y dependiendo de las condiciones ambientales, las crías tardan entre 45 y 70 días en desarrollarse dentro del huevo. La salida de los neonatos del nido ocurre por la noche (Ernest y Barbour 1989).

Se ha documentado que las playas abiertas y arenosas de fácil acceso desde el mar, con amplias zonas medias, con substratos ventilados y de alta humedad (sin inundación) hasta de 50%, con baja iluminación artificial y con pendiente moderada, son factores preferidos por varias especies de tortugas para efectuar la ovoposición (Fuller *et al.*, 1992; Mortimer, 1995).

Con base en la información previamente mencionada para la tortuga verde (*C. mydas*), se podría considerar que las hembras de esta especie presentan un gasto energético elevado para llevar a cabo el proceso de ovoposición. Sin embargo, hasta el momento, dentro del territorio mexicano, no se han realizado estudios que muestren que la especie presenta variaciones en las concentraciones de glucocorticoides durante las actividades que realizan en la playa para anidar. Es por ello que surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿La distancia que recorren las hembras al sitio donde realizan la ovoposición es determinante para el incremento de corticosterona?, ¿Los niveles de corticosterona sérica están relacionados con los esfuerzos de anidación?

### 3. HIPÓTESIS

1. Las concentraciones de corticosterona sérica de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) serán diferentes de acuerdo con la distancia que recorren hasta el sitio donde anidan.

#### Predicción

Los individuos que recorran mayor distancia al sitio de ovoposición mostrarán concentraciones más altas de corticosterona sérica.

2. La tortuga verde presentará variaciones en los niveles hormonales dependiendo del número de esfuerzos de anidación.

#### Predicción

Los individuos que realicen un mayor número de esfuerzos presentarán concentraciones más altas de corticosterona

## 4. OBJETIVOS

### General

- Relacionar los niveles de corticosterona sérica con la distancia recorrida en playa para efectuar la ovoposición y los esfuerzos de anidación de las hembras de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en El Raudal de Las Flores, Veracruz

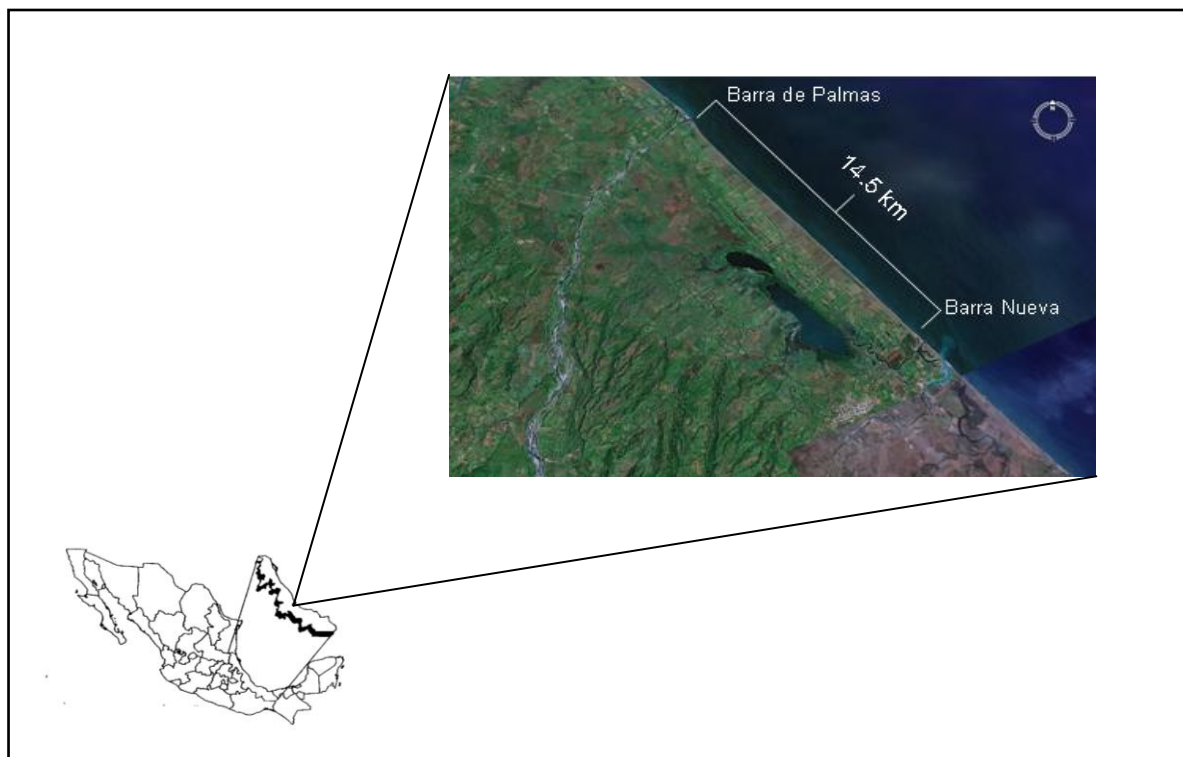
### Específicos

- Obtener las concentraciones de corticosterona sérica de la tortuga verde (*C. mydas*).
- Estimar la distancia que recorren las hembras de tortuga verde en playa para llevar a cabo el desove.
- Registrar el número de esfuerzos de anidación que realiza *C. mydas* para llevar a cabo la ovoposición.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Área de estudio

El estudio se realizó en las playas pertenecientes al Centro Veracruzano para la Investigación y Conservación de Tortugas Marinas, ubicado en la localidad del Raudal de las Flores, Municipio de Nautla, Veracruz. La extensión de protección es de 14.5 km. Abarca las playas de El Raudal, El Laurel y Playa Navarro (Figura 3).



**Figura 3.** Ubicación de la zona de estudio El Raudal de Las Flores, Veracruz. (Imagen tomada de Google earth. Escala 1:10,000).



