

# **Repertorio Vocal de la tortuga sabanera, *Podocnemis vogli* (Podocnemididae).**

## **Estudiante:**

Santiago Morales Fernández

## **Director:**

Oscar Alberto Laverde Rodríguez

## **Codirector:**

Salomón Rodríguez Sánchez

## **Resumen**

La comunicación acústica es una de las estrategias más usadas en el mundo animal. Hasta la fecha se ha reportado la producción de sonido en 48 especies de tortugas (aproximadamente 13%) de las 356 que hay descritas en la actualidad. La tortuga sabanera (*Podocnemis vogli*) está filogenéticamente relacionada con otras especies que vocalizan (*P. unifilis*, *P. lewyana*, *P. sextuberculata* y *P. expansa*), y cuyo repertorio vocal o parte de él, ha sido descrito en publicaciones recientes. Para comprobar si *P. vogli* vocaliza, se hicieron grabaciones de individuos en poblaciones en estado natural en la Reserva Rey Zamuro, Matarredonda, Meta, Colombia y en individuos en cautiverio en la Estación de Biología Tropical Roberto Franco (EBTRF), Villavicencio, Meta. Se encontraron seis tipos de sonidos (categorías vocales) diferentes emitidos por la tortuga sabanera. Los tipos I, II, III y V presentan una similitud espectral con las categorías vocales I y II de *P. lewyana* y II, V y VI de *P. expansa*, especies filogenéticamente emparentadas. Estos resultados son una prueba de que esta especie al igual que otras tortugas acuáticas, tienen la facultad de producir sonidos vocales.

**Palabras clave:** Bioacústica, Comunicación animal, Repertorio vocal, Testudinos, Tortuga sabanera, Vocalización.

## Introducción

El estudio de la comunicación entre animales con hábitos acuáticos trae una dificultad, en sí mismo, por el medio en el que habitan. Las ondas producidas por animales acuáticos, viajan más rápido en el agua que las emitidas en el aire, donde el sonido puede viajar hasta cinco veces más rápido (Scowcroft et al., 2012). Por lo tanto, se requiere una mayor energía para la propagación del sonido, por esto muchos animales acuáticos vocalizan en bajas frecuencias (Scowcroft et al., 2012). Hasta hace menos de un siglo, se consideraba que los testudinos guardaban silencio y que no poseían sensibilidad auditiva (Pope, 1955). Los sonidos que emitían algunos individuos se tomaban como sonidos accidentales producido por movimientos musculares y se atribuían principalmente a sonidos emitidos durante la copula (Ferrara et al., 2014b). Fue hasta el año de 1967 donde se arrojó la primera evidencia de la emisión de sonidos vocales por tortugas; adultos de las especies *Gopherus agassizii* y *Chelonoidis carbonaria* emitían dos vocalizaciones diferentes (Campbell & Evans, 1967). También, se demostró que las tortugas tienen un buen oído (sensibilidad auditiva) para sonidos de bajas frecuencias tanto en tierra como en agua, teniendo una sensibilidad a sonidos inferiores a 1 kHz, sin descartar sensibilidad a sonidos superiores (Campbell & Evans, 1967). En esa época, aún se desconocía el mecanismo por el cual emitían sonidos, y si los sonidos producidos tenían alguna función en su sistema de comunicación (Campbell & Evans, 1967). En otros reptiles como los cocodrilos, se ha encontrado que producen sonidos en condiciones específicas; dentro de los nidos, por ejemplo, los neonatos del aligátor americano (*Alligator mississippiensis*), se comunicaban con una serie de vocalizaciones para coordinar la eclosión y salir todos los neonatos en grupo (Lee, 1968).

En investigaciones posteriores, se sugirió que muchos de los sonidos producidos por tortugas tenían importancia en el cortejo durante la época reproductiva, y algunos podrían estar asociados a estrés (Frazier & Peters, 1981). Individuos de la especie *Aldabrachelys gigantea* producen una serie de “gemidos” con características sonoras poco variables, con la finalidad de intimidar y facilitar la monta durante la época reproductiva (Frazier & Peters, 1981). Los gemidos emitidos tenían una forma espectral muy similar entre sí, el sonido producido era una repetición continua de 3 notas, distinguiéndose así una relación armónica (Frazier & Peters, 1981). La producción constante de estos fuertes gemidos es un desgaste físico para el macho, y un estrés físico para la hembra; siendo una inversión de los machos para facilitar la copula y ahuyentar competidores en época reproductiva (Frazier & Peters, 1981).

Los trabajos realizados en *Podocnemis expansa* y *Chelodina colliei* mencionan la aparición de “sonidos híbridos”, hallaron que ciertas vocalizaciones producidas por adultos de la especie tenían características auditivas y espectrales híbridas; sonidos similares con variaciones en la naturaleza espectral (Ferrara et al., 2012; Giles, 2005; Giles et al., 2009). Se observó que los sonidos producidos por los adultos de estas especies podían fusionarse con otros sonidos de sus respectivos repertorios vocales, es decir, dos sonidos diferentes o características de los mismos se combinan (sonidos diferentes producidos al mismo tiempo) (Ferrara et al., 2012). Además, se sugiere que este fenómeno de sonidos híbridos producido por algunas especies de tortugas terrestres y acuáticas puede ser una forma de ampliar el repertorio vocal (Ferrara et al., 2012).

Las crías de *Chelonia mydas* y *Dermochelys coriacea*, se comunican en el nido antes de la eclosión, para posteriormente empezar de forma sincronizada el proceso de frenesí, que es la salida coordinada de neonatos del nido y llegada al mar en el menor tiempo (Ferrara et al., 2014a; Ferrara et al., 2014b). Esta estrategia es usada para disminuir la alta mortalidad de los neonatos durante el ingreso al mar (Ferrara et al., 2014b). Otros trabajos, reportan la primera evidencia del uso de vocalizaciones implicados en el cuidado parental, como es el caso de los neonatos de la especie *Podocnemis expansa* que emiten una variedad de vocalizaciones posibilitando que las hembras brinden protección y acompañamiento hasta llegar a los grupos de adultos y a las zonas de alimentación (Ferrara et al., 2012).

