

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Análisis de una estrategia de conservación para *Podocnemis unifilis* en
la Estación de Biodiversidad Tiputini**

Maricela Rivera

Proyecto final presentado como requisito para la obtención del título de Biología y Ecología
Aplicada

Quito, Mayo 2010

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Análisis de una estrategia de conservación para *Podocnemis unifilis* en
la Estación de Biodiversidad Tiputini**

Maricela Rivera

David Romo, Ph.D
Director del Proyecto Final

.....

Stella de la Torre, Ph.D
Decana del Colegio de Ciencias
Biológicas y Ambientales

.....

Quito, Mayo 2010

©Derechos de Autor

Laura Maricela Rivera Rojas

2010

DEDICATORIA

A mi madre, Cecilia, y mis hermanos Verónica y Oswaldo, quienes me enseñaron que los sueños no son solo sueños.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial para el Dr. David Romo director de mi proyecto y, Co-Director de la Estación de Biodiversidad Tiputini, por haber hecho posible la realización de esta investigación, brindarme su apoyo y guiarme durante el proceso.

Al Dr. Kelly Swing Director de la Estación de Biodiversidad Tiputini, por brindarme consejos útiles sobre la ecología de las tortugas y estar al tanto de mí trabajo de campo.

A la Dra. Stella de la Torre, Decana del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales, y amiga, quien también supo despejar mis dudas sobre los métodos y análisis de ésta investigación. A Carlos Valle por orientarme en la parte estadística del proyecto.

A Leonardo Zurita por ayudarme con la elaboración de los mapas.

A Consuelo de Romo y Zoila Rivera por facilitar mi estadía y materiales durante la ejecución del proyecto. A la administración de EBT por su ayuda con la logística del proyecto. Y al personal de EBT, especialmente a Don Mayer, Ramiro, Mariano, Don García, y José Macanilla, por ayudarme con ideas sobre el cuidado de las tortugas y, a Chivo y Don Papa, por su gran ayuda al momento de la localización de playas, identificación y recolección de nidos.

A todos mis profesores del COCIBA por darme las bases para emprender mis proyectos, y para ser una mejor persona.

Finalmente a mis compañeras, Natalie Herdoiza, Carolina Proaño y Gabriela Jaramillo, por ayudarme en la realización del trabajo de campo. A Diego Regalado por ayudarme con consejos sobre la programación de los modelos. Y a mis amigos que de una u otra forma me ayudaron durante todo el proceso. Gracias.

RESUMEN

Podocnemis unifilis ha experimentado una disminución drástica en su rango de distribución en la Amazonía ecuatoriana. Con esta motivación la Estación de Biodiversidad Tiputini de la Universidad San Francisco de Quito, empezó un proyecto de adelantamiento o head-starting para esta especie. Se compararon datos de mortalidad, supervivencia, medidas morfométricas y peso de las tortugas del proyecto con dos lugares. Además se realizaron cuatro modelos de simulación estocástica incorporando el éxito de eclosión (que no es fijo y depende de factores de manejo además de ciclos naturales), con el propósito de evaluar la contribución del proyecto a largo plazo. Cada modelo analizó un escenario diferente, liberar tortugas recién nacidas (situación actual), y mantener 100 tortugas en cautiverio por uno, dos y cuatro años. Las tasas de eclosión en la EBT son bajas en comparación con los otros lugares. Las medidas morfométricas no presentan diferencias significativas, mientras que el peso es mayor. Los modelos muestran que manteniendo a las tortugas por uno, dos o cuatro años, la contribución a la población natural de tortugas en el río Tiputini es mucho mayor, pues se evita mortalidad de juveniles. Por esto es importante proteger además de neonatos poblaciones de hembras adultas y de juveniles grandes.

ABSTRACT

Podocnemis unifilis has experienced a drastic decrease along its distribution in the Ecuadorian Amazon. With this motivation the Tiputini Biodiversity Station from Universidad San Francisco de Quito began a head-starting project for this species. Mortality rate, survival rate, weight and morphometric measurements data were compared with two other locations. In addition, four stochastic simulation models were constructed incorporating the hatching success (which is not fixed and depends on handling and natural cycles) in order to assess the long-term contribution of this project. Each model tested a different scenario, releasing hatchlings (current situation), and keeping 100 turtles in captivity for one, two and four years. Hatching rates in TBS are low compared with the two other places. Morphometric measures are not significantly different, while weight is greater. The models show that when keeping the turtles for one, two or four years, the contribution to the natural population of turtles in the Tiputini River is much higher, because juvenile mortality is avoided. Therefore it is important to protect not only hatchlings but also adult females and large juvenile populations.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| Dedicatoria | iv |
| Agradecimientos..... | v |
| Resumen | vi |
| Abstract | vii |
| 1. Introducción..... | 1 |
| 2. Justificación..... | 5 |
| 3. Métodos..... | 6 |
| 3.1 Área de Estudio..... | 6 |
| 3.2 Recolección de nidos..... | 6 |
| 3.3 Eclosión de neonatos..... | 7 |
| 3.4 Tasas de eclosión y medidas morfométricas..... | 8 |
| 3.5 Mapa de distribución de playas..... | 8 |
| 3.6 Modelos de simulación..... | 8 |
| 4. Resultados | 10 |
| 4.1 Recolección de nidos y eclosión de neonatos..... | 10 |
| 4.2 Tasas de eclosión y medidas morfométricas..... | 11 |
| 4.3 Mapa de distribución de playas..... | 11 |
| 4.4 Modelos estocásticos EBT..... | 11 |
| 5. Discusión..... | 13 |
| 5.1 Éxito de eclosión..... | 13 |
| 5.2 Medidas morfométricas y peso..... | 14 |
| 5.3 Mapa de distribución de playas..... | 14 |
| 5.4 Modelos estocásticos EBT..... | 15 |
| 6. Conclusiones | 19 |
| 7. Recomendaciones | 20 |
| 8. Referencias | 22 |
| 9. Tablas y Figuras | 25 |
| 10. Anexos..... | 31 |

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Fragmento del modelo realizado para EBT..... | 25 |
| Tabla 2. Éxito de eclosión del proyecto head-starting..... | 25 |
| Tabla 3. Promedio de medidas morfométricas comparadas..... | 25 |
| Tabla 4. Aporte de tortugas liberadas por EBT | 26 |
| Figura 1. Mapa EBT..... | 26 |
| Figura 2. Zonas de distribución de <i>Podocnemis unifilis</i> EBT..... | 27 |
| Figura 3. Recorrido del río en búsqueda nidos de <i>Podocnemis unifilis</i> | 27 |
| Figura 4. Comparación de tasas de eclosión..... | 28 |
| Figura 5. Comparación de medidas morfométricas | 28 |
| Figura 6. Comparación de pesos..... | 29 |
| Figura 7. Playas de anidación frecuentadas por hembras de <i>P. unifilis</i> | 29 |
| Figura 8. Tortugas liberadas por EBT y que sobreviven (diferentes escenarios)..... | 30 |

1. INTRODUCCIÓN

La charapa común (*Podocnemis unifilis*) conocida también como tortuga de puntos amarillos ó taricaya (Escalona y Fa 1998), tiene una amplia distribución geográfica que incluye Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia, Guayana, Brasil y Ecuador (Escalona y Fa 1998, Fachin y Mülhen 2003, Tonwsend et al. 2005). Este quelonio de tamaño mediano, es altamente acuático y anida en playas de arena cerca al agua, pudiendo utilizar también playas de suelos arcillosos, bancos de río escarpados y hasta áreas cubiertas por lechos de hojas (Fachin y Mülhen 2003, Caputo et al. 2005, Souza y Vogt 1994). Después de dos semanas del apareamiento, la hembra desova principalmente en la noche, produciendo generalmente más de dos nidos, de entre 7 a 52 ($\bar{x}= 34,5$) huevos en cada uno (Escalona y Fa 1998, Soini 1994, Fachin y Mülhen 2003).

El sitio que la hembra elija para anidar, y la temperatura de incubación de los huevos dentro del nido, determinarán no solo el sexo de los neonatos, sino también, su tasa de crecimiento, termorregulación, comportamiento, masa después del nacimiento, patrones de pigmentación, desempeño en la locomoción, supervivencia, y consecuentemente el éxito reproductivo de la madre (Ashmore y Janzen 2003, Ferreira Júnior, Castro y Castro 2007, Janzen 1994, Koble y Janzen 2001, Koble y Janzen 2002, Morjan y Valenzuela 2001, Roosenburg 1996, Souza y Vogt 1994, Valenzuela 2001). Esto es muy importante para la historia reproductiva de las tortugas, pues ciertos estudios indican que es posible que las poblaciones de tortugas dependan del tamaño del propágulo (número de huevos en el nido) para establecer la probabilidad de sobrevivencia de las crías (Congdon et al 1993, Janzen 1993, y Janzen, Tucker, y Paukstis 2000).