## **5.2. Localización de individuos y obtención del esfuerzo de anidación.**

Para la localización de los ejemplares de tortuga verde (*C. mydas*), se realizaron recorridos diarios durante tres días en horarios nocturnos durante la temporada de postura entre los meses de junio a octubre de los años 2010-2011. Cuando los animales fueron detectados, se esperó a que estos efectuaran la ovoposición, una vez terminada, se registró el número de esfuerzos de anidación el cual consiste en contar el número de camas realizadas por las hembras antes de llevar a cabo la postura. Identificando a los individuos por el día del muestreo y el número de individuo muestreado.

## **5.3. Distancias recorridas por las tortugas.**

La distancia recorrida se determinó a través de la medición directa de la longitud (en metros) desde la salida de playa hasta el sitio de la ovoposición. Para llevarla a cabo, se utilizó un flexómetro de 50 metros, ubicando una persona en la zona intermareal en el sitio de emergencia y otra hasta el sitio previamente identificado en que realizó la anidación siguiendo el rastro de la hembra anidadora (Figura 4).



**Figura 4.** Obtención de la distancia recorrida por las hembras hasta el sitio de anidación.

#### **5.4 Extracción, almacenaje de muestras**

Para la extracción de sangre, se empleó la técnica de punción de los senos cervicales dorsales. En la cual se introduce en ángulo perpendicular al cuello, una aguja calibre 21 por 1,5 pulgadas conectada a una jeringa de 10 ml. Obteniéndose una muestra por individuo.



**Figura 5.** Obtención de muestras sanguíneas utilizando la técnica de punción de senos cervicales dorsales.

Los tubos Vacutainer adicionados con heparina se mezclan por inmersión a fin de evitar la coagulación de las muestras. Después de la extracción de sangre se presionó la zona puncionada con la finalidad de evitar la formación de hematomas (Owens y Ruiz., 1980; Jessop, 2001).

Las muestras sanguíneas se conservaron en una nevera con gel refrigerante hasta 6 horas, tiempo transcurrido entre la toma de muestra y el procesamiento de la misma. Las muestras posteriormente fueron sometidas a centrifugación durante 5 minutos a 3,500 rpm, después decantadas y obtenido el plasma se congeló en nitrógeno líquido hasta su procesamiento en el laboratorio (Casares y Schramm 1999; Jessop, 2001).

Para obtener los valores de las concentraciones de corticosterona, las muestras se analizaron por el método de radioinmunoensayo (RIA) (Valverde *et al.* 1999; Wingfield *et al.* 1992) en el laboratorio "Diagnóstica y asociados de Villahermosa, Tabasco". El protocolo de extracción de la hormona consistió en descongelar y

homogenizar las muestras en un tubo cónico de vidrio identificado con los datos de cada una de las muestras, se agregaron 300  $\mu$ l de plasma y 3 ml de éter dietílico esta mezcla fue agitada en vortex durante 1 minuto y posteriormente se centrifugó a 2500 RPM durante 5 minutos ; la fase orgánica fue pipeteada y pasada a un tubo cónico de vidrio limpio e identificado con los mismos datos de la muestras posteriormente fueron evaporadas hasta sequedad a 37°C en un baño maría y resuspendidas con 500  $\mu$ l de buffer tris salina pH 7.

Posteriormente, las muestras fueron analizadas mediante el método de fase sólida de radioinmunoanálisis (RIA). Para lo cual se elaboro una curva patrón de 10 puntos cuyos valores oscilan entre 0 y 20 ng /ml, con dos periodos de incubación a temperatura ambiente. Se determinaron las cuentas por minuto a través de un contador de pozo Gamma determinando así la concentración de corticosterona en plasma para cada una de las muestras. El coeficiente de variación intra e inter ensayo fue de 10.65 y 10.82% respectivamente.

## **5. 5 Análisis Estadístico**

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk's (W) para explorar la distribución de los datos en los análisis realizados.

Se realizó un análisis de correlación Pearson para los siguientes casos:

Correlación entre la distancia recorrida por las tortugas y los niveles de corticosterona sérica.

Correlación entre las concentraciones de corticosterona y el número de esfuerzos de anidación.

.

## **6. Resultados**

Se localizaron y registraron 14 individuos durante los recorridos realizados en las playas del Raudal, Veracruz durante las temporadas de anidación 2010 y 2011.

### **6.1. Análisis de las muestras sanguínea.**

Después de analizar las muestras sanguíneas de todas las tortugas localizadas, se obtuvieron concentraciones de corticosterona sérica que van desde 3.08 ng/ml (presentada por el ejemplar seis), a 7.4 ng/ml (presentada por el ejemplar 14) (Tabla 1). En cuanto a la distancia recorrida por las tortugas de la línea de marea hasta el sitio de anidación, el individuo 13 fue el que presentó la menor distancia recorrida con 12.6 metros y la hembra uno, un mayor desplazamiento al recorrer 33.90 metros.

Para el caso de los esfuerzos de anidación realizados por las hembras de tortuga verde, el ejemplar siete, ocho, nueve y 14 solamente realizaron un esfuerzo, mientras que el organismo seis, fue el que llevó a cabo un mayor número de estos intentos (Tabla 1).

