

Estimación de la proporción de sexos de neonatos de tortuga charapa (*Podocnemis unifilis*) mediante morfometría del caparazón, en la Amazonía ecuatoriana

Dominique Fierro

Consultora Ambiental Independiente Ecuador. Ecuador

Autor para correspondencia: hterneus@uide.edu.ec

Esteban Terneus y Pablo Salvador

Universidad Internacional del Ecuador, Ecuador

Escuela de Biología Aplicada

Autor para correspondencia: hterneus@uide.edu.ec

Fecha de recepción: 15 de diciembre de 2017 / **Fecha de aceptación:** 25 de enero de 2018

Resumen

Una de las causas de la declinación de poblaciones de *Podocnemis unifilis* es la captura y consumo de hembras adultas y sus huevos; por esta presión, existen varios programas de manejo comunitario, los cuales mediante incubación, crianza y liberación de juveniles intentan mitigar esta disminución, sin embargo, en estos programas no conocen la proporción de sexos que van a ser devueltos al río. Este estudio buscó determinar la proporción de sexos en neonatos de *P. unifilis*, mediante métodos morfométricos como una técnica alternativa a procedimientos invasivos de determinación sexual.

Se registró un promedio de 31.1 huevos por nido, con un 70 % de éxito de eclosión y períodos de incubación de 72-83 días. El análisis histológico gonadal de 35 individuos permitió la clasificación de 14 neonatos machos y 21 neonatos hembras. El resultado del PCA, realizado con las medidas morfométricas de neonatos, mostró una tendencia en la separación de machos y hembras, con el largo, ancho, plastrón del caparazón como las medidas que más aportaron con esta tendencia, y un porcentaje de clasificación del 77.8 %. Sin embargo no se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) de las medidas morfométricas con respecto a la separación de sexos.

Palabras clave: *Podocnemis unifilis*, proporción de sexos, medidas morfométricas, caparazón, Comunidad Kichwa de Sani Isla.

Abstract:

Podocnemis unifilis is threatened by decline of their populations due to the capture and consumption of adult females and their eggs; to mitigate this decline in population has been implemented community management programs, which include incubating, captive breeding and release of juveniles in temporal pools. However, these programs do not have control on sex ratio of hatchling that are being returned to the river. This study seeks to determine the sex ratio in hatchling of *P. unifilis* by morphometric methods, as an alternative to invasive procedures of sex determination technique.

Was recorded the mean size clutch 31,1 eggs with 70% hatching success and a mean incubation period of 72-83 days. Histological analysis of gonads of 35 individuals allowed the classification of 14 male and 21 female neonates. The result of the PCA completed with morphometric measurements of the juveniles showed a trend in the separation of the sexes, with the carapace length, carapace width and carapace plastron measured as major contributors to this trend, and a percentage classification of 77.8%. However, the statistically significant difference ($p < 0.05$) between the morphometric measures respect to the separation of the sexes was not found.

Keywords: *Podocnemis unifilis*, sex ratio, morphometric measures, carapace, Kichwa Sani Island community.

Introducción

Podocnemis unifilis (Troschel, 1848), conocida también como charapa, terecay, taricay o tortuga de puntos amarillos, es considerada como una especie amenazada ya que se encuentra categorizada como “Vulnerable” en toda su área de distribución según la IUCN Red List of Threatened Species, version 2013.1. www.iucnredlist.org. “En Peligro” por la US Fish and Wildlife Service y dentro del apéndice II de la CITES, Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres. En el Ecuador mantiene la misma categorización (Carrillo *et al.*, 2005; Caputo *et al.*, 2005), la especie se encuentra catalogada como “VU” debido al permanente consumo y comercialización de huevos y de

Esta obra se comparte bajo la licencia Creative Common Atribución-No Comercial 4.0

International (CC BY-NC 4.0)

Revista Trimestral del Instituto Superior Tecnológico Espíritu Santo

tortugas adultas, generalmente hembras desovadoras, por parte las comunidades y colonos (Salvador, 1998; Caputo *et al.*, 2005).

P. unifilis se encuentra ampliamente distribuida, en el Ecuador está presente en los ríos y sistemas lacustres de la Amazonía baja en las provincias de Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza y Morona Santiago, entre los ríos se encuentran el Aguarico, Napo, Curaray, Pastaza y dentro del Parque Nacional Yasuní en los ríos Indillama, Shipaty, Añangu, Tiputini, Shiripuno, Tiwino, Cononaco, como también en lagunas y bosques inundados (Cueva *et al.*, 2010a; Cueva *et al.*, 2010b).

Marco Teórico

La época de anidación de la *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848), conocida también como charapa, terecay, taricay o tortuga de puntos amarillos, en la región norte del PNY, se concentra durante los meses de noviembre y diciembre, ocurriendo cuando aparecen playas altas en las márgenes de los ríos Napo y Tiputini (Cueva *et al.*, 2010a). Su ciclo reproductivo se encuentra sincronizado con la creciente y merma de los ríos, el desove de los huevos y su incubación se dan en la época con nivel más bajo de agua, la eclosión de los nidos coincide con el inicio de la creciente. Una vez que la sequía de los ríos y sus tributarios dejan expuestos los bancos de arena formando islas y playas, las charapas reciben sol durante las mañanas y durante las noches suben a explorar las playas buscando el mejor sitio para el desove, esta búsqueda puede durar de dos a cinco días (Soini, 1994). *P. unifilis* es considerada como solitaria, sin embargo se la ha observado a grandes grupos de individuos asoleándose sobre palizadas en los lechos del río, es una especie sedentaria y sus nidos se encuentran dispersos en las playas de desove (Salvador, 1998).

Los estudios existentes de *P. unifilis* son escasos, y presentan información sobre anidación en playas naturales, experiencias en recuperación de nidos amenazados mediante traslados a camas de arena artificial, manejo de neonatos en piscinas, liberación de juveniles a sus hábitats naturales y monitoreos de poblaciones para evaluar la efectividad de los programas implementados.