El 90% de huevos en nidos no perturbados eclosionarán (Escalona y Fa 1998). Sin embargo, bajo condiciones naturales muchos nidos son depredados por hormigas,

pájaros, serpientes, peces grandes, ranas y mamíferos (22-41% en Escalona y Fa 1998). Observaciones del personal de la EBT reporta además entre los depredadores a lagartijas del género *Tupinambis* y caimanes. El aumento del caudal antes del final del período de incubación y la inundación de los nidos, causa una alta tasa de mortalidad de los huevos (Escalona y Fa 1998, Fachin y Mülhen 2003); la depredación antropocéntrica (70-84% en Escalona y Fa 1998), no obstante, representa la mayor amenaza para los nidos (Caputo et al. 2005, Escalona y Fa 1998, Fachin y Mülhen 2003, Janzen, Tucker y Paukstis 2000, Tonwsend et al. 2005). Dada tan alta y estocástica mortalidad de huevos y neonatos, el porcentaje de sobrevivencia para las crías en las etapas huevo-neonato es menos del 30% (Almeida, Pezzuti y Da Silva 2005, Escalona y Fa 1998, Janzen, Tucker, y Paukstis 2000, Soini 1994).

En Ecuador, la charapa se encuentra en las provincias de Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza y Morona-Santiago (Cisneros 2006). A pesar de ser una de las tortugas más observadas a lo largo del Río Tiputini, muchas poblaciones de charapas están experimentando una disminución drástica debido a la práctica de extracción ilícita de sus huevos y al consumo de hembras adultas, que son fácilmente capturadas en la estación seca, cuando el nivel de agua baja y quedan expuestas las playas donde anidan (Cisneros 2006, Caputo et al. 2005, Tonwsend et al. 2005). Por las razones antes indicadas, la especie está catalogada como vulnerable en el libro rojo de la UICN, en peligro por la US Fish and Wildlife Service y dentro del apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especie en vías de extinción (CITES) (Caputo et al. 2005, Fachin y Mülhen 2003, UICN 2009).

Las charapas no presentan cuidado parental, tienen una larga vida con relativamente pobre capacidad para un rápido crecimiento poblacional, lo que es generalmente asociado con una baja tasa de reemplazo de individuos en la población

(Endara 2007, Heppell y Crowder 1996). Una alta tasa de supervivencia de juveniles grandes y adultos, una tardía madurez sexual y una vida reproductiva larga, son rasgos que hacen que especies con estas características corran el riesgo de extinción cuando la cacería y la destrucción de su hábitat reducen su número, especialmente de juveniles y adultos (Caputo et al. 2005, Endara 2007). Estos antecedentes vuelven necesaria la implementación de proyectos de conservación en zonas en donde el consumo de huevos y hembras adultas se vuelve cada vez más comercial. Sin embargo, en el país son casi inexistentes los proyectos enfocados a la recuperación de poblaciones de *Podocnemis unifilis*, debido a que, la realización de monitoreos e investigaciones de la especie se vuelve difícil dada la poca accesibilidad a las poblaciones remanentes de la misma (Danielsen et al. 2003 en Tonwsend et al. 2005, Endara 2007).

La disminución de nidos de charapas en las playas cercanas al río Zábalo en El Cuyabeno, y la necesidad de mantener un consumo sustentable de tortugas, hizo que la comunidad Cofán de los ríos Aguarico y Zábalo junto con varias organizaciones internacionales, en 1990 desarrollaran un proyecto conocido como adelantamiento o head-starting. El objetivo es criar neonatos de *P. unifilis* en pequeñas piscinas artificiales durante el primer año, para luego liberarlos en los ríos y lagunas. Este trabajo está asociado además con prohibir la caza y consumo de charapas adultas entre los miembros de la comunidad Cofán (Endara 2007, Tonwsend et al. 2005, Tonwsend 2008). Esto ha permitido que los Cofánes valoren el papel que juega la conservación, cambiando las actividades de caza por las de protección (Acosta 1996, Endara 2007, Caputo et al. 2005, Tonwsend et al. 2005).

Por desgracia muchas de las decisiones de gestión parecen basarse más en la facilidad de aplicación o la accesibilidad a etapas de vida particulares (Crouse et al 1987); y aunque las alternativas de manejo que pueden incrementar las tasas de

supervivencia de una especie pueden ser fáciles de visualizar, los impactos potenciales de muchas de ellas pueden no ser obvios. Cuando el tiempo y los recursos son limitados, puede ser conveniente clasificar planes de manejo en función de su beneficio potencial para la recuperación de especies y su costo-beneficio (Crouse et al 1987, Heppell 1998), que pueden estimarse al modelar la situación. Usando modelos matemáticos, se puede calcular los efectos proporcionales de cambios en una tasa de particular importancia (fecundidad, crecimiento, supervivencia) y hacer predicciones, ya sea para determinar mortalidad y supervivencia de una especie, la cantidad de individuos que permanecen en un grupo de edades, o evaluar planes de manejo para una especie (Congdon et al 1993, Crouse et al 1987, Heppell 1998, Starfield y Bleloch 1991).

OBJETIVOS

General

- Estimar el aporte de un proyecto de adelantamiento o head-starting en la población de *Podocnemis unifilis* en la zona de influencia de la Estación de Biodiversidad Tiputini.

Específicos

1. Comprobar diferencias en las tasas de eclosión entre nidos recolectados en tres lugares distintos (EBT, Zábalo y estudios realizados en estado silvestre).
2. Determinar si existen diferencias entre las medidas morfométricas y peso de las tortugas liberadas de EBT, Zábalo y tortugas en estado silvestre.
3. Construir un mapa de las playas donde se recolecta nidos de *Podocnemis unifilis* dentro de la zona de influencia en la Estación de Biodiversidad Tiputini.
4. Determinar que porcentaje de tortugas liberadas sobrevivirían hasta el año 20 asumiendo que las tortuguitas son liberadas en los primeros días de nacidas.

5. Determinar el porcentaje de éxito de supervivencia asumiendo que los neonatos son criados en cautiverio por 1, 2 o 4 años antes de ser liberados.

2. JUSTIFICACIÓN

Varios estudios muestran que los proyectos de adelantamiento en especies de vida larga, pueden ser poco efectivos a menos que se asegure la supervivencia de sub-adultos y adultos (Congdon et al. 1993, Crouse et al. 1987, Heppell y Crowder 1996, Heppell 1998). Este sería el caso de las tortugas de la especie *P unifilis* y el proyecto ejecutado por la EBT. Modelos de análisis de población para la tortuga caguama, indican que la supervivencia del primer año de vida es mucho menos crítica que la supervivencia en etapas posteriores, y que un incremento del 100% en la supervivencia de crías, no podría prevenir la declinación de la población (Crouse et al 1987, Crowder et al 1994 en Heppell y Crowder 1996). Las tortugas tienen una maduración lenta, son de vida larga, y son organismos iteróparos, estas características pueden compensar la alta mortalidad en juveniles, siempre y cuando la supervivencia de adultos se mantenga alta (Crouse et al 1987, Heppell y Crowder 1996)

La EBT viene trabajando desde hace varios años en un proyecto de adelantamiento pero no se ha evaluado que tan eficiente podría ser el aporte de dicho programa. No se sabe si el número de huevos colectados y el número de tortugas liberadas está garantizando un aporte significativo a la población aparentemente decreciente de la especie. En los últimos dos años, la Wildlife Conservation Society (WCS) ha iniciado un proyecto similar con las comunidades Kichwa y Waorani de la Reserva de Biosféra Yasuní (RBY), por lo que la propuesta de este estudio será de vital importancia no sólo para la EBT sino para la RBY. Si a esto sumamos que no existen estudios poblacionales para Ecuador, la modelación de varios escenarios nos permitirá

especular con un cierto margen de certeza la eficiencia del programa actual o decidir que medidas se deberán tomar a futuro para garantizar la permanencia de esta especie a largo plazo.

3. MÉTODOS

3.1 Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo de Diciembre del 2007 a Abril del 2008 dentro de la Estación de Biodiversidad Tiputini ($0^{\circ}37'5''S$, $76^{\circ}10'19''W$) (Cisneros 2006) de la Universidad San Francisco de Quito, ubicada dentro del Reserva de Biósfera Yasuní y en la provincia de Orellana (Figura 1).

3.2 Recolección de nidos

Anualmente, el personal de la EBT recorre tanto río abajo como río arriba de la Estación e inspecciona todas las playas disponibles que pueden ser utilizadas por las tortugas para la construcción de nidos. Algunas de las playas tienen asignados nombres (Anaconda, Baradero, Aguas negras, Chapil, Bellavista, Playa grande) (observaciones personales), sin embargo para mayor facilidad, cada playa fue numerada y registrada su ubicación en GPS, para posteriormente realizar un mapa de distribución de la población de hembras ponedoras de *Podocnemis unifilis* e identificar playas de anidación frecuentemente utilizadas por las tortugas, dentro de la zona de influencia en la Estación de Biodiversidad Tiputini.

La recolección de nidos se efectuó recorriendo todos los días, de 05h00 a.m. a 12h00 p.m., el río Tiputini, arriba y abajo de la estación, cubriendo un total de 37,48 Km. de río. Los nidos fueron localizados gracias a huellas dejadas en la arena por hembras que subían a desovar, y se encontraron usando una varita de madera que se

introduce cuidadosamente en la arena para encontrar los huevos. Este método es usado por los nativos de la zona.

