

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Biología



Ecología poblacional, estudio de ámbito de hogar y abundancia de sitios de anidación para *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la planta de procesos de níquel y su área de influencia directa, Finca Setal, El Estor, Izabal, Guatemala.

Trabajo de graduación presentado por Alejandro Suarez Avendaño para optar al grado académico de Licenciado en Biología

Guatemala
2013

Ecología poblacional, estudio de ámbito de hogar y abundancia de sitios de anidación para *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la planta de procesos de níquel y su área de influencia directa, Finca Setal, El Estor, Izabal, Guatemala.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades

Ecología poblacional, estudio de ámbito de hogar y abundancia de sitios de anidación para *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la planta de procesos de níquel y su área de influencia directa, Finca Setal, El Estor, Izabal, Guatemala

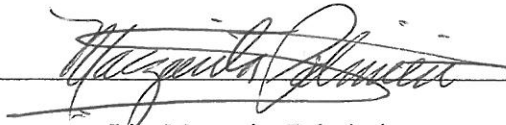
Trabajo de graduación presentado por Alejandro Suarez Avendaño para optar al grado académico de Licenciado en Biología


Guatemala
2013

Vo. Bo. :

(f) 
Lic. Ximena Leiva Conte

Tribunal Examinador:

(f) 
Lic. Margarita Palmieri

(f) 
Lic. Arnoldo Font

(f) 
Lic. Ximena Leiva Conte

Fecha de aprobación: Guatemala 29 de noviembre de 2013.

CONTENIDO

	Páginas
LISTADO DE FIGURAS	viii
LISTADO DE CUADROS	viii
LISTADO DE FOTOGRAFÍAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi

Capítulos

I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. ANTECEDENTES.....	1
B. JUSTIFICACIÓN.....	5
II. OBJETIVOS.....	7
1. Objetivo general	7
2. Objetivos específicos	7
3. Hipótesis.....	7
III. MÉTODO	8
A. SITIO DE ESTUDIO.	8
B. MATERIALES Y MÉTODOS	11
1. Marcaje de individuos.	12
2. Ámbito de hogar y densidad poblacional	14
3. Comportamiento reproductivo y sitios de anidación.....	16
4. Análisis estadístico.	16
IV. RESULTADOS	17
A. Definición de temporadas seca y lluviosa	17
B. Ámbito de hogar y densidad poblacional	18
1. Densidad poblacional	18

2. Ámbito de hogar	19
C. Comportamiento reproductivo y sitios de anidación	26
D. Evaluación estadística de hipótesis.	32
V. DISCUSIÓN	34
A. Densidad poblacional dentro del canal.....	34
B. Temporada reproductiva y no reproductiva	35
C. Sitios de anidación.	35
D. Comportamiento reproductivo.	38
E. Ámbito de hogar	41
VI. CONCLUSIONES.....	48
VII. RECOMENDACIONES.....	50
VIII. LITERATURA CITADA	52
IX. ANEXOS	58
Método de Messel <i>et al.</i> (1981) para estimar poblaciones de cocodrilos.....	59
Marcaje de cocodrilos	60
Ruta Aracely	64
Ruta Rax Nim	64
Ruta Matilde	65
Ruta Tuerta	65
Ruta Lorena	66
Ruta Elvira.....	66
ANEXO III.....	67
Monitoreo de nidos.....	67
Monitoreo eclosión	68
Hoja para toma de datos de captura.....	68
Hoja seguimiento con telemetría.....	70
Método de marcaje	77

Figuras	Páginas
FIGURA 1. Área donde se realizaron los estudios de radiotelemetría	9
FIGURA 2. Mapa del canal de entrada de la planta de procesos, CGN,	12
FIGURA 3. Ubicación del radiotransmisor	14
FIGURA 4. Promedio de datos climáticos	17
FIGURA 5. Variación del número de cocodrilos dentro del canal de entrada	18
FIGURA 6. Cantidad de individuos vs precipitación	19
FIGURA 7. Relación tamaño y sexo, entre individuos capturados	20
FIGURA 8. Área recorrida por una hembra y un macho.....	22
FIGURA 9. Área de recolonización para dos hembras durante el estudio	24
FIGURA 10. Recorridos en lancha durante el estudio de radiotelemetría.....	26
FIGURA 11. Localización de sitios de anidación de <i>C. acutus</i>	28

Cuadros

CUADRO 1. Individuos de <i>C. acutus</i> marcados y monitoreados.....	15
CUADRO 2. Resumen de estadísticas para los seis individuos de <i>C. acutus</i>	20
CUADRO 3. Nidos identificados en el canal de entrada de la planta de procesos.....	29
CUADRO 4. Comparación múltiple entre los meses	33

Fotografías

FOTOGRAFÍA 1. Trampa fija	12
FOTOGRAFÍA 2. Trampa de lazo cebada con pollo atada.....	12
FOTOGRAFÍA 3. Hembra identificada con la frecuencia 150.5220	21
FOTOGRAFÍA 4. Hembra identificada con la frecuencia 150.5620	21
FOTOGRAFÍA 5. La hembra 150.4410 (Tuerta).....	23
FOTOGRAFÍA 6. Se observa la falta del ojo.....	23
FOTOGRAFÍA 7. Se observa cómo se coloca el radio transmisor	25

FOTOGRAFÌA 8. Se puede ver el único macho capturado	25
FOTOGRAFÌA 9. Hembra ovopositando durante el día.	27
FOTOGRAFÌA 10. Hembra de C. acutus.....	27
FOTOGRAFÌA 11. Cortejo del macho.....	29
FOTOGRAFÌA 12. Cópula del macho	29
FOTOGRAFÌA 13. Nido 16	31
FOTOGRAFÌA 14. Conteos de huevos	31
FOTOGRAFÌA 15. Se observa cómo una hembra cuida a sus crías	31
FOTOGRAFÌA 16. Trampas cebadas con pollo.....	76
FOTOGRAFÌA 17. Trampa de lazo.	76
FOTOGRAFÌA 18. Trampa flotante de puerta corrediza.	76
FOTOGRAFÌA 19. Hembra capturada con el método de lazo.....	77
FOTOGRAFÌA 20. Hembra capturada y atada	77
FOTOGRAFÌA 21. Perforación de orificios para la sujeción del transmisor.....	77
FOTOGRAFÌA 22. Puesta del transmisor	77
FOTOGRAFÌA 23. Añadiendo solución epóxica para la sujeción del transmisor.....	77
FOTOGRAFÌA 24. Liberación del individuo luego de la intervención.	77

RESUMEN

Se estimó la ecología poblacional, ámbito de hogar y abundancia de sitios de anidación para *Crocodylus acutus* dentro del canal de entrada de la planta de procesos de CGN en El Estor, Izabal, a través de censos diurnos y nocturnos y seguimiento por telemetría. Las evaluaciones se realizaron de febrero a diciembre del 2009, tomando en cuenta variables ambientales como la temperatura, precipitación pluvial y humedad relativa.

La densidad poblacional dentro del canal de entrada varía entre los 10 y 3 individuos por hectárea. La densidad máxima ocurrió entre octubre y marzo y la mínima entre abril y septiembre. Dichos períodos coinciden con la época seca (finales octubre – abril) y época lluviosa (mayo - mediados de octubre) para el departamento de Izabal. Se reporta mayor densidad de individuos durante la temporada seca y menor en la temporada lluviosa.

Observé cómo, durante la temporada seca, una parte de la población de *C. acutus* realiza “migraciones reproductivas” hacia el canal de entrada para ovipositar y posteriormente se retiran hacia el “Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic”, durante el resto de año.

Registré 26 nidos dentro del canal de entrada, el promedio de huevos por nido fue de 39, enterrados a una profundidad promedio de 51 cm. El 96% de los nidos estaban situados dentro de los primeros 400 metros del canal de entrada de la planta de procesos. El canal cuenta con una extensión de 1 km de largo.

El ámbito de hogar mayor fue de 2234 ha para una hembra y el menor fue para el macho con 41 ha dentro de la temporalidad del estudio. Dentro del tiempo del estudio con radiotelemetría (promedio 261 días), registré el número máximo de kilómetros recorridos por día de un cocodrilo (mayor 14.1 km y menor 3.2 km) realicé el estudio de movimiento en temporada reproductiva (MTR), que fue lo que el cocodrilo recorrió desde su área núcleo hasta la zona de anidamiento (canal de entrada de la planta de procesos).

Comprobé que sí existe diferencia significativa entre la abundancia de cocodrilos en ambas épocas: lluviosa y seca, y que la mayor densidad de cocodrilos por hectárea ocurre a mediados de la época seca

ABSTRACT

The following study is an effort to bring new information about the largest reptile that lives in our country, the American crocodile (*Crocodylus acutus*). Since this is an animal who is at the top of the food chain is imperative for us as a country to learn about his ecology and the role he plays in the Lake Izabal ecosystem. The radiotelemetry study took place in a town called "El Estor". Here I'll discuss information about home range analysis of a small group of females and one male crocodile, nesting patterns and a bit of parental behavior after the hatching. During a small period of time (10 months) I was able to make some conclusion about the status and behavior of the species and his interaction with the people and the lake. I also was able to find patterns about migration and movements around two major different time of the year (rainy season and dry season). After all the work and analysis I was able to conclude that the *C. acutus* is a highly endangered species because the pressure of the communities that live near the lake and the agriculture that is taking big pieces of swamp. The crocodile needs a big part of the lake and the swamp for him to do grow as a dominant species and to take his place in the lake ecosystem. If we don't act fast we are just a few years from losing the largest American crocodile wild sustainable population in our country.

I. INTRODUCCIÓN

El cocodrilo de la costa o americano (*Crocodylus acutus* Cuvier, 1807) es una de las dos especies de la familia Crocodylidae presente en Guatemala, de la cual no existe suficiente información referente a su ámbito de hogar y ecología. El hábitat del cocodrilo americano incluye aguas continentales (ríos de agua dulce) y estuarios en zonas costeras (segmentos de ríos con agua salada, lagunas costeras, y manglares). También se puede encontrar en cuerpos de agua dulce (reservorios) y tierra adentro (Medem 1981, Thorbjarnarson 1989, Ross 1998). Uno de los sitios más importantes para esta especie en Guatemala es el Lago de Izabal, fue bastante común observar a la especie (Dix margaret.dix@gmail.com). Sin embargo, en la actualidad es raro el avistamiento debido a la pérdida de su hábitat (cambio de uso del suelo, avance de la frontera agrícola), cacería para el comercio de su carne, el tráfico ilegal de la piel y el temor de los pobladores del lago hacia la especie.

Al igual que otras especies que están en lo alto de la cadena alimenticia, el cocodrilo, como tal, cumple un papel muy importante dentro del equilibrio de los ecosistemas acuáticos (Kushlan 1974).

A. ANTECEDENTES

La familia Crocodylidae está representada en Guatemala por dos especies: el cocodrilo de río, *Crocodylus acutus* y el cocodrilo de pantano, *Crocodylus moreletii*. Los cocodrilos son reptiles de mediano a gran tamaño, normalmente de hábitos anfibios. Tienen el cuerpo alargado, provisto de cuatro miembros locomotores y una larga cola. Los miembros posteriores son los más fuertes y presentan cuatro dedos; los anteriores, más bien débiles, tienen cinco dedos, de los cuales el pequeño o quinto carece de uña (Álvarez 1974). La cola es poderosa redondeada al principio y posteriormente comprimida, sobretodo en la porción distal; ostenta dos crestas escamosas en los cantos, las que finalmente se unen para formar una sola arista dentada (Casas, 2003).

La cabeza es ancha y aplanada, provista de fuertes mandíbulas que pueden ser cortas y anchas, largas y estrechas, según la especie. En el plano lateral de la región temporal se encuentran los oídos, que son dos aberturas alargadas que pueden cerrarse a voluntad (Álvarez 1974). Los orificios nasales se localizan en la punta del hocico, situados sobre una prominencia carnosa, lo que capacita al animal para respirar estando sumergido cerca de la superficie. Estas aberturas nasales también pueden cerrarse por medio de unas válvulas de piel (Álvarez 1974).

Al igual que la nariz, los ojos también sobresalen del nivel de la cabeza de tal manera que el reptil puede observar los alrededores sin sacar la cabeza del agua; y si a esto agregamos que también puede respirar en la misma posición, el animal tiene la ventaja de que puede permanecer prácticamente oculto bajo la superficie, nada más sacando las prominencias de las narices y los ojos (Álvarez 1974).

El hocico es rígido y no pueden cerrarlo herméticamente, de manera que el agua penetra en la boca cuando el animal está semi-sumergido. Lo anterior no impide la respiración porque los huesos premaxilares, maxilares, palatinos y terigoideos forman una especie de segundo paladar, de manera que los pasajes nasales se abren en la garganta y no en la boca y estas cavidades quedan separadas por una cortina de piel. Dicha cortina también impide que el agua penetre en la garganta cuando el reptil captura o sostiene una presa bajo el agua (Álvarez 1974).

Entre otras particularidades del grupo, el cráneo es más rígido que el de los otros reptiles, porque los huesos cuadrados y terigoideos están soldados a las paredes de la caja cerebral. Los dientes son del tipo tecodontos, es decir que están implantados en huecos de las mandíbulas (Álvarez 1974). Así mismo, estos pueden ser remplazados varias veces; son huecos o carecen de raíz. Los dientes se usan para retener a la presa y no sirven para la masticación. En general no son muy especializados, pero pueden distinguirse unos más largos que sirven como caninos, y los posteriores son de cúspides algo obtusas, aptos para romper cosas duras como huesos, carapachos de tortugas y grandes caracoles (Casas 2003). El ojo tiene un párpado superior y otro inferior, además de la membrana nictitante, transparente, que cubre el ojo cuando el animal se sumerge. La

pupila es vertical durante el día, en lo oscuro o durante la noche es redonda y grande (Casas 2003).

Sexualmente, los ovarios son estructuras pares y sólidas como en los vertebrados mayores y comunican con largos oviductos. Los machos tienen los testículos en el interior de la cavidad peritoneal, uno a cada lado de la columna vertebral. El pene es único y no doble como en los lagartos y serpientes; es una estructura grande, eréctil y provista de un glande, que se encuentra dentro de la parte anterior de la cloaca, saliendo durante la cópula (Álvarez 1974).

1. Descripción de *C. acutus*.

a. Morfología: El cocodrilo de río (*C. acutus*) es el más grande de las dos especies de cocodrilos que habitan en Guatemala. Es una especie que puede llegar a alcanzar una longitud alrededor de los cinco metros (desde el hocico hasta la punta de la cola). Su hocico es notablemente agudo y largo, en cualquier etapa de su vida, pero en los individuos muy viejos adquiere un perfil bastante convexo o joroba pre-frontal; su anchura hacia el quinto diente maxilar es igual o menor que la distancia de la punta del hocico al segundo diente maxilar. Las quillas de los escudetes que cubren su cuerpo son más elevadas mientras más edad tiene el individuo, así también, son bastante más marcadas que en las otras especies. Su color es una tonalidad de gris pálido, algo amarillento y con cierto tinte verdoso; tiene además finas jaspeaduras y manchas oscuras, casi negras, principalmente en la cola y los costados (Casas 2003).

Sus ojos son relativamente pequeños y el iris verde azulado; la boca es amarilla. En los recién nacidos, el color de fondo es más parduzco. El dimorfismo sexual es difícil de realizar a través de un examen convencional, más bien se requiere de un examen físico, realizando tacto en la cloaca (Casas 2003).

b. Distribución: De acuerdo con Lee (2000), la especie se distribuye desde el sur de Florida, las Antillas, las elevaciones bajas de Sinaloa hacia la costa del pacífico y de Campeche hacia las islas de Belice y de Centro América a Colombia y Venezuela.

c. Hábitat: Habita las orillas de costas incluyendo los manglares, pantanos, estuarios y lagunas costales; así mismo, grandes ríos y lagunas interiores. De acuerdo con Lee

(2000), la especie penetra hacia el interior por varios kilómetros en los ríos Usumacinta y Lacantun. Se alimenta de invertebrados y vertebrados acuáticos. Las crías se alimentan de insectos, peces pequeños y crustáceos; al llegar a la adultez se alimentan de aves, tortugas, mamíferos, peces grandes y en algunos casos de su propia especie (Lee 2000).

d. **Comportamiento reproductivo:** De acuerdo con Lee (2000), de febrero a mayo las hembras excavan nidos poco profundos, usualmente en suelos arenosos o de grava cercanos a la orilla del agua. Las hembras ponen entre 20 y 60 huevos, los cuales se incuban entre 70 y 80 días. La hembra atiende el nido a la hora de la eclosión, puesto que lo abre y transporta a las crías en su boca hacia el agua. El sexo de las crías es determinado por la temperatura a la que fueron incubados, altas y bajas temperaturas producirán hembras, mientras que temperaturas intermedias producirán machos.

2. Uso de radiotelemetría. Los cocodrilos son animales de hábitos poco vistosos, aunque durante el día pasan tiempo asoleándose o dentro de sitios pantanosos siendo poco visibles, también son reconocidos por sus hábitos de caza nocturnos. Esta es una razón por la cual es difícil estudiarlos y aprender de su ecología como tal. La radiotelemetría es una técnica que se podría definir como el proceso mediante un transmisor colocado en un animal en libertad emite una onda en una frecuencia determinada, un receptor va a recibir esta frecuencia por medio de una antena y la transforma a un sonido que se puede escuchar. Las aplicaciones de esta técnica pueden determinar el uso de hábitat de una especie, el ámbito de hogar, migraciones y sus rutas utilizadas (MELP 1998). También se puede emplear para movimientos y cortejo en épocas reproductivas, utilización de recursos, zonas más frecuentadas para alimentación. Otro tipo de equipo de telemetría que puede utilizarse en un animal es que se mide los signos vitales de los animales. Un monitor es plantado dentro o sobre el animal y, a continuación, envía a un receptor, la información sobre la frecuencia cardíaca, tasa de respiración, o cualquier otra estadística de los investigadores consideren necesarios. Esos equipos de telemetría permiten a los científicos estudiar estos animales sin tener que llevarlos fuera de su entorno natural lo que hace que la medición más precisa y más fácil con el animal (Key 2005).