Esta obra se comparte bajo la licencia Creative Common Atribución-No Comercial 4.0

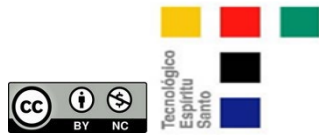
International (CC BY-NC 4.0)

Revista Trimestral del Instituto Superior Tecnológico Espíritu Santo

P. unifilis juega un rol importante dentro de la ecología de varias especies de plantas y redes tróficas dentro de los ecosistemas de agua dulce. Parte de la dieta de las tortugas son las plantas y semillas, muchas de ellas no son susceptibles a los jugos gástricos del sistema digestivo y son evacuadas con las heces; por esta razón, son consideradas como dispersoras de semillas (Franklin y Killpack, 2007; Cueva *et al.*, 2010a; Cueva *et al.*, 2010b). Sin embargo, esta especie se ha visto amenazada por la declinación de sus poblaciones debido a la captura y consumo de hembras adultas y sus huevos, las hembras son capturadas fácilmente cuando salen a desovar en las playas, ya que son vulnerables debido a sus lentos movimientos en tierra (Caputo *et al.*, 2005).

Dentro de los programas de manejo es indispensable controlar la temperatura de incubación y la proporción de sexos que van a ser devueltos al río, para mantener una población equitativa y asegurar un incremento de esta a futuro con una óptima variabilidad genética en la zona. Dentro del Parque Nacional Yasuní no existen estudios relacionados con la temperatura de los nidos de *Podocnemis unifilis*, la cual se encuentra relacionada con la determinación del sexo.

Técnicas invasivas para identificación sexual en neonatos, pueden llegar a producir una modificación en la estructura de la población de estudio por el hecho de sacrificar a la mayoría de especímenes, por ello es indispensable desarrollar técnicas más económicas, sencillas y de bajo impacto para diferenciar el sexo en neonatos y poder aplicarlas en estrategias de conservación. Este estudio aportará con una posible técnica no letal para identificar la proporción de sexos en neonatos mediante las medidas morfométricas del caparazón utilizando varios métodos estadísticos para estimar un posible dimorfismo sexual; esta técnica ha tenido éxito en la tortuga marina *Lepidochelys olivácea* (Michel-morfin *et al.*, 2001), también contribuirá con información de temperaturas en nidos de la cama de arena artificial, con el fin de brindar una herramienta útil para el programa “Manejo comunitario de las tortugas charapas” desarrollado por WCS- Ecuador, en la región noroccidental del Parque



Nacional Yasuní, como también para futuros programas de conservación que se desarrollen en la zona relacionados con esta especie.

El objetivo de este estudio fue determinar la proporción de sexos de los neonatos de *Podocnemis unifilis* de una cama de arena artificial de Sani Isla, Parque Nacional Yasuní, mediante métodos morfométricos, como una técnica alternativa a procedimientos invasivos de determinación sexual en quelonios.

Materiales y métodos

Área de estudio

El Parque Nacional Yasuní (PNY) se ubica en el centro oriente de la región amazónica, en las provincias de Orellana y Pastaza, entre los ríos Napo y Curaray; es el área protegida más grande del Ecuador continental con una extensión de 1'022.736 ha; cuenta con una gran diversidad biológica por la confluencia de las estribaciones de los Andes, la selva amazónica y la ubicación del área (Ministerio del Ambiente, 2011). En la parte noroccidental del PNY se localizan seis comunidades Kichwas, las cuales utilizan los recursos naturales para su subsistencia (Rodríguez y Castillo, 2005). La comunidad de Sani Isla pertenece a la provincia de Orellana, cantón Orellana; se encuentra ubicada en las coordenadas 56, 0°28'30''S 72°18'37''W, a una altitud de 234 m s.n.m. La comunidad limita al norte con el río Napo, al Sur con el río Tiputini, al Oeste con la comunidad Kichwa de Añangu y al Este la comunidad Kichwa de San Roque.

Colecta, siembra de huevos y éxito de eclosión

La recolección de los huevos de *P. unifilis* se llevó a cabo durante el mes de diciembre del 2012 en las playas naturales, en las zonas aledañas a la comunidad Kichwa de Sani Isla. Se realizaron recorridos diurnos durante la temporada de anidación a partir de la 1:00 am a 6:00 am, cubriendo toda la playa en busca de huellas que indiquen la presencia de nidos. Una vez ubicados se tomaron las medidas de profundidad y extraer los huevos para colocarlos en tinas

con arena, las cuales fueron trasladadas hacia la cama de arena artificial de la comunidad Kichwa de Sani Isla, la cual fue construida gracias al apoyo de la organización Wildlife Conservation Society (WCS-Ecuador). Para la siembra, se mantuvieron las mismas condiciones de la playa natural, los huevos se colocaron en la misma posición y se cubrió el nido con arena, la cama de arena tuvo un cuidado y vigilancia permanente (Figura 1).



a) **Figura 1.** a). Cama de arena artificial comunidad



b). Nido de *P. unifilis* en la cama de arena artificial.

Al acercarse los días de eclosión, los nidos fueron cercados con una malla fina de metal de 50 x 50cm con el fin de evitar que los neonatos se escapen. Una vez que los nidos eclosionaron se tomaron los datos de emergencia y depredación. Para calcular el periodo de incubación, éxito de eclosión y el éxito de emergida se utilizó la formula desarrollada por Eckert *et al.* (2000), la cual toma en cuenta (C) el número de cascarones vacíos con más del 50% de cascara, cascarones de los cuales emergieron crías vivas, (V) crías vivas entre los cascarones, (M) crías muertas fuera de su cascarón, (HSDA) huevos no eclosionados sin un embrión evidente, (HNE) huevos no eclosionados con embrión evidente, (ETNE) embriones a término no eclosionados, y (D) depredados.

