



Universidad de Carabobo
Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología
Departamento de Biología



ASPECTOS DE LA CRÍA EN CAUTIVERIO DE *Podocnemis expansa* EN ALTAS DENSIDADES EN EL ZOOCRIADERO DEL FUNDO PECUARIO MASAGUARAL, ESTADO GUÁRICO, VENEZUELA

Trabajo Especial de Grado presentado ante la
ilustre Universidad de Carabobo, para optar
al título de Licenciada en Biología.

Presentado por: Br. Alexandra Martínez Fuentes

Tutores: Dr. Mario Palacios

Lcdo. Omar Hernández

Naguanagua, Septiembre 2016



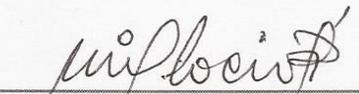
UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



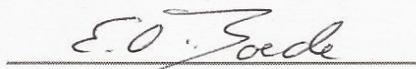
ACTA

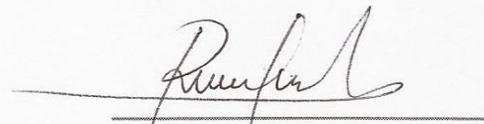
Mediante la presente se deja constancia que el (la) Br. Alexandra Martínez, Cédula de Identidad N° 19.479.197, presentó ante el Jurado aprobado por el Consejo de Departamento de Biología de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología (FACYT) de la Universidad de Carabobo, su Trabajo Especial de Grado (T.E.G.), titulado: "Algunos aspectos de la cría en cautiverio de *Podocnemis expansa* en altas densidades en el zoológico del fundo pecuario Masaguaral, Estado Guárico, Venezuela", en concordancia con los artículos 16, 17, 18 y 19 de las Normas de Interés Estudiantil. El jurado evaluador consideró que, luego de haber aprobado dicho trabajo el (la) bachiller cumple con los méritos académicos necesarios para obtener el Título de Licenciado en Biología.

En Valencia, a los ventiseis días del mes de Septiembre del año dos mil dieciseis.


Prof. Mario Palacios
Tutor


Lcdo. Omar Hernández
Tutor


MV. Ernesto Boede
Jurado Principal


Prof. Rafael Rodríguez
Jurado Principal



“La sabiduría no reside
en la mirada ávida del entomólogo
sino en el vuelo de la libélula”

-Florencio Quintero.

DEDICATORIA

A mis familiares, especialmente a mis padres, Yajaira y Wilfredo, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mis mejores amigas y confidentes, mis hermanas Arianis y Alejandra, quienes siempre me han apoyado en todas las decisiones que he tomado y me han dado ánimo y consejos en los momentos que más los he necesitado.

Y sin caer en egocentrismo, me dedico este logro a mí misma. Por ser una prueba de que todas las metas que me propongo puedo lograrlas, recordando siempre lo que decía Confucio: “no importa qué tan lento vayas, mientras no te detengas”.

AGRADECIMIENTOS

A toda mi familia, especialmente a mis padres y hermanas, quienes me apoyaron desde el inicio de la carrera y en especial al elaborar este trabajo de investigación, dándome ánimos en los momentos difíciles e interesándose en el tema y queriendo aprender cada día sobre el mismo.

Al Departamento de Biología por darme la oportunidad al abrir sus puertas y a los profesores que forman parte del mismo, por brindarme todos sus conocimientos y ayudarme en mi crecimiento profesional durante toda la carrera. Quiero agradecer al personal del Laboratorio de Biología Animal por el apoyo logístico, especialmente a Anakarina Bello Belisario.