La radiotelemetría con cocodrilos fue utilizada exitosamente en Australia en el año 2001, en donde un estudio conducido por Winston Key (2001-2003), en el río Kimberly, incluyó 16 cocodrilos (12 machos y 6 hembras). Comprobó que el núcleo en donde las hembras pasaba la mayoría del tiempo tenía un rango entre 1.3 km (Key 2004) de ancho a lo largo del río y en temporada seca estas hembras podían llegar a desplazarse hasta 62 kilómetros río adentro. Por otra parte, Key pudo comprobar que los machos tenían movimientos más constantes y largos en temporada secada. También pudo inferir que el desplazamiento no estuvo ligado al tamaño del macho. Pudo determinar que en ese río específico los machos y las hembras no tienen preferencias exclusivas en cuanto al hábitat (Key 2004).

B. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de los diferentes aspectos de la biología de una especie es fundamental para el entendimiento de su rol en el ecosistema, sus relaciones intra e interespecíficas, así como su adecuado manejo y aprovechamiento sostenible. Los cocodrilos ocupan un lugar muy importante dentro de la cadena alimenticia, al estar en el nivel más alto. Actúa como regulador ambiental, controlando las poblaciones de sus presas.

El conocimiento de este grupo ha incrementado escasamente durante los últimos veinticinco años, incluyendo nuevos aportes a la ecología reproductora de estos animales. Como bien lo señalan Thorbjarnarson y Hernández (1993), la mayoría de los estudios se han realizado solamente en algunas especies y se han producido síntesis interesantes para el grupo (Ferguson 1985). Existen otras especies en las que se ha producido cierta información sobre la reproducción; no obstante, la necesidad de una mayor cantidad de estudios es de importancia vital, para la implantación de programas más efectivos en su conservación. De acuerdo con Mazzotti (1989), para asegurar la sobrevivencia de una especie en peligro de extinción, es importante tener un conocimiento sólido de los factores que afectan el éxito reproductivo de la población, que se define como el reclutamiento a la población reproductora, situación que en Guatemala se desconoce, por falta de estudios sobre esta especie.

Actualmente las poblaciones de la mayoría de los reptiles en Guatemala se encuentran en gran peligro ya sea por destrucción de hábitat o por cacería, entre otros diversos factores. A nivel nacional, *C. acutus* se encuentra dentro de la lista roja de CONAP. Internacionalmente se encuentra en el Apéndice I de CITES y en el Listado Rojo Global de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) aparece como especie vulnerable (VU). Por eso, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de esta especie, es importante el estudio de su rol dentro del lago de Izabal y sus afluentes.

El lago de Izabal y la región de Bocas del Polochic presentan una de las poblaciones más grandes de *C. acutus* registradas para Guatemala (Dix margaret.dix@gmail.com). A su vez, se ha detectado que en el área de Bocas del Polochic se ha dado una reducción en la población por la alta cacería y disminución de sitios de anidamiento (Dix margaret.dix.@gmail.com) por subidas del nivel del agua y uso de tierras para cultivo y/o ganadería. Así mismo, la falta de políticas específicas que promuevan su conservación y aplicación de las existentes está contribuyendo a la extinción de la especie en el país.

Por otra parte, el estudio de esta especie en la región de Bocas del Polochic aportará vital información para su protección y proveerá estrategias y recomendaciones para el manejo de la especie tanto dentro de la planta de proceso como en la reserva natural privada de la compañía (Compañía Guatemalteca de Níquel). Así mismo, aportará información para que en un futuro se pueda elaborar una Estrategia Nacional para la Conservación del *Crocodylus acutus* en Guatemala.

II. OBJETIVOS

1. Objetivo general: Las características de ámbito de hogar y hábitos de anidación de *Crocodylus acutus* en Finca Setal y su área de influencia en El Estor, Izabal.

2. Objetivos específicos

- a. Conocimiento de la densidad poblacional de *Crocodylus acutus* en el área de la Finca Setal y su área de influencia directa.
- b. Estudio del ámbito de hogar durante la temporada seca y lluviosa, de los cocodrilos que habitan en el canal de entrada de la planta de proceso y RNP Setal.
- c. Descripción del comportamiento y proceso de anidación, eclosión de huevos y cuidado post-natal, de las hembras reproductivas que habitan el canal de entrada de la planta de proceso.

3. Hipótesis

- a. No existe diferencia en la densidad poblacional de *C. acutus* durante la temporada seca ni en la época lluviosa.
- b. No existe diferencia entre el tamaño del ámbito de hogar de hembras y de machos.
- c. No hay diferencia en patrones de actividad en ambos sexos a través del año.

III. MÉTODO

A. SITIO DE ESTUDIO.

La Reserva Natural Privada (RNP) Setal (Figura 1) está ubicada en el Municipio de El Estor, Departamento de Izabal. Esta es propiedad de Bocanueva, S.A y manejada por Compañía Guatemalteca de Níquel. La RNP Setal contiene las siguientes colindancias: al sur el Lago de Izabal; al este con el canal de entrada de la planta de proceso de CGN, al oeste con fincas privadas, y al norte con el depósito de escoria de la planta de proceso de la CGN. Tiene una extensión de 617 hectáreas, equivalentes a 13.84 caballerías y/o 886 manzanas. Fue reconocida como tal por Resolución del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP (87/2,009), de once de febrero de 2,009.

FIGURA 1. Área donde se realizaron los estudios de radiotelemetría y ámbito de hogar; Reserva Natural Privada Setal y Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic



La Reserva que forma parte del RVS Bocas del Polochic es un importante Humedal RAMSAR, el cual actúa como un filtro natural para el Lago de Izabal (Fundación Defensores de la Naturaleza 2001). Así mismo, el resto del área de estudio se encuentra en la cuenca baja del refugio de vida silvestre Bocas del Polochic, El Estor, dentro de la provincia fisiográfica de la Depresión de Izabal.

Con base a la clasificación de zonas de vida de Holdridge (Holdridge 1947), el área se localiza dentro de la zona de Bosque muy Húmedo Tropical y con base a la clasificación de bioma, el área se encuentra dentro del bioma denominado Selva Tropical Lluviosa (Holdridge 1947). La vegetación predominante corresponde a la selva pluvial

rica, compuesta por vegetación latifoliada perennifolia y con abundantes palmeras y epífitas.

La RNP Setal se encuentra a orillas del Lago de Izabal, el cual es el lago más grande de Guatemala. El lago cuenta con una superficie de 717 km² y se encuentra comunicado con el mar mediante el Río Dulce. El Lago de Izabal se encuentra ubicado entre los 15° 24' y 15° 38' latitud norte y 88° 58' y 89° 25' longitud oeste. Está limitado al norte por la Sierra de Chamá y Sierra de Santa Cruz y al sur por la Sierra de las Minas y las Montañas del Mico. El principal río tributario es el río Polochic que, a su vez, recibe las aguas del río Cahabón, contribuyendo con cerca del 70% del volumen total del lago. Además el lago recibe descargas de agua de muchos otros ríos de la región (Bonilla y Alarcón 2009).

La temperatura promedio anual, según los datos registrados para el período 1990-1998 es de 26.6 °C y la humedad relativa para el período 1994-1998 es de 79%. Respecto a datos meteorológicos, la lluvia es orográfica, de moderada a intensa y bastante distribuida a lo largo del año. De acuerdo a los registros de la estación meteorológica de Mariscos, la cual operó de 1980 a 2002 en Mariscos, Izabal, el promedio anual de lluvia es 164 días/año, para el período registrado. Las lluvias ocurren a medida que las masas de aire cargadas de humedad se desplazan tierra adentro desde el mar Caribe hacia el valle del Polochic. Por otro lado, las masas de aire frío continental que proviene del norte durante los meses de la estación lluviosa deprimen las temperaturas a sus puntos más bajos, los cuales se registran en diciembre a enero (Bonilla Alarcón 2009).

Los afluentes permanentes del Lago de Izabal son: el Río Polochic y el Río Padre ubicados en la ensenada Cayo Padre, Río Mariscos y Río Colorado en la Finca Colorado. Muy cerca de la Finca Colorado se encuentra la desembocadura del Río San Marcos que arrastra grandes cantidades de sedimentos al Lago de Izabal. En la planta, únicamente se observan los canales artificiales utilizados en el pasado para extraer y descargar agua de la planta. De estos, el canal de ingreso de agua es el más profundo, alberga varias especies de macrófitas acuáticas flotantes y emergentes que proveen hábitat y refugio a

varias especies de la fauna local. El canal de descarga es poco profundo y no presenta macrófitas acuáticas flotantes, por lo que no prevé refugio a varias de las especies locales (CEA 2009).

B. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el canal de entrada de la planta de proceso de CGN, El Estor (Figura 2), debido a que en él se han reportado avistamientos continuos de *C. acutus* dentro y fuera del área perteneciente a CGN y debido a que previamente se han reportado sitios de anidamiento en el área (Dix margaret.dix@gmail.com). Las actividades de campo se realizaron de marzo 2009 a diciembre 2009. Estas actividades incluyeron la observación y el registro continuo del comportamiento de *C. acutus* en ambas temporadas (seca y lluviosa), marcaje de individuos, seguimiento con radio telemetría, censos diurnos y nocturnos dentro del canal de entrada de la planta de procesos y observaciones puntuales.

FIGURA 2. Mapa del canal de entrada de la planta de procesos, CGN, El Estor, Izabal.



1. Marcaje de individuos. La captura de cocodrilos subadultos y adultos se realizó usando dos métodos: a) trampa fija de metal con puerta corrediza y b) trampa de lazo. La trampa fija con una puerta corrediza (Fotografía 1) utilizó como carnada pollo o res. Esta fue colocada por 24 horas en varios puntos de la orilla del canal de entrada en la planta de procesos.

FOTOGRAFÍA 1. Trampa fija con puerta corrediza instalada en el canal de entrada.

FOTOGRAFÍA 2. Trampa de lazo cebada con pollo atada a un árbol a la orilla del canal de entrada.

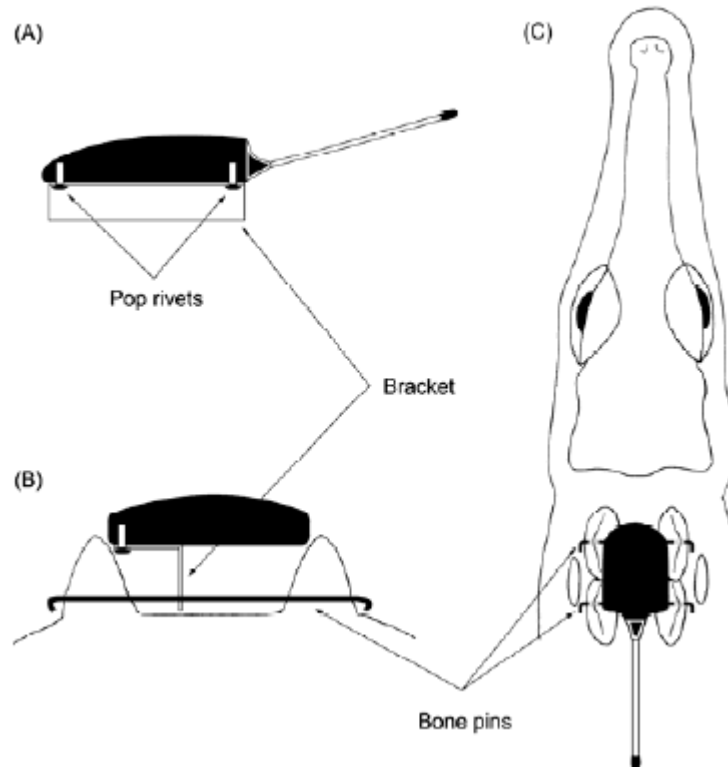


Fotografía: Trampa corrediza

Fotografía: Trampa de lazo

La trampa de lazo (Fotografía 2) utiliza pollo como carnada y se realizaba un nudo corredizo a manera que este se cierre cuando el cocodrilo tome la carnada sin sufrir daño alguno. El otro extremo del lazo se amarraba fuertemente a un soporte bastante resistente (pero flexible). La trampa fue colocada por 4 horas en varios puntos del canal y se revisó periódicamente.

Durante las noches de captura se colocó 1 trampa flotante y entre 6 a 8 trampas de lazo, con el fin de maximizar el esfuerzo de captura. Al momento de la captura los individuos fueron inmovilizados, atando con soga el hocico y sus patas traseras. Posteriormente se llenó una boleta de datos de captura (Anexo II) y se le colocó al cocodrilo el radio transmisor. Éste se le colocó empleando el método publicado por (Key 2004); el cual ha sido el más utilizado y el más efectivo. El procedimiento que se siguió para el marcaje de los individuos y la implementación del radio transmisor se presenta en el Anexo I en forma de guía.

FIGURA 3. Ubicación del radiotransmisor.

(Modificado de Key 2004)

2. Ámbito de hogar y densidad poblacional. Para determinar la densidad poblacional se empleó el método de Messel *et al.* (1981) el cual consistió en realizar conteos nocturnos y diurnos de cocodrilos en un transecto lineal de 1 km de largo aproximadamente, realizados a pie, en donde los datos se registraron por medio de una boleta específica para esta actividad (Anexo III). El método asume que los ejemplares observados representan la fracción visible de la población, ya que existe cierto número de individuos que no fue posible observar debido a que se sumergieron antes de que el haz de luz hiciera contacto con sus ojos, o no se encontraban dentro del área de recorrido del transecto, o porque se ocultaron entre la vegetación (Schubert y Méndez 2000; Escobedo-Galván 2003). Estos censos se realizaron a las 9 AM y a las 9 PM en su mayoría.

El establecimiento de patrones de movimiento y preferencia de hábitat de *C. acutus*, se realizó por medio del uso de telemetría en siete cocodrilos (Cuadro 1). La información se registró en la boleta de datos respectiva (Anexo III).

CUADRO 1. Individuos de *C. acutus* marcados y monitoreados durante el estudio.

Individuo	Sexo	Frecuencia asignada	Tamaño	Sitio de captura	Técnica de Captura	Fecha de captura
Aracely	♀	150.522	2.97 m	Canal de entrada	Lazo	27/06/2009
Matilde	♀	150.562	3.12 m	Canal de entrada	Lazo	09/07/2009
Lorena	♀	150.502	2.18m	Canal de entrada	Lazo	10/07/2009
Elvira	♀	150.582	2.65 m	Canal de entrada	Lazo	10/07/2009
Rax Nim	♂	150.462	3.31 m	Canal de entrada	Trampa	17/07/2009
Tuerta	♀	150.441	2.65 m	Canal de entrada	Lazo	17/07/2009
Brenda	♀	150.622	3.02 m	Canal de entrada	Lazo	12/07/2009
*Gaby	♀	150.661	2.61 m	Canal de entrada	Lazo	19/07/2009

*Hembra de la cual que sólo se obtuvieron datos de captura luego no fue posible relocalizarla.

El estudio de radio telemetría se efectuó desde junio hasta diciembre del 2009. La búsqueda de los individuos con transmisor la realicé una vez por semana durante los 7 meses de estudio (el horario fue de 7:00 a 16:00 horas). El monitoreo lo realicé de forma continua a partir del canal de entrada de la planta de procesos hacia la desembocadura del río Polochic. El recorrido duró aproximadamente unas 6 horas a una velocidad de 5 km/h, con un motor fuera de borda (Yamaha 9.8 Enduro).

Al relocalizar cada individuo se marcó su ubicación exacta con un GPS Magellan 2000. Así mismo se realizaron observaciones del área circundante en donde busqué flora característica del área llenando una boleta con los datos respectivos (Anexo III).

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa ABODE el cual es una extensión del programa ArcGIS 9.2, en donde a partir de éste, se estableció el ámbito de hogar tanto individual como total. Los parámetros que utilicé para el contorno de densidad del programa incluyeron un mínimo de 15 relocalización para cada individuo, cada una independiente y excluyente una de otra. En el programa utiliza una resolución de gradillas de 300, se amplió el método corregido de Kernel para obtener una mayor

precisión con los resultados (MELP 1998). Se realizaron contornos de densidad de uso con contornos volumétricos de 0.95 para el ámbito de hogar y de 0.25 para su núcleo central. Para los mapas elaborados, rutas, relocalizaciones y ámbitos de hogar para cada individuo utilicé el programa ArcGis 9.2.

3. Comportamiento reproductivo y sitios de anidación. Para determinar la disponibilidad de sitios de anidación para *C. acutus* realicé búsquedas de sitios con elevaciones de más de metro y medio sobre el nivel del afluyente o río, tanto dentro de la RNP Setal, como en el Río Oscuro, desembocadura del Río Polochic y sus afluentes cercanos (Dix 2007). Las áreas determinadas como potenciales sitios de anidación fueron marcadas y monitoreadas en temporada de eclosión. Estas fueron pre-evaluadas para registrar número de nidos y obtener un aproximado del número de huevos por nido así como también del comportamiento de las hembras en la época reproductiva. Esto se marcó en la boleta de datos respectiva (Anexo III) misma boleta de monitoreo de nidos. El chequeo de nidos lo realicé en la época de anidación tres veces por semana.

Como complemento a las actividades de búsqueda de sitios y chequeo de nidos, se utilizaron cuatro cámaras de sensor remoto ubicadas en cuatro distintos puntos. Fueron revisadas con un intervalo de ocho días hasta la eclosión de los huevos. El uso de esta herramienta me permitió tener una mejor visión del comportamiento de anidación del cocodrilo dentro del canal de entrada. Las fotografías se utilizaron para poder identificar nuevos sitios de anidación y para el conteo de nidos y no tener replicas a la hora del conteo de nidos.