Éxito de eclosión (%) = $(\# \text{ cascarones} / \# \text{ cascarones} + \# \text{ HSDA} + \# \text{ HNE} + \# \text{ ETNE} + \# \text{ D}) \times 100$.

Éxito de emergencia (%) = $(\# \text{ cascarones} - (\# \text{ V} + \# \text{ M}) / \# \text{ cascarones} + \# \text{ HSDA} + \# \text{ HNE} + \# \text{ ETNE} + \# \text{ D}) \times 100$.

Registros de temperatura en los nidos

En cada nido artificial se colocaron dos dataloggers, para el registro de temperatura y humedad, programados para registrar estos datos cada dos horas.

Para todos los nidos se calculó la temperatura promedio mensual como también la temperatura máxima y mínima durante el segundo tercio del periodo de incubación, ya que es el período crítico de desarrollo para la determinación del sexo (Ortega *et al.*, 1998; Páez y Brock, 1998; Valenzuela, 2001a).

Medidas morfométricas

Una vez que los neonatos emergieron del nido se los colocó en tinas por separado para pesarlos y tomar las medidas de largo y ancho del caparazón, largo del plastrón, y longitud de la cola, con un calibrador (Figura 2); los neonatos que fallecieron de forma natural en el nido, de igual manera fueron medidos, colectados y transportados en frascos plásticos con alcohol al 75% hasta los laboratorios de la Universidad Internacional del Ecuador en la ciudad de Quito, con la finalidad de realizar un análisis histológico de gónadas.

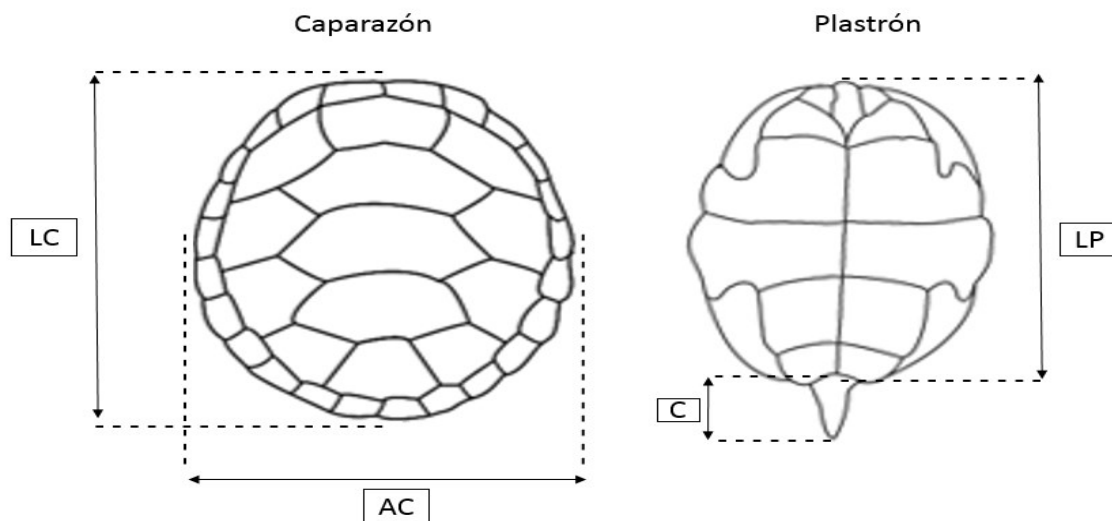


Figura 2. Medidas morfométricas en neonatos de *P. unifilis*, (LC) largo del caparazón, (AC) ancho del caparazón, (LP) largo del plastrón, (C) longitud de la cola.

Análisis de laboratorio

Esta obra se comparte bajo la licencia Creative Common Atribución-No Comercial 4.0

International (CC BY-NC 4.0)

Revista Trimestral del Instituto Superior Tecnológico Espíritu Santo

Los individuos colectados se sometieron a un análisis gonadal, siguiendo la metodología de Malvasio *et al.* (2012). Para la disección se colocó dorsalmente al neonato sobre un estereomicroscopio (Bill Xpx-3C), se cortó el plastrón con tijeras de disección y con la ayuda de un bisturí se extrajeron los intestinos, hígado, estómago y corazón; una vez que las gónadas quedaron visibles se las extirpó y se las colocó en un tubo de ensayo con formalina al 10% (Figura 3); las gónadas de los individuos se enviaron a un laboratorio de patología para la preparación de placas histológicas con una tinción de hematoxilina y eosina.

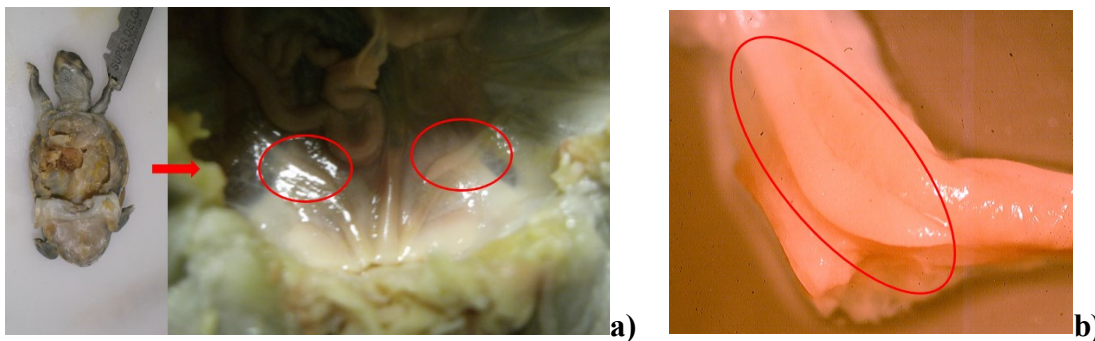


Figura 3. a) Disección de neonato de *P. unifilis*, del lado izquierdo se puede observar los órganos internos y del lado derecho gónadas del individuo. b) Fotografía con estereomicroscopio de una de las gónadas de *P. unifilis* extirpada.