Una vez ubicado el nido, se excavó cuidadosamente para extraer los huevos uno por uno y colocarlos en tinas plásticas llenas con arena, reproduciendo la ubicación del nido original. Se recolectaron más de un nido por tina, separando a cada uno con pequeños trozos de madera para evitar mezclar los huevos de diferentes nidos. Para cada nido se registró la fecha de recolección, profundidad del primer huevo, profundidad total del nido, número de nido, número de playa, y temperatura del nido.

Los nidos fueron transportados a la EBT y en la tarde se realizó la siembra de los nidos recolectados en una de las dos camas construidas para este propósito (Anexo 2). Las camas están colocadas encima de una estructura de metal para evitar ataques de hormigas rojas o termitas a los huevos (uno de los problemas registrados en las experiencias iniciales), manteniendo a los nidos alejados del piso. La primera tiene una capacidad para veinte y siete nidos y la segunda con capacidad para doce. De cada nido sembrado se registró: fecha de siembra, peso y largo del huevo, profundidad total del nido (intentando que sea la misma que el nido original), profundidad del primer huevo, y temperatura al momento de la siembra.

3.3 Eclosión de neonatos

En Marzo del 2008, tuvo lugar la eclosión de los nidos, y para cada una de las tortugas nacidas se tomaron las siguientes medidas morfométricas: largo de caparazón, ancho de caparazón, largo de plastrón, ancho de plastrón, grosor del cuerpo y peso. También se anotó el número de nido y la playa a la que correspondía cada tortuga y la fecha en la que se tomaron las medidas. Las tortugas medidas, fueron colocadas en tinas con agua de río para que el olor a sangre y yema desapareciera, y luego de esperar

un tiempo prudente, se liberaron a las tortugas en diferentes orillas del río Tiputini y cerca a la laguna que está dentro de la EBT.

3.4 Tasas de eclosión y medidas morfométricas

Se realizó una prueba chi-cuadrado para saber si las tasas de eclosión de nidos de EBT difieren de las tasas de eclosión del proyecto Cofán-Zábalo y con las encontradas en estado silvestre (datos tomados de Correa 1978, Sioni 1983, y Fachin 1982 en Vanzolini 2003).

Se compararon mediante un gráfico de barras las medias (\bar{x}) de las medidas morfométricas de largo de caparazón, largo de plastrón y peso de EBT, Cofán-Zábalo (tomados de Caputo et al. 2005), y de estudios realizados en estado silvestre (tomados de Fachin y Mülhen 2003). Se utilizó únicamente estadística descriptiva debido a que no se tuvo acceso a los datos crudos de los dos lugares comparados.

3.5 Mapa de distribución de playas

Se transcribieron los puntos GPS tomados de las diferentes playas en una hoja de Microsoft Excel, para luego ser transformados a datos de longitud y latitud mediante el programa Arc Map. Estos datos se importaron a Google Earth, en donde se midió el área recorrida y se creó un mapa satelital del lugar. Finalmente se guardó la imagen.

3.6 Modelos de simulación

Se construyeron cuatro modelos de simulación estocástica utilizando Microsoft Excel (Tabla 1), para establecer el número de tortugas que pueden sobrevivir hasta llegar a la edad adulta, y calcular el aporte total de tortugas a la población natural del río Tiputini a través del tiempo, en diferentes escenarios de manejo. Debido a la escasa información demográfica de la especie, y tomando en cuenta que son organismos de vida larga, para la construcción de los modelos se asumió para la especie un tiempo de vida de 20 años.

Para calcular el número de tortugas que sobreviven y pasan a la siguiente etapa de vida, se multiplicó índices de supervivencia (lx) de tortugas de río en general, calculados por Iverson 1991, por el número de tortugas en cada etapa y año (ver Tabla 1).

Para todos los modelos, en la proyección del primero al cuarto año, se emplearon datos del total de huevos colectados y éxito (tasa) de eclosión correspondientes a los cuatro años de realización del proyecto. A partir del quinto año se asumió que la estación realizaría un esfuerzo por coleccionar 1000 huevos cada año. Para obtener el éxito de eclosión (tasa), se dividió el número de tortugas nacidas para el número de huevos colectados. A partir del quinto año, que representa el futuro, se incorporó estocasticidad al modelo en base a las siguientes consideraciones:

- Colección de huevos: en base a los datos reales, se establece que hay una fluctuación del 70,2% de la cantidad de huevos colectados. Asumiendo que esto refleja un escenario real, mediante el uso de la función “SI-ENTONCES”, se programó para que: si el número aleatorio es igual o mayor a .702, se coleccionen los 1000 huevos. De lo contrario, se multiplicó 1000 huevos por el valor del número aleatorio, usándose dicho valor como el número de huevos colectados para ese año.
- Recién Nacidos: partiendo del supuesto de que la EBT hará un esfuerzo por aumentar el éxito de eclosión, mejorando el manejo actual de los nidos, las camas y otros factores que se han ido puliendo con la experiencia, se propone que habrá un 50% de probabilidad de que al menos el 75% de los huevos eclosionarán. Para esto, usando la función condicional se programó de tal modo que si el número aleatorio es mayor o igual al 0.5 eclosionarían el 75% de los

huevos, de lo contrario sólo el 30% que corresponde al valor más bajo registrado en los primeros cuatro años.

Bajo estos efectos, se analizaron cuatro diferentes escenarios de manejo para las tortugas. En el primer escenario se estudió la contribución de liberar a todas las tortugas recién nacidas. En el segundo, se ensayó el mantener a 100 tortugas recién nacidas por un año, en el tercero, conservar a las 100 tortugas recién nacidas por dos años; y en el cuarto con mantener a las 100 tortugas recién nacidas durante cuatro años. Esto implica que para los escenarios 3 y 4 el número de tortugas en cautiverio se incrementaría cada año.

Para los tres últimos escenarios, se asumió que la estación diseñe la capacidad de mantener y criar en una piscina artificial a 100 tortugas, de tal modo que para el caso de los 4 años, deberían existir piscinas para una población en cautiverio 300 tortugas y que la supervivencia en cautiverio es del 100%. Para los tres escenarios también se asumió que en caso de que nazcan menos de 100 tortugas, la estación liberará a todas las tortugas nacidas, debido a que el costo–beneficio de criar a muy pocas tortugas no es favorable para el proyecto (Heppell 1996). Se corrió cada modelo 100 veces para luego estimar las probabilidades de las diferentes tendencias del modelo y los resultados se expresan como un gráfico de frecuencias.

4. RESULTADOS

4.1 Recolección de nidos y eclosión de neonatos

Se recogieron treinta y ocho nidos de *Podocnemis unifilis*, es decir, un total de 1019 huevos, de los cuales 58,6% producen tortugas para ser liberadas (Tabla 2). Se liberaron 597 tortugas, de las cuales algunas se presentaron deformaciones en caparazón y plastrón (Anexos 7).

4.2 Tasas de eclosión y medidas morfométricas

Las tasas de eclosión de los tres lugares comparados muestran amplias diferencias ($\chi^2= 1496,918$; $GL= 2$; $p= 0,000$), siendo EBT el lugar que presenta una mayor diferencia en las tasas de eclosión obtenidas (Figura 4), mientras que las tasas de eclosión del proyecto Cofán-Zábalo y los de estado silvestre se encuentran más cernas entre sí.

Las medidas morfométricas (caparazón y plastrón) de las tortugas liberadas en la EBT, no son muy diferentes a las de las tortugas liberadas por el proyecto Cofán-Zábalo o de las censadas en estado silvestre (Tabla 3 y Figura 5). Mientras que el peso de las tortugas censadas en estado silvestre es un poco menor que el de los dos proyectos, siendo las tortuguitas de la EBT un poco más pesadas (Figura 6).

4.3 Mapa de distribución de playas

Al poner en un mapa la distribución de los nidos y las playas de las que se los recolectó, se pudo determinar la distancia recorrida para dichas colectas (37,48 Km en Figura 3). También se observa que hay una tendencia a coleccionar más nidos en las playas que están río arriba del campamento de la EBT (Figura 7).

4.4 Modelos estocásticos EBT

De acuerdo al modelo se estima que, para el primer escenario, existe una probabilidad de 17% de que el aporte del proyecto a la población sea entre 150 y 300 tortugas, de 33% entre 300 y 450, de 20% entre 450 y 600, de 13% entre 600 y 750, de 5% entre 750 y 900, y una probabilidad del 12% de aportar entre 900 y 1050 tortugas. Es importante saber que aproximadamente 107 ($SD= 26$) tortugas representan el número de adultos aportados después de 20 años.

El segundo escenario muestra que existe una probabilidad de 20% de que el aporte del proyecto a la población sea entre 450 y 600 tortugas, de 28% entre 600 y 750,

de 31% entre 750 y 900, de 11% entre 900 y 1050, de 3% entre 1050 y 1200, del 6% entre 1200 y 1350 y una probabilidad del 1% de aportar entre 1350 y 1500 tortugas. De esto, aproximadamente 244 (SD= 32) serían tortugas adultas.