Recientemente, el estudio de la estructura general de la laringe de *Testudo hermanni*, *T. graeca* y *T. marginata*, demostró que está implicada en la producción del sonido (Sacchi et al., 2004). Tres cartílagos conforman la cavidad de la laringe y dos pares de músculos asociados a la glotis, juntas controlan la amplitud y la frecuencia de las vocalizaciones producidas (Sacchi et al., 2004). La estructura de la laringe esta sostenida sobre un cartílago hioideo con función homóloga al cartílago tiroideo de los mamíferos. Arriba de la glotis y en las paredes de la laringe se insertan dos bandas de fibras elásticas, que al momento de la exhalación vibran de la misma forma que lo hacen las cuerdas vocales (Sacchi et al., 2004).

En el 2005 se realizó la primera investigación de la descripción detallada de la vocalización de tortugas dulceacuícolas bajo el agua. Los adultos de la especie *Chelodina colliei* (Testudines; Pleurodira; Chelidae: anteriormente el nombre usado era *Chelodina oblonga*) emitían sonidos ricos en armónicos y modulación en la frecuencia. Los sonidos descritos fueron separados en 17 categorías vocales (Giles, 2005; Giles et al., 2009).

Actualmente, en 48 especies de testudinos se ha encontrado la producción de sonido. Sin embargo, aún faltan 308 especies por evaluar si tienen o no, la facultad de vocalizar (Ferrara et al., 2013, Rhodin et al., 2017). Se conocen especies que poseen pocas categorías vocales como *Carettochelys insculpta*, con 3 categorías (Ferrara et al., 2017), y otras especies de hasta 17 categorías vocales como lo es *Chelodina colliei* (Giles et al., 2009).

El poco conocimiento de las especies de tortugas que tiene comunicación acústica, invita a estudiar este fenómeno en otras especies como *Podocnemis vogli*, especie filogenéticamente relacionada con *P. sextuberculata*, *P. unifilis*, *P. expansa* y *P. lewyana*, que son conocidas por emitir sonidos; para *P. expansa* y *P. lewyana* se ha descrito su repertorio vocal (Ferrara et al., 2012; Rodríguez, 2019). Esta especie también conocida como tortuga sabanera pertenece a la familia Podocnemididae y se encuentra en un estado global vulnerable (VU) según el libro rojo de especies, y con datos deficientes (DD) según la IUCN (Ortiz & Rodríguez, 2017; Schneider et al. 2011). La tortuga sabanera, es una especie dulceacuícola con hábitos diurnos, y con distribución restringida en los llanos orientales, en cuerpos de agua lenticos de las sabanas inundables (Erickson et al., 2016; López et al., 2020; Páez et al., 2015).

Aún hay bastantes vacíos de conocimiento sobre la tortuga sabanera; en particular no hay información sobre el estado real de amenaza de la especie. Además, se desconoce si tiene la facultad de emitir sonidos vocales como lo hacen otras especies del mismo género (*P. expansa* y *P. lewyana*). Esto es de gran importancia ya que es necesario comprender la comunicación animal y su efecto en las relaciones intraespecíficas como en el cuidado parental, cortejo, copula, depredación, cambio de condiciones ambientales y estrés. Este tipo de información sobre la comunicación de quelonios puede ser de gran relevancia para fortalecer los proyectos de conservación, monitoreo y manejo de poblaciones vulnerables, comprendiendo mejor la manera como se relacionan y comunican entre sí (interacciones intraespecíficas). El objetivo del presente trabajo es identificar si *Podocnemis vogli* usa la comunicación acústica, y de ser cierto, describir el repertorio vocal de la especie. Este estudio se realizó en Colombia en una población en estado natural en la Reserva Rey Zamuro, Matarredonda, San Martín, Meta y en otra en cautiverio en la Estación de Biología Tropical Roberto Franco (EBTRF), Villavicencio, Meta.

## **Metodología**

Especie de estudio

*Podocnemis vogli* fue descrita por Muller (1935) y es conocida como tortuga galápagos o sabanera por sus hábitos reproductivos de desovar en las sabanas llaneras (Imagen 1). Es una tortuga de la familia Podocnemididae que se distribuye en la cuenca del Orinoco, en los Llanos Orientales de Colombia y Venezuela (Páez et al., 2012). *Podocnemis vogli* ha sido reportada en las subcuencas del Arauca, Casanare, Guaviare, Meta, Tomo, Bitá, Inírida y Vichada, por lo que se considera que tiene una distribución restringida (Páez et al., 2012). *Podocnemis vogli* es una tortuga de hábito diurno, asociada a cuerpos de agua lenticos y abiertos. Se mueve estacionalmente, estando en la sabana inundada en épocas de lluvias y desplazándose a lagunas, caños o morichales en épocas secas (Ortiz & Rodríguez, 2017).

La tortuga sabanera tiene un caparazón plano, liso y ovoide, un poco más alto en la parte anterior o media; pueden llegar a medir hasta 34 cm (Ortiz & Rodríguez, 2017). El caparazón cuenta con 5 placas vertebrales, 4 pares de costales y 12 pares de marginales (Ortiz & Rodríguez, 2017). Las extremidades anteriores poseen cinco uñas y en las posteriores cuatro. La cabeza es de color café, con manchas claras, amarillas o blancas (Ortiz & Rodríguez, 2017). El dimorfismo sexual es poco aparente, los machos pueden presentar una mancha amarilla en el hocico y las hembras son de un mayor tamaño, la diferencia más marcada es el tamaño alargado y grueso de la zona precloacal de los machos debido a la presencia del pene (Ortiz & Rodríguez, 2017; Ramo, 1982).

#### Toma de datos en campo

El muestreo y grabación de animales con hábitos acuáticos presenta un reto, y más si es el caso de la sabana inundable de los llanos orientales, donde las aguas pueden ser turbias, siendo las tortugas difíciles de observar bajo el agua, donde vocalizan. En las épocas de sequía la tortuga sabanera se desplaza a morichales de la zona, y se concentran en estas zonas más pequeñas. Es difícil estimar el número de individuos presente en estos morichales debido que únicamente se pueden ver cuando salen del agua a tomar el sol. La toma de datos se llevó a cabo por personal de las instalaciones entre el 21 al 25 de enero del presente año, donde se tomaron grabaciones en dos puntos geográficos diferentes. El primer punto de muestreo fue tomado en la Estación de biología tropical Roberto Franco (EBTRF) de la Universidad Nacional Villavicencio, Meta, Colombia el 25 de enero (4°08'45"N 73°38'05"O), el segundo punto de muestreo fue en un morichal de la reserva Natural Rey Zamuro-Matarredonda (RZ), San Martín, Meta, Colombia el 21 y 23 de enero (3°32'6"N 73°21'8"O).