Análisis estadístico

Para la estimación de la proporción de sexos en la cama de arena artificial se utilizó un PCA para identificar relaciones entre, el sexo de los individuos, con las medidas morfométricas tomadas; y una prueba t-Student independiente junto con una regresión logística binaria con la finalidad de determinar diferencias significativas entre las medidas morfométricas de caparazones entre machos y hembras. Para estas pruebas estadísticas se utilizó el programa PASW Statistics 18.

Resultados

Colecta, siembra de huevos y éxito de eclosión

Durante los recorridos se colectaron 15 nidos, con un total de 467 huevos los cuales fueron sembrados en la cama de arena artificial, el promedio de huevos por nido fue de 31,1 ($\pm 6,25$ SD). La mayoría de los nidos localizados fueron frescos es decir que la hembra había desovado horas antes, ya que los huevos se encontraban cubiertos con un líquido viscoso.

El promedio de la profundidad de la superficie hasta el primer huevo fue de 10,53 cm ($\pm 4,37$ SD), el promedio de la profundidad de la superficie al fondo del nido 23,07 cm ($\pm 4,18$ SD) y el valor promedio del diámetro de la cámara 14 cm ($\pm 3,38$ SD).

El período de incubación de los huevos varió entre 72 y 83 días (Anexo 2), en la cama de arena artificial eclosionaron 321 neonatos registrando un éxito de eclosión del 70% y un éxito de emergencia del 43 % (Tabla 1), dentro de la nidada se identificó un 21% de huevos sin desarrollo embrionario evidente y un 5% de huevos depredados por hormigas.

Tabla 1. a) *Porcentajes de eclosión y éxito de emergencia de los 15 nidos de la cama de arena artificial.*

Nidos de la cama de arena artificial	
Número de huevos sembrados	467
Número de cascarones	325
Huevos sin embrión	97
Huevos no eclosionados con embrión evidente	14
Embriones a término no eclosionados	4
Depredados	24
Éxito de Eclosión (%)	70

b) *Porcentaje de éxito de emergencia en la cama de arena artificial.*

Nidos de la cama de arena artificial	
Crías vivas entre los cascarones	123
Crías muertas fuera del cascarón	3
Huevos sin embrión	97
Huevos no eclosionados con embrión evidente	14
Embriones a término no eclosionados	4
Depredados	24
Éxito de Emergencia (%)	43

Datos sobre temperatura y humedad

La temperatura y humedad promedio diaria de los nidos aumentó durante el período de incubación. El valor promedio de la temperatura durante el período de incubación de cinco nidos de *P. unifilis* en la cama de arena artificial osciló entre 28,8 a 29,7 °C, y con un promedio de humedad en la parte media del nido de 97,8%. El incremento máximo de temperatura de los cinco nidos durante este período fue de 15,2 °C (mínima de 22,5, a una máxima de 37,7 °C), mientras que el incremento de la humedad fue de 15,5% (de 86,8 a 102,3 %). La diferencia de temperatura promedio entre la parte superior del nido con la parte inferior fue de 0,4 °C (mínima 0,5 °C, máxima 2,8 °C). La temperatura promedio durante el segundo tercio del período de incubación o período termosensitivo (aproximadamente a los días 26 – 56 del período de incubación) osciló entre 27,8 a 30,2 °C, y el promedio de humedad en la parte media fue de 98,3%. La diferencia de temperatura entre la parte superior con la parte inferior del nido fue de 0,4 °C (mínima 0,0 °C, máxima 2,9 °C).

Medida morfométricas

Esta obra se comparte bajo la licencia Creative Common Atribución-No Comercial 4.0

International (CC BY-NC 4.0)

Revista Trimestral del Instituto Superior Tecnológico Espiritu Santo

El promedio de longitud de caparazón fue de 41,99 mm ($\pm 2,99$ SD), y el ancho del caparazón de 37,07 mm ($\pm 2,92$), largo del plastrón 39,59 mm ($\pm 4,22$ SD), largo de la cola 7,43 mm ($\pm 1,63$ SD) y el valor promedio del peso fue de 17,03 gr ($\pm 2,75$ SD), las medidas pertenecen a 321 neonatos.

Análisis de laboratorio

El análisis histológico de gónadas de 35 individuos permitió clasificarlos por su sexo, de los cuales se identificaron 14 neonatos machos y 21 neonatos hembras. En las placas histológicas se pudieron observar células de Sertoli (Figura 4) las cuales se encuentran presentes en los túbulos seminíferos; como también folículos primarios como ovogonias (Figura 5).

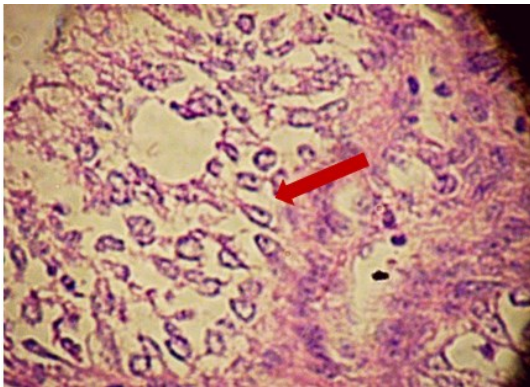


Figura 4. Células de Sertoli

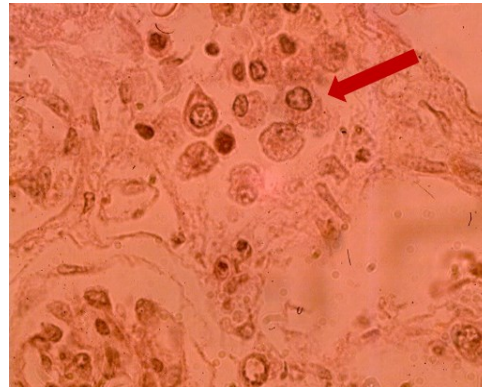


Figura 5. Presencia de ovogonia

Análisis estadístico

Una vez comprobadas las correlaciones entre las medidas morfométricas (largo, ancho y plastrón) de los caparazones de los neonatos, con un PCA se relacionaron estas medidas con la finalidad de encontrar diferencias entre los sexos. Los dos primeros componentes del análisis explican un 95, 61% de la varianza total, el porcentaje que explica el componente uno es de 89.0 %, mientras que el componente dos cuenta con el 6. 6 %.