De acuerdo al tercer escenario del modelo se estima que, existe una probabilidad del 1% de que el aporte del proyecto a la población sea entre 450 y 600 tortugas, de 14% entre 600 y 750, de 40% entre 750-900, de 18% entre 900 y 1050, de 6% entre 1050 y 1200, de 9% entre 1200 y 1350, de 10% entre 1350 y 1500 y una probabilidad del 2% de aportar entre 1500 y 1650 tortugas. De esto, aproximadamente 346 (SD= 40) tortugas representan el número de adultos aportados.

El cuarto escenario del modelo estima que, existe una probabilidad del 4% de que el aporte del proyecto a la población sea entre 600 y 750 tortugas, de 20% entre 750 y 900, de 24% entre 900 y 1050, de 22% entre 1050 y 1200, de 6% entre 1200 y 1350, de 11% entre 1350 y 1500, de 12% entre 1500 y 1650 y una probabilidad del 1% de aportar entre 1650 y 1800 tortugas. En promedio, aproximadamente 497 (SD= 51) tortugas representan el número de adultos aportados.

Es importante recalcar que para todos los casos modelados el total de tortugas aportadas después de 20 años representa la mezcla de hembras y machos. Los cuatro escenarios modelados, muestran que si hay variación en el número de tortugas que se liberan de acuerdo al manejo que se opte tener en el proyecto de conservación; al igual que se muestra variación en el número de tortugas adultas que liberan de cada escenario de manejo (Tabla 4 y Figura 8).

5. DISCUSIÓN

5.1 Éxito de eclosión

Las tasas de eclosión en la EBT resultaron ser más bajas que Cuyabeno y la naturaleza. Esto seguramente se debe a la manipulación que se hace a los huevos al momento de tomar medidas de largo, ancho y peso, pues mucho movimiento o cambio de la posición original del huevo que tenía en el nido ocasionan pérdidas de embriones (Endara 2007). A pesar que al momento de recolección de nidos se trata con mucho cuidado los huevos y se intenta mantener la misma posición del huevo en el nido, el momento de tomar medidas se podría estar cambiando su posición sin notarlo. Esta recomendación ya ha sido tomada en cuenta por el programa y sería interesante evaluar que ocurre en el siguiente año del proyecto.

Otro hecho que seguramente tiene que ver con las bajas tasas de eclosión en EBT es que los primeros años las camas estaban sobre el suelo, lo cual ocasionó que hormigas y termitas atacaran los nidos causando una alta mortandad de los huevos. Esto sin embargo no es un problema en el proyecto de Cuyabeno, pues ellos tienen playas artificiales que están en contacto directo con el suelo (Townsed 2008). Por otro lado, el último año de proyecto al utilizar plataformas metálicas para separar a las camas del suelo, no se tuvo problemas de ataques de hormigas o termitas, a pesar de esto gran parte de la mortalidad de huevos se dio por putrefacción de los mismos, debido a que varios nidos no tuvieron suficiente drenaje del agua lluvia. Dicha situación pudo generarse debido a que la madera con la que se construyeron los nidos era demasiado gruesa y no permitía un rápido drenaje del agua, como sucedería en una playa natural (Sioni 1998). Al momento se están realizando experimentos similares en las playas del río Tiputini por parte de comunidades Waorani (en conjunto con WCS). Por comentarios personales con el responsable del proyecto, se sabe que han tenido los

mismos problemas de ataques de los nidos. Sería interesante ensayar algunas estrategias para regresar los nidos al suelo pero de algún modo evitar el ataque de hormigas y termitas. Hasta donde se tiene conocimiento, este fenómeno no ha sido reportado en la naturaleza, pero es imposible afirmar que no sucede por cuanto existen poquísimos estudios al respecto.

5.2 Medidas morfométricas y peso

Las tortugas de EBT tienen aproximadamente los mismos tamaños que las tortugas que eclosionan en Cuyabeno y en estado silvestre, esto quiere decir que no se están liberando tortugas más pequeñas. Esto sin duda es un dato importante pues varios estudios indican que el tamaño de las crías al momento de nacer establece la probabilidad de supervivencia de las mismas (Ashmore y Janzen 2003, Janzen 1993). Es decir, las tortugas liberadas por EBT tienen las mismas posibilidades de sobrevivir y crecer hasta alcanzar la edad adulta y reproductiva que las tortugas en estado silvestre, pues se sabe que la madurez sexual también viene dada por el tamaño de la tortuga (Endara 2007, Sioni 1998), por lo tanto es posible que las tortugas liberadas por EBT estén alcanzando su madurez sexual sin retrasos.

Por otro lado la contribución del proyecto se vería incrementada, ya que al producir tortugas más pesadas, éstas podrían estar madurando sexualmente más temprano que otras en su grupo, lo que asegura que se puedan reproducir antes (Heppell 1996).

5.3 Mapa de distribución de playas

El mapa de distribución de nidos y playas realizado a partir de 37,48 Km de río recorrido, muestra a 38 hembras adultas activamente reproductivas en la población natural de *P. unifilis*. Sin embargo es importante reconocer que éste número no representa a la población total de *P. unifilis*, y seguramente tampoco representa una

porción significativa de la población. En las comunidades Cofánes del río Zábalo para estimar la población de hembras adultas se ha monitoreado las playas y registrado todos los nidos encontrados así no sean recolectados. Allí además se pusieron mallas para proteger los nidos de los predadores naturales e incrementar el éxito reproductivo sin necesidad de coleccionar los huevos (Townsend 2005). Este método no ha sido posible implementarlo en la EBT debido a que no existe la colaboración de los indígenas y marcar los nidos serviría para que sean identificados y coleccionados por ellos con más facilidad (Observaciones de experiencias en EBT).

Los nidos identificados son considerados como evidencia de una hembra adulta en edad reproductiva (Townsend 2008). En el proyecto de Zábalo, luego de siete años esto ha ayudado como técnica para comprobar un posible efecto en el aumento o disminución de la población natural de tortugas del río Zábalo, observándose un aumento en el número de nidos encontrados (Townsend 2008).

5.4 Modelos estocásticos EBT

Es importante considerar que, especies con tardía madurez sexual y de vida larga son particularmente susceptibles a perturbaciones intensivas y sobreexplotación, por lo que la dinámica poblacional depende de la supervivencia de juveniles grandes y adultos (Cogdon et al 1993). Heppell 1996, mediante un análisis de elasticidad muestra que, la cosecha de huevos es menos perjudicial para una población de tortugas marinas que la cosecha en el mismo nivel, de adultos. Incluso la pérdida de 100% de los huevos puestos en un solo año es mucho menos crítica para la población en general que la muerte de todas las hembras ponedoras que llegan a anidar en un solo año, es decir, las tasas de supervivencia anual para sub-adultos y adultos son más críticas.

Los modelos realizados sugieren que liberar a las tortugas recién nacidas aporta como máximo 1050 tortugas luego de 20 años con apenas 12% de probabilidad de que

esto suceda. Existe cerca de un 50% de probabilidad de que el aporte real sea entre 150 y 450 tortugas entre machos y hembras. Además, el promedio de aporte de tortugas adultas es de 107. Al mantener 100 tortugas recién nacidas por el periodo de un año, los modelos sugieren que la probabilidad de aportar con un máximo de 1500 tortugas es de apenas el 1%. En este escenario de manejo existe una probabilidad del 31% de que el aporte real este entre 750 y 900 tortugas entre hembras y machos. Aquí, el promedio de tortugas adultas aportadas es de 244. Con este cambio en el manejo del proyecto, se puede ver claramente, que el número de tortugas aportadas empieza a aumentar considerablemente.

Si se opta por mantener a 100 tortugas recién nacidas por dos años, el aporte máximo es de 1650 después de 20 años con una probabilidad del 2% de que esto suceda. Una probabilidad de 40% nos dice que el aporte real esta entre 750 y 900 tortugas. Y el promedio de tortugas adultas aportadas es de 346 tortugas. Aquí el modelo sugiere que en realidad mantener a las tortugas por dos años no aumenta ni disminuye el número de tortugas aportadas cuando se las mantiene por un año; de hecho el aporte se mantiene exactamente igual. Por otro lado el promedio de tortugas adultas aportadas si aumenta.

Así mismo cuando se mantienen a 100 tortugas por el periodo de cuatro años, se aporta como máximo 1800 tortugas pero con una probabilidad de apenas el 1% de que esto suceda. Con una probabilidad de 24%, el aporte real esta entre 900 y 1050 tortugas hembras y machos. Y el promedio del total de tortugas adultas aportadas es de 497. Resulta interesante que con sólo guardar 100 tortugas en cautiverio y aumentar sus probabilidades de llegar a adultas en 20 años se logra un aumento significativo del éxito del programa. Los datos muestran que no hay una diferencia marcada entre criar en cautiverio a las tortugas por 1, 2 o 4 años. Por lo que la recomendación sería que la

EBT haga el esfuerzo de crear las piscinas pensando en uno o dos años. Es importante que aquí se realice un análisis de costos y beneficios, para saber cual sería la mejor opción, sin embargo si se toma en cuenta el estudio realizado por Sioni 1998, se puede decir que los costos aumentarían si el periodo de crianza se extiende, y tomado en cuenta que el aporte de mantener a las tortugas por uno y dos años son iguales (a excepción del número de tortugas adultas) es posible que sea mejor mantener a las tortugas solo por un año (Townsend 2008).