Para la grabación de las vocalizaciones se usó una grabadora TASCAM linear PCM recorder DR-60 MK II y un hidrófono Reson ASF-1 MK II. La toma de datos en la EBTRF, fue tomada como un

control, debido a que las grabaciones se hicieron en estanques donde solo estaban individuos de *P. vogli*. El hidrófono se sumergió a unos 10 cm del fondo de las piscinas, por motivo de la profundidad de las zonas donde se encontraban los individuos (i.e. poca profundidad en los estanques). Se tomaron grabaciones de 2 a 6 min con intervalos de 2 a 20 min. Se inició la grabación desde 9:20 hasta las 13:00 y de 14:00 hasta las 15:30. En algunas grabaciones realizadas se les proporcionaba bore (*Colocasia sp.*), para estimular la actividad de los individuos en cautiverio. Para el caso de las grabaciones en RZ, el hidrófono se dejaba suspendido a unos 12 metros de la orilla (aproximadamente la mitad del morichal) a unos 30-40 centímetros del fondo lodoso. Las grabaciones se tomaron de 5 minutos con intervalos de 10 minutos iniciando a las 8:00 y finalizando a las 15:30 de forma continua.

### Análisis de grabaciones

Para la visualización y clasificación de las vocalizaciones se usó el software Ocenaudio Ink versión free 2.0.6. Las vocalizaciones se agruparon por su estructura teniendo en cuenta la frecuencia, la forma de las notas y la duración. Para la medición de las variables espectrales y temporales se usó el software Raven Pro 1.6 (Bioacoustics Research Program, Cornell Lab of Ornithology, Ithica, NY). Se midieron la frecuencia pico (Hz), la frecuencia máxima (Hz), la frecuencia mínima (Hz), el ancho de banda (Hz) y, la duración de las vocalizaciones (s) (Ferrara et al., 2013; Ferrara et al., 2014a; Ferrara et al., 2014b; Ferrara et al., 2017; Giles et al., 2009; Rodríguez, 2019). Todos los datos de las grabaciones y los sonotipos fueron agrupados y ordenados en una base de datos en Microsoft Excel. La realización de los sonogramas de las vocalizaciones de *P. vogli*, se hizo con el programa Rstudio, 2020 (librería Seewave y Sound) (Sueur et al., 2008).

## Resultados

### Selección de sonido/sonotipificación

Se detectaron 377 sonidos en 6:44 horas de grabación, que fueron asignados a “*P. vogli*”. Inicialmente, las grabaciones de la EBTRF al solo tener individuos de la especie de interés, cada sonido era guardado y nombrado por código. Después, la clasificación y agrupación de los sonidos en la EBTRF, se llevó a cabo por el parecido espectral a las categorías vocales de *P. expansa* y *P. lewyana*, o por sonidos similares espectralmente en otro género de testudinos; reportándose como sonido emitido por tortuga sabanera. Para las Grabaciones en RZ se tenían en cuenta los sonidos que tuvieran similitud espectral a los ya clasificados en el control, y adicionalmente que cumpliera con parámetros acústicos cercanos

(que sonaran de forma similar). Estos sonidos producidos por las tortugas sabanera se clasificaron en 6 categorías vocales por sus características auditivas y espectrales (Figura 1). Los sonotipos descritos presentan variación entre tiempo y frecuencia que pueden ser visibles desde espectrogramas (Figura 1, Figura 2, Figura 3 y Tabla 1).

### Repertorio Vocal

**Tipo I.** (N = 129) Es la vocalización más producida por *P. vogli* tanto en EBTRF y RZ. Presenta una frecuencia pico entre 1808.8 y 8268.8 Hz, frecuencia máxima con valores entre 4412.6 y 12631.8 Hz, frecuencia mínima con valores entre 703.4 y 3519.4 Hz, con el ancho de banda más pequeña en promedio de 8176.3 Hz, y una duración entre 0.0158 y 0.0886 s (Figura 1 y Tabla 1).

**Tipo II.** (N = 74) Es la vocalización que más duración tiene respecto las demás, entre 0.0738 y 0.3920 s. Presenta una frecuencia pico que oscila entre 1550.4 y 9560.7 Hz, frecuencia máxima con valores entre 14782.6 y 22050.0 Hz, frecuencia mínima con valores entre 660.7 y 2341.2 Hz, y un ancho de banda en promedio de 19624.6 Hz; esta puede considerarse la más grande en relación con la variación de frecuencia y duración, también es muy variable (Figura 1 y Tabla 1).

**Tipo III.** (N = 82) sonidos con una frecuencia pico entre 1550.4 y 7062.9 Hz, frecuencia máxima con valores entre 6475.6 y 17640.0 Hz, frecuencia mínima con valores entre 652.8 y 4862.7 Hz, un ancho de banda en promedio de 9620.4 Hz, y una duración entre 0.0163 y 0.1808 s (Figura 1 y Tabla 1).

**Tipo IV.** (N = 25) Es la vocalización de menor duración en relación al resto con un ancho de banda alto, en promedio 20362.3 Hz de variación de frecuencia y una duración entre 0.0154 y 0.0367 s. Presenta una frecuencia pico entre 2497.8 y 13781.2 Hz, frecuencia máxima con valores que oscilan entre 19017.1 y 22050.0 Hz, y una frecuencia mínima que oscila entre 254.8 y 3666.2 Hz (Figura 1 y Tabla 1).

**Tipo V.** (N = 51) Esta vocalización desciende su frecuencia máxima en el tiempo, con una frecuencia pico entre 1119.7 y 10508.2 Hz, frecuencia máxima con valores entre 12762.1 y 22050.0 Hz, frecuencia mínima con valores entre 520.8 y 3467.9 Hz, un ancho de banda en promedio de 20411.4 Hz, y una duración entre 0.0332 y 0.01780 s (Figura 1 y Tabla 1).