En el gráfico de dispersión (Figura 6) se puede observar una tendencia en la diferenciación de sexos en neonatos de *P. unifilis*, considerándose al lado derecho la mayor

cantidad de hembras. De las variables analizadas, las que más aportan con el primer componente son el largo, ancho y plastrón, mientras que para el segundo componente la variable que más aporta es el ancho (Tabla 2). Por lo tanto las medida morfométricas largo, ancho y plastrón son las que mayor tendencia presentan para la diferenciación de sexos.

Tabla 2. Matriz de componentes principales de las variables morfométricas analizadas.

Matriz de componentes		
Medidas caparazón	Componentes	
	1	2
Largo	0,95	-0,182
Ancho	0,93	0,366
Plastrón	0,95	-0,176

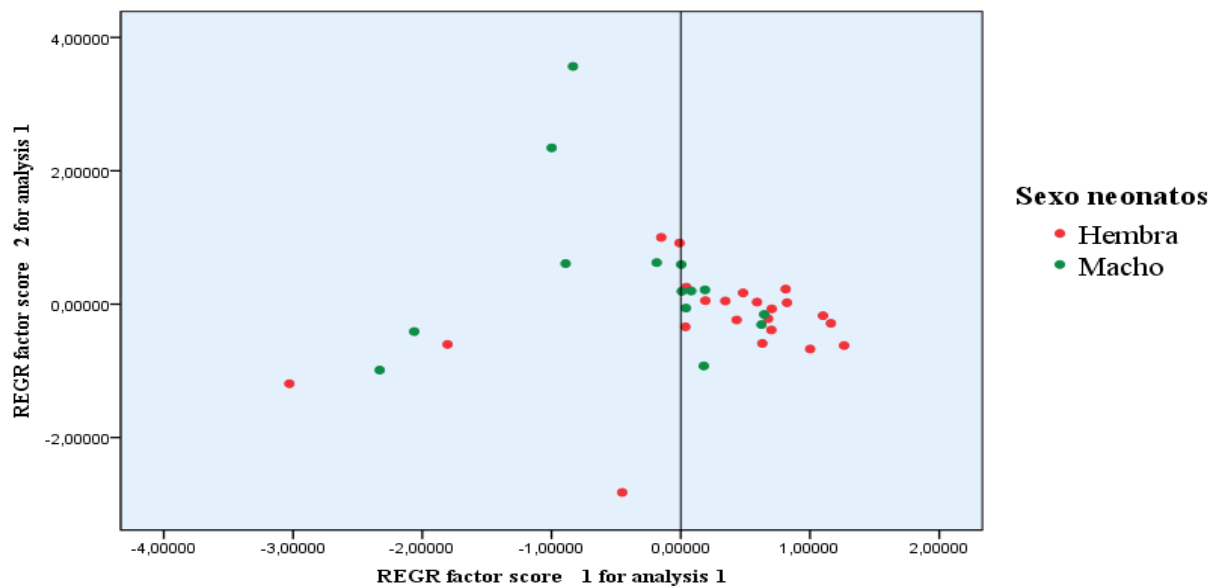


Figura 6. Tendencia en la clasificación de machos y hembras de *P. unifilis* en la nidada de la cama de arena artificial.

Una vez estandarizadas las medidas para los sexos de los neonatos de *P. unifilis*, por medio de la regresión logística binaria se obtuvo, para las hembras una clasificación de 19 neonatos y para machos una clasificación de tres neonatos, con porcentaje correcto de clasificación de 86,4 %; mientras que para los machos la clasificación fue de cinco hembras y nueve machos, con un porcentaje de clasificación de 64,3%. La prueba de t- student independiente muestra que no existe una diferencia significativa entre las medidas morfométricas (largo del caparazón ($p= 0,184$), ancho del caparazón ($p= 0,935$) y del plastrón ($p= 0.703$)); y la prueba de regresión logística binaria tampoco muestra significancia ($p= 0,349$).

Discusión

Varios autores mencionan que el desove e incubación de *P. unifilis* coincide con el inicio de la temporada seca, cuando quedan expuestos los bancos de arena en el río y sus tributarios, por lo que la reproducción de la especie está relacionada con el ciclo anual hídrico, mientras que el nacimiento de las crías coincide con el inicio de la creciente, la estación de anidación varía dependiendo de la localidad (Soini, 1994; Salvador, 1998; Fachín -Terán y Von Mülhen, 2003; Páez *et al.*, 2012). En la Amazonía ecuatoriana se han registrado posturas desde el mes de julio a agosto, sin embargo la mayor cantidad de registros ocurren en diciembre (Chávez, 1998). Este mismo patrón fue observado en la parte noroccidental del Parque Nacional Yasuní- Comunidad de Sani Isla ya que durante el mes de diciembre se pudieron observar playas altas en el río Napo y una mayor cantidad de nidos los cuales se ubicaron en las partes altas de las playas de arena.