Así mismo, mientras mayor sea el tiempo de retención de las tortugas en la estación, mayor es el número de tortugas que se aportaran a la población natural; lo que significa que, los escenarios de manejo en los que se obtienen mejores resultados, están relacionados a la protección de juveniles grandes sub-adultos y adultos. Esto es importante pues al existir una mayor probabilidad de que estos grupos sobrevivan mayor será la probabilidad de que vivirán lo suficiente para reproducirse y producir un mayor número de descendientes (Crouse et al. 1987), aumentando de esta manera el aporte de un proyecto de adelantamiento (Heppell 1996).

Si bien es cierto que de los modelos presentados en el mejor de los casos (escenario 4), hay un aporte de hasta 1800 tortugas (probabilidad del 1%) después de veinte años, es importante recalcar que el aporte real es de un máximo de 1050 tortugas (probabilidad de 24%). Además el costo que implica criar a las tortugas durante cuatro años puede ser muy elevado en comparación con el beneficio obtenido (Sioni 1998), puesto que un aporte de 1050 después de 20 años, no es un aporte muy grande para una población que podría estar declinando a un paso acelerado (Heppell 1996). Si tomamos en cuenta el tiempo que tardan las tortugas en reproducirse, no habría una real compensación por las pérdidas de adultos en la población natural, si el consumo de adultos sigue siendo grande. Es por esto la importancia de tener un plan de manejo de

conservación que se enfoque en por lo menos dos etapas de vida, protección y eclosión de huevos y protección de adultos (Crouse et al. 1987, Heppell 1998, Mortimer 1995).

Los mejores modelos aplicados a especies de tortugas con larga vida y tardía madurez sexual, indican que los esfuerzos de conservación deben extenderse por décadas, antes de ver incrementos sustanciales en la población manejada (Frazer, 1997 en Hernández y Espín, 2006). Considerando que *P. unifilis* necesita 7 años para alcanzar la madurez sexual (Endara, 2007; Sioni, 1998) y que el programa de cría en cautiverio fue iniciado hace cuatro años, los primeros ejemplares liberados aun no han logrado la madurez sexual. Por lo tanto, aun se debe esperar algunos años más para comenzar a ver los efectos iniciales en el reclutamiento de la clase reproductora y algunas décadas para observar aumentos significativos de la población adulta (Hernández y Espín, 2006), sin embargo, como ya se mencionó antes, con el número de tortuga liberadas hasta el momento no se podría vislumbrar con facilidad si existe un aumento en la población del río Tiputini; más aun conociendo que todavía existe una fuerte presión sobre la especie debido al consumo de sus huevos y ejemplares adultos.

A diferencia del proyecto que se está realizando en EBT, proyectos de adelantamiento como el realizado por las familias Cofánes de los ríos Zábalo y Aguarico en la reserva faunística Cuyabeno, o en otros lugares de mundo como por ejemplo Kemp Riley, el número de tortugas que se liberan es por mucho mayor al de EBT. De la misma manera ambos proyectos están teniendo resultados gracias a que se ha mermado de alguna manera la mortalidad de ejemplares adultos. Las familias Cofánes prohibieron el consumo de tortugas adultas al menos entre miembros de la comunidad, hasta que se muestre un visible aumento en el número de charapas (Townsend 2008). Mientras que en Kemp Riley se ha implementado una forma de evitar la muerte incidental de tortugas marinas adultas debido a la pesca (Heppell 1996).

6. CONCLUSIONES

Es evidente que ninguna población puede mantener los altos niveles de cosecha de huevos. Desafortunadamente, las repercusiones de la recolección excesiva de huevos no se hicieron muy evidentes desde hace varias décadas, debido a los muchos años que tarda una tortuga en alcanzar la adultez y madurez sexual (Mortimer 1995). Por lo tanto se puede concluir que la protección de huevos y la liberación de tortugas es una buena herramienta de conservación, sin embargo, si es acompañada de la protección de individuos adultos, los resultados serán mejores. Además se puede concluir que:

1. Las tasas de eclosión que presenta EBT son bastante menores a las tasas de eclosión de proyectos similares y de tortugas que nacen en estado silvestre.
2. Las tortugas que está liberando EBT se encuentran dentro de un rango normal de medidas que tienen las tortugas de en estado silvestre y de proyectos similares, siendo las tortugas de la EBT de mayor peso.
3. El mapa de distribución de playas frecuentemente utilizadas por *P.* muestra que hay un mayor esfuerzo de colección de nidos río arriba de la EBT.
4. La probabilidad de supervivencia en la fase huevo-neonato es bastante pequeña en comparación a la probabilidad de supervivencia para sub-adultos y adultos. Una vez que los neonatos alcanzan el año de edad tienen más posibilidades de sobrevivir.
5. Los modelos corridos muestran que habría un mayor aporte a la población de tortugas del área de influencia de la EBT si se mantienen en cautiverio al menos 100 neonatos por uno o dos años y si el esfuerzo de colección es cercano a los 1000 huevos.

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda en un futuro, tomar en cuenta la temperatura de incubación de los nidos recolectados e incubados en la estación, ya que se podrían estar produciendo únicamente hembras o únicamente machos, y es importante que se tomen en cuenta el ratio de sexos de la población para obtener mejores resultados (Thorbjarnarson, Perez y Escalona 1993).
2. Es importante que EBT incremente la recolección a 1000 huevos cada año como mínimo. Además sería recomendable mantener un cierto éxito de eclosión, es decir, manipular lo menos posible a los huevos, y construir mejores nidos artificiales. Si es posible, sería mejor construir una playa artificial ya que no hay peligro de perder huevos por putrefacción de los mismos.
3. Se sugiere criar a por lo menos cien tortugas en la estación como mínimo, pero en el caso de que nazcan menos de cien tortugas se recomienda liberar a todas, ya que el costo de criar a menos de 100 tortugas no se justifica (Sioni 1998).
4. Se recomienda hacer censos de la población de charapas, ya sean de captura y recaptura o censos visuales, para poder estimar de una mejor manera cual es número de tortugas que se pueden avistar, y tener un record de los mismos censos para determinar si el número de avistamientos o recapturas aumenta con el tiempo. Siendo esta otra manera de estimar si la población se incrementa o disminuye. Otra forma de censar a la población de hembras reproductoras podría ser la de contabilizar cada nido encontrado como una hembra perteneciente a la población.
5. Es importante conocer las tasas de mortalidad y crecimiento de las tortugas adelantadas y de tortugas en estado silvestre para evaluar de mejor manera el programa (Heppell 1996). Sin embargo, a pesar de ser esta una recomendación

lógica, es preciso desarrollar una metodología pues los ensayos realizados previos a este proyecto no fueron muy exitosos.

6. Se recomienda también proteger de alguna manera las poblaciones de hembras adultas y de juveniles grandes de la población del río Tiputini. Lo que puede darse si EBT se une junto con las poblaciones Waorani en un proyecto de conservación conjunto y se prohíbe el consumo de hembras adultas.
7. Finalmente, es importante reconocer que los modelos son puramente hipotéticos, y los datos de campo obtenidos son pocos, por lo que es muy importante que para un mejoramiento del proyecto que se está realizando en EBT, tener un mejor conocimiento de la historia de vida, la demografía, y si es posible la mortalidad específica en relación a la edad y tamaño de las tortugas.