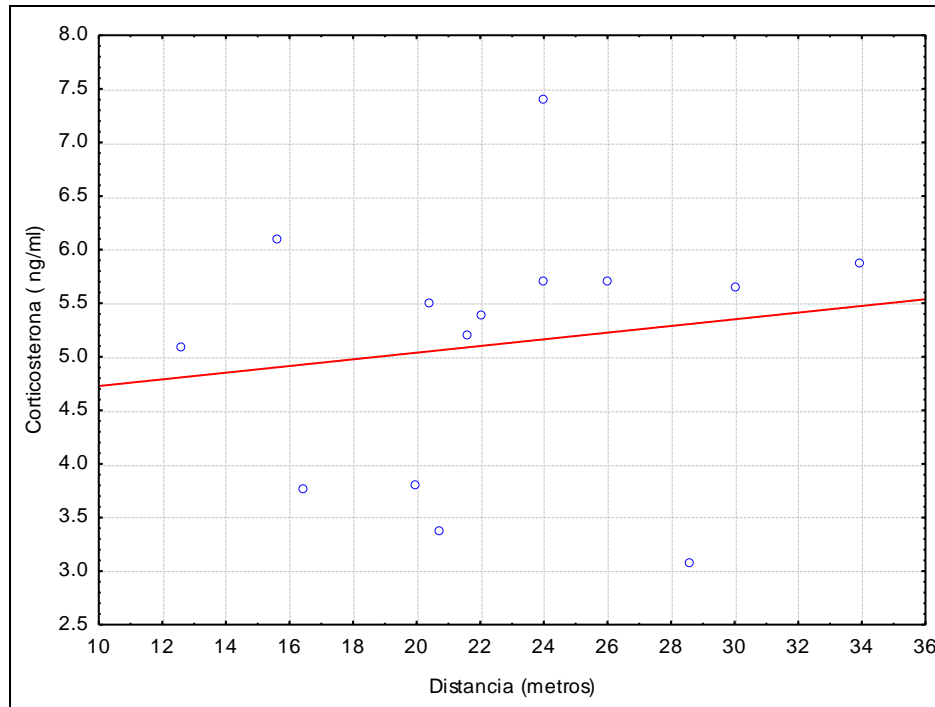
**Tabla 1.** Concentración de Corticosterona sérica en los individuos muestreados, distancia recorrida así como esfuerzos de anidación.

Individuo	Niveles de corticosterona (ng/ml)	Distancia recorrida (metros)	Esfuerzos de anidación
1	5.87	<b>33.90</b>	4
2	3.38	20.7	S/D*
3	3.76	16.43	5
4	3.81	19.95	4
5	5.66	30	S/D*
6	<b>3.08</b>	28.6	<b>6</b>
7	5.7	26	<b>1</b>
8	5.7	24	<b>1</b>
9	6.1	15.6	<b>1</b>
10	5.5	20.4	2
11	5.39	22	2
12	5.2	21.6	3
13	5.1	<b>12.6</b>	2
14	<b>7.4</b>	24	<b>1</b>
Media ± DS	5.40 ± 1.32	22.55 ± 5.80	2.66 ± 1.72

\*S/D: Sin dato.

### 6.2.1. Relación entre los niveles de corticosterona y la distancia recorrida para llevar a cabo la ovoposición.

No se presentó correlación entre la concentración de corticosterona sérica y la distancia que recorren las tortugas para llevar a cabo la ovoposición ( $r= 0.28$  y  $p =0.33$ ) (Figura 6).

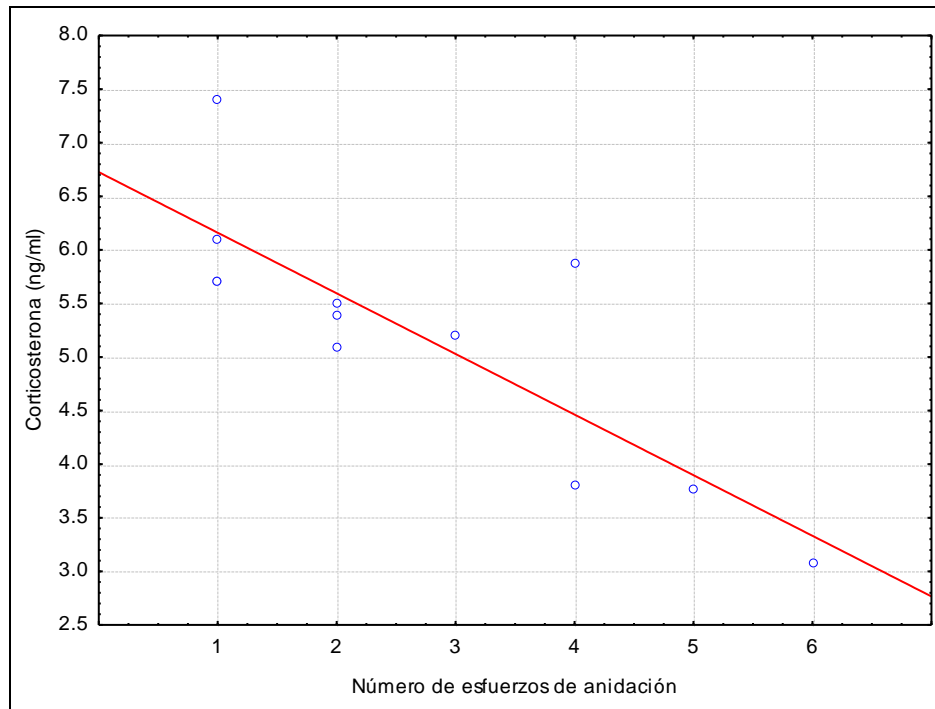


**Figura 6.** Correlación entre el recorrido efectuado por las hembras para ovopositar y los niveles de corticosterona. No se presentó un correlación significativa ( $r= 0.28$  y  $p =0.33$ ).

### 6.3.1. Relación entre los niveles de corticosterona y el esfuerzo de anidación.

Los datos de concentración de corticosterona y esfuerzos de anidación mostraron una correlación negativa significativa ( $r =-0.77$ ;  $p =0.003$ ) (Figura 7).





**Figura 7.** Correlación entre el esfuerzo de anidación y los niveles de corticosterona sérica. Se presentó una correlación negativa significativa ( $r = -0.77$ ;  $p = 0.003$ ).