A mis tutores, Mariela Forti, quien me introdujo en el área de conservación de tortugas dulceacuícolas y con quien comencé este proyecto. Gracias por tener plena confianza en mí para la realización de la investigación y por toda su ayuda en el momento más difícil, la elección de tema, y acompañarme en la primera fase del trabajo. A Mario Palacios, quién se arriesgó y confió con los ojos cerrados en este proyecto, uniéndose a mitad de camino para acompañarme como asesor. Gracias por todos los conocimientos brindados tanto en clases como en la última etapa de la carrera, por el tiempo dedicado a la tesis y el interés por sacar un excelente trabajo. Sin darse cuenta, me aconsejó y ayudó en mi crecimiento tanto profesional como personal. Y a Omar Hernández, por orientarme en la selección de tema de tesis, y además asesorarme con sus conocimientos en el área, aclarando todas las dudas y colocando a mi disposición toda la bibliografía necesaria. A los Jurados, por aceptar ser parte de este proyecto. Ernesto Boede, quién en todo momento se mostró interesado en el tema y a través de sus recomendaciones, principalmente en el área de medicina veterinaria, ayudo a que se realizara un excelente trabajo. Y por último, pero no menos importante, a Rafael Rodríguez, por sus sugerencias para mejorar el proyecto. ¡Gracias totales!

Del mismo modo, quiero agradecer a Fernando Rojas-Runjaic, por toda la ayuda brindada. Interesándose desde un principio en el tema y tomando parte de su tiempo para hacer una revisión del manuscrito en la primera fase del proyecto.

A los Sres. José Antonio Pérez y Héctor Silva, por hacer entretenidos los viajes, y porque más que choferes del departamento de Biología, son personas dispuestas a ayudar y nutrirse con nuestro trabajo, siempre interesados en la investigación.

Agradezco enormemente al Hato Masaguaral, por abrir sus puertas con plena confianza y permitirme realizar esta investigación, en especial al Gerente del Hato, el Sr. José Gregorio Acosta, quién ayudo en todo momento en la parte logística.

Al Sr. Denis Marazzato, quien fue el responsable de llevar las tortugas al Hato Masaguaral desde el Refugio de Fauna Silvestre La Tortuga Arrau, y quién me motivo a trabajar con ellas. Sin su ayuda, no se hubiese podido llevar a cabo esta investigación.

La mayor gratitud a mis ayudantes de campo, Cristina Malpica, Dimas Gámez, Emil Hurtado, Ma. Alejandra Correa, Diana Pineda, Marian Cordero, Alejandra Martínez, Trina Limonggi, Edixon Farfán, Joeli León y Ma. Victoria Escalona, quienes hicieron fácil lo que parecía imposible, y se aventuraron, sin pensarlo dos veces, a la inmensidad del llano. ¡Muchas gracias!

De igual forma, agradezco inmensamente el apoyo incondicional de mis amigos y compañeros de carrera, Joeli León, Marian Cordero, Ana Obispo, Trina Limonggi, Ana Ledezma, Ma. Fernanda González, Gabriel Graterol, Edixon Farfán, Adrian Villaroel, Jonathan Ostos y Jorge Escobar, quienes se volvieron parte de mi familia y siempre me motivaron a seguir adelante, ofreciendo su ayuda en cada momento.

A todos los que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis y me acompañaron durante la carrera. ¡Gracias a ustedes!