8. REFERENCIAS

- Acosta J. 1996. Protección y manejo de la tortuga charapa en la amazonia ecuatoriana: el caso de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno. En: Campos Rozo C., Ulloa A. and Rubio Torgler H. (eds), Manejo de fauna con comunidades rurales. Fundación Natura, Santa Fe de Bogotá, Bogotá, Colombia, pp. 119–131.
- Almeida, S., J. C. B. Pezzuti, and D. F. Da Silva. 2005. Notes on nesting of *Podocnemis unifilis* (Chelonia, pelomedusidae) in small agricultural clearings in eastern Amazõnia, Pará, Brazil. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Série Ciências Naturais **1**:243-245.
- Ashmore, G. M. and F. J. Janzen. 2003. Phenotypic variation in smooth softshell turtles (*Apalone mutica*) from eggs incubated in constant versus fluctuating temperatures. Oecologia **134**:182-188.
- Caputo, F. P., D. Canestrelli, and L. Boitani. 2005. Conserving the terecay (*Podocnemis unifilis*, Testudines: Pelomedusidae) through a community-based sustainable harvest of its eggs. Biological Conservation **126**:84-92.
- Cisneros, H. F. D. 2006. Turtles of the Tiputini Biodiversity Station with remarks on the diversity and distribution of the Testudines from Ecuador. Biota Neotropica **6**:3-16.
- Congdon, J. D., A.E. Dunham and R. C. Van Loben Sels. 1993. Delayed sexual maturity and demographics of blanding's turtles (*Emydoidea blandingii*): implications for conservation and management of long-lived organisms. Conservation Biology **7**:826-833.
- Congdon, J.D., R.D. Nagle, A.E. Dunham, C.W. Beck, O.M. Kinney, and S.R. Yeomans. 1993. The relationship of body size to survivorship of hatchling snapping turtles (*Chelydra serpentina*): an evaluation of the 'bigger is better' hypothesis. Oecologia **121**:224–235.
- Crouse, D.T., L.B. Crowder, and H. Caswell. 1987. A stage-based population model for loggerhead sea turtles and implications for conservation. Ecology **68**:1412–1423.
- Endara, A. 2007. Plan de manejo para la comercialización de la charapa o taricaya *Podocnemis unifilis*, en la reserva de producción faunística Cuyabeno, amazonía ecuatoriana. Fundación Sobrevivencia Cofán, Quito, Ecuador. 102 pp.
- Escalona, T., and J. E. Fa. 1998. Survival of nests of the terecay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare-Tawadu rivers, Venezuela. Journal of Zoology **244**:303-312.
- Fachin, T. A., and E. M. von Mülhen. 2003. Reproducción de la tericaya (Testudines: Podocnemidae) en la Varzea del medio Soliones, Amazonas Brasil. Ecología Aplicada **2**:125-132.

- Ferreira Júnior, P. D., A. Z. Castro, and P. T. A. Castro. 2007. The importance of nidification environment in the *Podocnemis Expansa* and *Podocnemis unifilis* phenotypes (Testunides: Podocnemididae). *South American Journal of Herpetology* **2**:39-46.
- Heppell, S. S. 1998. Application of life-history theory and population model analysis to turtle conservation. *Copeia* **1**:367-375.
- Heppell, S. S., L. B. Crowder, and D. T. Crouse. 1996. Models to evaluate headstarting as a management tool for long-lived turtles. *Ecological Applications* **6**:556-565.
- Iverson, J. B. 1991. Patterns of survivorship in turtles (order Testudines). *Can. J. Zool.* **69**: 385-391.
- Janzen, F.J. 1993. An experimental analysis of natural selection on body size of hatchling turtles. *Ecology* **74**:332-341.
- Janzen, F.J. 1994. Vegetational cover predicts the sex ratio of hatchling turtles in natural nest. *Ecology* **75**:1593-1599.
- Janzen, F. J., J. K. Tucker, and G. L. Paukstis. 2000. Experimental analysis of an early life-history stage: selection on size of hatchling turtles. *Ecology* **81**:2290-2304.
- Koble, J. J., and F. J. Janzen. 2002. Impact of nest-site selection on nest success and nest temperature in natural and disturbed habitats. *Ecology* **83**:269-281.
- Koble, J. J., and F. J. Janzen. 2001. The influence of propagule size and maternal nest-site selection on survival and behaviour of neonate turtles. *Functional Ecology* **15**:772-781.
- Lacy, R.C. 1987. Loss of genetic diversity from managed populations: interacting effects of drift, mutation, immigration, selection and population subdivision. *Conservation Biology* **1**:143-158.
- Morjan, C. L., N. Valenzuela. 2001. Is ground-nuzzling by female turtles associated with soil surface temperatures? *Journal of Herpetology* **35**:668-672.
- Mortimer, J. A. 1995. Teaching critical concepts for the conservation of sea turtles. *Marine Turtle Newsletter* **71**:1-4.
- Primack, R. B, and R. Joandomec. 2002. *Introducción a la biología de la Conservación*. Ariel Ciencia, Barcelona, España.
- Roosenburg, W. M. 1996. Maternal condition and nest site choice: an alternative for the maintenance of environmental sex determination? *American Zoologist* **36**:157-168.
- Souza, R. R. D., and R. C. Vogt. 1994. Incubation temperature influences sex and hatchling size in the neotropical turtle *Podocnemis unifilis*. *Journal of Herpetology* **28**:453-464.

- Soini, P. 1994. Ecología reproductiva de la taricaya (*Podocnemis unifilis*) en el río Pacaya, Perú. *Folia Amazonica* **6**:111-133.
- Soini, P. 1998. Un manual para el manejo de los quelonios acuáticos en la amazonía peruana (charapa, taricaya y cupiso). Instituto de investigaciones de la Amazonía peruana: programa aprovechamiento sostenible de la biodiversidad. Iquitos, Perú.
- Starfield, A. M. and A. L. Bleloch. 1991. Building models for conservation and wildlife management. Burgess International Group, Edina, Minnesota, USA.
- Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group 1996. *Podocnemis unifilis*. In: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **03 November 2009**.
- Townsend, R. W., A. R. Borman, E. Yiyoguaje, and L. Mendua. 2005. Cofán indians' monitoring of freshwater turtles in Zábalo, Ecuador. *Biodiversity and Conservation* **14**:2743-2755.
- Townsend, R.W. 2008. Experiencia del pueblo indígena Cofán con la tortuga charapa (*Podocnemis unifilis*) en el río Aguarico, Ecuador. Fundación Sobrevivencia Cofán, Quito, Ecuador. 40 pp.
- The TADPLOE Organization. "Help us save the most biologically diverse place on our planet from the oil industry!" Author Links and Info. Internet. Available: <http://www.tadpoleorg.org/oilactivism.htm> (16 mayo 2010)
- Thorbjarnarson, J. B., N. Perez, T. Escalona. 1993. Nesting of *Podocnemis unifilis* in the Capanaparo River, Venezuela. *Journal of Herpetology* **27**:344-347.
- Valenzuela, N. 2001. Maternal effects on life-history traits in the amazonian giant river turtle *Podocnemis expansa*. *Journal of Herpetology* **35**:368-378.
- Vanzolini, P. E. 2003. On clutch size and hatching succes of the south american turtles *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) ans *P. unifilis* Troschel, 1848 (Testudines, Podocnemidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **75**:415-430.

9. TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Fragmento del formato de los modelos realizados para EBT, se muestra el primer escenario (Etapas de vida: 1 crías, 2 juveniles pequeños, 3 juveniles grandes, 4 Sub-adultos, 5 adultos no reproductivos, 6 adultos que podrían reproducirse, 7 adultos reproductores).

| Año | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| Huevos colectados | | 553 | 900 | 1019 | 337 |
| Éxito | | 428 | 306 | 597 | 98 |
| Etapas de Vida | (lx) | | | | |
| 1 | 0,19 | 428 | 306 | 597 | 98 |
| 2 | 0,64 | 0 | 81 | 58 | 113 |
| 3 | 0,64 | 0 | 0 | 52 | 37 |
| 4 | 0,84 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0,88 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0,88 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0,88 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 428 | 387 | 707 | 282 |

Tabla 2. Éxito de eclosión durante los cuatro años de proyecto head-starting. Se puede observar que la cantidad de huevos colectados varía cada año.

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Huevos Colectados | 553 | 900 | 1019 | 357 |
| Éxito | 428 | 306 | 597 | 179 |

Tabla 3. Promedio de medidas morfométricas tomadas para de tortugas liberadas por EBT (en los últimos cuatro años), comparadas con medidas para tortugas liberadas por la comunidad Cofán, y tortugas nacidas en estado silvestre.

| \bar{x} | EBT | COFÁN | SILVESTRE |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Largo Caparazón (mm) | 42.4 (± 0.9) | 41.8 (± 2.3) | 43.1 (± 0.2) |
| Largo Plastron (mm) | 38.9 (± 1.3) | 39.2 (± 2.6) | 40.2 (± 0.2) |
| Peso (gr) | 17.4 (± 0.7) | 17.3 (± 2.1) | 16 (± 2.3) |

Tabla 4. Aporte de tortugas liberadas por EBT a la población del río Tiputini. Se muestran los resultados de los cuatro escenarios de manejo evaluados.

| | Máximo aporte después de 20 años | |
|-------------|----------------------------------|------------------|
| | Varias Edades | Adultas |
| Escenario 1 | 425 (± 241) | 107 (± 26) |
| Escenario 2 | 689 (± 209) | 244 (± 32) |
| Escenario 3 | 855 (± 286) | 346 (± 40) |
| Escenario 4 | 1129 (± 275) | 497 (± 51) |

Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de la Estación de Biodiversidad Tiputini, provincia de Orellana (Tomado de The TADPOLE Organization 2002).