El promedio de 31,1 huevos por nido obtenidos en este estudio se relaciona con el número de huevos colectados por Cueva *et al.* (2010a) que fue de 30,8 en el río Napo, mientras que en la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno el promedio de huevos es de 25 (Chávez, 1998). En la Amazonia colombiana el tamaño promedio de la nidada es de 25,9 huevos (Ortega *et al.*, 1998), en el Perú se ha reportado un número de huevos promedio de 34,5 (Soini, 1994; Soini, 1999), 31,3 (Fachín- Terán, 1993), y en Brasil 23.7 (Souza y Vogt,

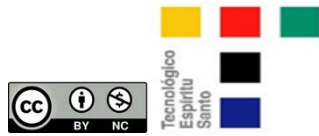
1994), 35,1 (Fachín- Terán y Von Mühlhen, 2003). En cuanto a la profundidad total del nido se reporta 18-26 cm y 8,8 cm hasta el primer huevo (Soini, 1994; Soini, 1999; Fachín- Terán y Von Mühlhen, 2003; Páez *et al.*, 2012), se relacionan con la profundidad promedio de los nidos registrados, 23,07 cm y 10,53 cm hasta el primer huevo, en la parte noroccidental del PNY. Páez *et al.* (2012) cita que en varias especies de *Podocnemis* incluyendo *P. unifilis*, el número de huevos, tamaño del agujero y profundidad del nido se encuentra relacionado con el tamaño de las madres, hembras de mayor tamaño desovan más huevos pero estos son menos alargados que en hembras de menor tamaño.

El período de incubación de la nidada (72-83 días) fue mayor al que se ha reportado anteriormente para la zona, de 68- 80 días en el río Napo y entre 65 a 79 días en el Tiputini (Cueva *et al.*, 2010a), como también a los estudios realizados por Townsend (2008) que reporta 60 días y Guarderas (2005) con 65- 80 días, los datos que se asemejan a este estudio son los de Fundación Omacha (2005) con un período de 50 a 85 días. Esta prolongación en el período de incubación está relacionado con la temperatura, la cual osciló entre 28,8 a 29,7°C y la humedad fue de 97,8% durante la etapa de desarrollo de los embriones; en este período se presentaron lluvias frecuentes las cual contribuyen con bajas temperaturas. Según Páez y Brock (1998) las altas temperaturas de incubación aceleran el desarrollo de los embriones, reduciendo el período de incubación aumentando la posibilidad de completar su desarrollo; la disminución de horas de sol y un ambiente húmedo aumentan el período de incubación de los huevos, con una temperatura de 27,1 °C se registraron de 83- 87 días de incubación, mientras que a 31,9 °C los días de incubación variaron de 48 a 51. Durante el segundo tercio del período de incubación la temperatura que se registró fue de 27,8 a 30,2 °C, las temperaturas que varían entre 28-32 °C, producen entre 78% y 80% machos, mientras que temperaturas mayores de 32,1 °C producen mayor número de hembras (Páez *et al.*, 2012). La temperatura estuvo por debajo de la temperatura pivote para *P. unifilis* es de aproximadamente 31°C a

32°C (Mrosovsky y Pieau, 1991; Souza y Vogt, 1994; Páez y Bock, 2004; Valenzuela, 2001a).

El 70% de éxito de eclosión que se registró en esta temporada de anidación, es mayor a la que reporta Cueva *et al.* (2010a) para la zona de Sani- Isla con un 64%, como también para la zona del Tiputini en la EBT con un 49,65% (Rivera, 2010). Otros estudios reportan éxito de eclosión mayores, en la comunidad de Zábalo para el año 2005- 2006 se reporta un porcentaje de eclosión de 68.90 %, en los años 2006-2007 un porcentaje de 88.11 % (Amaznor-GTZ, 2007), mientras que en otro estudio en la misma zona se evidencia un porcentaje de eclosión de 62,7% a 77,8% (Townsend, 2008) y en las comunidades de Nina Amarun, Lorocahi, Victoria y Yana Yacu el éxito de eclosión es de 75 a 85%; sin embargo en la Amazonia colombiana se presenta un 97,4% (Ortega *et al.*, 1998). A pesar del cuidado que se tuvo en el traslado de los huevos no se pudo lograr un éxito de eclosión mayor, el alto número de huevos sin desarrollo (20,8%) puede ser debido a daños en el huevo por las vibraciones del bote durante el transporte de las playas a la cama de arena como lo mencionan Fachín- Terán y Von Mülhen (2003). Por los resultados del estudio es recomendable sembrar los huevos con una separación de unos 20 cm de las tablas de madera, ya que los nidos que fueron sembrados cerca de ellas tuvieron más incidencia de depredación por hormigas y huevos en estado de putrefacción infestados de larvas, que los nidos más alejados. Para el cálculo del éxito de eclosión es preferible utilizar la fórmula que se ocupa en este estudio ya que toma en cuenta el estadio de todos los huevos del nido; es necesario desarrollar estudios sobre el éxito de eclosión en playas naturales, ya que estos datos se desconocen y no es posible realizar comparaciones.

La longitud promedio del caparazón de los neonatos recién nacidos en este estudio fue de 41,99 mm con un peso promedio de 17,03 gr, lo cual es similar a lo registrado por Cueva *et al.* (2010a) en la misma comunidad con 39,7 mm y 18 gr. Mientras que en la comunidad de Zábalo para el año 2004-2005 se ha registrado una longitud promedio de 42.05 mm y un peso promedio de 17.36 gr, para el año 2005-2006 un promedio de longitud de 41.57 mm y peso de



18.2 gr; en Playas de Cuyabeno la longitud promedio fue de 42.26 mm y peso de 18.22 gr para el año 2004-2005 y de 41.23 mm y peso de 19.7 gr en el año 2005- 2006; mientras que en la comunidad de Zancudo se han registrado neonatos con uno de los valores promedio en longitud más altos para el año 2005-2006 con 43.21 mm y peso 18.7 gr (Amaznor-GTZ, 2007). Esto puede deberse a que generalmente individuos más grandes y pesados se producen a bajas temperaturas (Valenzuela, 2001b).