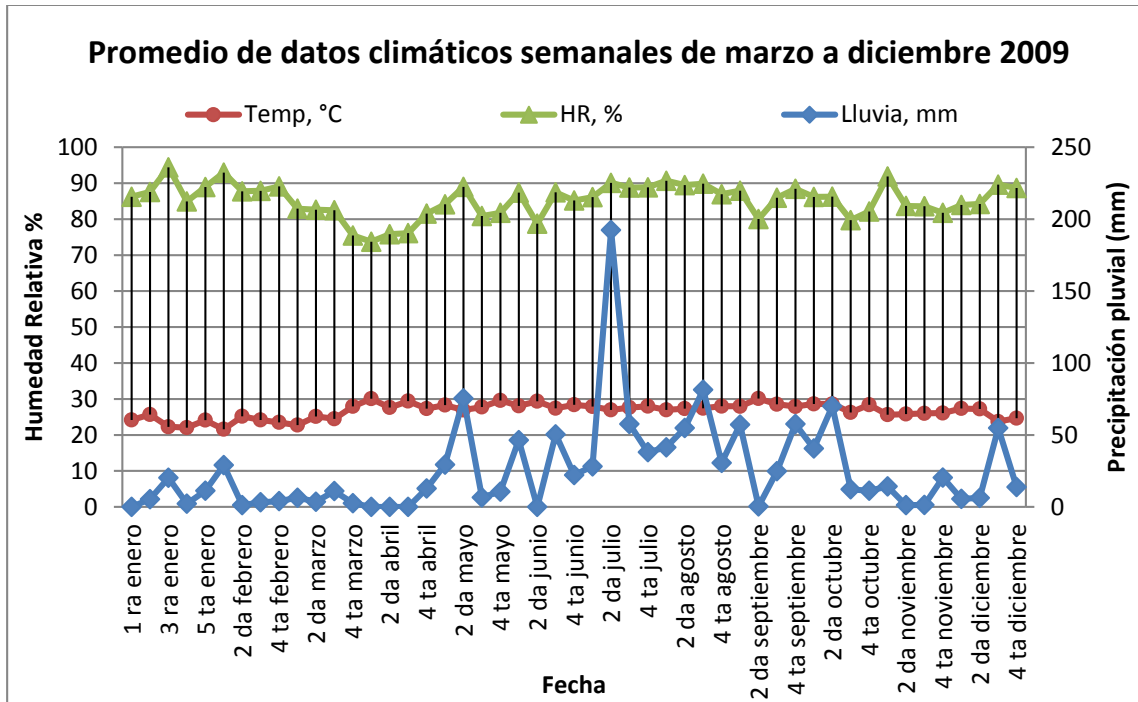
4. Análisis estadístico. Para determinar la significancia de la primera hipótesis realicé un ANOVA de un factor en SPSS versión 19.0 (r), con una significancia de 0.05. Realicé una comparación múltiple entre los meses de monitoreo con un análisis Post-Hoc de Tukey, con nivel de significancia 0.05. Para comprobar el grado de significancia de la segunda hipótesis se realizó un ANOVA de dos factores con una significancia de 0.05.

IV. RESULTADOS

A. Definición de temporadas seca y lluviosa

En El Estor Izabal, llueve todo el año (Figura 4); sin embargo, durante 2009 existió un aumento en la precipitación entre mayo a septiembre, con un pico máximo durante julio. Los meses de mayor calor comienzan a finales de marzo y se mantuvieron a lo largo del año hasta finales de octubre (Figura 4). Así mismo, la humedad relativa se mantuvo por encima del 70%, teniendo su punto más bajo al final de la temporada seca, ya que es cuando se registraron las temperaturas más altas y la menor precipitación pluvial

FIGURA 4. Promedio de datos climáticos de enero a diciembre 2009 (estación meteorológica CGN).

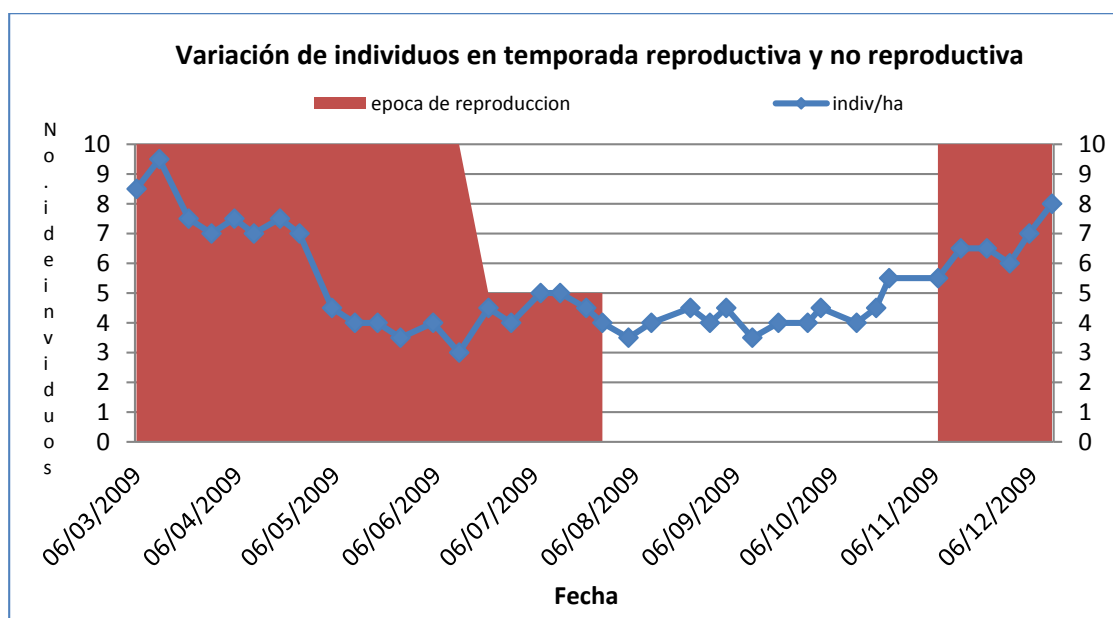


La humedad se mantuvo por arriba del 85% a partir de la segunda semana de junio (meses en que llueve con mayor frecuencia). La lluvia presentó sus valores máximos a partir de la segunda semana de mayo hasta principios de octubre, en el resto de meses del año la precipitación fue menor a los 20 mm.

B. Ámbito de hogar y densidad poblacional

1. Densidad poblacional. De acuerdo con la metodología de Messell (Messell 1988), la densidad poblacional promedio de *C. acutus* dentro del canal de entrada durante marzo a diciembre fue de 5 ind/ha. La densidad máxima reportada fue de 9 ind/ha en marzo (época de reproducción) y la densidad mínima de 3 ind/ha se reportó de agosto a octubre (época no reproductiva) (Figura 5).

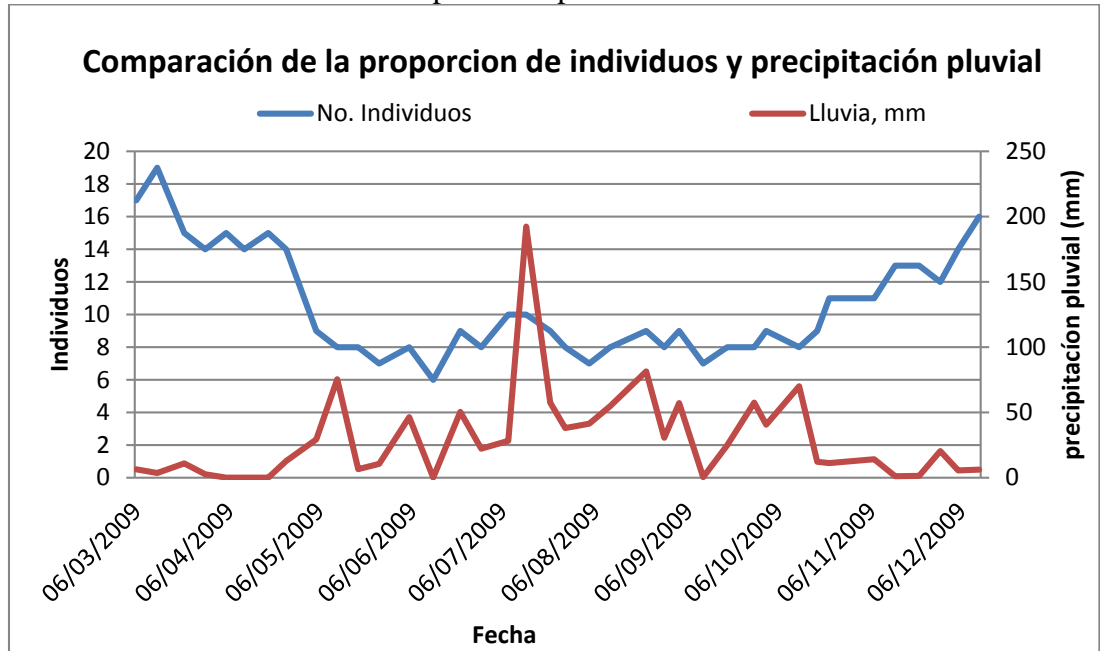
FIGURA 5. Variación del número de cocodrilos dentro del canal de entrada de la planta de procesos, en temporada reproductiva y no reproductiva, utilizando el método de Messell *et al.* (1988).



En la Figura 5, se muestra que la cantidad de cocodrilos baja previo a la eclosión de los huevos (que sucede en mayo). Pero es un dato que aún no ha sido confirmado, ya que, por los hábitos pocos conspicuos del animal, en el transcurso del año es muy difícil observar todo su comportamiento. Se observa igualmente, que al concluir la época de reproducción (finales de mayo principios de junio), la cantidad de cocodrilos por hectárea disminuye.

Al evaluar la densidad poblacional en función de las épocas (seca y lluviosa), se observa que la época seca (octubre-abril) coincide con la mayor cantidad de individuos por hectárea dentro del canal de entrada (Figura 6). Esto se debe a que la época seca coincide con la época de reproducción de *C. acutus* (cortejo, apareamiento y anidación).

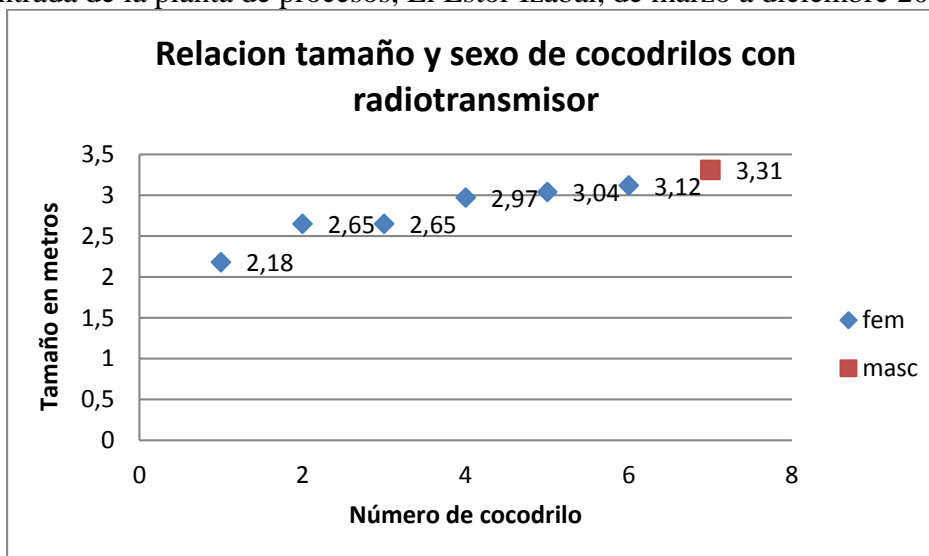
FIGURA 6. Cantidad de individuos vs precipitación dentro del canal de entrada de la planta de procesos.



Así mismo, en la Figura 6 muestra que la población de cocodrilos dentro del canal de entrada aumenta considerablemente al inicio de la temporada de reproducción (noviembre - época seca) de *C. acutus* y decae considerablemente a finales de mayo, donde se da inicio a las primeras eclosiones de los nidos. Por esto, se infiere que las eclosiones están relacionadas con las primeras lluvias del año y final de la temporada seca.

2. Ámbito de hogar. Los resultados referentes a este tema provienen de los especímenes que fueron capturados y colocado un radio transmisor. En la Figura 7 se puede observar que la mayoría de cocodrilos capturados y monitoreados fueron hembras (todos a excepción de uno); el macho fue el más grande (3.4 m de largo). La relación de tamaño y sexo se hizo en base al largo total de los individuos capturados. Se observó un dimorfismo entre machos y hembras, coincidiendo con la literatura respectiva a esta especie.

FIGURA 7. Relación tamaño y sexo, entre individuos capturados dentro del canal de entrada de la planta de procesos, El Estor Izabal, de marzo a diciembre 2009.



Las descripciones específicas de los especímenes capturados y monitoreados se incluyen en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Resumen de estadísticas para los seis individuos de *C. acutus* adultos utilizando radio telemetría de junio 2009 a enero 2010.

Cocodrilo No.	150.522♀	150.562♀	150.462♂	150.441♀	150.502♀	150.582♀
Fecha de Captura	27/06/2009	09/07/2009	26/07/2009	17/07/2009	10/07/2009	10/07/2009
Largo total (m)	2.97	3.12	3.31	2.65	2.18	2.65
Peso aproximado (lb)	340	380	580	240	180	320
Intervalo de estudio (días)	276	264	247	256	263	263
Número total de relocalizaciones (n)	13	15	17	15	15	16
Número máximo de km recorrido por día (km/d)	14.1	7.2	4.3	6.4	3.2	5.3
MTR (km)	25.7	13.5	1	3.5	3.2	15.7
*Ámbito de Hogar (ha)	2234	1437	41	54	1418	43

MTR movimiento en temporada reproductiva

* corregido

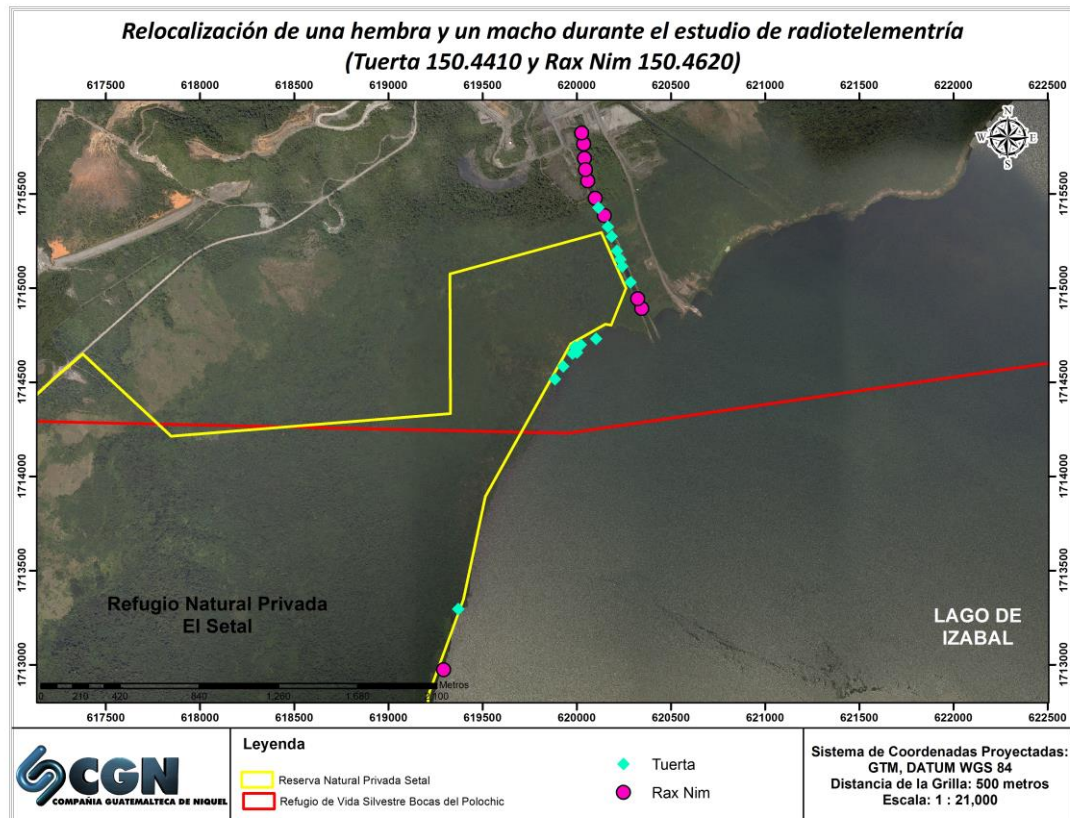
Con respecto al ámbito de hogar, los cocodrilos con radiotransmisores mostraron distintos patrones de movimiento (Figuras 8 y 9). Los patrones observados confirmaron migraciones temporales y uso intensivo del canal de entrada durante la temporada de reproducción. Las migraciones y los desplazamientos más largos ocurren durante noviembre a enero (migraciones reproductivas), representada en el Cuadro 2 como MTR

(movimiento en temporada reproductiva). El MTR lo calculé con base a los puntos más lejanos donde se ubicó el cocodrilo y el área núcleo central de cada individuo.