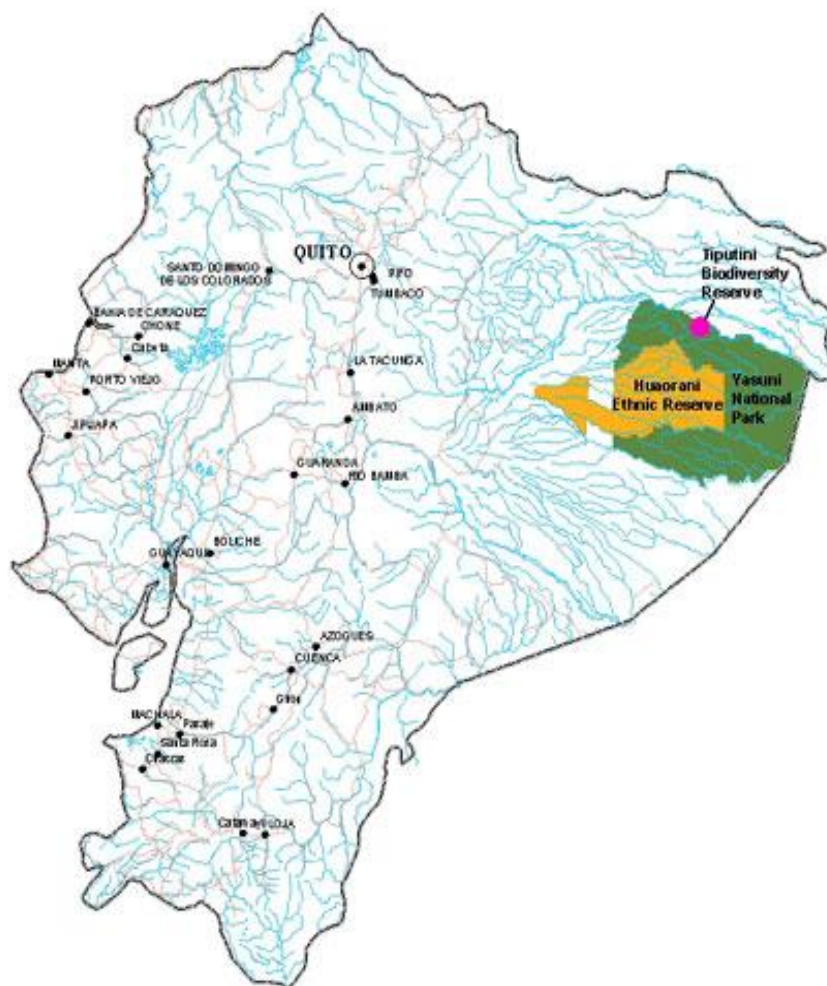


Figura 2. Zonas de distribución de *Podocnemis unifilis* (P.u) tomado de Cisneros, H. F. D. 2006

Cisneros-Heredia, D.F. - Biota Neotropica, v6 (n1) - BN00906012006

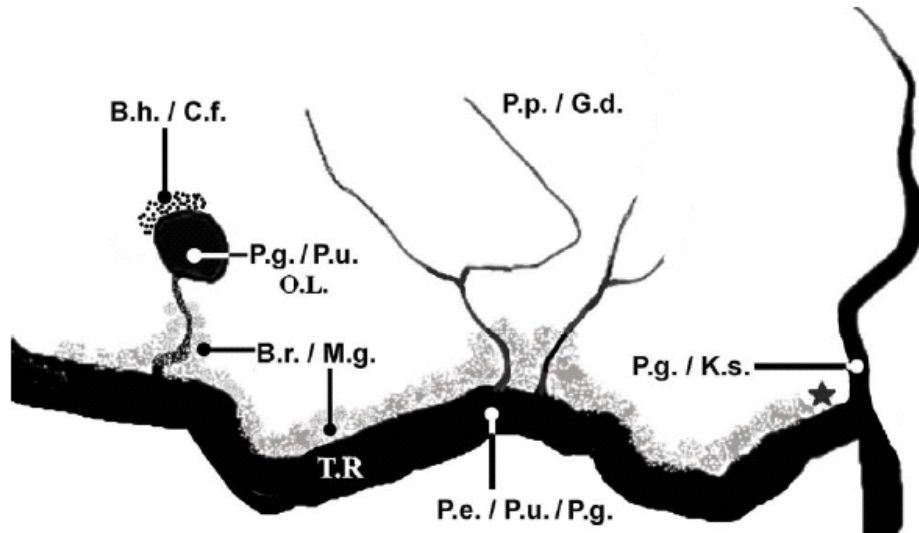


Figure 7. Schematic map of a section of the Tiputini River (T.R.) at the Tiputini Biodiversity Station (station laboratory = star), province of Orellana, Ecuador; indicating habitat preferences by ten chelonian species. O.L. = oxbow lake; dotted area next to oxbow lake = non-seasonally flooded shallow swamp; gray shadow areas = seasonally flooded forest. B.h. = *Batrachemys heliostemma*; B.r. = *Batrachemys ruficeps*; C.f. = *Chelus fimbriata*; G.d. = *Geochelone denticulata*; K.s. = *Kinosternon scorpioides*; M.g. = *Mesoclemmys gibba*; P.g. = *Ehrynops gibba*; P.p. = *Platemys platycephala*; P.e. = *Podocnemis expansa*; P.u. = *Podocnemis unifilis*.

Figura 3. Imagen satelital de los 37.48 km de río recorrido en búsqueda de playas y nidos de *Podocnemis unifilis*.



Figura 4. Comparación de las tasas de eclosión de tortugas de EBT con el proyecto Cofán-Zábalo y estudios realizados en estado silvestre. Se observa que las tasas de Eclosión de EBT son bastante menores que las de los otros dos lugares.

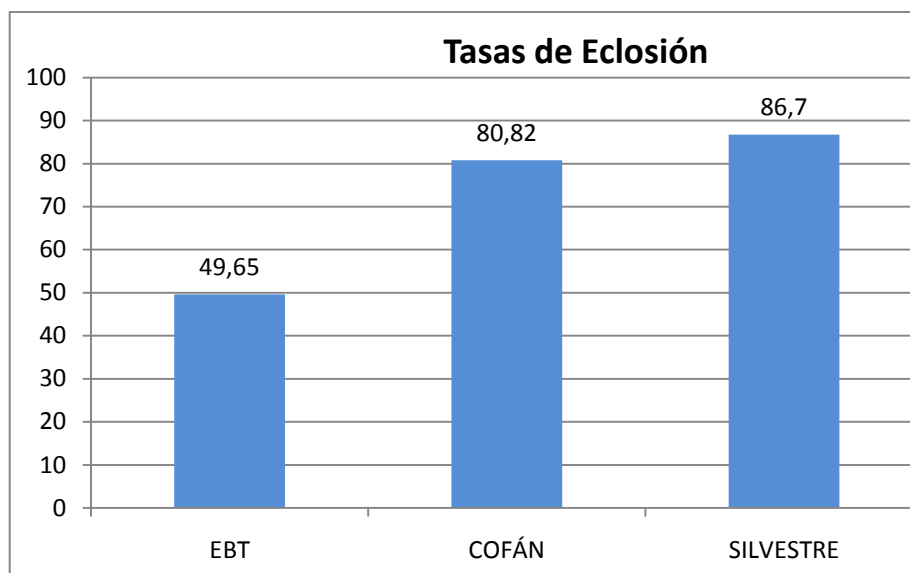


Figura 5. Comparación de las medidas morfométricas de largo de caparazón y largo de plastrón de tortugas de EBT con el proyecto Cofán-Zábalo y estudios realizados en estado silvestre. Se observa que las medidas en los tres lugares son bastante similares y no hay una gran diferencia. El largo de plastrón al parecer es un poco más pequeño en las tortugas de EBT.

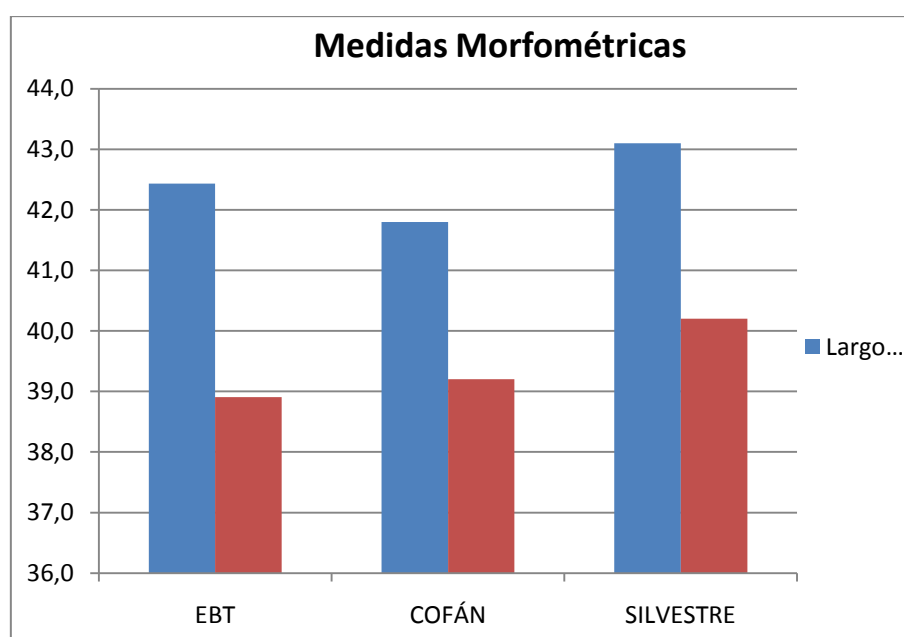


Figura 6. Comparación de medidas de peso entre tortugas de EBT, Cofán-Zábalo, y tortugas en estado silvestre. Se observa que las tortugas de EBT son más pesadas.