Los neonatos de *P. unifilis* al igual que la mayoría de tortugas no presentan un dimorfismo sexual evidente en esta etapa de desarrollo. Utilizar medidas morfométricas es una alternativa para diferenciar los sexos, esta técnica ha tenido éxito con un 95% para la identificación del sexo en neonatos de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), con un porcentaje de 78% a 99% en *Gopherus agassizii*, y con el 84,23 % *Rhinoclemmys nasuta* (Boone y Holt, 2001; Michel-Morfin *et al.*, 2001; Pérez y Alegría, 2009). El análisis de PCA con las medidas morfométricas de los neonatos mostró una tendencia en la separación de los sexos, con el plastrón, largo y ancho del caparazón como las medida que más aportan con esta tendencia, sin embargo no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre las medidas morfométricas con respecto a la separación de machos y hembras de *P. unifilis*, la regresión logística binaria nos da un porcentaje de clasificación total del 77.8 %, el cual es bajo si se compara con los estudios anteriores, sin embargo, la tendencia se encuentra presente en este estudio, para la zona y la población. Es importante mencionar que estos resultados podrían variar dependiendo el área de estudio, esto es evidente en una investigación realizada con la especie *P. expansa* siguiendo la misma metodología, pero en poblaciones diferentes en el río Caquetá- Colombia y el río Javaés- Brasil, donde se identificó que existe una diferencia entre los caparazones de machos y hembras, en Colombia se obtuvo un 85% de efectividad en la correcta clasificación del sexo, mientras que en Brasil la clasificación fue del 10,8%. El tamaño de la muestra en estos estudios fue de 230 individuos para el río Caquetá- Colombia y, de 96 neonatos río Javaés- Brasil, los cuales fueron sometidos a pruebas invasivas para determinación del sexo (Lubiana y Ferreira, 2009; Valenzuela *et al.*, 2004). En el presente

Esta obra se comparte bajo la licencia Creative Common Atribución-No Comercial 4.0

International (CC BY-NC 4.0)

Revista Trimestral del Instituto Superior Tecnológico Espiritu Santo

estudio el tamaño de la muestra fue mucho menor debido a la cantidad total de neonatos eclosionados en la nidada, es posible que este tamaño de muestra tenga una influencia en los resultados.

Conclusiones

Desde el punto de vista de la conservación y manejo de la especie es necesario desarrollar estudios que impliquen la cuantificación de índices de pérdida de nidos en las distintas playas, con el fin de establecer si es necesario la translocación de los nidos o la implementación de programas de protección de playas con importante anidación. El proyecto Charapa dentro del PNY para protección y conservación de la especie debe implementar estudios para determinación sexual, como también contar con registros de temperatura de incubación de nidos en playas naturales como en camas de arena artificial, con el objetivo de conocer el radio de sexos de la población que se está presente dentro del parque, y así conocer la relación ecológica entre machos y hembras, para esta especie, y así mejorar el manejo del proyecto en la zona.

A pesar de las medidas de protección empleadas en el país, estas aun no son suficientes para la conservación de la especie, es necesario reforzar los proyectos existentes con la implementación de normativas que impliquen la prohibición de cosecha de la especie y sus huevos, como también la designación de la especie como objeto de conservación en el PNY. Una de las metas de estos proyectos debería ser la implementación de planes de manejo adecuados, que incluyan estudios sobre biología, genética y ecología en las cuencas de distribución; técnicas de monitoreo con captura- marca- recaptura, de individuos liberados al río (con marcas) como los de vida silvestre (sin marcas), para levantamiento de datos en tasas de supervivencia, clases de edad, tamaño de la población, madurez sexual y radio de sexos, para lograr acuerdos y una real zonificación para el manejo de la especie, es fundamental conocer con mayor precisión el impacto de los programas de conservación sobre la especie. Es de suma importancia generar un mayor compromiso e involucramiento de las comunidades

indígenas dentro del PNY, que tengan relación directa con la especie, solo así estos proyectos tendrán el éxito esperado.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial para la fundación WCS- ECUADOR por el financiamiento y logística durante la investigación, al Ministerio del Ambiente Orellana por facilitar mi estadia en el PNY, y finalmente a mis compañeros y profesores quienes con su apoyo y útiles consejos aportaron a la culminación de esta investigación

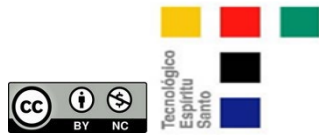
Referencias Bibliográficas

- Caputo, F., Canestrelli D., y Boitani, L. (2005). *Conserving the terecay (Podocnemis unifilis, Testudines: Pelomedusidae) through a community-based sustainable harvest of its eggs*. Biological Conservation. 126: 84-92.
- Carrillo, E., Aldás, S., Altamirano, M., Ayala, F., Cisneros, D., Endara, A., Márquez, C., Morales, M., Nogales, F., Salvador, P., Torres, M. L., Valencia, J., Villamarin, F., Yáñez, M., y Zarate, P. (2005). *Lista Roja de los Reptiles del Ecuador. Novum Milenium, UICN-Sur, UICN-Comité Ecuatoriano*, Ministerio de Educación y Cultura. Serie Proyecto PEEPE. Quito. 46pp.
- Chávez, V. (1998). *Distribución espacial de nidos y Patrones reproductivos de las charapas (Podocnemis unifilis) y (Podocnemis expansa), en el Cuyabeno, Amazonia Ecuatoriana*. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Quito.
- Cueva, R., Utreras, V., y Suárez, E. (2010^a). *Manejo comunitario para la conservación de las tortugas charapas (Podocnemis unifilis) en la región norte del Parque Nacional Yasuní y su zona de influencia, Amazonia ecuatoriana*. Informe Técnico- Wcs- Ecuador - Programa de pequeñas donaciones de Naciones Unidas. 28 pp.
- Cueva, R., Utreras, V., y Muñoz, I. (2010b). *Manejo Comunitario de Tortugas Charapas en Comunidades Kichwa y Waorani del Parque Nacional Yasuní*. Cartilla Informativa- Wcs- Ecuador. 15pp.
- Eckert, K., Bjorndal, K., Abreu-Grobois, F., y Donnelly, M. (Editores). (2000) (*Traducción al español*). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4. 265pp.
- Fachín-Terán A. (1993). *Características de Podocnemis unifilis (Reptilia, Testudines) en el río Samiria, Loreto*. Boletín de Lima. 87: 69-74.
- Fachín- Terán, A., y Von Mülhen, E. (2003). *Reproducción de la taricaya Podocnemis unifilis TROSCHEL 1848 (TESTUDINES: PODOCNEMIDIDAE) en la várzea del medio solimões, Amazonas, Brasil*. Ecología Aplicada. 2(1): 125-132