## 7. Discusión

Las concentraciones de corticosterona sérica en hembras anidadoras de tortuga verde (*Chelonia mydas*) que arribaron a las playas del Raudal Veracruz, no presentaron diferencias significativas de acuerdo a la distancia recorrida para la selección del sitio donde ovopositaron; por lo que se rechaza la primera hipótesis planteada. Investigadores como Moore y Miller (1984); Astheimer *et al.*, (1992); Belthoff y Dufty (1995); Challet *et al.*, (1995); Breuner *et al.*, (1998) y Cash y Holberton (1999), han reportado que la actividad excesiva del aparato locomotor es coincidente con un aumento de la concentración de glucocorticoides en la mayoría de taxones de vertebrados. Con base en esta información, es posible que *C. mydas*, llegue a la playa con una concentración elevada de hormona del estrés como consecuencia del desgaste energético debido a los grandes desplazamientos realizados dentro del mar (AlKindi *et al.*, 2008). Para investigadores como Landys y colaboradores (2002), la relación existente entre la migración y la elevación de la corticosterona no son del todo claras, aunque la elevación de glucocorticoides se observa en muchas especies de aves migratorias. Por lo tanto, cuando las hembras de tortuga verde efectúan los recorridos en la arena (en busca de un sitio para anidar), las concentraciones no presentan variaciones significativas, ya que la distancia recorrida en este ambiente, podría ser relativamente corta.

Valverde y colaboradores (1999), reportaron que el nivel basal de corticosterona sérica para la especie *Lepidochelys olivácea*, fue de 1.6 ng/ml y para las hembras que realizaron la ovoposición en arribada, los valores aumentan significativamente, registrando una concentración de 6.0 ng/ml. En nuestra investigación, se obtuvo que la tortuga verde mostró en promedio una concentración similar a lo presentado por *L. olivacea* durante la etapa de anidación. A pesar de

que en este trabajo no se obtuvieron muestras de ejemplares en temporada no reproductiva, es probable que en este periodo el valor hormonal sea menor, ya que aparentemente no presentan cambios a nivel fisiológico y conductual como consecuencia del incremento en las concentraciones de otras hormonas (principalmente reproductivas), y modificar las rutas de desplazamiento, en las cuales incluso pueda ocurrir la presencia de depredadores potenciales y la escases de alimento (Berger *et al.*, 2007; Jenni-Eiermann *et al.*, 2008; Suárez- Domínguez *et al.*, 2011).

Otro de los factores que pudieron haber influido en las concentraciones de corticosterona de la tortuga verde en playa, fueron las características del sitio; por lo general, estos animales seleccionan el lugar indicado para realizar el desove (Wood y Bjornal, 2000; Cobos-Silva, 2012). Chen y colaboradores (2007), aseveraron que playas con grano grueso no son propicias para anidaciones exitosas y además derivan en un mayor gasto energético a la construcción del nido. Las playas que comprenden el Centro Veracruzano para la Investigación y Conservación de tortugas marinas presentan una arquitectura que las hace playas aparentemente sin obstáculos como troncos, rocas y pendientes poco pronunciadas, así como el desarrollo costero es mínimo (Zavaleta, 2013), lo que representa para las hembras de *C mydas*, un esfuerzo menor en comparación con aquellas especies, como la tortuga caguama (*Caretta caretta*) que eligen playas con arquitectura accidentadas (Miller *et al.*, 2003).

Entre las características de los individuos observados durante el estudio, se pudo identificar la presencia de fibropapilomas en cuatro de las hembras, y en dos de ellas la afectación era más evidente, esto pudiera ser una condición suficiente para modificar las concentraciones de glucocorticoides, ya que en ocasiones puede

repercutir dificultando el movimiento de estas para realizar los desplazamientos (Erhart, 1991; Balazs, 1991; Swimmer, 2000). Sin embargo, en este estudio no se analizó esta variable, pero podría ser considerado para futuras investigaciones el comparar los niveles de la hormona del estrés entre ejemplares que no presenten la enfermedad y los que la tienen, incluso en diferentes grados de afectación, y con los resultados obtenidos, mostrar datos más contundentes.

Por otro lado, se presentó una correlación negativa significativa entre los niveles de corticosterona y el número de esfuerzos de anidación realizados por las hembras de tortuga verde que ovopositaron de manera exitosa. La predicción de que aquellas hembras que realizaran mayor número de esfuerzos, presentarían concentraciones mayores de corticosterona no se observó para este grupo de animales, por lo que también se descarta la segunda hipótesis planteada.

Cada intento efectuado por las hembras de *C. mydas*, para construir un sitio de anidación, aparentemente generaría un esfuerzo y por consiguiente un desgaste energético, lo que a su vez provocaría en los organismos la movilización de glucosa para aportar energía extra (Fanjul y Ayarzal, 2007); esta elevación de la glucosa contribuiría al establecimiento rápido de la homeostasis. Por lo que el aumento transitorio de glucocorticoides incrementa la concentración de glucosa en la sangre que permite al organismo contender con el reto de estrés (Joseph, 2007). Con el resultado obtenido, de que las hembras presentaron concentraciones mayores de glucocorticoides con menos esfuerzos de anidación, es más probable que se haya presentado este registro no necesariamente por el desgaste energético que implica la generación del nido, sino por el paso de un ambiente a otro (del agua a la playa). Autores como Dufty y

colaboradores (2002) y Riley (2007), mencionan que ciertos ejemplares entran en estado de alerta y elevan los niveles de cortisol o corticosterona cuando el cerebro percibe, a través de cualquiera de los sentidos, una amenaza inmediata, en ese momento llevan a cabo la actividad de enfrentar el problema o huir, una vez pasada la amenaza, los niveles de glucocorticoides regresan a un estado basal; sin embargo, si esta persiste, los niveles hormonales continúan incrementando y pueden repercutir en la salud del animal, a tal grado que en ocasiones puede provocar la muerte (Sapolski, 2004; Lundberg, 2005). Por lo tanto, este cambio de escenario realizado por *C. mydas*, junto con el primer intento por anidar, posiblemente sea una combinación de factores que estresen a la tortuga verde y, después de determinado tiempo las concentraciones hormonales de corticosterona disminuyan, y el desgaste energético debido a la excavación de nuevos nidos no sea una variable que logre aumentar significativamente los niveles de glucocorticoides.