**Tipo VI.** (N = 16) Esta vocalización presenta un patrón de composición de varias notas “sonido híbrido”, una serie de pulsos generalmente entre 3 y 4 seguidas. Presenta una frecuencia pico que oscila entre 1636.5 y 10766.6 Hz, frecuencia máxima con valores entre 13018.4 y 22050.0 Hz, frecuencia

mínima con valores entre 554.761 y 2632.836 Hz, un ancho de banda en promedio de 19248.4 Hz, y una duración entre 0.0495 y 0.1278 s (Figura 1 y Tabla 1).

## Discusión

Los resultados de la presente investigación sugieren que la tortuga sabanera tiene la facultad de emitir sonidos en un medio subacuático para comunicarse como otras especies de tortugas. Este tipo de comunicación ha sido estudiada en pocas especies, debido a que la mayoría de estudios generalmente son en ambientes terrestres (Ferrara et al., 2013). Al igual que otras especies del mismo género como *P. sextuberculata*, *P. unifilis*, *P. expansa* y *P. lewyana* (Ferrara et al., 2012; Rodríguez, 2019; Vargas et al., 2008), *P. vogli* emite vocalizaciones bajo el agua la cual pueden tener funcionalidades en la comunicación e intercambio de información con otros individuos de la misma especie. Las vocalizaciones podrían tener funciones específicas como la ecolocalización de los individuos en un medio poco visible; el intercambio de información de alimento disponible o cercanía de depredadores; funciones en el cortejo y disputa de hembras, en época reproductiva.

Espectralmente los sonidos descritos para *P. vogli* tienen variaciones notorias, pudiéndose agrupar en diferentes categorías vocales como suceden en otros trabajos de quelonios. Los sonidos producidos por la tortuga sabanera pueden ser similares a los producidos por especies del mismo género como *P. lewyana* y *P. expansa* o los producidos por otros géneros de quelonios (Ferrara et al., 2012; Rodríguez, 2019). La similitud de vocalizaciones podría ser debido al parecido que puedan tener en las laringes en este taxón, pero la falta de estudios taxonómicos de esta estructura vocal en estas especies de tortugas, dificulta asociar si la similitud de las vocalizaciones está relacionada con la similitud de la laringe (Sacchi et al., 2004).

La naturaleza espectral de las vocalizaciones puede ser similar al descrito en otras especies; pudiendo variar en parámetros como la duración o la frecuencia pico (Figura 2 y Figura 3). Esto puede evidenciarse en los tipos I, II, III y V del presente trabajo que se asimila al tipo II y III de *C. mydas* (Ferrara et al., 2014a), el tipo I y II de *P. lewyana* (Rodríguez, 2019), el tipo II, V y VI de *P. expansa* (Ferrara et al., 2012), a los sonidos emitidos por *C. colliei* (Giles, 2005; Giles et al., 2009) y los sonidos de *T. hermanni*, *T. graeca* y *T. marginata* (Sacchi et al., 2004).

El repertorio vocal de *P. vogli* incluye seis categorías vocales/ tipos de vocalización que van desde pulsos cortos como el tipo IV hasta sonidos complejos y variables en la modulación como el tipo V. Las categorías vocales pueden tener variaciones espectrales como se ha reportado para *P. expansa* y *C. colliei* (Ferrara et al., 2012; Giles, 2005; Giles et al., 2009). Una categoría vocal puede tener variaciones notables espectralmente, conservando sus características acústicas (Ferrara et al., 2012). Esto se puede notar en el tipo de vocalización V, donde las características espectrales son variables (Figura 1), fenómeno que se ha podido reportar en especies como *C. colliei* (Giles et al., 2009), presentando una frecuencia máxima que puede descender en el tiempo hasta la nota fundamental o hasta la frecuencia pico.

La tortuga sabanera presento en sus categorías vocales una serie de combinaciones entre sí en algunas grabaciones, llegando a tener una serie de sonidos híbridos, donde tenían características espectrales fusionadas o acompañadas de otro sonido del repertorio. Este fenómeno de “sonido híbrido” (fusión, variación o acompañamiento del sonido) se ha reportado para *P. expansa*, *C. colliei* y hasta en otros géneros de tortugas; enriqueciendo de esta forma el repertorio vocal de las mismas (Ferrara et al., 2012; Giles et al., 2009). La categoría vocal tipo VI del presente trabajo, puede considerarse un “sonido híbrido”; donde el comportamiento acústico y característica espectral es similar al tipo IV, con intervalos y repeticiones específicas. El Tipo VI es una serie de 2 a 3 repeticiones de la nota, seguidas de un tiempo y acompañado de otra nota final (Figura 1).

Las vocalizaciones producidas por *P. vogli* tenían frecuencia pico más altas a las producidas por *P. expansa* o que las encontradas por *P. lewyana* (Ferrara et al., 2012; Rodríguez, 2019). Esto puede explicarse o estar asociado a la hipótesis de adaptación morfológica; la adaptación morfológica propone que un organismo más grande vocaliza a frecuencias menores en comparación con un organismo pequeño (Fletcher, 2005). Este fenómeno parece cumplirse para la tortuga sabanera en comparación a las vocalizaciones descritas por especies del mismo género *Podocnemis* (*P. expansa* = 90 cm; *P. lewyana* = 48 cm; *P. vogli* = 34 cm). Sería necesario hacer más investigaciones teniendo en cuenta la frecuencia a las que vocalizan y los tamaños/pesos de los individuos, para corroborar esta relación tamaño-frecuencia.

Se reporta que las vocalizaciones producidas por la tortuga sabanera podían tener parecido espectral al sonido producido por depredadores u otros animales. En el estudio realizado en *P. expansa* se reportó un fenómeno similar, algunos sonidos del repertorio vocal también se le podían atribuir o ser parecidos al de cocodrilos (Ferrara et al., 2012). El tipo V del presente trabajo tiene una similitud de naturaleza

espectral con sonidos emitidos por babillas (*Caimán* sp); donde la duración y modulación son parecidas, pero acústicamente diferente (sonaba diferente). Este fenómeno puede llegar a ser la respuesta o adaptación acústica de la especie para comunicarse en medios poco visibles y no ser encontradas por depredadores; para futuros trabajos debería evaluarse la posibilidad de estudiar y explicar mejor este fenómeno en ambientes controlados.