<p>FOTOGRAFÍA 3. Hembra identificada con la frecuencia 150.5220 (Aracely).</p>	<p>FOTOGRAFÍA 4. Hembra identificada con la frecuencia 150.5620 (Matilde).</p>
	
<p>Fotografía: M. Maldonado</p>	<p>Fotografía: J. Rivers</p>

Como se observa en el Cuadro 2, la hembra 150.5220 mostro el mayor MTR en un día, fue de 14.1 km/d, seguido de la hembra 150.5620 con un recorrido de 7.2 km/d. Por otro lado, la hembra 150.6610, no se incluyó dentro del estudio, ya que posterior a su marcaje, ésta ya no fue localizada. Esto podría deberse a la cacería, mala colocación del radio o producto del estrés de la captura (Seymour *et al* 1987; Rooney and Guilette 2000; Jessop *et al.* 2003). Todos los individuos dentro del estudio tuvieron un mínimo de tamaño de 2 m ya que según Casas (2003) se pueden considerar como cocodrilos adultos. Como se observa en el Cuadro 2, sólo se logró capturar un macho para el estudio, punto que se discute más adelante.

FIGURA 8. Área recorrida por una hembra y un macho durante el estudio (Tuerta 150.4410 y Rax Nim 150.4620).



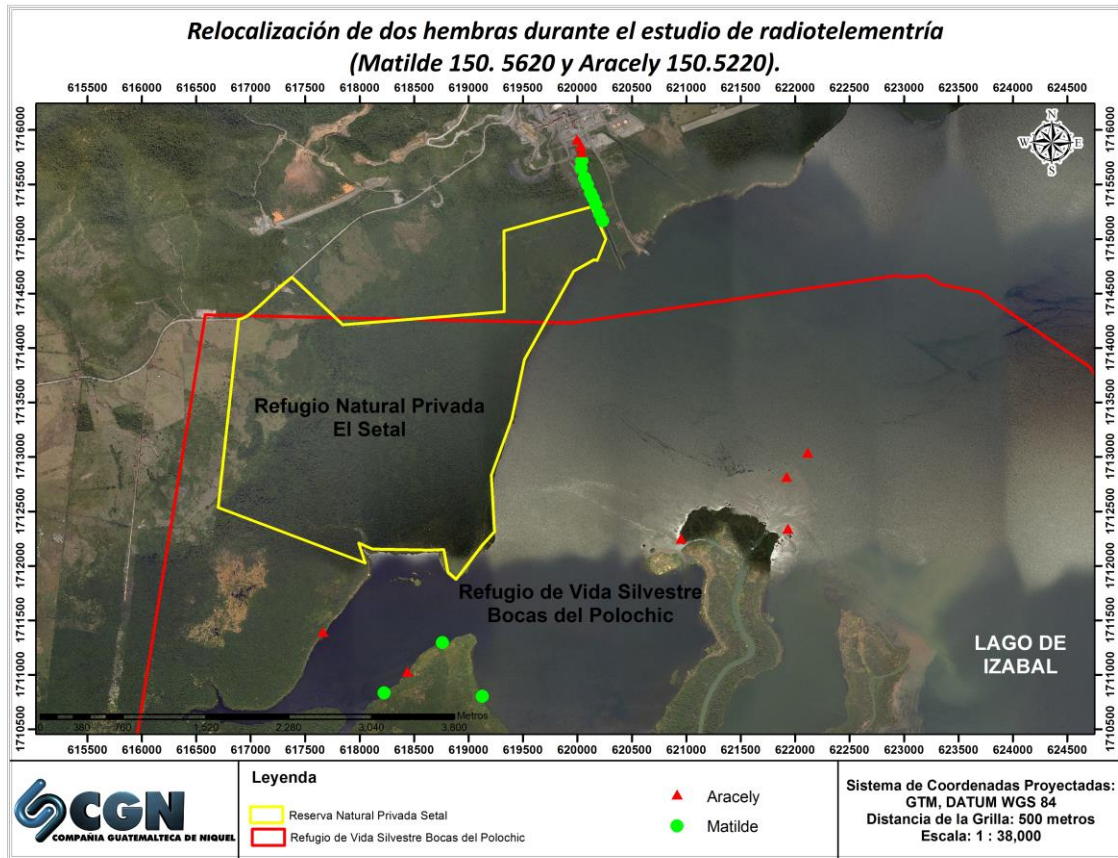
La hembra 150.5620 (Matilde) no presentó movimientos constantes, detectándola fuera del canal por períodos cortos. Desde luego, durante la relocalización (puntual) realizada de octubre a marzo, ésta no tuvo movimiento alguno fuera del canal. Las relocalizaciones correspondientes a esta hembra fueron asociadas muy cerca de su sitio de captura y posteriormente se pudo asociar a un grupo de nidos (Nido 17), que se estudiaron durante esta temporada de reproducción (Cuadro No.2).

FOTOGRAFÍA 5. La hembra 150.4410 (Tuerta) le hacia falta parte de la mandíbula inferior.	FOTOGRAFÍA 6. Se observa la falta del ojo derecho en esta hembra identificada como Tuerta.
	
<i>Fotografía: A. Suárez.</i>	<i>Fotografía: A. Suárez.</i>

La frecuencia 150.4410 fue también asignada a una hembra la cual presentó constantes movimientos dentro del área La Zapotonera (nombre local para este sitio), recorriendo una distancia de 6.4 km por la orilla de lago. Dicho recorrido está cubierto por ninfa de agua y zapotón (*Pachira aquatica*) en su mayoría. Esta hembra fue la que tuvo el mayor constancia y dinamismo en cuanto su movimiento; se registró frecuentemente entrando y saliendo del canal.

En cuanto al único macho capturado durante el período de estudio (150.4620), no presentó ningún movimiento hacia la desembocadura del Polochic. Durante el tiempo que se estudió a la población de *C. acutus* dentro del canal, observé que este macho realizaba viajes muy cortos fuera del canal. Dentro del canal también se registró visualmente otro macho conocido por los trabajadores de la planta como “Juancho”. Este macho, por el tamaño, se pudo observar que es un macho viejo y dominante.

FIGURA 9. Área de recolonización para dos hembras durante el estudio (Lorena 150.5820 y Aracely 150.5220).



La hembra 150.5820 pasó la mayoría del tiempo en una zona conocida como Boca-ancha (Bocas del Polochic) donde la cantidad de ninfa de agua, y el tupido dosel copa de los árboles, tal vez sotobosque hacían que el sitio fuera poco accesible para el monitoreo y confirmación de la relocalización visualmente (Figura 8). Pero, a pesar de estas dificultades, se podía relocalizar al animal dentro de un radio de 10 m. A su vez, se pudo observar que ésta tuvo pocos movimientos dentro de esta área, todas las relocalizaciones correspondientes a ella, fueron en esta área específica. Se encontraron desplazamientos más largos a lo largo de la temporada de reproducción hasta 5.3 km.

<p>FOTOGRAFÍA 7. Se observa cómo se coloca el radio transmisor a la hembra identificada con el 150.5820 (Elvira).</p>	<p>FOTOGRAFÍA 8. Se puede ver el único macho capturado dentro del estudio 150.4620 antes de su liberación (Rax Nim).</p>
 <p><i>Fotografía: A. Suárez.</i></p>	 <p><i>Fotografía: A. Suárez.</i></p>

La hembra 150.5220 presentó constantes movimientos, lo cual fue detectado por la cantidad de salidas fuera del canal (por lo menos 15 días al mes), desde la desembocadura del Río Polochic hacia el canal de entrada de la planta de procesos.

La frecuencia 150.5020 también fue asignada a una hembra, y la particularidad de ésta fue que presentó un tamaño menor en comparación al resto de los individuos dentro del estudio y, a la vez fue la de menor desplazamiento a lo largo del estudio. Durante los meses de julio a enero se encontró en el sitio donde se ubica el muelle de la planta de procesos. Se observaron cambios en sus patrones de movimiento durante la temporada de reproducción (detectándose dentro del canal).

FIGURA 10. Recorridos en lancha durante el estudio de radio telemetría y búsqueda de sitios de anidación.



C. Comportamiento reproductivo y sitios de anidación

1. Anidación. Durante el estudio observé que la temporada de anidación inicia a mediados de febrero y se extiende a principios de abril, lo anterior concuerdan con a la literatura. Esta temporada inicia cuando los cocodrilos comienzan a rascar y a buscar sitios de anidación a lo largo del canal (principios de febrero; época seca y precipitación pluvial casi nula, Figura 4) y finaliza las primeras semanas de abril (final de la temporada seca) cuando dejan ovopositar (fotografías 9 y 10) y sólo se dedican a cuidar los nidos. Este comportamiento continuó en temporada de reproducción para los cocodrilos que habitan y anidan en el canal de entrada de la planta de procesos.



Inicialmente, 16 fueron los nidos detectados (previos a la eclosión de los huevos). Dicho número aumentó durante la época de eclosión, registrándose un total de 28 nidos dentro del canal de entrada de la planta de procesos para la temporada de anidación 2009 (Cuadro 3). Otro nido fue detectado en el canal de salida y uno más en la finca privada “Las Dantas”. Estos sólo se mencionan como otros sitios en donde se encontraron nidos, pero no se tomaron en cuenta para el estudio.

Se observaron comportamientos de hembras con mayor tamaño (hembras adultas y con mayor edad) agrediendo y expulsando a las más pequeñas de los mejores sitios de anidación (complejos de nidos 16 y 17). Como se pudo ver en las fotografías 9 y 10, estas son hembras de un tamaño mayor a los 3 m. Esto se pudo corroborar (hembras de mayor tamaño con mejores sitios de anidación) con la captura de una hembra de menor tamaño al asociarla con un nido fuera de este complejo. A esta hembra (Tuerta) se le vio involucrada en una pelea cerca de los nidos 16 y 17, más adelante, como se mencionó se le vio cuidando un nido lejos de este complejo (nido 29) en la parte más afuera del canal (Figura 11).

FIGURA 11. Localización de sitios de anidación de *C. acutus* dentro del canal de entrada de la planta de Procesos CGN, El Estor, Izabal.



Previo a la época de anidación, se pudo observar dentro y en las cercanías del canal de entrada, cortejos por parte del macho dominante hacia las hembras. El macho comienza con su despliegue de tamaño, resopla en el agua haciéndose notar entre todos los demás cocodrilos. La hembras interesadas se van a ir acercando a él durante este tiempo, al final la hembra va a mostrar una posición sumisa dejando que así el macho suba encima de ella, ocurriendo la cópula debajo del agua (fotografía 11 y 12).



Con respecto a las características de los nidos, se observó que fueron situados a una distancia mínima del agua de 2.3 m. y una máxima de 7 m. Así mismo, la profundidad de estos varió entre 38 a 70 cm (Cuadro 3), siendo más profundos los que estaban cercanos al agua. El 96% de los nidos encontrados al final de la temporada de eclosión estaban situados dentro de los primeros 400 metros del canal de entrada de la planta de procesos (Figuras 3 y 11), (largo total del canal 1 km).

CUADRO 3. Nidos identificados en el canal de entrada de la planta de procesos durante la temporada de anidamientos del 2009. Se incluye descripción de características. El dato del nido “B” corresponde a un único nido localizado en el canal de salida de la planta de procesos.

Número de Nido	Distancia tierra -agua (metros)	Profundidad (cm)	Cantidad de huevos por nido	Fecha en que fueron puestos los huevos
No. 2	5.30	58	-	No hay datos
No. 4	3.84	48	-	No hay datos
No. 5	3.3	53	47	07-mar-09
No. 8	2.6	57	-	No hay datos
No. 9	2.3	70	30	No hay datos
No. 10	2.47	56	-	No hay datos
No. 11	2.9	48	-	04-abr-09
No. 13	2.5	49	-	No hay datos
No. 15	2.4	52	35	No hay datos
No. 16-1	7	64	42	16-mar-09
No. 16-2	6.5	42	45	No hay datos

Continuación CUADRO 3.

Número de Nido	Distancia tierra -agua (metros)	Profundidad (cm)	Cantidad de huevos por nido	Fecha en que fueron puestos los huevos
No. 16-3	4.33	44	38	No hay datos
No. 16-4	4.27	47	48	No hay datos
No. 17 -1	6.3	48	60	16-mar-09
No. 17-2	5.6	38	33	17-mar-09
No. 17 -3	7.3	49	42	16-mar-09
No. 17-4	6.17	53	39	16-mar-09
No. 17-5	6.74	59	34	16-mar-09
No. 17-6	6.2	42	41	No hay datos
No. 17 -7	5.19	43	40	No hay datos
No. 17-8	5.7	44	-	No hay datos
No. 17-9	6.37	47	42	No hay datos
No. 17-10	5.88	58	-	No hay datos
No. 18	4.84	39	-	No hay datos
No. 19	6.33	53	25	No hay datos
No. 20	5.18	59	-	No hay datos
No. 29	4.04	58	30	No hay datos
No. 1.2	3.02	45	-	No hay datos
No. B	3.45	54	-	No hay datos
Promedio	4.74	50.93	39.47	

Durante las búsquedas sistemáticas en el canal de entrada para nidos, pude observar cómo ciertas hembras están pendientes al cuidado del nido, ya que al acercarse una persona al nido, ésta no se le alejaba y al observar una fuerte la amenaza (personas, carros, otros cocodrilos) ésta lo defendía.

FOTOGRAFÍA 13. Nido 16, gran cantidad de huevos y crías de *C. acutus*.



Fotografía: A. Suárez

FOTOGRAFÍA 14. Conteos de huevos luego de la eclosión por parte del personal de CGN.



Fotografía: A. Suárez

Durante los censos realizados se pudo observar cómo ciertas hembras cuidaban de las crías luego de que éstas ya han salido del huevo (Fotografía 9).

FOTOGRAFÍA 15. Se observa cómo una hembra cuida a sus crías. Hembra identificada con la frecuencia 150.5620 (Matilde).



Fotografía: A. Suárez

Para complementar el estudio durante la época de reproducción y eclosión realicé visitas a otros sitios durante las últimas dos semanas del mes de marzo y la primera del mes de abril de 2009. En total realicé 8 visitas en lancha a posibles sitios de anidación del cocodrilo (fuera del canal de entrada y dentro del área de estudio).

Los sitios visitados y propuestos por los comunitarios fueron: Río Oscuro Ensenada Lagartos y todos sus afluentes, playas aledañas a Finca Paraíso y ríos cercanos. A su vez se remontó el Río Sauce en su parte navegable haciendo énfasis en revisar zonas que tuvieran características de nidos y también se recorrieron otras zonas por varias orillas del lago que pudieran tener las características necesarias (altura sobre el nivel del agua, permeabilidad del suelo, áreas poco accesibles a depredadores, entre otras) para proveer un sitio óptimo para el anidamiento de *C. acutus*. En dichos sitios no se encontraron rastros de nidos, huevos o cascarones vacíos que indicaran la presencia de estos organismos, por lo que se descartaron estos posibles sitios de anidación para el estudio.

D. Evaluación estadística de hipótesis.

Para la primera hipótesis se obtuvo que sí existe diferencia significativa en las densidades poblaciones en época seca y lluviosa ($p < 0.05$). Las comparaciones múltiples (Cuadro 4) indican entre qué meses existe diferencia significativa ($p < 0.05$) y entre cuales no ($p > 0.05$). No fue posible corroborar la hipótesis de la diferencia de ámbito de hogar entre machos y hembras, debido a que se obtuvo el dato únicamente de un macho. Esto podría llevar a un resultado erróneo (falso positivo o falso negativo), ya que no es posible obtener una media a partir de un solo valor. Además, este único valor no puede ser tomado como la media de un grupo.

CUADRO 4. Comparación múltiple entre los meses de monitoreo con un análisis Post-Hoc de Tukey.

Mes (i)	Mes (J)	Sig.
Marzo	Abril	0.194
	Mayo	0.000
	Junio	0.000
	Julio	0.000
	Agosto	0.000
	Septiembre	0.000
	Octubre	0.000
	Noviembre	0.000
	Diciembre	0.747
Abril	Marzo	0.194
	Mayo	0.000
	Junio	0.000
	Julio	0.000
	Agosto	0.000
	Septiembre	0.000
	Octubre	0.000
	Noviembre	0.368
	Diciembre	1.000
Mayo	Marzo	0.000
	Abril	0.000
	Junio	1.000
	Julio	0.860
	Agosto	1.000
	Septiembre	1.000
	Octubre	0.860
	Noviembre	0.000
	Diciembre	0.000

Junio	Marzo	0.000
	Abril	0.000
	Mayo	1.000
	Julio	0.673
	Agosto	1.000
	Septiembre	1.000
	Octubre	0.673
	Noviembre	0.000
	Diciembre	0.000
Julio	Marzo	0.000
	Abril	0.000
	Mayo	0.860
	Junio	0.673
	Agosto	0.860
	Septiembre	0.860
	Octubre	1.000
	Noviembre	0.026
	Diciembre	0.000
Agosto	Marzo	0.000
	Abril	0.000
	Mayo	1.000
	Junio	1.000
	Julio	0.860
	Septiembre	1.000
	Octubre	0.860
	Noviembre	0.000
	Diciembre	0.000

Continuación CUADRO 4.

Septiembre	Marzo	0.000
	Abril	0.000
	Mayo	1.000
	Junio	1.000
	Julio	0.860
	Agosto	1.000
	Octubre	0.860
	Noviembre	0.000
	Diciembre	0.000
Octubre	Marzo	0.000
	Abril	0.000
	Mayo	0.860
	Junio	0.673
	Julio	1.000
	Agosto	0.860
	Septiembre	0.860
	Noviembre	0.026
	Diciembre	0.000

Noviembre	Marzo	0.000
	Abril	0.368
	Mayo	0.000
	Junio	0.000
	Julio	0.026
	Agosto	0.000
	Septiembre	0.000
	Octubre	0.026
	Noviembre	0.191
Diciembre	Marzo	0.747
	Abril	1.000
	Mayo	0.000
	Junio	0.000
	Julio	0.000
	Agosto	0.000
	Septiembre	0.000
	Octubre	0.000
	Noviembre	0.191

V. DISCUSIÓN

A. Densidad poblacional dentro del canal.

A lo largo del estudio se pudo registrar parte de la dinámica de la población y sus variaciones dentro del canal de entrada. La densidad poblacional de *C. acutus* fluctuó entre marzo y diciembre de 9.5 ind/ ha a 3 ind/ha (Figura 4), mostrando la mayor cantidad de individuos por hectárea entre diciembre y abril. La densidad poblacional promedio de cocodrilos para la temporada seca fue de 7 ind/ha y en la época lluviosa el promedio de cocodrilos dentro del canal fue de 4 ind/ha. Estos cambios en la densidad poblacional están sujetos a un factor muy importante, el ciclo reproductivo de la especie, puesto que el canal de entrada (sitio de estudio) es utilizado intensivamente por la especie durante esa época.