Stavisky y colaboradores (2003), reportaron para algunos mamíferos que la edad puede influir en las concentraciones de glucocorticoides. Existe la probabilidad de que todas las hembras analizadas en este trabajo de investigación, hayan sido ejemplares que han llevado a cabo la anidación en diversas ocasiones, esta experiencia podría ser un indicativo de la poca variabilidad en las concentraciones de corticosterona al momento de desplazarse en la arena en busca de un sitio adecuado para ovopositar; sin embargo por otro lado, cabe la posibilidad de que sí se presentara una variación en esa experiencia y se registraran individuos maduros y primerizos para llevar a cabo tal actividad y por esta razón, se obtuvo una correlación negativa entre los niveles de estrés y los esfuerzos de anidación.

El tiempo de manipulación que se ejerce en un ejemplar, puede provocar un aumento en los niveles de glucocorticoides (Romero, 2004). Debido a esto, algunos investigadores realizan protocolos de manejo con la intención de reducir la afectación y que esto no sea una variable que pueda ocasionar un sesgo al momento de cuantificar los glucocorticoides (Bolten, 1999; Valverde *et al.*, 1999); por otro lado, otros investigadores recurren a técnicas no invasivas, utilizan muestras orgánicas tales como excretas, saliva, pelo, orina, entre otras (Herrick *et al.*, 2000; Cross *et al.*, 2004, Suárez-Domínguez *et al.*, 2011). Las muestras obtenidas en nuestra investigación, se obtuvieron a través de un método invasivo, tomando en cuenta un protocolo de extracción aplicado a todas las hembras de *C mydas*; sin embargo la manipulación pudo haber sido percibida de distinta manera en los ejemplares trabajados y por lo tanto influido en las concentraciones presentándose una variación individual.

El presente trabajo, es de las primeras investigaciones que se han realizado tomando en cuenta la medición de las concentraciones de corticosterona dentro del territorio mexicano, específicamente en playas veracruzanas. Esta línea puede ser la plataforma para comprender de una manera más específica, los aspectos ecológicos, fisiológicos y conductuales, y además abre la posibilidad de realizar diversas investigaciones relacionadas a los tópicos antes mencionados.

## 8. Conclusiones

- Durante la temporada reproductiva, la tortuga verde (*C.mydas*), no presentó variaciones significativas en las concentraciones de corticosterona en relación a las distancias recorridas en playa, para efectuar la anidación.
- Para llevar a cabo el desove, la tortuga verde puede realizar diferentes esfuerzos de anidación, esta actividad provoca que las concentraciones de corticosterona puedan variar entre individuos.

## 9. Perspectivas

El objetivo principal de esta investigación fue determinar si la distancia que recorren las hembras de tortuga verde (*Chelonia mydas*) para llevar a cabo la ovoposición es un factor que eleve la concentración de corticosterona; además de considerar otras variables como el despliegue de la conducta de selección del nido al realizar un número determinado de esfuerzos de anidación.

A partir de éste trabajo, surgieron diversas preguntas, las cuales podrían ser consideradas en futuras investigaciones para tener información más precisa sobre la especie. ¿Cuál de las etapas del proceso de anidación que realiza la tortuga verde es determinante para la elevación de la corticosterona? ¿Serán diferentes las concentraciones de corticosterona de las hembras que llevan a cabo la anidación exitosa a diferencia de aquellas que no realizan la ovoposición? ¿Existe alguna correlación entre la corticosterona y parámetros bioquímicos como glucosa, colesterol, lactato, enzimas hepáticas de estas hembras? ¿Existe alguna correlación entre los niveles de glucocorticoides y la presencia de fibropapiloma en hembras de *C. mydas*?



## Referencias

- Alkindi, A.Y.A., Mahmoud, I.Y., y Woller, M.J. (2008). Changes in plasma levels of adrenaline, noradrenaline, glucose, lactate and CO<sub>2</sub> in the green turtle, *Chelonia mydas*, during peak period of nesting. *General and Comparative Endocrinology* 155, vol. 26, Abstract, pp. 143.7
- Astheimer, L. B., Buttemer, W. A., y Wingfield, J. C. (1992). Interactions of corticosterone with feeding, activity and metabolism in passerine birds. *Ornis Scandinavica* 23:355–365.
- Balazs, G. H. (1991). Current status of fibropapillomas in the Hawaiian green turtle, *Chelonia mydas* .In: Research plan for marine turtle fibropapilloma, G. H. Balazs and S. G. Pooley (eds.).U.S. Department of Commerce (NOAA-TMNMFS-WFSC-156), Washington, D.C., 113 pp.
- Belthoff, J.R., y Dufty, A.M. (1995). Locomotor activity levels and the dispersal of Western Screech-owls, *Otus kennicottii*. *Animal Behaviour*. 50: 558-561.
- Berger,S., Wikelski, M., Romero, L.M., Kalko, E.K.V., y Rödl, T. (2007). Behavioral and physiological adjustments to new predators in an endemic island species, the Galápagos marine iguana. *Hormone Behaviour*. 52: 653-663.
- Bolten, A. B., y Balazs, G.H. (1995). Biology of the early pelagic state –“The lost year” in Bjorndal K. A. *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., 616 pp.
- Bolten, A. B. (1999). Techniques for Measuring Sea Turtles. En: *research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles* K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editors)IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4.