La tortuga sabanera al vivir en ambientes subacuáticos con poca visibilidad emite vocalizaciones diferenciables al ruido de fondo. Las tortugas alteran la distancia de propagación, moviéndose en la columna de agua (aguas profundas o superficiales según lo requieran) al emitir la señal como se ha estudiado en *Chelodina colliei* (Giles, 2005; Giles et al., 2009). Los sonidos emitidos por la tortuga sabanera, poseían características auditivas y espectrales muy específicas que las diferencian del ruido del fondo. Únicamente el tipo V poseía una característica espectral similar al ruido ambiental o a sonidos producido por otra especie; diferenciándose por su característica auditiva, es decir, suenan diferente.

Las vocalizaciones producidas por esta tortuga no tienen variaciones significativas en la frecuencia pico o duración sin importar el lugar de muestreo (Figura 2 y Figura 3). Los parámetros acústicos que se comparten entre la EBRF y la RZ entran dentro de los valores de la desviación estándar, y el grado de confianza (alfa de 0,05). Los individuos de la especie *P. vogli* no parecen presentar una divergencia acústica por el hecho de estar en cautiverio o en estado natural (Ferrara et al., 2012). La presencia de ruido antrópico como personas, carros, motos, entre otros, parcialmente parece no interrumpir la comunicación acústica de las poblaciones en estado de cautiverio de la EBTRF como en otras especies, pero hacen falta más estudios para verificar y comprender el efecto del ruido antrópico en la comunicación de *P. vogli* (Ferrara et al., 2012). La emisión de las vocalizaciones no varía ni cambia en parámetros acústicos o espectrales, pero aún no se sabe con precisión si la percepción de las vocalizaciones (como escuchan) se afecta por presencia de ruido antrópico (Ferrara et al., 2012). Se recomienda para futuros trabajos describir comportamientos ecológicos o biológicos asociados a las vocalizaciones, como el cuidado parental en *P. expansa* o en diferentes etapas del desarrollo (Ferrara et al., 2013).

La presente investigación es la primera evidencia y aproximación de la comunicación acústica de esta especie de quelonio. La tortuga sabanera (*Podocnemis vogli*) tiene la facultad de producir sonidos vocales al igual que otras especies del mismo género y de otras familias. Además posee un repertorio

vocal de seis tipos diferentes, el cual usa para la comunicación intraespecífica. No se descarta la posibilidad de tener un repertorio aún más grande y variado en diferentes contextos ecológicos y biológicos. *Podocnemis vogli* al ser una tortuga dulceacuícola que vive en medios poco visibles, requiere más de la comunicación acústica para transmitir información. Los presentes resultados apoyan de esta forma la hipótesis que la especie *P. vogli* puede emitir sonidos vocales para su comunicación en un medio subacuático. Se espera que estos estudios aporten conocimiento de la comunicación animal en el grupo de quelonio.

### **Agradecimientos**

Agradezco principalmente a Óscar Laverde Rodríguez y Salomón Rodríguez por su orientación y enseñanza durante todo el proceso de aprendizaje del presente trabajo. A los propietarios, encargados y el personal de las instalaciones de la reserva Rey Zamuro y La Estación de Biología Tropical Roberto Franco (EBTRF). A mis padres, hermana y amigos por acompañarme y motivarme durante este hermoso proceso. Finalmente agradezco al Icetex por el programa Ser Pilo Paga 2.0, sin estos programas nada hubiera sido posible.

### **Bibliografía**

- Campbell HW, Evans WE (1967). Sound production in two species of tortoises. *Herpetológica*, 23(3): 204-209.
- Erickson J, Baccaro F (2016). Nest predation of the yellow-spotted Amazon River turtle (*Podocnemis unifilis*, Troschel, 1848) by the fire ant (*Solenopsis geminata*, Fabricius, 1804) in the Brazilian Amazon. *Journal Herpetol* 26(2): 183-186.
- Escalona T (2003). Maternal effects on reproductive success in a river turtle (*Podocnemis unifilis*) in southern Venezuela. Tesis de doctorado, University of Missouri at St. Louis, Estados Unidos.
- Escalona T, FA JE (1998). Survival of nests of the tericay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare-Tuwadu rivers, Venezuela. *Journal de Zoology*, London 2444:303–312.
- Ferrara CR, Mortimer JA, Vogt RC (2014). First evidence that hatchlings of *Chelonia mydas* emit sounds. *Copeia*, (2): 245-247.

- Ferrara CR, Vogt RC, Eisember CC, Doody JS (2017). First evidence of the pig-nosed turtle (*Carettochelys insculpta*) vocalizing underwater. *Copeia*, 105(1): 29-32.
- Ferrara CR, Vogt RC, Giles JC, Kuchling G (2013). Chelonian vocal communication. In *Biocommunication of animals*, Chapter 15 Springer, Dordrecht. pp. 261-274.
- Ferrara CR, Vogt RC, Harfush MR, Sousa-Lima RS, Albavera E, Tavera A (2014). First evidence of leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) embryos and hatchlings emitting sounds. *Chelonian Conservation and Biology*, 13(1): 110-114.
- Ferrara CR., Vogt RC, Sousa-Lima RS. (2012). Turtle vocalizations as the first evidence of posthatching parental care in chelonians. *Journal of Comparative Psychology*, 127(1): 24 doi 10.1037/a0029656.
- Fletcher, N. H. (2005). Acoustic systems in biology: from insects to elephants. *Acoustics Australia*, 33(3), 83.
- Frazier J, Peters G (1981). The call of the Aldabra tortoise (*Geochelone gigantea*) (Reptilia, Testudinidae). *Amphibia-Reptilia*, 2(2): 165-179.
- Giles JC (2005). The underwater acoustic repertoire of the long-necked, freshwater turtle *Chelodina oblonga* (Unpublished doctoral thesis). Murdoch University, Perth, WA, Australia.
- Giles JC, Davis JA, McCauley RD, Kuchling G (2009). Voice of the turtle: The underwater acoustic repertoire of the long-necked freshwater turtle, *Chelodina oblonga*. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(1): 434-443.
- Lee DS (1968). Possible communication between eggs of the American alligator. *Herpetologica*, 24: 88.
- López MG, Rondón ZJ, Martínez PE, Moya AH, Rodríguez FO (2020). Predation by insects of protected nests and hatchlings of *Podocnemis vogli* (flooded savannas of Casanare). *Acta biol. Colomb.*
- Ortiz ML, Rodríguez JA (2017). Knowledge and threat status of savanna side-necked turtle (*Podocnemis vogli*, Podocnemididae) in Colombia. *Artículo original de Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta. Colombia Vol. 21(1)*.