Dentro del canal, existe una población residente de cocodrilos; sin embargo, algunos migran, entrando en el canal a finales de octubre y sigue en aumento hasta finales de marzo. De acuerdo con los resultados obtenidos (Figura 5 y 6), la mayoría de individuos dentro del canal son hembras, lo cual está íntimamente ligado a que el canal es utilizado como sitio de reproducción. Durante el estudio comprobé la presencia de dos machos adultos dentro del canal. El macho permanecería toda la época de apareamiento y tratará de aparearse con la mayor cantidad de hembras; está de acuerdo con lo reportado en literatura.

Obviamente, el canal de entrada, en esta época, es muy importante en el ciclo de vida de la especie, ya que éste provee condiciones para la anidación y desarrollo de los huevos. Estas condiciones se pueden traducir en disponibilidad de sitios de anidación, pendientes elevadas (las cuales son importantes si sube el nivel del canal) suelo rocoso y arenoso (permite la incubación óptima de los huevos, dejando así la humedad exacta para el desarrollo del embrión), ya que en los alrededores no se encontró ningún otro sitio con condiciones similares a las del canal de entrada.

B. Temporada reproductiva y no reproductiva

La temporada reproductiva de *C. acutus* comienza al finalizar las lluvias (Figura 4), ya que el nivel del agua comienza a disminuir dentro del canal, dejando así al descubierto áreas que por las lluvias se inundan. Estas áreas son las que los cocodrilos utilizan para anidar cuando el nivel del agua está en su punto más bajo.

En la Figura 4, se puede observar que la precipitación pluvial está en su punto más bajo entre el principio de febrero y finales de abril; esto coincide con la puesta de huevos dentro del canal. Los cocodrilos utilizan estos meses como incubación de los huevos ya que es poco probable que el nivel del agua suba lo suficiente como para inundar el nido y que mueran todos los embriones. La variable más importante para esta época es que el canal presente condiciones óptimas (Figura 4) para la reproducción de cocodrilos, las cuales son: abundancia de machos y sitios de anidación que cumplen las exigencias de las hembras para tener un nido exitoso.

La época no reproductiva de *C. acutus* coincide justo con la época lluviosa (mayo a octubre). Al comenzar las lluvias, el nivel del agua va a comenzar a subir y llenar los espacios que habían quedado vacíos por el descenso del agua en los meses de época seca. Al eclosionar los cocodrilos, se van a encontrar con gran abundancia (Figura 4) de alimento, ya que muchas plantas florecen y fructifican, atrayendo así a grandes cantidades de animales que se alimentan de ellas y estos a su vez son comida de los depredadores que están en los estratos más elevados de la cadena alimenticia en esta parte del lago.

C. Sitios de anidación.

Un comportamiento observado fue la pelea entre hembras por el dominio de los mejores sitios de anidación. Pude observar que las hembras con mayor tamaño (por ende edad) son las que ocupan los mejores sitios de anidación a lo largo de canal de entrada. Estos sitios tienen ciertas características que los hacen únicos y mejores que otros. Por lo general observé que las hembras más grandes tienen los sitios más alejados del agua (Cuadro 3: conjuntos de nidos 16 y 17). Esto pude observar y comprobar a lo largo del

estudio (fotografía 9 y 10). Así mismo, pude asociar hembras pequeñas con nidos más cercanos al agua (hembra 150.441 al nido No 5). Durante el estudio pude contabilizar 29 nidos al final de la temporada de eclosión. Esta cantidad de nidos supera al promedio de cocodrilos avistados en un día (9.5 ind/ha). Lo anterior se puede deber a: más número de hembras que no pudieron ser detectadas durante el estudio o que cada cocodrilo construya más de un nido para ovipositar.

A lo largo del estudio durante la temporada de anidación y eclosión pude observar varias características de los nidos. Una característica sobresaliente fue la distancia entre el nido y el agua; pude observar que la mayoría de nidos se encontraron más lejos de agua (Cuadro 3) a una distancia promedio de 4.74 m. Esta característica los hace menos vulnerables a la crecida repentina del agua dentro del canal.

Otra característica importante de los sitios de anidación fue la profundidad promedio a la que se encontraron los nidos (50.93 cm). Esto es esencial para una incubación óptima de los huevos ya que éstos tienen que mantener una temperatura constante y con pocas fluctuaciones para poder producir un embrión viable y saludable a la hora de eclosionar. El terreno donde se encontraron los nidos fue determinante (fotografías 9, 10, 13 y 14) ya que el suelo estaba compuesto por rocas grandes y grava, cosa que no se encuentra en otros sitios cerca del delta del Polochic. Esta grava es producto del trabajo de construcción del canal de entrada en los años 70. También se pudo observar (Figura 11) que la gran mayoría de nidos están dentro de los primeros 400 metros del canal, más distales del lago de Izabal (que presentan las condiciones descritas anteriormente); luego de estos 400 m, el sustrato ya cambia de grava a un suelo más natural del área pantanos y con muchas raíces, dificultando así la puesta de nidos tanto por el acceso y por lo húmedo que es este suelo.

1. Anidación y cuidado de nidos. En el sitio de estudio, durante la época de reproducción, se pueden ver hembras asociadas a sus respectivos nidos, observándose comportamiento de “defensa de nido”. El comportamiento de la mayoría de las hembras fue el mismo a lo largo de la incubación y ovoposición (la hembra no se alejó del nido por períodos largos de tiempo). Una hembra en particular exhibió un tipo de comportamiento distinto al mencionado anterior. Esta hembra (150.6220) no se alejó del nido en ningún

momento, todas las veces que observé este nido, la hembra se encontraba a no más de 2 m de distancia. Así mismo, observé que las hembras, durante la ovoposición, pueden llegar a sacar los huevos de otras para poner los suyos (esto pudo ser debido a que el área para anidar es muy pequeña y la competencia por esta es muy grande). En varias oportunidades observé que nidos que habían sido puestos recientemente eran escarbados y posteriormente llenados con más huevos y vueltos a cubrir. Esto puede deberse a que algún factor estresante llevaba a la hembra a dejar el nido durante la ovoposición y esta regresaba al tiempo al mismo nido a terminar de ovopositar y cubrirlo. Esto en muchas ocasiones dificultó el recuento de nidos y de huevos por nido.

Una observación importante, en cuanto a la ovoposición, fue que una hembra puede retener la ovoposición y proseguir con ella en un período corto de tiempo. Esto fue cuando observé a una hembra que estaba ovopositando (complejo de nidos 16) y al escuchar el ruido de un carro ésta dejó el nido destapado y se dirigió a la seguridad del agua. Posteriormente, la hembra regresó al sitio donde estaba anidando, cubrió el nido y se dirigió hacia otro sitio cercano, donde cavó nuevamente y prosiguió con la ovoposición. No es claro si lo hacen por estrategia reproductiva o si es por estrés ocasionado por factores ajenos lo que está llevando a las hembras a depositar los huevos en distintos sitios. Para poder entender mejor estos patrones de comportamiento es necesario dedicar más estudios a esta especie en temporada reproductiva y, si se pierde esto o están cambiando sus patrones por estrés ocasionado por el hombre, puede llegar a desaparecer del lago. De las 7 hembras capturadas dentro del estudio con radio telemetría, logré asociar a 5 de ellas con nidos (71%); a las dos hembras restantes no se les pudo asociar directamente a ningún nido, aunque dentro de la temporada de reproducción y anidamiento se reportaran las siete dentro del canal.

Durante las distintas observaciones durante la temporada de reproducción se pudo observar comportamientos de defensa de nidos; esto consiste en que la hembra dominante va a resoplar e intimidar a la otra, no alejándose del nido en ningún momento.

D. Comportamiento reproductivo.

Durante la época reproductiva, las hembras presentan una alta actividad determinada dentro del canal de entrada (se observan frecuentemente dentro del canal, tanto de día como de noche), desde noviembre a febrero (Figura 5). Ahora bien, durante la época de eclosión, la actividad y los avistamientos disminuyeron paulatinamente. A mediados de la temporada de reproducción (finales de noviembre) se pudo observar el principio de los cortejos (fotografía 11 y 12). Estos cortejos fueron por parte del macho dominante hacia las hembras. El macho comienza con su despliegue de tamaño, resopla en el agua haciéndose notar entre todos los demás cocodrilos. Las hembras interesadas se acercan a él durante este tiempo, al final la hembra muestra una posición sumisa dejando que así él macho suba encima de ella, ocurriendo la cópula debajo del agua. El macho copula con todas las hembras que pueda durante un período determinado y permanecerá con ellas un tiempo determinado para proteger su progenie (Kushlan 1989).

Se pudo observar y comprobar en la siguiente época de reproducción que la mayoría de hembras que anidan en el canal de entrada no son residentes de éste. Eso por medio del uso de la telemetría, ya que con ésta se pudieron observar los patrones de movimiento de varias hembras. La mayoría de hembras sale del canal al eclosionar los huevos. Las hembras tienden a regresar a sus sitios de caza (Escobedo-Galván 2003); teniendo una representatividad del 40% de hembras marcadas que se mantuvieron dentro del canal a lo largo del estudio. La telemetría permitió determinar que los patrones de desplazamiento son mayores después y antes de la temporada de reproducción (Cuadro 2). Luego se mantienen en otros sitios (lejos de los sitios de anidamiento) y esperan el inicio de la época seca para retornar al canal de entrada (área muy importante para la anidación de esta especie). Luego al regresar al canal de entrada de la planta de procesos, estas hembras se mantuvieron dentro de él y salen por poco tiempo y su desplazamiento no es tan grande como el de la migración reproductiva.

1. Desplazamiento en temporada reproductiva (migraciones reproductivas).

Pude comprobar que los desplazamientos más largos y por mayor tiempo son migraciones

reproductivas (Cuadro 2) y consistentes con el inicio de la época seca (Figura 6). Para esto observé los patrones de actividad de tres de las hembras marcadas (150.5220, 150.5020, 150.5820), ya que a éstas se les pudo relocalizar en sitios alejados del canal (época lluviosa) y registrar sus movimientos en un área mucho más reducida al área recorrida para la época reproductiva. Observé que estas tres hembras, salieron del canal a finales de mayo y no volvieron regresar hasta mediados de noviembre (Figura 4). Durante la temporada no reproductiva pudiendo realizar relocalización de estas tres hembras dentro del refugio de vida silvestre Bocas del Polochic. Estos desplazamientos en temporada reproductiva pueden estar asociados a que éstas tienen sus cotos de caza y su zona núcleo en esta área y solo realizarán sus migraciones hacia el canal de entrada en época reproductiva ya que ésta es la única área con condiciones óptimas para anidar en esta parte del lago). El resto de hembras (150.441, 150.562) permanecieron dentro de las inmediaciones del canal a lo largo del estudio (no realizaron desplazamientos largos entre temporadas). El único macho capturado y monitoreado, no mostró desplazamientos fuera del canal, por lo que se le considera un animal residente en la zona. Esto puede deberse a que sea un macho que haya encontrado su nicho dentro de esta población; puesto que en otros estudios se ha demostrado que machos más pequeños son errantes y viajan grandes distancias en busca de un nicho que no esté ocupado por un macho dominante y reclamar éste como propio (Key 2004).

2. Eclosión y comportamiento post natal. En los nidos, en que tuve la oportunidad de observar la eclosión de los huevos, escuché el llamado (chillido) por parte de las crías y se observó la salida de la madre para el desentierro de los nidos, permitiendo así una salida más fácil de las crías. En algunos casos, escuché el llamado típico de las crías dentro de los nidos; sin embargo, no se observó a la madre salir del agua y desenterrar los huevos. En el caso en que las hembras no acudieron al llamado y desentierro de nidos se prosiguió junto con los guarda recursos a desenterrar los huevos y darles así una oportunidad a estas crías. En muchos casos se pudo observar que muchas de las crías habían muerto por asfixia ya que las madres no acudieron a ayudarles a salir del nido. Un factor delimitante en la eclosión y ayuda de las madres para realizar la tarea de llevar la crías a la seguridad del agua fue que en el área se practica la cacería ilegal del cocodrilo y

las personas que se dedican a esto tienen conocimiento del sitio de anidación (canal de entrada), en donde los cazadores van a colocar trasmallos en la salida del canal hacia el lago y los cocodrilos van a quedar enredados en éste, muriendo así por asfixia. Este factor fue decisivo ya que la mayoría de los cocodrilos dentro de canal son hembras, la probabilidad de que sea una hembra con nido es alta. Esto se comprobó al ver cocodrilos muertos dentro del canal y nidos sin ser destapados por las madres.

Dentro del estudio se tuvo la posibilidad de presenciar la eclosión de varios nidos en donde el promedio de huevos por nido fue de 39.47 (Cuadro 3), con un máximo de 48 huevos en un nido y un mínimo de 25 (esto se encuentra dentro del promedio reportado en otros estudios (Casas 2003), donde la cantidad de huevos en el nido dependería del tamaño de la hembra). Esto se debe a que, en muchos casos, cuando llegué a contabilizar los huevos luego de la eclosión, muchos huevos no se pudieron contar como tales ya que estaban totalmente destruidos y era imposible incluirlos en la estadística.

La mayor mortandad de crías registrada durante el estudio se dio a causa de que la madre no llegó a destapar el nido y éstas murieron por asfixia en su nido. Durante todo el estudio se pudo presenciar una sola malformación, que fue un cocodrilo que nació sin cola. Esto puede ser por muchas razones, una de las más comunes es que la hembra ya sea muy vieja, afectando el desarrollo embrionario. Otra razón bastante común también puede ser que el huevo junto con el embrión hayan recibido un fuerte golpe y esto ocasionara un pobre desarrollo del embrión (Casas 2003).

Posterior a la eclosión de los huevos, pude observar, que las crías se quedan en aguas más tranquilas durante aproximadamente dos meses y medio, cerca de los sitios de anidación (inicios de la temporada lluviosa). Así mismo, en algunos casos, se pudo ver que las hembras realizan cierto cuidado parental durante este tiempo (Thorbjarnarson 1989) como se ha reportado en otros sitios (Fotografía 15).

E. **Ámbito de hogar**

El monitoreo y búsqueda de individuos marcados por medio de la radio telemetría presentó sus dificultades: las primeras relocalizaciones de los individuos implicaron un esfuerzo de muestreo mayor, ya que se utilizaba un día completo para lograr relocalizar uno a dos individuos. Esto se fue afinando poco a poco a lo largo del estudio, ya que, luego de varios meses de realizar estas relocalizaciones, se pudo observar ciertos patrones que seguía cada animal, lo que facilitaba su búsqueda y relocalización. Al final del estudio ya se tenía conocimiento del área específica que utilizaba cada individuo lo cual facilitaba su relocalización en un tiempo más corto. Otra dificultad que se encontró a lo largo del estudio fue que la parte del transmisor adherida al cocodrilo (emisor) tenía una pérdida de señal de más del 90% cuando el cocodrilo estaba sumergido. Esto dificultó la relocalización de varios individuos a lo largo del estudio.

El cocodrilo con mayor ámbito de hogar, corresponde a la hembra 150.5220 (Aracely), con 2234 ha, la cual corresponde a gran parte de la desembocadura del Polochic (Cuadro 2). El área núcleo del individuo (714 h) corresponde al área donde éste pasa la mayoría del tiempo (sitio de alimentación y refugio) (Key 2004). Esta hembra registró el mayor desplazamiento durante un día (14.1 km). Este tipo de desplazamiento no se entiende bien y no se sabe qué factores son los que intervienen (Cuadro 2). Podría ser que esta hembra en particular, siendo una adulta y grande, tenga su coto de caza y preferencia de hábitat en este lugar, lo que la haría regresar únicamente al canal de entrada para reproducirse.

Por lo poco vistoso que es el comportamiento de *C. acutus* y lo difícil que fue la relocalización de los individuos dentro del lago, el tiempo de estudio que se le dedicó a cada individuo luego de la relocalización fue muy puntual, por lo tanto no se pudo recabar la información necesaria para poder entender la razón que lleva a esta hembra (Aracely) a movilizarse grandes distancias en tan poco tiempo. Al finalizar el estudio, y haber pasado cierto tiempo estudiando a cada individuo, pude entender por qué muchos prefieren el área de la desembocadura del Polochic. Ésta es un área en donde los nutrientes arrastrados por las lluvias son depositados, en forma de sedimento y muchas

especies de plantas y peces se benefician de ellos, por lo que la disponibilidad de alimento en esta área es mejor que en otros sitios. Otro factor muy importante es que este sitio, al ser un área protegida, cuenta con cierto grado de veda, por lo que está prohibida la cacería y tala, dejando así más alimento y refugio para los animales que habitan en ella a lo largo del año. Teniendo en cuenta estas observaciones se estima que puede ser una razón muy valedera por la cual esta hembra, luego de terminada la época de reproducción y anidamiento, regresa a este sitio para pasar los meses de lluvia, alimentándose y ganando peso y energía ya que el hecho de reproducirse y poner los huevos es un gasto energético muy alto.