- Breuner, C. W., Greenberg, A.L., y Wingfield, J.C. (1998). Noninvasive corticosterone treatment rapidly increases activity in Gambel's white-crowned sparrows (*Zonotrichia leucophrys gambelii*). *General and Comparative Endocrinology* 111:386–394.
- Buchanan, K.L. (2000). Stress and the evolution of condition-depend signals. *Tree* 15: 156-160.
- Carr, A. (1986). Rips, FADS, and little loggerheads. *BioScience*. 36, 92-100.
- Cash, W., y Holberton, R. (1999). Effects of exogenous corticosterone on locomotory activity in the reared slider turtle, *Trachemys scripta elegans*. *Journal Experimental. Zoology*. 284 (6) 637- 44.
- Cash, W., y Holberton, R. (2005). Endocrine and Behavioral Response to a Decline in Habitat Quality: Effects of Pond Drying on the Slider Turtle, *Trachemys scripta*. *Journal Experimental. Zoology*, 303:872–879
- Casares, M., Lance, V., y Schramm, B. (1999). Steroids levels and reproductive cycle of the Galapagos tortoise, *Geochelone nigra*, living under seminatural conditions of Santa Cruz island (Galapagos). *General and Comparative Endocrinology*. 114, 108 - 120.
- Challet, E., Le Maho, Y., Robin, J.P., Malan, A., y Cherel, Y. (1995). Involvement of corticosterone in the fasting-induced rise in protein utilization and locomotor activity. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 50:405–412.
- Chen, H. CH., Cheng, I.J. y Hong, E. (2007). The influence of the Beach Environment on the Digging Success and Nest Site Distribution of the Green Turtle, *Chelonia mydas*, on Wan-an Island, Penghu Archipelago, Taiwan. *Journal of Coastal Research*. 23 (5): 1277-1286.

- Cobos, S. J. (2012). Influencia de la distribución del grano en la anidación de tortuga verde (*Chelonia mydas*) en dos playas del estado de Veracruz. Tesis de Maestría en Neuroetología, Universidad Veracruzana. 63 p.
- Cross, N., Pines M.k., y Rogers, L.J. (2004). Saliva sampling to assess cortisol levels in unrestrained common marmosets and the effect of behavioral stress. *American Journal of Primatology*. 62: 107-114.
- Diesener, G., y Reichholf, J. (1993). Réptiles y anfibios. Blume, Barcelona.
- Dufty, A.M., Jr., Clobert, J., y Moller, A.P. (2002): Hormones, developmental plasticity and adaptation. *Trends in Ecology and Evolution*. 17: 90-196.
- Ernst, C.H., y Barbour, R.W. (1989). *Turtles of the World*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. and London, 313 p.
- Ellis, A. E. (1981). Stress and the modulation of defence mechanisms in fish. In *Stress and fish* (A.D. Pickering, edit.). Academic Press, Londres
- Erhart, L. M. (1991). Fibropapillomas in green turtles of the Indian River Lagoon, Florida: Distribution over time and area. *In* Research plan for marine turtle fibropapilloma, G. H. Balazs and S. G. Pooley (eds.). U.S. Department of Commerce (NOAA-TM-NMFS-WFSC-156), Washington, D.C., pp. 59–61
- Fanjul, M., y Ayarzabal A. (2007). Navegación animal. *Investigación y Ciencia*; 375:66-73
- Frick, J. (1976). Orientation and behaviour of hatchling green sea turtles (*Chelonia mydas*) in the sea. *Animal Behaviour*. 24, 849-857.
- Fuller, J. E., Eckert, K. L. y Richardson, J. I. (1992). WIDECAST Sea turtle Recovery Action Plan for Antigua and Barbuda, CEP Technical Report

n°16.In: *UNEP Caribbean Environment Programme: 1–88* (K. L. Eckert, Ed.). Kingston, Jamaica.

Greenspan, F .S., Baxter J.D. (1996). *Endocrinología básica y clínica*. (3ª edición) Editorial El Manual Moderno

Gleeson, T.T., Dalessio, P.M., Carr, J.A., Wickler, S.J., y Mazzeo, R.S. (1993). Plasma catecholamine and corticosterone and their in vitro effects on lizard skeletal muscle lactate metabolism. *American Journal of Physiology*. 265, R632–R639.

Gregory, L.F., y Schmid, J.R. (2001). Stress Responses and Sexing of Wild Kemp's Ridley Sea Turtles (*Lepidochelys kempii*) in the Northeastern Gulf of Mexico. *General and Comparative Endocrinology* 124, 66–74

Guyton, A.C y Hall J.E. (2001). *Tratado de fisiología médica*. (10ª ed).Editorial Interamericana Mc Graw-Hill.

Hamann, M., Jessop, T.S., Limpus, C.J., y Whittier, J.M. (2002). Interaction among endocrinology, seasonal reproductive cycles and the nesting biology of the female green sea turtle. *Marine Biology*. 140, 823-830.

Hardman, J. (1996). *The pharmacological basis of therapeutics*. (9º edición ) McGraw Hill.

Herbst, L.H., Jacobson, E.R., Klein, P.A., Balazs, G.H., Moretti, R., Brown ,T., y Sundberg, J.P. (1999). Comparative pathology and pathogenesis of spontaneous and experimentally induced fibropapillomas of green turtles (*Chelonia mydas*). *Veterinary Pathology*. Nov; 36(6):551-64.

Herrick, J.R., Agoramoorthy, G., Rudran, R., y Harder. J.D. (2000). Urinary progesterone in free-ranging red howler monkeys (*Alouatta seniculus*): preliminary observations of the estrous cycle and gestation. *American Journal of Primatology*. 51: 257-263.

- INEGI. (2012). Anuario Estadístico del Estado de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz.
- Jenni-Eiermann, S., Glaus, E., Gruebler, M., Schwabl, H., y Jenni, L. (2008). Glucocorticoid response to food availability in breeding barn swallows (*Hirundo rustica*). *General and Comparative Endocrinology*. 155: 558-565.
- Jessop, T. S. (2001). Modulation of the adrenocortical stress response in marine turtles: a hormonal tactic maximizing maternal reproductive investment. *Journal of Zoology* 254, 57–65.
- Joseph–Bravo, P., y De Gortari, P. (2007). El estrés y sus efectos en el metabolismo y el aprendizaje. *Biotecnología*, 14, 65–76.
- Landys-Ciannelli, M.M., Ramenofsky, M., Piersma, T., Jukema, J., y Wingfield, J. C. (2002). Castricum Ringing Group. Baseline and stress-induced plasma corticosterone during long-distance migration in the bar-tailed godwit, *Limosa lapponica*. *Physiological Biochemical Zoology*. Jan-Feb; 75(1):101-10.
- Limpus, C.J., Miller, J.D., Parmenter, C.J., Reimer, D. McLachlan, N., y Webb, R. (1992). Migration of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) turtles to and from eastern Australian rookeries. *Journal Wildlife Research*. 19 (3): 347-357.
- Lundberg, U. (2005). Stress hormones in health and illness: the roles of work and gender. *Psychoneuroendocrinology*, 30(10), 1017-1021.
- Martensz, N.D., Vellucci, S.V., Fuller, L.M., Everitt, B.J., Keverne, E.B., y Herbert, J. (1987). Relation between aggressive behaviour and circadian rhythms in cortisol and testosterone in social groups of talapoin monkeys. *Journal of Endocrinology* 115, 107-120.