Paéz VP, Lipman A, Bock BC, Heppella SS (2015). Plea to Redirect and Evaluate Conservation Programs for South America's Podocnemidid River Turtles. Chelonian Research Foundation. *Chelonian Conservation and Biology* 14(2), 205–216.

Páez VP, Morales MA, Lasso CA, Castaño OV, Bock BC (2012). Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia. Serie recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. Instituto Alexander Von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia. Editorial Unibiblos. Bogotá, Colombia. p. 512.

Pope CH (1955). *The reptile world*. New York, NY: Knopf.

Ramo C (1982). Biología del galápagó (*Podocnemis vogli* Muller, 1935) en el hato “El Frio”, Llanos de Apure (Venezuela). *DOÑANA Acta Vertebrata*. 9(3), 7-159.

Rodríguez SS (2019). Vocalizaciones de la Tortuga del Río Magdalena, *Podocnemis lewyana* (Testudines: Podocnemididae) en una población aislada en el Río Prado (Tolima: Colombia). Trabajo de grado no publicado, ni disponible. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Sacchi R, Galeotti P, Fasola M, Gerzeli G (2004). Larynx morphology and sound production in three species of Testudinidae. *Journal of Morphology*, 261(2), 175-183.

Schneider L, Ferrara CR, Vogt RC, Burger J (2011). History of turtle exploitation and management techniques to conserve turtles in the Rio Negro basin of the Brazilian Amazon. *Chelonian Conservation and Biology* 10, 149–157.

Scowcroft G, Vigness RK, Knowlton C, Morin H (2012). *Discovery of Sound in the Sea*. Graduate school of oceanography. University of Rhode island.

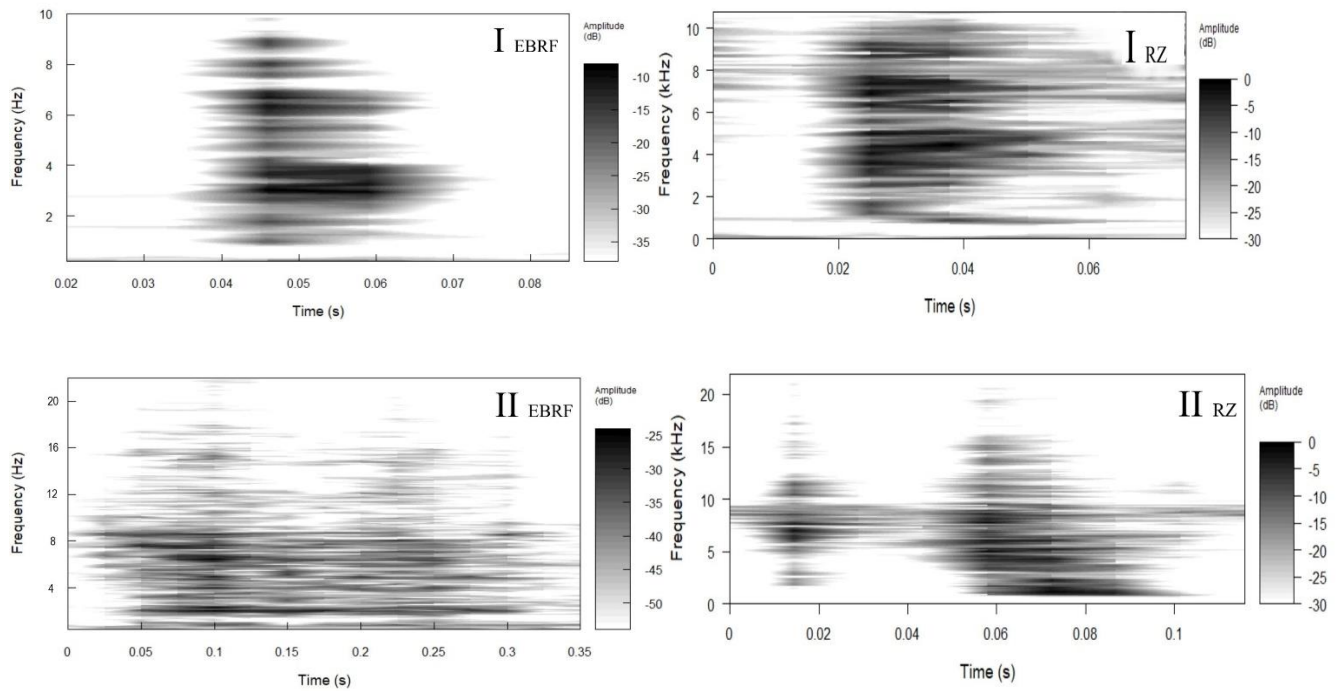
Sueur J, Aubin T, Simonis C (2008). Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*, 18(2), 213-226.