La hembra 150.5620 (Matilde), la más grande capturada, presentó un ámbito de hogar de 1437 ha (Cuadro 2). Ésta presentó un patrón de movimiento distinto a la anterior (Aracely). Ésta es una hembra residente en el canal de entrada, ya que durante el estudio no se registró más de una o dos salidas al mes. Estas salidas pudieron ser debidas a poca disponibilidad de alimento dentro del canal de entrada, o debido a la competencia que se puede presentar dentro de éste por territorio o disponibilidad de recursos. El gran tamaño de esta hembra (Cuadro 2), nos indica que es un animal viejo y por lo mismo puede ser que ya haya encontrado su lugar dentro canal de entrada. En otros estudios se ha visto que muchos cocodrilos jóvenes deambulan por varios sitios hasta conseguir un área en donde ellos puedan reclamar como territorio y asentarse (Villegas 2008). Esto sustenta lo que se mencionó anteriormente: que las hembras más grandes y viejas van a tener y mantener los mismos y mejores sitios de anidación durante la época reproductiva. Para poder entender mejor este tipo de comportamiento y uso del lago por parte de la especie, se tendría que dedicar mayor tiempo de estudio a cada individuo y poder así develar ciertos patrones que todavía no se tienen muy claros.

Los desplazamientos cortos presentados por la hembra Matilde no se tienen bien definidos. Es necesario hacer estudios más a detalle para comprender completamente el comportamiento de esta hembra y su relación específica con el canal de salida y los sitios de anidación que ahí se localizan, ya que durante los meses de octubre a marzo no se le detectó fuera del canal. A su vez, se detectó a ésta en el mismo sitio de anidación de la

temporada pasada (complejo de nidos 16 y 17) dejando claro que es una hembra con cierta dominancia dentro del canal.

Todas las hembras, como se muestra en la Cuadro 2, son grandes para ser reproductivamente maduras, ya que éstas alcanzan su madurez sexual a una edad aproximada de 10-12 años y un largo de 2.20m en adelante (Casas 2003). Sólo dos de las hembras del presente estudio regresaron a anidar de nuevo a este sitio (una de ellas Matilde). Esto se pudo comprobar pues llevaba puesto el transmisor que la identificaba y se pudo volver a asociar con el complejo de nidos 16 y 17.

Una de las hembras capturadas la 150.6610 fue la única que no se pudo seguir y tampoco regresó al sitio de anidamiento. Esta hembra no se incluyó dentro del estudio y estadísticas ya que luego de ser marcada no se pudo ubicar. Esto pudo ser producto de la cacería o que el radio de alguna manera se le haya caído y perdido dentro del lago, o bien esto pudo ser producto del estrés que generó la captura y ésta se reubicó en un sitio ya muy alejado de la zona del área de la investigación.

La hembra 150.5820 (Elvira), que presentó el tercer ámbito de hogar más grande (1418 ha), se encontraba dentro de un riachuelo (boca ancha) muy pequeño, durante la época lluviosa. La gran cantidad de ninfa de agua, hacía el sitio poco accesible para el monitoreo en lancha y la ubicación exacta de ésta con mejor precisión (Figura 9). Pero, a pesar de estas dificultades, se pudo relocalizar al individuo dentro de un radio menor a 10 m. También se pudo observar que ésta no se movió significativamente de esta área, aparte de la temporada de reproducción (ésta fue capturada y marcada dentro del canal de entrada como al resto de individuos dentro del estudio). Esta fue una hembra joven, por su tamaño pequeño (Cuadro 2), pero a pesar de esto se pudo observar que ya se había asentado en un sitio en particular.

El único macho capturado para el estudio 150.4620 (Rax Nim) no se movió significativamente (no salió del canal frecuentemente como los demás individuos dentro del estudio). Éste puede estar reclamando el área como su área de reproducción, ya que ésta es un área muy importante para la reproducción de *C. acutus*. En ocasiones se le observó nadando por todo el canal, pero fueron muy pocas veces las que se le detectó

fuera de éste. Los picos más altos de actividad fueron registrados durante la época de reproducción, ya que se podía observar directamente al individuo movilizándose a lo largo del canal de entrada. Esto lo pudo hacer en forma de patrulla y ahuyentar a otros machos pretendientes que pudieran amenazar su sitio de reproducción. Este macho se considera joven (largo total 3.31m), ya que la especie puede superar los 5.50 m. Se cree que este macho, al ser joven, haya encontrado su lugar dentro de la cadena jerárquica de reproducción y estaría dispuesto a defender su territorio de otros machos.

La hembra 150.4410 (Tuerta) fue la única que presentó migraciones constantes hacia la zapotonera (área cercana al canal conocida comúnmente con ese nombre) y de vuelta al canal. Este recorrido tenía un largo de 6.4 km por la orilla de lago. El lugar estaba cubierto por ninfa de agua y *Pachira aquatica* en su mayoría. Esta hembra fue la que tuvo el mayor y constante movimiento durante el estudio (Figura 7). Presento una particularidad que otras no tenían, a ésta le faltaba un ojo y no tenía parte de la mandíbula inferior. Esta particularidad hacía que tuviera dificultades para alimentarse ya que en toda la temporada que realice las capturas fue la que se recapturó con mayor frecuencia en las trampas. Por lo que se infiere que es una animal oportunista y al tener acceso al cebo de las trampas se alimentó con mayor frecuencia.

En la parte final del estudio a este cocodrilo (Tuerta) se le pudo asociar a un nido (nido 29), el cual se encontraba a pocos metros del agua y con un nivel sobre el agua muy distinto a los otros. Esto terminó de confirmar lo que se viene mencionando, que las hembras más grandes y fuertes tienen los mejores sitios de anidación, ya que las condiciones en donde se encontró este nido no son las mejores para que este tuviera éxito. El estar muy cerca del agua y no teniendo la altura correcta, una sola lluvia podría hacer crecer el nivel del agua dentro del canal y dejar cubierto al nido y todos los huevos se perderían.

La hembra 150.5020 (Lorena) fue la de menor tamaño, y a la vez la que menor desplazamiento tuvo, ya que durante julio a enero se encontró en el mismo sitio (área de muelle CGN, Figura 9). El mayor cambio que presentó en cuanto a su movimiento fue en

la temporada de reproducción, ya que, como varias de las otras hembras dentro del estudio, regresó al canal de entrada de la planta de procesos.

Durante el estudio se pudo observar en la mayoría de los individuos que la señal del radio disminuyó conforme la profundidad a la que estos pudieron haberse encontrado. La intensidad de la señal varió entre las profundidades de 0 a 3.5 metros, siendo la de 3.5 metros la más débil y detectable a unos 25 metros de distancia.

1. Evaluación estadística de hipótesis. Para la primera hipótesis (no existe diferencia en la densidad población de *C. acutus* durante la temporada seca y para la época lluviosa), realicé una ANOVA teniendo como resultado una diferencia significativa en las densidades poblaciones en época seca y lluviosa ($p < 0.05$) por lo que se rechaza la hipótesis nula y sí hay una diferencia entre temporadas.

Las comparaciones múltiples (Cuadro 4) indican entre qué meses existe diferencia significativa ($p < 0.05$) y entre cuales no ($p > 0.05$). Entre los meses de marzo/abril ($p = 0.194$), marzo/diciembre ($p = 0.747$), abril/noviembre ($p = 0.368$), abril/diciembre ($p = 1.000$) y noviembre/diciembre ($p = 0.191$) no existe diferencia significativa. Estos meses constituyen la época seca en el departamento de Izabal, por lo que la densidad poblacional promedio no varía entre ellos. En el caso de los meses que constituyen la época lluviosa (mayo a octubre) no se observó diferencia significativa en las densidades poblacionales promedio. Esto indica que la época seca *C. acutus* del sitio de estudio constituye de diciembre a marzo, y la época lluviosa de mayo a octubre.

Una hipótesis que fue formulada como resultado del estudio es que las variaciones en la precipitación pluvial de la zona puede llegar a modificar la estacionalidad de *C. acutus* en la zona de estudio. Así mismo se cree que, con el paso del tiempo, un retraso en la época lluviosa pudiera modificar la dinámica poblacional. En el monitoreo realizado durante el año 2009 se pudo observar una asociación directa entre la precipitación pluvial y la densidad poblacional.

Con respecto a la segunda hipótesis planteada, no se pudo comprobar si existía diferencia significativa entre el ámbito de hogar entre machos y hembras debido a que se obtuvo el dato únicamente de un macho y de seis hembras. Esto podría llevar a un resultado erróneo (falso positivo o falso negativo), ya que no es posible obtener una media a partir de un solo valor. Además, este único valor no puede ser tomado como la media de un grupo o inferir que esta va a ser representativa de todos los machos en el área. Así que, ésta hipótesis no pudo ser comprobada y será necesario más estudios en el área para su evaluación.

La tercera hipótesis: “no hay diferencia en patrones de actividad en ambos sexos a través del año” no se pudo comprobar tampoco, debido a que no se cuenta con la misma cantidad de observaciones en los mismos intervalos de tiempo para cada sexo. No se observó tantos machos como hembras durante el estudio. Esto se debe a que para determinar y poder hacer un análisis estadístico de alta fiabilidad, se tendría que capturar y marcar más individuos dentro del estudio ya que, como la mayoría de avistamientos se realizaron desde la orilla del canal o una lancha, era imposible saber si el individuo que se estaba contabilizando dentro de la estadística era hembra o macho. Durante el estudio se pudo observar solamente el comportamiento de un macho marcado y otro sin capturar (fotografía 12) llamado Juancho. El macho (150.462) se observó únicamente dentro del canal de entrada y no salió de éste por el tiempo del estudio. El otro macho mencionado Juancho fue comúnmente observado durante la época de reproducción copulando con varias hembras dentro del canal (fotografía 11 y 12). Este macho no se volvió a ver dentro del canal hasta los inicios de la siguiente temporada de reproducción.

Determiné que el canal de entrada a la planta de procesos es un área importante para la reproducción de *C. acutus*. Dada la cantidad de hembras capturadas en el estudio y la asociación con la cantidad de nidos encontrados determiné que éste es el sitio más importante para la reproducción del cocodrilo en la parte noroeste del lago de Izabal.

Una de las principales ventajas de esta investigación fue la recopilación de datos de ámbito de hogar encontrados para *C. acutus*, siendo éstos significativamente importantes,

ya que permiten crear áreas de conservación, así como también reportar información vital sobre esta especie para Guatemala. Una de las mayores desventajas, fue trabajar con un organismo que es mayormente nocturno. Por consiguiente, las condiciones precarias (narcotráfico y extracción ilegal de los recursos) que se vive en el lugar de estudio dificultaron los muestreos durante la noche. Otra complicación que surgió durante el muestreo fue la emisión de señal de los radiotransmisores. Debido a que estos pierden un 97% de señal cuando el transmisor está sumergido (Key 2004), dificultó la relocalización de los individuos dentro y fuera del área de estudio.

VI. CONCLUSIONES

- Durante la época de reproducción (temporada seca), se pudieron observar grandes movimientos en cuanto a la cantidad de individuos observados dentro del canal, en donde la densidad población sube a 9.5 cocodrilos por hectárea en temporada seca (reproducción) y luego de la eclosión baja esta baja un mínimo de 3 cocodrilos por hectárea (época lluviosa). Por lo que va haber mayor abundancia de cocodrilos en época seca.
- El mayor ámbito de hogar fue registrado para una hembra (2234 ha) lo que corresponde a gran parte de la reserva natural privada Setal y Refugio de Vida silvestre Bocas del Polochic.
- El ámbito de hogar que registró menor área fue el del macho; registró 41 ha durante el tiempo que duró el estudio, lo que sugiere que el macho es residente del canal de entrada.
- Cuando la precipitación pluvial descende, se descubren sitios ideales para la anidación del cocodrilo. Dando inicio a las migraciones reproductivas y a los cortejos reproductivos de *C. acutus* dentro del canal de entrada de la planta de procesos.
- El canal de entrada de la planta de procesos es un área de suma importancia y relevancia en cuanto a la reproducción de *C. acutus* en el lago de Izabal. Las condiciones que brinda esta área no se encuentran en otro sitio cercano a éste, por lo que este canal es vital para la población de esta área en particular. Esto se pudo comprobar ya que se tuvo un máximo de 9.5 cocodrilos por hectárea en el punto más alto de la época reproductiva y un mínimo de 3 cocodrilos por hectárea en época no reproductiva.

- Se pudo comprobar que muchas hembras de cocodrilo se pudieron seguir a lo largo del lago durante la época lluviosa (no reproductiva) y, al comenzar la época seca (época reproductiva), estas comienzan a migrar hacia el canal de entrada de la planta de procesos.
- La profundidad promedio en que estaban enterrados los huevos dentro del nido fue de 50.93 cm y la distancia promedio del nido al agua fue 4.74 m. Siendo un factor determinante el decrecimiento en el nivel del agua para el inicio de esta época.
- Existe diferencia significativa entre la abundancia de cocodrilos en ambas épocas: lluviosa y seca, y la mayor densidad de cocodrilos por hectárea ocurre a mediados de la época seca.
- La segunda hipótesis no fue posible corroborarla debido a los resultados obtenidos en el tiempo de estudio. No se pudo comprobar si existía diferencia significativa entre el ámbito de hogar entre machos y hembras, debido a que se obtuvo el dato únicamente de un macho. Esto podría llevar a un resultado erróneo (falso positivo o falso negativo).
- Para la tercera hipótesis: no hay diferencia en patrones de actividad en ambos sexos a través del año, no se puede comprobar debido a que no se cuenta con la misma cantidad de observaciones para cada sexo y más individuos machos. Esto se debe a que para determinar y poder hacer un análisis estadístico *Ad hoc*, se tuvo que haber capturado y marcar más individuos dentro del estudio. Como la mayoría de avistamientos se realizaron desde la orilla del canal o una lancha, era imposible saber si el individuo que se estaba contabilizando dentro de la estadística era hembra o macho.

VII. RECOMENDACIONES

- A. Para poder entender mejor la especie, su ámbito de hogar y su ecología en general se recomienda poner más esfuerzo (horas hombre) y tiempo (dos años más de estudio) en estas actividades. Se debe seguir con los esfuerzos de radiotelemetría (más capturas y tener así un número con mayor significancia del tamaño de la población) por lo menos en dos temporadas más de reproducción.

- B. Crear una estrategia nacional para la conservación de *C. acutus* en donde se prioricen áreas protegidas para que la especie pueda estar segura, fuera de la cacería furtiva y avance de la frontera agrícola, la cual está invadiendo el área que habita, haciéndola cada vez más vulnerable a encuentros con personas.

- C. Realizar estudios de ADN para poder determinar relaciones genéticas y diversidad genética dentro de la población y ver que tan comprometida está genéticamente la especie en esta parte del país.

- D. Promover programas de educación ambiental y concientización a la población de El Estor y sectores alrededor del Lago de Izabal en cuanto a la importancia del cocodrilo dentro del lago de Izabal.

- E. Establecer criaderos en donde se pueda explotar a la especie comercialmente y reintroducir cierto porcentaje al lago para poder mantener así una población genéticamente saludable dentro del lago y no comprometer su permanencia dentro de éste.

- F. La especie como tal está en gran peligro dentro del Lago de Izabal y si se quiere mantener a esta especie clave dentro de este ecosistema tan grande, es importante que se realicen grandes esfuerzos de conservación y mejorar las políticas de caza y protección de la especie.

- G. Durante el estudio se pudo observar en la mayoría de los individuos que la señal del radio disminuyó conforme la profundidad a la que éstos pudieron haberse encontrado. La intensidad de la señal varió entre las profundidades de 0 a 3.5 metros, siendo la de 3.5 metros la más débil y detectable a unos 25 metros de distancia, por lo que se sugiere de ser posible, utilizar tecnología satelital.
- H. Se recomienda capturar más machos para obtener un valor promedio del ámbito de hogar, para así comparar con el de las hembras y poder así realizar una diferencia de medias y correr un ANOVA de dos factores en donde se podría incluir también el tamaño del individuo versus sexo y el tamaño del ámbito de hogar.
- I. Realizar estudios de ADN y poder así entender si está ocurriendo endogamia en esta sub población de cocodrilos.

VIII. LITERATURA CITADA

- Álvarez, M. 1974. **Los crocodylia de México (estudio comparativo). En: Mandujano, C. H. Poblaciones de cocodrilos (*C. acutus*) en hábitat fragmentado.** UNACH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México 44(3):716-720.
- Bonilla, J. y A. Alarcon. 2009. **An ecological study of *Caiman crocodilus crocodilus* inhabiting savanna lagoons in the Venezuelan Guayana.** *Oecologia* 35:21–34.
- Bayliss, P. 1987. **Survey methods and monitoring within crocodile management programmes.** *Wildlife Management: Crocodiles and Alligators.* Sydney, Australia. Pp 157-175.
- Blundell, M.; J. Maier y J. Debevec. 2001. **Linear home ranges: Effects of smoothing, sample size, and autocorrelation on kernel estimates.** *Ecological Monographs* 12(2): 778-789.
- Carvajal, R.; M. Saavedra y J. Alava. 2005. **Ecología poblacional, distribución y estudio de hábitat de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la “Reserva de producción de fauna manglares El Salado” del estuario del Golfo de Guayaquil, Ecuador.** *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 40(2):141-150.
- Campbell, J. 1998. **Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatan, and Belize.** University of Oklahoma Press, Norman 44:284-286.
- Casas, G. 2003. **Ecología de anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylia) en la desembocadura del Río Cuitzmala, Jalisco, México.** *Acta Zoológica Mexicana* 89: 111-128.