- Márquez, M. R. (1990). Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Fisheries Synopsis No. 125, Vol. 11. Rome, FAO. 81 p.
- McEwen, B., y Wingfield, J. (2003). The concept of allostasis in biology and biomedicine. *Hormones and Behavior* (43): 2-15.
- Miller, J. (1997). Reproduction in Sea Turtles. In: Lutz, P. & J. Musick (eds), p. 52-81. In *The Biology of Sea Turtles*. CRC, Boca Ratón, Florida.
- Moore, I.T., y Jessop, T.S. (2003). Stress, reproduction, and adrenocortical modulation in amphibians and reptiles. *Hormones Behavior*. 43: 39-47.
- Moore, F.L., Miller, L.J. (1984). Stress-induced inhibition of sexual behavior: corticosterona inhibits courtship behaviors of a male amphibian *Taricha granulosa*. *Hormones Behavior* 18:400–410.
- Mucio-Ramírez, J. S. (2007). La neuroquímica del estrés y el papel de los péptidos opioides. *Revista de Educación Bioquímica*, Diciembre, 121-128.
- Musick, J.A., y Limpus, C. J. (1997). Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles, in: pp.137-163. Lutz P.L. & Musick J.A., Edits. *The biology of sea turtles*. Boca Raton: CRC Press.
- Ott, J., y Mendonca, M. (1999). Seasonal Changes in Sex and Adrenal Steroid Hormones of Gopher Tortoises (*Gopherus polyphemus*) *General and Comparative Endocrinology* 117, 299–312.
- Owens, D.W., y Ruiz, G.J. (1980). New Methods of obtaining blood and cerebrospinal fluid from marine turtles. *Herpetológica*. 36, 17-20

- Owens, D. W. (1997). Hormones in the life History of sea turtles. En: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (eds) The biology of sea turtles, Vol 2. CRC Press, Boca Raton, FL, p 315-335.
- Panksepp, Jaak. (1998). Affective Neurosciencie. Oxford University Press. P 118-119.
- Plotkin, P.T. (1997). Biology and Conservation of Ridley Sea Turtles. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press.
- Pritchard, P. C. H. (1982). Nesting of the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, in Pacific México, with a new estimate of the world population status. Copeia:741-747.
- Resetarist , W. M. (1996). Oviposition site choice and life history evolution. American. Zoology 36: 205-215.
- Riley, E.P. (2007). Flexibility in diet and activity patterns of *Macaca tonkeana* in response to anthropogenic hábitat alteration. Int. Journal Primatology 28: 107-133.
- Roldán, A.V., Owens, D., Duncan S., y Amoss, M. (1999). Basal and Stress-Induced Corticosterone Levels in Olive Ridley Sea Turtles (*Lepidochelys olivacea*) in Relation to Their Mass Nesting Behavior. Journal of Experimental zoology 284, 652-662.
- Romero, L. M., y Wikelski, M. (2001). Corticosterone levels predict survival probabilities of Galápagos marine iguanas during El Niño events. Proceedings of the National Academy of Sciences. Sci. 98, 7366–7360.
- Romero, L.M. (2004). Physiological stress in ecology: lessons from biomedical research. Trends Ecology and Evolution. 19: 249-255.

- Romero, L.M. (2006). Diurnal and nocturnal differences in hypothalamic–pituitary–adrenal axis function in Galápagos marine iguanas. *General and Comparative Endocrinology*. 145: 177-181.
- Salmon, M., y Wyneken, J. (1987). Orientation and swimming behavior of hatchling loggerhead turtles *Caretta caretta* L. during their offshore migration. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*. 109: 137–153.
- Sapolsky, R. M. (2004). Social status and health in humans and other animals. *Annual Reviews Anthropology*. 33:393–418.
- SEMARNAT. (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001.
- Selye, H. (1936). A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature* 1938: 32-35.
- Selye, H. (1950). “Stress and the General Adaptation Syndrome”, *Brithis Medical Journal*. pp. 1383-1392.
- Siegel, H.S. (1995). Stress, strains and resistance. *Brithis. Poultry Science*.; 36:3-9.
- Silverin, B. (1998). Territorial behavioural of the pied flycatcher in optimal and suboptimal habitats. *Animal Behavior*. 56, 811–818.
- Stavisky, R.C., Watson, S.L., Anthony, M.S., Manuck, S.B., Adams, M.R., y Kaplan, J.R. (2003). Influence of estradiol on cortisol secretion in ovariectomized *Cynomolgus* macaques (*Macaca fascicularis*). *Americam Journal Primatology* **60**: 17-22.
- Sterling, P., y Eyer, J. (1988). Allostasis: a new paradigm to explain arousal pathology. En: Fisher S, reason J, editors. *Handbook of life stress, cognition and health*. New York: John Wiley; p. 629-49