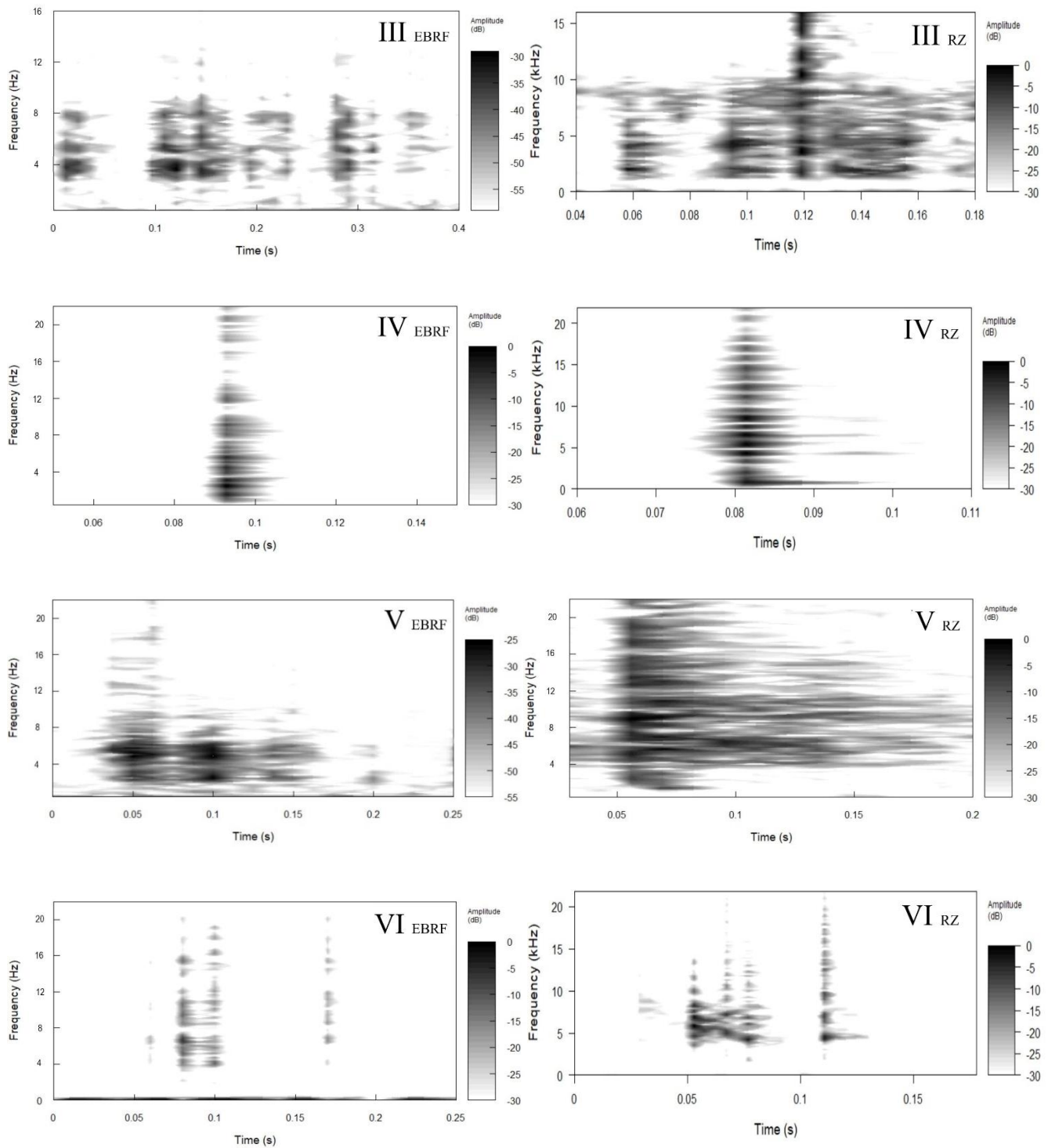
Vargas RM, Castaño OV, Fritz U (2008). Molecular phylogeny and divergence times of ancient South American and Malagasy river turtles (Testudines: Pleurodira: Podocnemididae). *Organisms Diversity & Evolution*. 8(5),388-398.

## **Anexos**



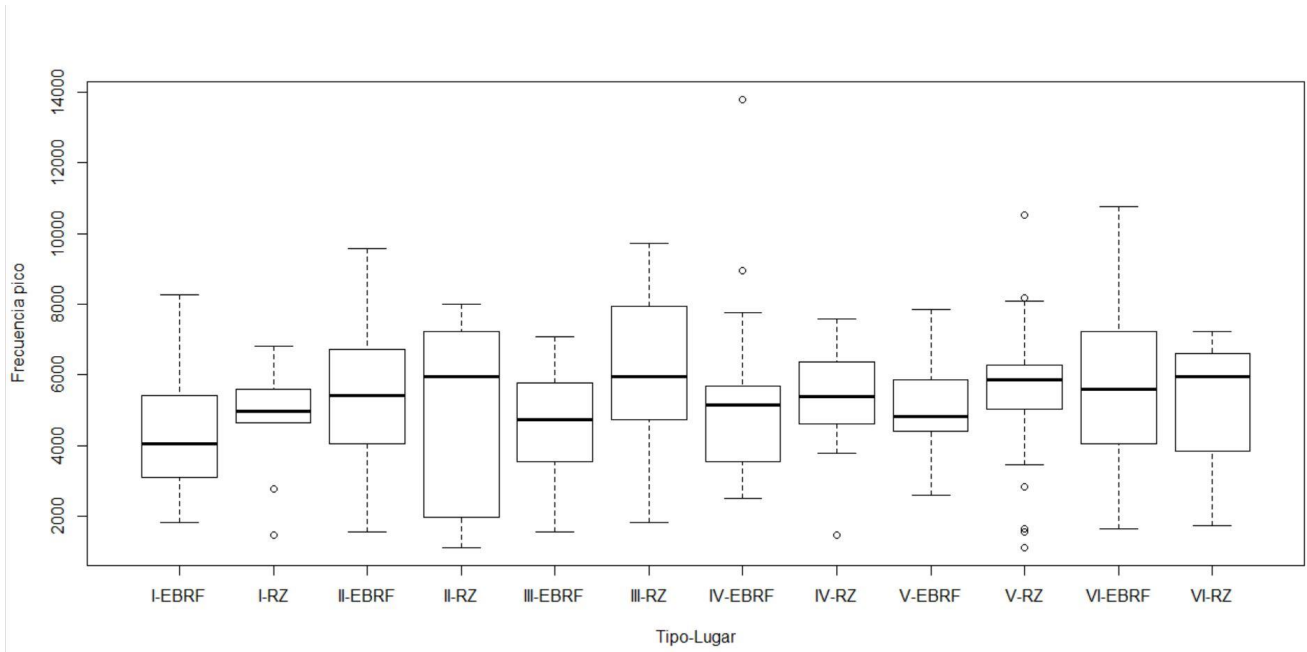
**Imagen 1.** Tortuga sabanera *Podocnemis vogli* adulta. Foto tomada en la Estación de biología tropical Roberto Franco (EBTRF) de la Universidad Nacional de Colombia, Villavicencio, Meta.