- CEA (Centro de Estudios Ambientales de la Universidad del Valle de Guatemala) 2009. **Estudio de monitoreo de biología terrestre para el proyecto Fénix, El Estor, Izabal.** (Estudio interno, no publicado).
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). 2011. **Sistema guatemalteco de Áreas Protegidas.** En: <http://www.conap.gob.gt/biodiversidad/sigap>
- Cupul-Magaña, F. 2005. **Éxito de eclosión del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) y la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en Puerto Vallarta, Jalisco, México.** Revista Electrónica de Veterinaria REDVET (6):10.
- De la Ossa, J. 2001. **Efecto de la temperatura de manejo sobre el crecimiento de *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae).** Revista Biológica 41:96-103.
- Downs, J. y M. Horner. 2007. **Characterising Linear Point Patterns.** Proceedings of the GIS science Research UK Conference (GISRUK), McPhee, Maynooth, Ireland.
- Escobedo-Galván, H. 2003. **Períodos de actividad y efecto de las variables ambientales en cocodrilos (*Crocodylus acutus* Cuvier 1807): evaluando los métodos de determinación de la fracción visible.** Ecología Aplicada 2(1):136-140.
- Ferguson, H. 1985. **Long distance movement by a saltwater crocodile (*Crocodylus porosus*).** British Journal of Herpetology (6)1:87-100.
- Fundación Defensores de la Naturaleza. 2001. **Plan Operativo Anual 2002, Para el Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic Guatemala.** Pp 176.
- Grajales, J.; G. Aguirre y A. Contreras. 2007. **Tamaño y estructura poblacional de *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) (Reptilia: Crocodylidae) en el estero La Ventanilla, Oaxaca, México.** Acta Zoológica Mexicana 23(1):53-71.

- Hernández, S. 1993. **Observaciones del cocodrilo de río *Crocodylus acutus* en el estero La Manzanilla, Jalisco, México.** Bol. Centro Invest. Biol. 35(3):283-294.
- Holdrige, R. 1947. **Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data.** Science 105(2727):367-368.
- Jessop, P.; W. Mooij y D. L. De Angelis. 2003. **Evaluating the relative effects of life history stages in the conservation of the American Crocodile (*Crocodylus acutus*) in Florida.** Florida Scientist 66:273–286.
- Kay, W. 2004a. **Population Ecology of *Crocodylus porosus* (Schneider 1801) in the Kimberly region of Western Australia.** Wildlife Research 32:251-272.
- Kay, W. 2004b. **Movements and home ranges of radio-tracked *Crocodylus porosus* in the Cambridge Gulf region of Western Australia.** Wildlife Research 31: 495-508.
- Kay, W. 2004c. **A new method for attaching electronic devices to crocodylians.** Herpetological Review 35:354-357.
- Kay, W.; N. Fitz-Simmons y C. Grigg. 2004. **Movements of *Crocodylus porosus* in the Kimberley region of Western Australia: integrating genetic and radio-tracking data.** Herpetological Review 36:372-385.
- Kushlan, A. y F. Mazzotti. 1989. **Population biology of the American crocodile.** Journal of Herpetology 23:7–21.
- Laver, P. 2005. **Kernel Home Range Estimation for ArcGIS, using VBA and ArcObjects: User Manual.** Department of Fisheries and Wildlife Sciences, Virginia Tech, 149 Cheatham Hall, Blacksburg. Pp 1–62.
- Lee, J. 2000. **A field guide to the amphibians and reptiles of the maya world.** Cornell University Press, Ithaca NY. 402 pp.

- Mazzotti, E. 1989. **Nature conservation reserves in the Kimberley, Western Australia.** Department of Conservation and Land Management, Perth 3:27–33.
- Medem, F. 1983. **Los Crocodylia de Colombia.** Bogotá, Colombia. Editorial Carrera. 270 pp.
- Messel, H.; J. Vorlicek, A. G. Wells y J. Green. 1988. **Surveys of tidal river systems in the northern territory of Australia and their crocodile populations.** Monograph 1. Pergamon, Sydney. 463 pp.
- Meraz, J.; J. Montoya, E. Ávila y L. Reyes. 2008. **Monitoreo del crecimiento del cocodrilo americano *Crocodylus acutus*, durante su primer año de vida en condiciones de cautiverio.** Hidrobiológica 18(2):125–136.
- Ministry of Environment, Lands and Parks Resources Inventory Branch for the Terrestrial Ecosystems Task Force Resources Inventory Committee (MELP) 1998. **Wildlife Radiotelemetry. Standards for Components of British Columbia's Biodiversity No.5.** Version 2.0. 345 pp.
- Moler, P. 1991. **American crocodile nest survey and monitoring, Final Report to Study No.7533.** Florida Game and Fresh Water Fish Commission, Bureau of Wildlife Research; Tallahassee, Florida. 254 pp.
- Navarro-Serment, C. 2001. **Uso de hábitat y conservación de *Crocodylus acutus* en el estero El Verde, Sinaloa.** Memorias de la Tercera Reunión de Trabajo del Subcomité COMACROM, Culiacán, Sinaloa, México. 49 pp.
- Navarro-Vargas, M. 1999. **Distribución, abundancias y caracterización de hábitat del cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) en la costa centro-sur de Michoacán.** En Reunión de Trabajo para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento sustentable de los Crocodylia en México (CROMACROM, SEMARNAP-INE, México, D.F. 30 pp.

- Ponce-Campos P. y S. Huerta-Ortega, 1996. **Contribution to the status of “caiman” or river crocodile” in the Jalisco coast, Mexico.** Crocodile Specialist Group Newsletter 215 pp.
- Porras, L.; J. Bolaños y B. Barr. 2008. **Variación genética y flujo de genes entre poblaciones de *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae) en tres ríos del pacífico Central, Costa Rica.** Revista de Biología Tropical 56(3):1471-1480.
- Ross, P. 1998. Crocodiles. **Status Survey and Conservation Action Plan. 2nd Edition.** IUCN/SSC. Crocodile Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland 167 pp.
- Rooney, D. y D. Guilette. 2000. **Mangrove ecosystems of the Pacific coast of México: distribution, structure, litterfall and detritus dynamics.** Pergamon press, N.Y. 288 pp.
- Schubert, A. y H. Méndez. 2000. **Métodos para estimar el tamaño de la población del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en el Lago Enriquillo, República Dominicana.** Proceedings of the 15th Working Meeting of the Crocodile Specialist Group, IUCN. The World Conservation Union. Gland, Switzerland. 1:372-381.
- Seymor, M. D. Rooney. 1987. **Evaluating the effect of salinity on a simulated American Crocodile (*Crocodylus acutus*) population with applications to conservation and Everglades restoration.** Ecological Modelling 180:371–394.
- Thorbjarnarson J. 1989. **Ecology of the American crocodile, *Crocodylus acutus*.** En: Crocodiles: Their Ecology, Management and Conservation, A Special Publication of the Crocodile Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland. 257 pp.

Thorbjarnarson, J. y M. Hernández. 1989. **The American crocodile, *Crocodylus acutus*. Ecology and nesting.** A Special Publication of the Crocodile Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland. 131 pp.

Thorbjarnarson, *et al.* 2006. **Regional habitat conservation priorities for the American crocodile.** *Biological Conservation* 128:25-36.

Villegas, A. y J. Schmitter. 2008. **Feeding habits of the American crocodile, *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) (Reptilia: Crocodylidae) in the southern coast of Quintana Roo, Mexico.** *Acta Zoológica Mexicana* 24(3):117 - 124.

IX. ANEXOS

ANEXO I. Metodologías

Método de Messel *et al.* (1981) para estimar poblaciones de cocodrilos

Consiste en realizar conteos nocturnos de cocodrilos. El método asume que los ejemplares observados representan la fracción visible de la población, ya que existe cierto número que no fue posible observar porque se sumergieron antes de que el haz de luz hiciera contacto con sus ojos, no se encontraban dentro del área del transecto, o porque se ocultaron entre la vegetación (Schubert y Méndez 2000; Escobedo-Galván 2003).

La fracción visible puede ser calculada con la siguiente fórmula:

$$p = \frac{m}{(2s + m)1.05},$$

Donde p es el porcentaje de la población observada durante un muestreo promedio, m es un valor promedio de número de cocodrilos observados y s es la desviación estándar.

Para obtener el porcentaje de la población observada, se requiere un valor promedio del número de cocodrilos observados durante los muestreos. Es decir, para obtener este valor promedio, se requiere al menos realizar varios muestreos.

Es importante recordar que este modelo se basa en una distribución normal de frecuencias (campana de Gauss), razón por la cual se asume normalidad en los datos de conteo de cocodrilos.

Una vez calculada la fracción visible, es posible obtener el tamaño de la población (N) con un límite de confianza del 95%, de acuerdo con la siguiente ecuación (Messel *et al.*, 1981):

$$N = \frac{m}{p} \pm \frac{[1.96(s)]^{1/2}}{p}.$$

Marcaje de cocodrilos

Captura

Para la captura de los cocodrilos se empleó los siguientes métodos:

El primer método es un método de captura directo, ya que se emplea una vara de aluminio (hueca) con una cuerda atada a un extremo.

La vara tiene un largo aproximado de 3 metros.

La cuerda tendría un aproximado de 15 a 20 m.

El cebo se coloca vivo atravesándole la cuerda por la boca y saliendo por las agallas, así - éste quedará bien sujeto y se mantendrá vivo por bastante tiempo, convirtiéndolo en una presa fácil para el cocodrilo.

Luego de colocado el cebo, se realiza un nudo corredizo en el extremo de la cuerda. La cuerda con el extremo cebado se introduce en el agua y el otro extremo se sujeta fuertemente a un palo o algún tipo de estructura bastante sólida que soporte al cocodrilo.

Las trampas de este tipo se dejarán colocadas en los sitios seleccionados y se revisarán cada ½ hora o se puede dejar toda la noche y revisarla a primera hora en la mañana.

De ser efectiva la trampa se siguió el siguiente procedimiento:

- El cocodrilo se llevó a tierra lentamente hasta que salga del agua.
- Ya en tierra se le taparon los ojos con cualquier tipo de tela (camisas, trapos etc.) ya que al tener los ojos tapados éste toma una postura más tranquila.
- El primer paso y más importante es la sujeción del hocico. Se le puede hacer de dos formas, una es colocando un lazo alrededor de éste, se hizo en un promedio de 7 a 10 vueltas. También se puede hacer utilizando cinta adhesiva (gris) ya que ésta es bastante fuerte y puede utilizarse también como método de sujeción (se emplearán las vueltas que se crean necesarias, 7 -10).
- Luego se sujetan ambos pares de patas para la inmovilización completa del animal y proseguir con la intervención y puesta del transmisor.

El segundo método consistió en la utilización de una trampa.

La trampa se colocó en sitios identificados como salideros (sitio que utiliza el cocodrilo para salir de agua), estos sitios son ideales para colocar las trampas ya que son frecuentados por los cocodrilos.

La trampa por su diseño es un método menos invasivo y más amigable para la captura.

Esta fue colocada a una profundidad de 20 -30 cm para evitar que el animal se ahogue.

Se revisó durante el día cada 4 horas y de no ser efectiva ésta durante el día, se coloca en otro sitio durante toda la noche. La trampa se cebó con, pollo o carne. La trampa se sujetó a algún tipo de ancla resistente (árbol, pedestal o algún tipo de sujeción que resista la fuerza de un cocodrilo).

Al ser activada la trampa se siguió el siguiente procedimiento:

- La trampa se trasladó a tierra firme.
- Al abrir la puerta de la jaula se colocó una cuerda con un nudo corredizo alrededor del hocico del cocodrilo y este al girar para tratar de escapar se enrollaba así mismo, quedando así inmovilizada su arma más letal (el cierre de las mandíbulas).
- Se sacó cuidadosamente el cocodrilo de la trampa y se sujetó nuevamente el hocico con una cuerda, procurando dar las suficientes vueltas (con el lazo alrededor del hocico 7 -10) para asegurarlo apropiadamente.
- Luego se sujetaron ambos pares de patas para la inmovilización completa del animal y proseguir con la intervención y puesta del transmisor.

Al tener al animal asegurado tomé los siguientes datos, utilizando la hoja de datos que se muestra en el Anexo III.

- Tamaño: éste se midió con una cuerda pasándola por la parte superior de todo el cocodrilo, luego la cuerda se midió con un metro apropiado. También tomé medidas de ocio-nuca y nuca-cola.
- Sexo: introduje el dedo dentro de la cloaca (de tener hemipenes será macho y de no tenerlos se determinará como hembra) este método es infalible ya que a simple tacto se puede apreciar esto.
- Peso aproximado: estimé el peso, pues es muy difícil tener una pesa en campo de las proporciones necesarias para este trabajo.
- Ubicación GPS: sitio exacto donde ocurrió la captura.
- Identificación: el número único de identificación para cada cocodrilo fue la frecuencia del transmisor que se le ponía.
- Observaciones: aquí se incluyó el tiempo que se utilizó desde la sujeción del cocodrilo hasta su liberación. También se incluyeron marcas específicas del cocodrilo, comportamiento durante su captura y alguna otra observación que se creía necesaria.
- Fotografía de los dientes.

Puesta del transmisor

La puesta del transmisor la hice en los siguientes pasos:

Ya teniendo al animal bien asegurado:

1. Limpié el área a intervenir con cualquier desinfectante (se pude usar etanol al 70% o una solución de clorohexano) asegurando la esterilidad del sitio a intervenir.
2. Coloqué un anestésico local (lignocaína u otro que sea en solución inyectable) en las escamas a intervenir. Utilicé agujas calibre 21 o mayor ya que las escamas son muy fuertes y hay que penetrarlas para inyectar el anestésico.
3. Luego de 20 min de haber colocado el anestésico se probó si hay algún tipo de sensibilidad en el área.

4. Al comprobar la efectividad del anestésico se barrenó con una broca de 2.4mm. Esta broca la desinfecté y esterilicé con etanol al 70% antes de su uso.
5. Perforé cuatro agujeros, uno en cada escama.
6. Luego coloqué el transmisor y pasé un alambre acerado (del mismo calibre que la broca) por cada agujero del transmisor y las escamas. Se sujeta éste y se verificó que estuviera bien colocado.
7. Luego coloqué una solución epóxica debajo del transmisor (pegamento) para darle mayor sujeción.
8. Revisé que todo esté bien colocado y proseguí a soltar al animal.

**La lista de completa de materiales requerida para realización de los pasos anteriores se muestra en Anexos (Lista No1).*

Para la liberación del individuo seguí los siguientes pasos:

- Dos personas estuvieron sobre el cocodrilo durante esta etapa, para prevenir así cualquier tipo de accidente.
- Se le removieron las ataduras de ambos pares de patas.
- Las personas participantes se alejan una distancia segura quedando sólo el investigador y un acompañante.
- El investigador removió cuidadosamente la tapa de los ojos mientras la persona que lo acompañaba se sentaba sobre el cocodrilo.
- La persona que estaba sentada sobre el cocodrilo se quitaba antes de soltar por completo al animal.
- Por último se removió la atadura del hocico.
- Ya la última persona restante se levantaba rápidamente alejándose del cocodrilo y dejando espacio suficiente para que este pueda regresar al agua.

Se obtuvieron los permisos pertinentes en el departamento de vida silvestre (CONAP) para el manejo y manipulación de individuos de *C. acutus*, 2009. (Archivado por la Compañía Guatemalteca de Níquel S.A en El Estor, Izabal).

Seguimiento

El seguimiento de los cocodrilos lo realicé por lo menos tres veces por semana ya que, según la literatura, éstos tienen un área de movilización de unos 50 km² o más. Se realizó por lo menos tres veces por semana debido a que no se tenía ni un solo dato de lo que puede movilizarse un cocodrilo dentro de este ecosistema en particular.

Pasos:

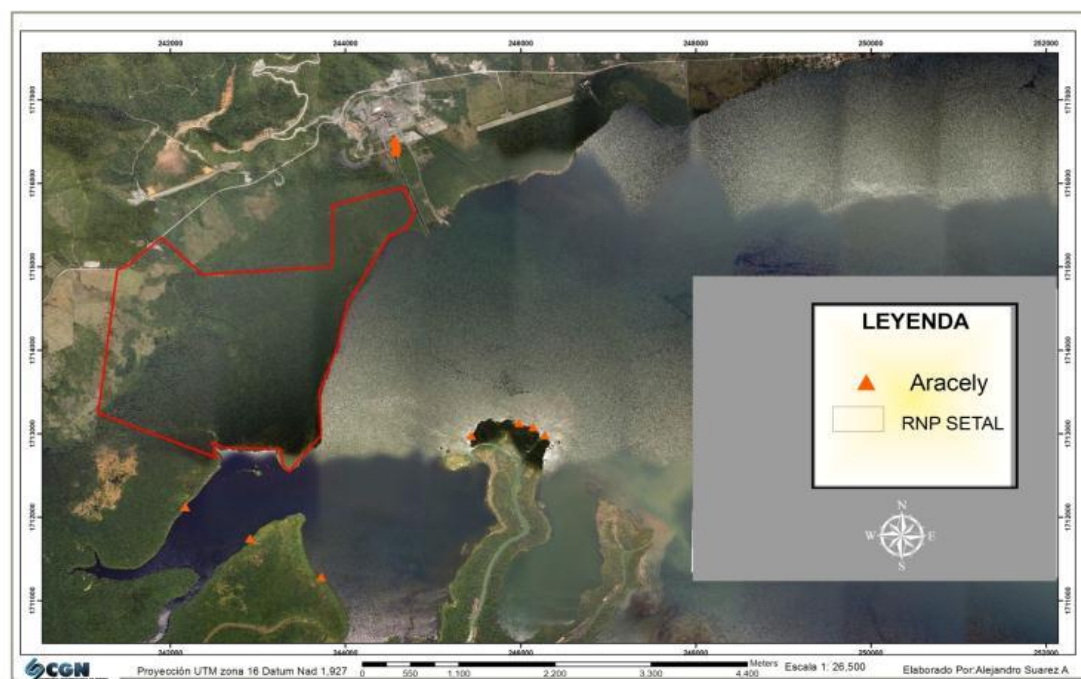
- Inicé la búsqueda de señal desde la garita elevada.
- Realicé una búsqueda de 360 grados con la antena para tener una idea hacia dónde dirigir la búsqueda.
- Al encontrar el animal tomé el punto GPS.
- Llené las hojas de datos para caracterizar el área donde se encontró el animal.
- Luego los puntos GPS obtenidos se sobrepusieron en un mapa y pude trazar el polígono y delimitar el área utilizada por cada individuo.