- Stott, G. H. (1981). What is animal stress and how is it measured?. *Journal Animal* 52(1):150-153.
- Suarez-Domínguez, E.A., Morales Mávila, J.E., Chavira, R., y Boeck, L. (2011). Effects of habitat perturbation on the daily activity pattern and physiological stress of the spiny tailed iguana (*Ctenosaura acanthura*). *Journal Amphibia-Reptilia* 32: 315-322.
- Swimmer, J.Y. (2000). Biochemical responses to fibropapilloma and captivity in the green turtle. *Journal of Wildlife Diseases*, 36(1): 102-110.
- Valverde, R.A., Mackenzie, D. W., y Amoss, M.S. (1994). Corticosteroids during nesting in the olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) sea turtle at playa Nancite Costa Rica in 1993 Proc. 13th Annu Symp. Sea Turtle Biology and conservation, Schoroeder, B.A. and Witherington, B.E. Compilers, NOAA. Technical Memories.
- Valverde, R.A., Owens D.W., Mackenzie, D.S., y Amoss, M.S. (1999). Basal and Stress-Induced Corticosterone Levels in Olive Ridley Sea Turtles (*Lepidochelys olivacea*) in relation to Their Mass Nesting Behavior. *Journal of experimental Zoology*. 284:652–662.
- Wack, C.L., Fox, S.F., Hellgren, E.C., y Lovern, M.B. (2008). Effects of sex, age, and seasonal on plasma steroids in free-ranging Texas horned lizards (*Phrynosoma cornutum*). *General and Comparative Endocrinology*. 155: 496-502.
- Whittier, J. M., Corrie, F., y Limpus, C. (1997). Plasma Steroid Profiles in Nesting Loggerhead Turtles (*Caretta caretta*) in Queensland, Australia: Relationship to Nesting Episode and Season. *General and Comparative Endocrinology* 106, 39–47.

Wingfield, J.C., Hahn, T.P., Levin, R., y Honey, P. (1992). Environmental predictability and control of gonadal cycles in birds. *Journal Experimental Zoology*. 261, 214–231.

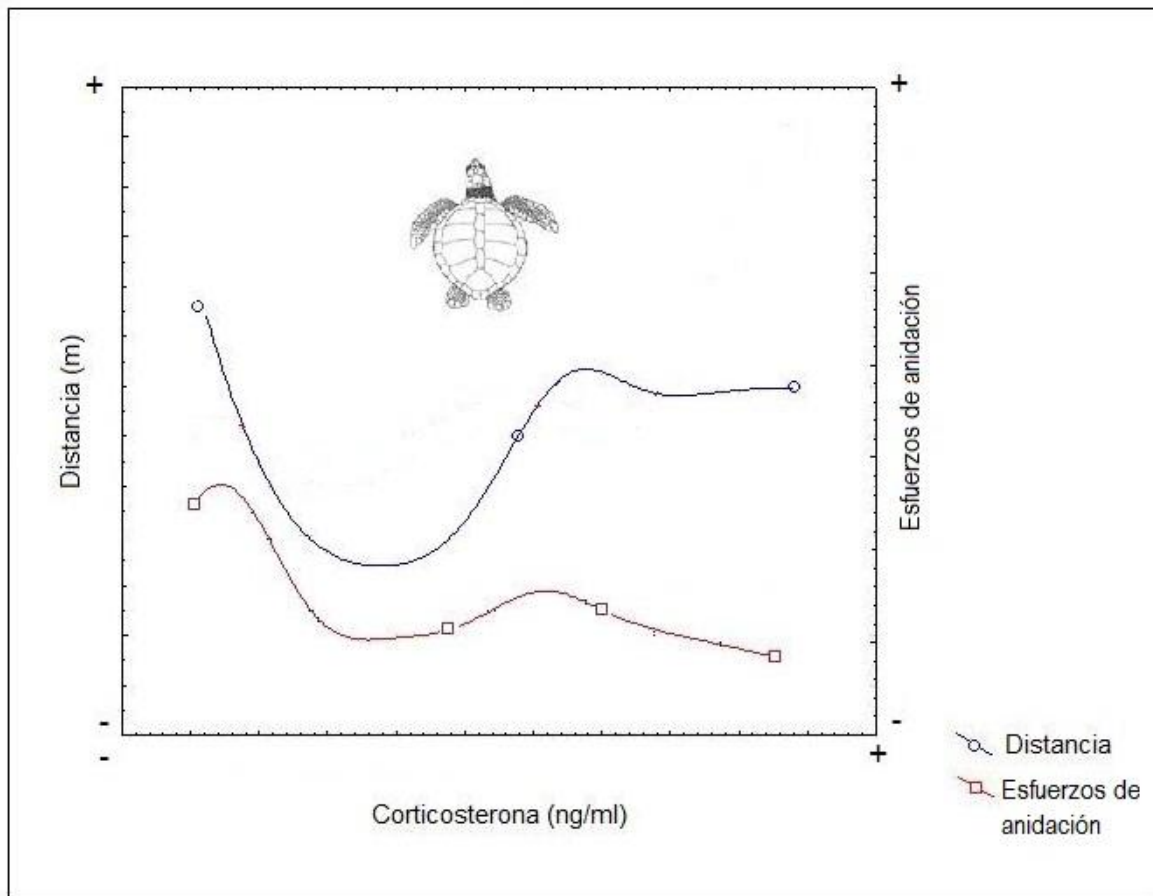
Wood D. W., y Bjorndal, K. A. (2000). Relation of Temperature, Moisture, Salinity and Slope to Nest Site Selection in Loggerhead Sea Turtles. *Copeia* No. 1, pp 119-128.

Zavaleta L. L. (2013). Factores que influyen en la anidación de tortuga verde (*Chelonia mydas*) en Veracruz. Tesis de doctorado en Neuroetología. Universidad Veracruzana. 112 p.

## Anexo

El modelo resultante de la presente investigación es el siguiente:

Las hembras anidadoras presentan concentraciones similares de corticosterona sérica y no presentan variación ante los factores distancia recorrida hasta el sitio de ovoposición sin embargo los niveles de corticosterona son más bajos en aquella que despliegan un mayor número de esfuerzos de anidación. (Figura A)



**Figura A.** Modelo conductual de anidación de las hembras de tortuga verde (*C. mydas*) basado en la correlación entre la distancia recorrida y los esfuerzos de anidación que despliegan estas.