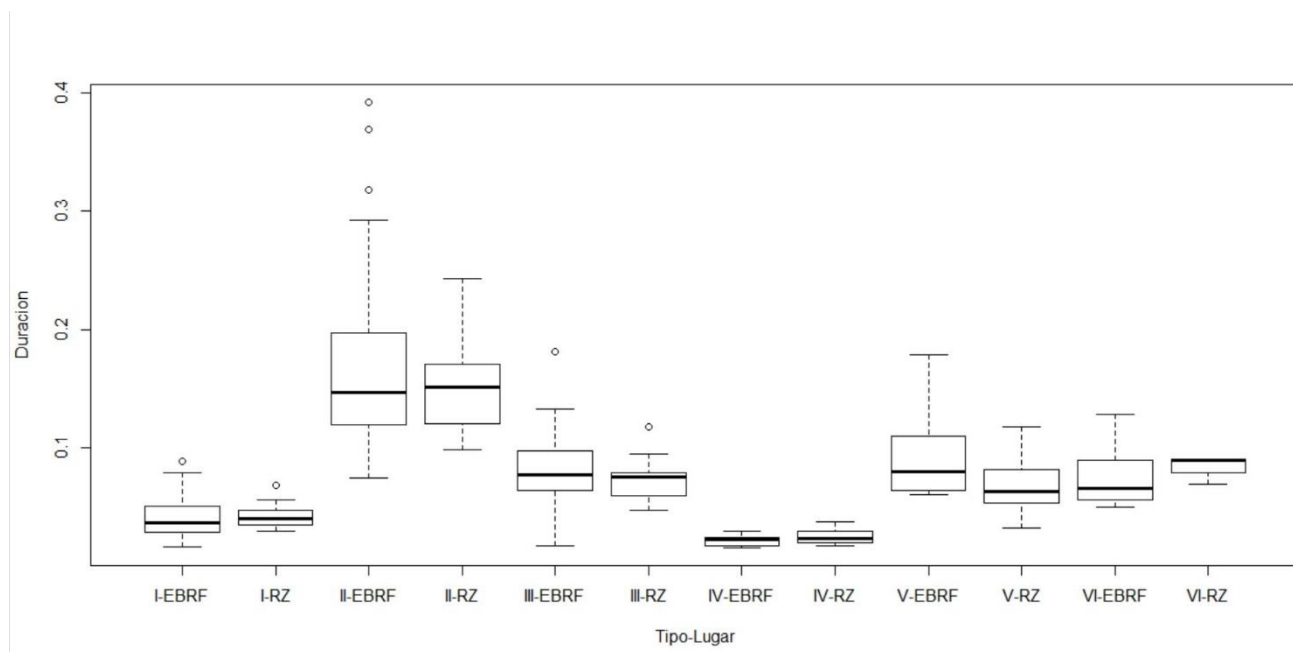


**Figura 1.** Visualización del espectrograma producido por *Podocnemis vogli* (repertorio vocal de la tortuga sabanera). Izquierda: espectrogramas pertenecientes a la población ex situ presente en la Estación de Biología Tropical Roberto Franco (EBTRF). Derecha: espectrogramas pertenecientes a la población in situ presente en la Reserva natural Rey Zamuro (RZ). Se usaron diferentes tamaños de ventana de la transformada de Fourier (FFT) para generar los espectrogramas. Tipo I (450 puntos FFT),

Tipo II (512 puntos FFT), Tipo III, IV y V (256 puntos FFT), Tipo VI (206 puntos FFT). Tener en cuenta que el espectrograma tipo I y III son ampliaciones de la frecuencia para visualizar mejor el sonido.



**Figura 2.** Diagrama de cajas (Boxplot) de la frecuencia pico de cada vocalización, separadas en los dos puntos de muestreo: Estación de Biología Tropical Roberto Franco (EBTRF) y Reserva Natural Rey Zamuro-Matarredonda (RZ).



**Figura 3.** Diagrama de cajas (Boxplot) de la duración de cada vocalización, separadas en los dos puntos de muestreo: Estación de Biología Tropical Roberto Franco (EBTRF) y Reserva Natural Rey Zamuro-Matarredonda (RZ).

Tipo	N RZ	N EBRF	total	frecuencia pico (Hz) Media $\pm$ DS	frecuencia máxima (Hz) Media $\pm$ DS	frecuencia mínima (Hz) Media $\pm$ DS	Ancho de banda (Hz) Media $\pm$ DS	delta de tiempo (s) Media $\pm$ DS
<b>I</b>	39	90	129	4532.488 $\pm$	9817.370 $\pm$	1641.107 $\pm$	8176.264 $\pm$	0.0402 $\pm$
				1765.842	1499.457	691.132	1661.762	0.0161
<b>II</b>	8	65	74	5344.120 $\pm$	21000.747 $\pm$	1376.171 $\pm$	19624.576 $\pm$	0.1659 $\pm$
				1811.007	1496.547	397.920	1503.509	0.0691
<b>III</b>	31	51	82	4583.260 $\pm$	11267.045 $\pm$	1646.689 $\pm$	9620.356 $\pm$	0.0818 $\pm$
				1480.248	2276.291	768.337	2306.176	0.0262
<b>IV</b>	12	14	25	5591.946 $\pm$	21509.183 $\pm$	1146.890 $\pm$	20362.292 $\pm$	0.0226 $\pm$
				2308.081	803.840	936.308	1599.128	0.0052
<b>V</b>	46	5	51	5579.297 $\pm$	21345.451 $\pm$	1199.289 $\pm$	20411.436 $\pm$	0.0692 $\pm$
				2308.081	1537.009	639.097	1819.684	0.0246
<b>VI</b>	3	13	16	5565.691 $\pm$	20470.375 $\pm$	1221.932 $\pm$	19248.443 $\pm$	0.0748 $\pm$
				2422.448	2421.434	737.942	2528.801	0.0215

**Tabla 1.** Descripción estadística de los parámetros acústicos de cada uno de los tipos de vocalización producido por la tortuga sabanera (*Podocnemis vogli*).