Esta obra se comparte bajo la licencia Creative Common Atribución-No Comercial 4.0

International (CC BY-NC 4.0)

Revista Trimestral del Instituto Superior Tecnológico Espíritu Santo



Fundación Omacha. (2005). *Charapas, Taricayas y Cupisos. Tortugas del Amazonas*. Bogotá, Colombia. 24pp.

Guarderas, L. (2005). *Guía para el manejo de las tortugas acuáticas*. Instituto Quichua de Biotecnología Sacha Supai. 47pp.

Lubiana, A., y Ferreira, P. (2009). *Pivotal temperature and sexual dimorphism of Podocnemis expansa hatchlings (Testudines: Podocnemididae) from Bananal Island, Brazil*. *Zoología* 26 (3): 527–533.

Malvasio, A., Nascimento-Rocha, J. M., Santos, H. D., Ataídes, A. G., y Portelinha, T. C. 2012. Morfometría e histología das gônadas de machos e fêmeas recém eclodidos de *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae). *Acta Scientiarum*. Maringá, 34(1): 105-112.

Michel-Morfin, J. E., Gómez, V. M., y Navarro, C. (2001). *Morphometric model for sex assessment in hatchling olive Ridley Sea Turtles*. *Chelonian Conservation Biology* 4 (1): 53-58.

Ministerio del Ambiente. (2011). *Plan de Manejo del Parque Nacional Yasuni*. Quito, Ecuador. 37pp.

Mrosovsky, N., y Pieau, C. (1991). *Transitional range of temperature, pivotal temperatures and thermosensitive stages for sex determination in reptiles*. *Amphib-Reptil*. 12:169-17.

Ortega, A., Bock, B., y Páez, V. (1998). *Efecto del estado de desarrollo en el momento de la transferencia de nidos sobre la tasa e eclosión de la tortuga terecay (Podocnemis unifilis)*. *Vida silvestre neotropical* 7(2-3): 126-131.

Páez, V., y Brock, B. (1998). *Temperature effect on incubation period in the Yellow-Spotted River Turtle, Podocnemis unifilis, in the Colombian Amazon*. *Chelonian Conservation and Biology* 3(1):31-36.

Páez, V., y Bock, B. (2004). *Pre- and post-hatching factors affecting juvenile growth rates in the yellow-spotted river turtle (Podocnemis unifilis)*. *Actual Biol* 26 (81): 137-151.

Páez, V. P., Morales-Betancourt, M. A., Lasso, C. A., Castaño-Mora, O. V., y Bock, B. C. (Editores). (2012). *Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 528 pp.

Pérez, J. V., y Alegría, J. (2009). *Evaluación morfométrica y dimorfismo sexual intra-poblacional de Rhinoclemmys nasuta (Boulenger, 1902) en una zona insular continental del Pacífico Colombiano*. *Rev. Colombiana cienc. Anim.* 1(2): 143- 156

- Rivera, M. (2010). *Análisis de una estrategia de conservación para Podocnemis unifilis en la Estación de Biodiversidad Tiputini*. Proyecto final presentado como requisito para la obtención del título de Biología y Ecología Aplicada. Quito – Ecuador. 31pp.
- Rodríguez, C., y Castillo, M. (2005). *Análisis de los sistemas de producción en el territorio de seis comunidades kichwas asentadas en la zona noroccidental del Parque Nacional Yasuni, río napo, Orellana- Ecuador*. Informe técnico, Wildlife Conservation Society (WCS) Programa- Ecuador. Quito- Ecuador. 68pp.
- Salvador, P. (1998). *Patrones de movimiento de juveniles de Podocnemis unifilis (Testudinata: Pelomedusidae), en el río Sábalo, Amazonía Ecuatoriana*. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Quito. 69pp.
- Salvador, P. (2007). *Proyecto Repoblación y manejo de la tortuga charapa en la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Amazor-GTZ*. Informe Final. Proyecto UDENOR. 31pp.
- Soini, P. (1994). *Ecología Reproductiva de la Taricaya (Podocnemis unifilis) en el río Pacaya, Perú*. Folia Amazónica 6:1-2.
- Soini, P. (1999). *Un Manual para el Manejo de quelonios acuáticos en la Amazonía Peruana (Charapa, Taricaya y Cupiso)*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. 68
- Souza, R. R., y Vogt, R. C. (1994). *Incubation temperature influences sex and hatchling size in the neotropical turtle Podocnemis unifilis*. *Journal of Herpetology* 28 (4):453-464.
- Townsend, W. R. (2008). *Experiencia del pueblo indígena Cofán con la Tortuga Charapa (Podocnemis unifilis) en el río Aguarico, Ecuador*. Fundación Sobrevivencia Cofan. Quito, Ecuador. 40pp.
- Valenzuela, N. (2001a). *Constant, shift, and natural temperature effects on sex determination in Podocnemis expansa turtles*. *Ecology*, 82(11): 3010–3024.
- Valenzuela, N. (2001b). *Maternal effects on life-history traits in the Amazonian giant river turtle Podocnemis expansa*. *Journal of herpetology*. 35: 368-378.
- Valenzuela, N., Adams, D.C., Bowden, R.M., y Gauger, A.C. (2004). *Geometric morphometric sex estimation for hatchling turtles: a powerful alternative for detecting subtle sexual shape dimorphism*. *Copeia* (4): 735-742.