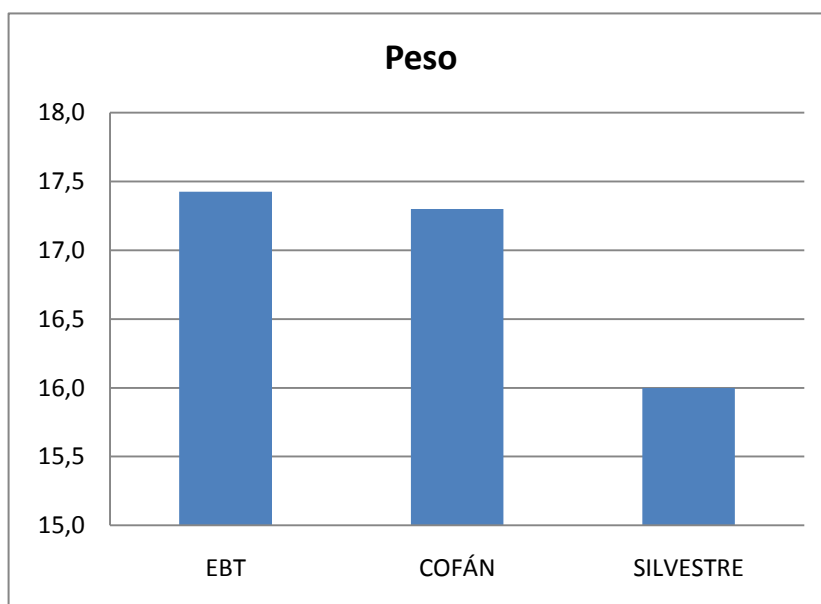
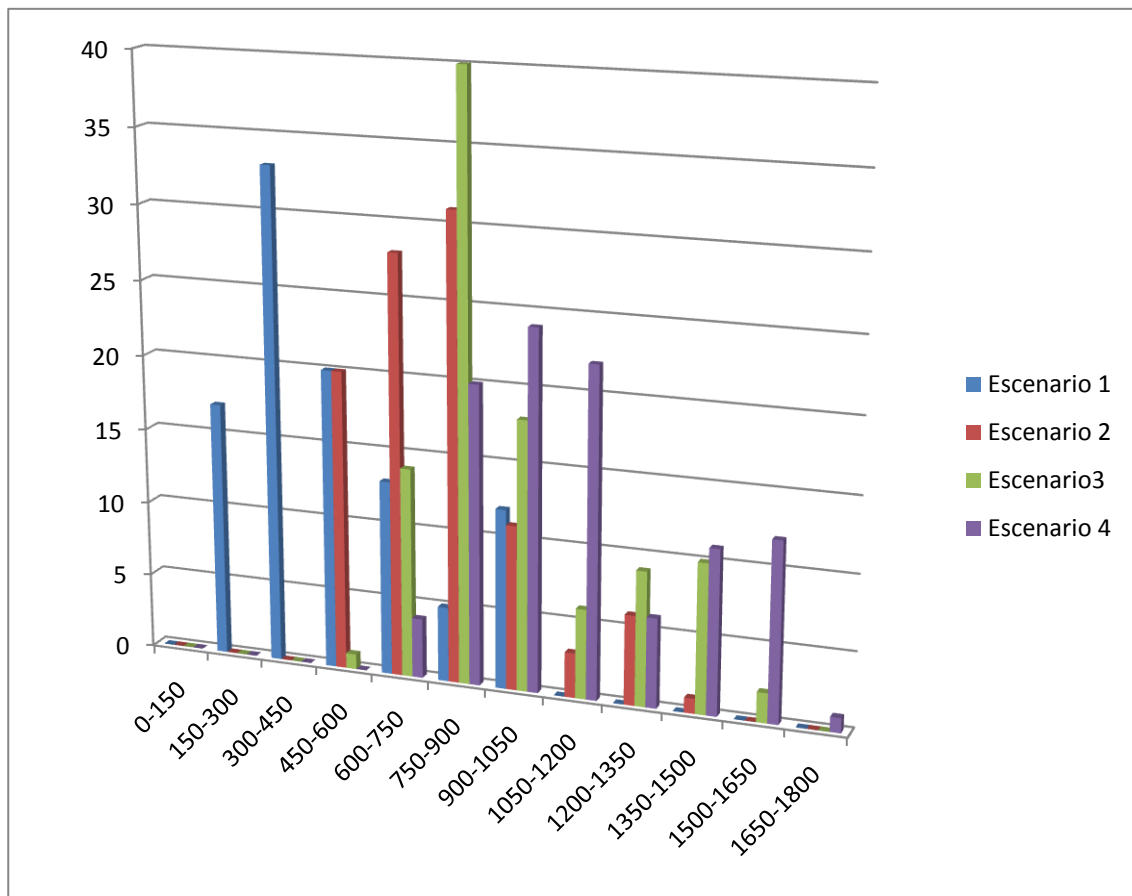


Figura 7. Imagen satelital de playas de anidación frecuentadas por hembras ponedoras de *Podocnemis unifilis* dentro de la zona de influencia en la Estación de Biodiversidad Tiputini. Abajo se adjunta una tabla con los puntos GPS de las playas identificadas.



| No. Playa | S | W |
|-----------|-------------|--------------|
| 1 | 00°38'59,5" | 076°12'37,7" |
| 2 | 00°38'58,3" | 076°11'52,7" |
| 3 | 00°38'13,0" | 076°10'61,4" |
| 4 | 00°38'02,3" | 076°05'10,0" |
| 5 | 00°38'03,3" | 076°10'50,8" |
| 6 | 00°37'46,6" | 076°10'52,2" |
| 7 | 00°38'19,6" | 076°10'52,2" |
| 8 | 00°38'24,3" | 076°09'47,5" |
| 9 | 00°38'00,9" | 076°04'00,5" |
| 10 | 00°38'54,5" | 076°04'46,6" |
| 11 | 00°38'56,1" | 076°04'43,3" |
| 12 | 00°38'45,2" | 076°04'30,5" |
| 13 | 00°38'20,6" | 076°04'46,5" |
| 14 | 00°38'20,6" | 076°09'36,7" |
| 15 | 00°38'23,3" | 076°09'10,6" |

Figura 8. Total de de tortugas añadidas por EBT a la población del río Tiputini.



10. ANEXOS

Anexo 1. Playa de anidación de *Podocnemis unifilis* presentando huellas dejadas en la arena por tortugas hembra que subían a desovar.



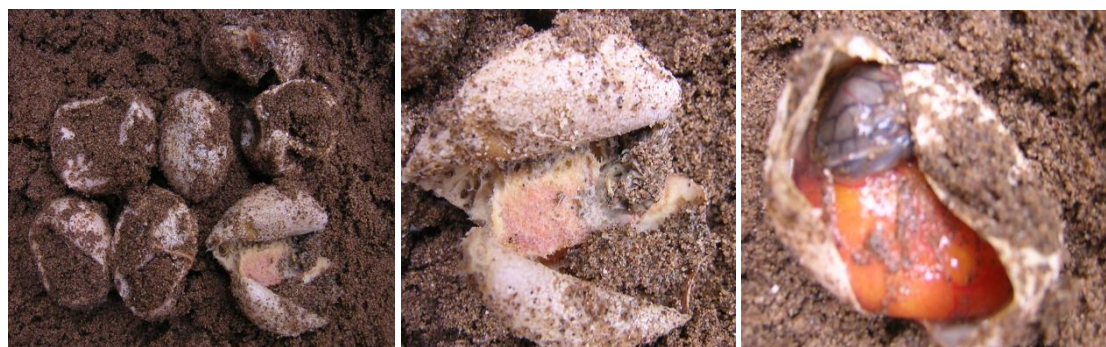
Anexo 2. Camas artificiales para la incubación de huevos recolectados, indicando la numeración de cada nido y playa. Las camas están ubicadas en un lugar abierto e inclinado.



Anexo 3. De izquierda a derecha, huevos podridos infectados con gusanos. Cascaron de huevo dejado después de la eclosión. Huevos infértiles, reconocidos por el color rosáceo y amarillento de la cáscara, además de su peso ligero.



Anexo 4. Muestra de la apariencia de huevos podridos. De derecha a izquierda, huevos podridos caracterizados por su olor y muy blandos al tacto. Gusanos dentro del huevo con un embrión muerto. Embrión muerto.



Anexo 5. De izquierda a derecha, tortuga saliendo del cascarón. Neonatos saliendo hacia la superficie del nido. Neonato con yema no absorbida por completo.



Anexo 6. De izquierda a derecha: tortugas de un nido eclosionado. Todos los nidos están cubiertos con malla metálica, para evitar depredadores. Tortugas dispuestas en tinas con agua para limpiar el olor de huevo y sangre. Liberación de tortuguitas.



Anexo 7. Arriba, tortugas bien desarrolladas. Abajo, tortugas presentando algunas deformaciones.