Se realizaron los seguimientos (diurnos y nocturnos) para poder entender los patrones de movimiento únicos de cada individuo. Ya con el tiempo, pude predecir con mayor facilidad hacia donde se dirige cierto individuo y sus patrones en particular se harán más evidentes con el tiempo, facilitando así el estudio de la especie y el entendimiento de sus patrones dentro del área de estudio.

Para el seguimiento de los individuos fue indispensable el uso del GPS para geo-referenciar la posición exacta del individuo. Estos puntos se tomaron lo más cercano posible al cocodrilo. Luego estos puntos se transcribieron a un mapa y para poder delimitar el área utilizada por cada individuo. También empleé a bordo de la lancha hojas de datos para poder caracterizar el área en la cual se encontró el cocodrilo, sus actividades y apuntes en cuanto a la actividad de éste. La frecuencia con que se fueron haciendo los seguimientos va a estar sujeta a los patrones únicos de los individuos, a las necesidades y evolución del estudio.

ANEXO II MAPAS

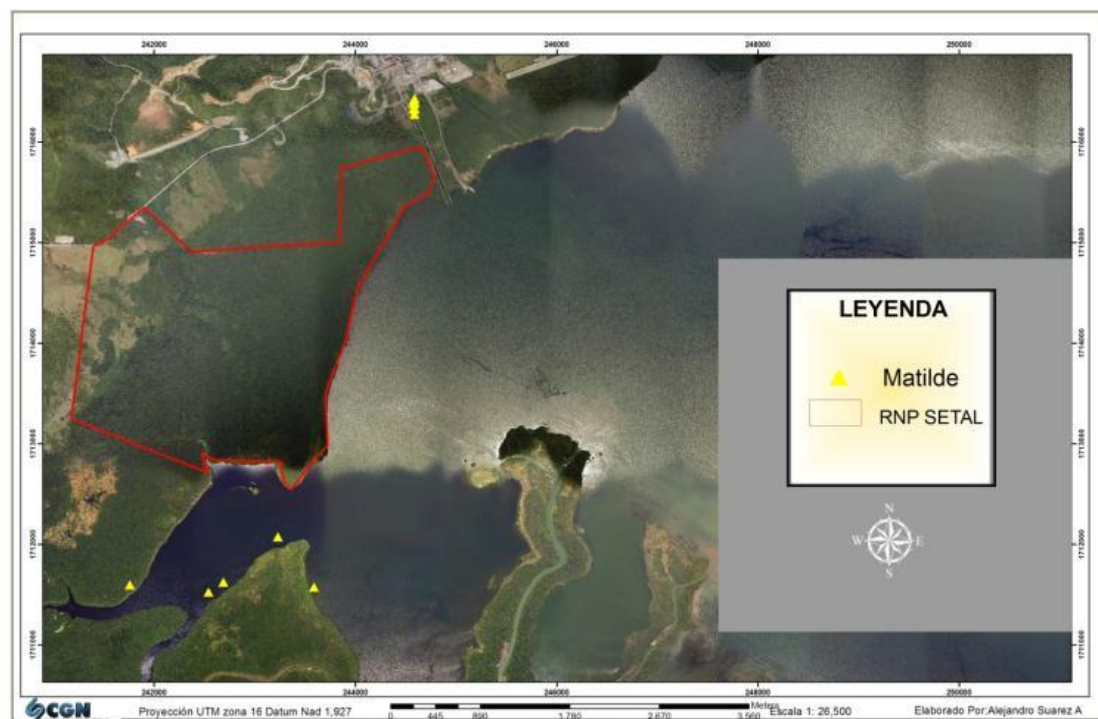
Ruta Aracely



Ruta Rax Nim



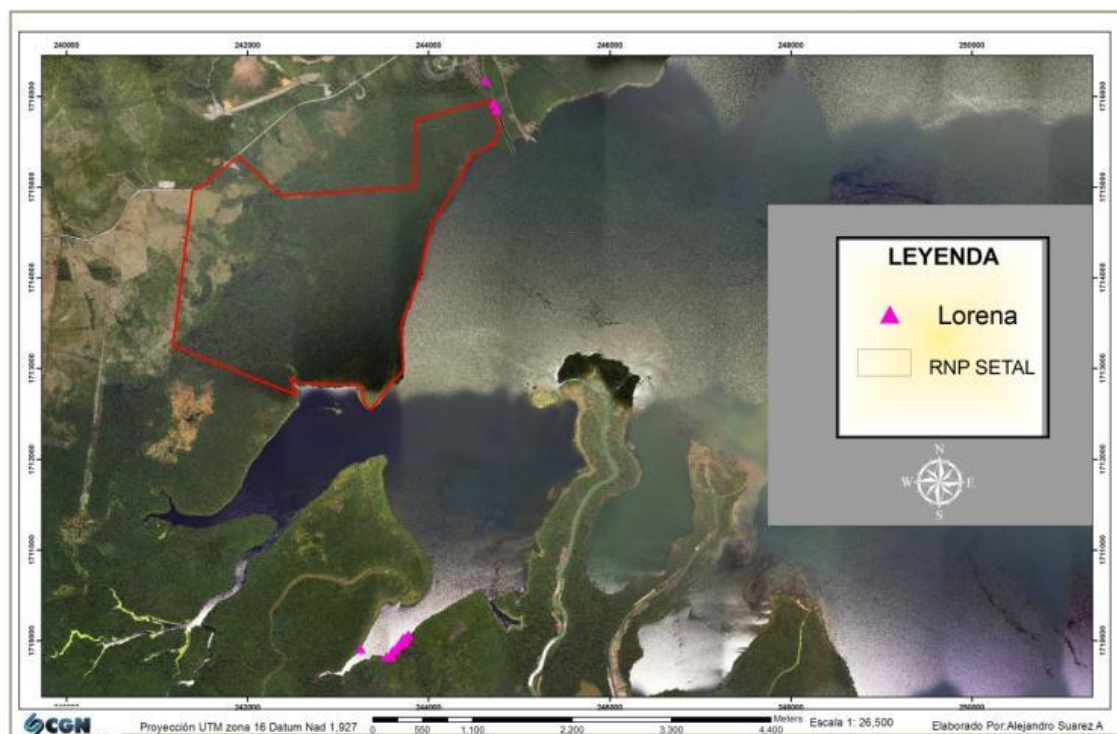
Ruta Matilde



Ruta Tuerta



Ruta Lorena



Ruta Elvira



ANEXO III
Hojas de datos

Monitoreo de nidos



Fecha _____

Hora de inicio _____ Hora de Finalización _____

Temperatura ambiental _____ Humedad relativa _____ Clima _____

Investigadores _____

No. Nido	Coordenadas	Humedad	Temperatura	Observaciones específicas

Observaciones _____

Monitoreo eclosión



Fecha _____
 Hora de inicio _____ Hora de finalización _____
 Temperatura Ambiental _____ Humedad relativa _____ Clima _____
 Número de nido _____ Coordenadas _____
 Investigadores _____

No. Individuos	Peso total	Peso bolsa	Largo total	Largo craneal	Numeración (Sangre)	Observaciones específicas

Observaciones _____

Hoja para toma de datos de captura

Hoja seguimiento con telemetría

SEGUIMIENTO
COCODRILOS CON TELEMETRÍA



Fecha _____
 Hora de inicio _____ Hora de Finalización _____
 Temperatura Ambiental _____ Clima _____
 Investigadores _____

Hora	No. Identificación (Frecuencia)	Nombre	Coordenadas		Descripción del Área donde se encontró el cocodrilo (tipo de vegetación, en la costa o fuera de la costa, generalidades, fotografía respectiva del área) Ser lo más específico posible.
			X	Y	

ANEXO IV

Análisis estadístico en SPSS

Mes (i)	Mes (J)	Sig.
Marzo	Abril	0.194
	Mayo	0.000
	Junio	0.000
	Julio	0.000
	Agosto	0.000
	Septiembre	0.000
	Octubre	0.000
	Noviembre	0.000
	Diciembre	0.747
	Abril	Marzo
Mayo		0.000
Junio		0.000
Julio		0.000
Agosto		0.000
Septiembre		0.000
Octubre		0.000
Noviembre		0.368
Diciembre		1.000
Mayo	Marzo	0.000
	Abril	0.000
	Junio	1.000
	Julio	0.860
	Agosto	1.000
	Septiembre	1.000
	Octubre	0.860
	Noviembre	0.000
	Diciembre	0.000
Junio	Marzo	0.000

Abril	Abril	0.000
	Mayo	1.000
	Julio	0.673
	Agosto	1.000
	Septiembre	1.000
	Octubre	0.673
	Noviembre	0.000
	Diciembre	0.000
	Julio	Marzo
Abril		0.000
Mayo		0.860
Junio		0.673
Agosto		0.860
Septiembre		0.860
Octubre		1.000
Noviembre		0.026
Diciembre		0.000
Agosto	Marzo	0.000
	Abril	0.000
	Mayo	1.000
	Junio	1.000
	Julio	0.860
	Septiembre	1.000
	Octubre	0.860
	Noviembre	0.000
	Diciembre	0.000

Continuación Análisis estadístico en SPSS

Mes (i)	Mes (J)	Sig.
Septiembre	Marzo	0.000
	Abril	0.000
	Mayo	1.000
	Junio	1.000
	Julio	0.860
	Agosto	1.000
	Octubre	0.860
	Noviembre	0.000
	Diciembre	0.000
	Octubre	Marzo
Abril		0.000
Mayo		0.860
Junio		0.673
Julio		1.000
Agosto		0.860
Septiembre		0.860
Noviembre		0.026
Diciembre		0.000
Noviembre	Marzo	0.000
	Abril	0.368
	Mayo	0.000
	Junio	0.000
	Julio	0.026

	Agosto	0.000
	Septiembre	0.000
	Octubre	0.026
	Noviembre	0.191
Diciembre	Marzo	0.747
	Abril	1.000
	Mayo	0.000
	Junio	0.000
	Julio	0.000
	Agosto	0.000
	Septiembre	0.000
	Octubre	0.000
	Noviembre	0.191

ANOVA

Densidad_Poblacional

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	94.252	9	10.472	32.164	.000
Intra-grupos	9.117	28	.326		
Total	103.368	37			

Comparaciones múltiples

Densidad_Poblacional

HSD de Tukey

(I) Mes	(J) Mes	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	1.20833	.43581	.194	-.2863	2.7029
	3	4.37500 [*]	.40348	.000	2.9913	5.7587
	4	4.47500 [*]	.38278	.000	3.1623	5.7877
	5	3.75000 [*]	.40348	.000	2.3663	5.1337
	6	4.37500 [*]	.40348	.000	2.9913	5.7587
	7	4.37500 [*]	.40348	.000	2.9913	5.7587
	8	3.75000 [*]	.40348	.000	2.3663	5.1337
	9	2.25000 [*]	.40348	.000	.8663	3.6337
	10	.87500	.49416	.747	-.8197	2.5697
	2	1	-1.20833	.43581	.194	-2.7029
3		3.16667 [*]	.43581	.000	1.6721	4.6613
4		3.26667 [*]	.41671	.000	1.8376	4.6958
5		2.54167 [*]	.43581	.000	1.0471	4.0363
6		3.16667 [*]	.43581	.000	1.6721	4.6613
7		3.16667 [*]	.43581	.000	1.6721	4.6613
8		2.54167 [*]	.43581	.000	1.0471	4.0363
9		1.04167	.43581	.368	-.4529	2.5363
10		-.33333	.52089	1.000	-2.1197	1.4531
3		1	-4.37500 [*]	.40348	.000	-5.7587
	2	-3.16667 [*]	.43581	.000	-4.6613	-1.6721
	4	.10000	.38278	1.000	-1.2127	1.4127
	5	-.62500	.40348	.860	-2.0087	.7587

Continuación Comparaciones múltiples

(I) Mes	(J) Mes	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
	6	.00000	.40348	1.000	-1.3837	1.3837
	7	.00000	.40348	1.000	-1.3837	1.3837
	8	-.62500	.40348	.860	-2.0087	.7587
	9	-2.12500*	.40348	.000	-3.5087	-.7413
	10	-3.50000*	.49416	.000	-5.1947	-1.8053
4	1	-4.47500*	.38278	.000	-5.7877	-3.1623
	2	-3.26667*	.41671	.000	-4.6958	-1.8376
	3	-.10000	.38278	1.000	-1.4127	1.2127
	5	-.72500	.38278	.673	-2.0377	.5877
	6	-.10000	.38278	1.000	-1.4127	1.2127
	7	-.10000	.38278	1.000	-1.4127	1.2127
	8	-.72500	.38278	.673	-2.0377	.5877
	9	-2.22500*	.38278	.000	-3.5377	-.9123
	10	-3.60000*	.47741	.000	-5.2373	-1.9627
5	1	-3.75000*	.40348	.000	-5.1337	-2.3663
	2	-2.54167*	.43581	.000	-4.0363	-1.0471
	3	.62500	.40348	.860	-.7587	2.0087
	4	.72500	.38278	.673	-.5877	2.0377
	6	.62500	.40348	.860	-.7587	2.0087
	7	.62500	.40348	.860	-.7587	2.0087
	8	.00000	.40348	1.000	-1.3837	1.3837
	9	-1.50000*	.40348	.026	-2.8837	-.1163
	10	-2.87500*	.49416	.000	-4.5697	-1.1803
6	1	-4.37500*	.40348	.000	-5.7587	-2.9913
	2	-3.16667*	.43581	.000	-4.6613	-1.6721
	3	.00000	.40348	1.000	-1.3837	1.3837
	4	.10000	.38278	1.000	-1.2127	1.4127
	5	-.62500	.40348	.860	-2.0087	.7587
	7	.00000	.40348	1.000	-1.3837	1.3837
	8	-.62500	.40348	.860	-2.0087	.7587
	9	-2.12500*	.40348	.000	-3.5087	-.7413
	10	-3.50000*	.49416	.000	-5.1947	-1.8053

Continuación Comparaciones múltiples

7	1	-4.37500*	.40348	.000	-57.587	-29.913
	2	-3.16667*	.43581	.000	-46.613	-16.721
	3	.00000	.40348	1.000	-13.837	13.837
	4	.10000	.38278	1.000	-12.127	14.127
	5	-.62500	.40348	.860	-20.087	.7587
	6	.00000	.40348	1.000	-13.837	13.837
	8	-.62500	.40348	.860	-20.087	.7587
	9	-2.12500*	.40348	.000	-35.087	-.7413
	10	-3.50000*	.49416	.000	-51.947	-18.053
	8	1	-3.75000*	.40348	.000	-51.337
2		-2.54167*	.43581	.000	-40.363	-10.471
3		.62500	.40348	.860	-.7587	20.087
4		.72500	.38278	.673	-.5877	20.377
5		.00000	.40348	1.000	-13.837	13.837
6		.62500	.40348	.860	-.7587	20.087
7		.62500	.40348	.860	-.7587	20.087
9		-1.50000*	.40348	.026	-28.837	-.1163
10		-2.87500*	.49416	.000	-45.697	-11.803
9		1	-2.25000*	.40348	.000	-36.337
	2	-104.167	.43581	.368	-25.363	.4529
	3	2.12500*	.40348	.000	.7413	35.087
	4	2.22500*	.38278	.000	.9123	35.377
	5	1.50000*	.40348	.026	.1163	28.837
	6	2.12500*	.40348	.000	.7413	35.087
	7	2.12500*	.40348	.000	.7413	35.087
	8	1.50000*	.40348	.026	.1163	28.837
	10	-137.500	.49416	.191	-30.697	.3197
	10	1	-.87500	.49416	.747	-25.697
2		.33333	.52089	1.000	-14.531	21.197
3		3.50000*	.49416	.000	18.053	51.947
4		3.60000*	.47741	.000	19.627	52.373
5		2.87500*	.49416	.000	11.803	45.697
6		3.50000*	.49416	.000	18.053	51.947
7		3.50000*	.49416	.000	18.053	51.947
8		2.87500*	.49416	.000	11.803	45.697
9		137.500	.49416	.191	-.3197	30.697

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

ANOVA

Densidad_Poblacional

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	94.252	9	10.472	32.164	.000
Intra-grupos	9.117	28	.326		
Total	103.368	37			

ANEXO V

Fotografías

Trampas

FOTOGRAFÍA 16. Trampas cebadas con pollo.	FOTOGRAFÍA 17. Trampa de lazo.
 <p style="text-align: right;"><i>Fotografía: A Suarez.</i></p>	 <p style="text-align: right;"><i>Fotografía: A. Suárez.</i></p>

FOTOGRAFÍA 18. Trampa flotante de puerta corrediza.

*Fotografía: A Suarez.*

Método de marcaje

FOTOGRAFÌA 19. Hembra capturada con el método de lazo.	FOTOGRAFÌA 20. Hembra capturada y atada.
 <p data-bbox="621 751 846 783"><i>Fotografía: A Suárez.</i></p>	 <p data-bbox="1195 758 1430 789"><i>Fotografía: A. Suárez.</i></p>
FOTOGRAFÌA 21. Perforación de orificios para la sujeción del transmisor.	FOTOGRAFÌA 22. Puesta del transmisor
 <p data-bbox="621 1266 846 1297"><i>Fotografía: A Suárez.</i></p>	 <p data-bbox="1195 1266 1430 1297"><i>Fotografía: A Suárez.</i></p>
FOTOGRAFÌA 23. Añadiendo solución epóxica para la sujeción del transmisor.	FOTOGRAFÌA 24. Liberación del individuo luego de la intervención.
 <p data-bbox="621 1797 846 1829"><i>Fotografía: A Suárez.</i></p>	 <p data-bbox="1195 1797 1430 1829"><i>Fotografía: A Suárez.</i></p>