RESUMEN

Podocnemis expansa es el quelonio de caparazón duro de mayor tamaño en Suramérica y con amplia distribución en los grandes ríos de las cuencas Amazonas, Orinoco y Esequibo. Actualmente, se encuentra catalogada en peligro, siendo dependientes de diferentes medidas de protección en el país. Entre estas se incluye la cría en cautiverio hasta el año de edad, con la finalidad de generar individuos con las tallas adecuadas para aumentar su supervivencia en vida silvestre. En los últimos años han quedado pocos zocriaderos trabajando en el programa de conservación de esta tortuga, lo que ha causado que se envíe un mayor número de animales para la cría en cautiverio, y como las instalaciones son pequeñas se vuelve una cría en altas densidades. En base a eso, se planteó evaluar algunos aspectos del crecimiento en los tortuguillos de arrau criados en altas densidades. Para ello, se habilitaron tres tanquillas de aproximadamente 5 m² en el Hato Masaguaral, trabajando con densidades de 60, 120 y 200 ind/m² respectivamente. Los resultados muestran que las medidas de los tortuguillos descienden con la alta densidad; sin embargo, como la diferencia entre la densidad de 60 y 120 ind/m² con respecto al LLC es menor al 5 %, entonces fue elegida la densidad intermedia como la mejor para la zocricría. No se registraron lesiones traumáticas y solo se observaron algas como ectoparásitos en los tortuguillos, siendo este último causado principalmente por la higiene en las tanquillas. Por otra parte, cabe mencionar que el 17,74 % de los individuos presentó alguna deformidad corporal, siendo el número anormal de placas la deformidad más común representada por un 10,31 %. En términos generales, los tortuguillos de arrau pueden ser criados en altas densidades, ahorrando así en gastos de mantenimiento y alimento, y liberando más animales al medio natural.

Palabras claves: Conservación, Cryptodira, Podocnemididae, Tortuga arrau, Zocricría.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
Marco teórico	3
Descripción de la especie.....	3
Iniciativas de conservación.....	7
Marco legal	9
Antecedentes	12
Planteamiento del problema	17
Justificación	18
OBJETIVOS	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS	20
Área de estudio	20
Procedimiento metodológico	21
Marcaje.....	22
Alimentación.....	23
Índices de crecimiento.....	23
Biometría.....	24
Lesiones traumáticas.....	25
Enfermedades.....	25
Deformidades.....	27

Análisis de los datos	28
RESULTADOS	30
Crecimiento.....	33
Lesiones traumáticas.....	42
Enfermedades.....	43
Deformidades.....	44
Otras observaciones.....	45
Asoleamiento.....	45
Alimento.....	48
DISCUSIÓN	49
Crecimiento.....	49
Lesiones traumáticas.....	54
Enfermedades.....	55
Deformidades.....	58
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ejemplares de <i>Podocnemis expansa</i>	4
Figura 2. Ubicación relativa del Fundo Pecuario Masaguaral.....	21
Figura 3. Ubicación y organización interna de las tanquillas.....	22
Figura 4. Medidas corporales tomadas a los tortuguillos de <i>Podocnemis expansa</i>	24
Figura 5. Tallas iniciales de los tortuguillos de arrau.....	32
Figura 6. Peso inicial de los tortuguillos de arrau.....	33
Figura 7. Comportamiento del LLC de los tortuguillos de arrau en las tres densidades.....	34
Figura 8. Comportamiento del LCC de los tortuguillos de arrau en las tres densidades.....	35
Figura 9. Comportamiento del LLP de los tortuguillos de arrau en las tres densidades.....	36
Figura 10. Comportamiento del ALC de los tortuguillos de arrau en las tres densidades.....	37
Figura 11. Comportamiento del Peso de los tortuguillos de arrau en las tres densidades.....	38
Figura 12. Ocurrencia de ectoparásitos en los tortuguillos de arrau.....	44
Figura 13. Ocurrencia de deformidades en los tortuguillos de <i>Podocnemis expansa</i> llevados a cautiverio en el Hato Masaguaral.....	45
Figura 14. Número de tortuguillos de la densidad de 60 ind/m ² asoleándose.....	46

Figura 15. Número de tortuguillos de la densidad de 120 ind/m ² soleándose.....	47
Figura 16. Número de tortuguillos de la densidad de 200 ind/m ² soleándose.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I. Estadísticos de las medidas morfométricas de los tortuguillos de arrau al inicio del ensayo.....	31
Tabla II. Estadísticos de las medidas morfométricas de los tortuguillos de arrau al final del ensayo.....	40
Tabla III. Parámetros del modelo de crecimiento lineal para las tallas de los tortuguillos de arrau.....	41
Tabla IV. Parámetros del modelo de crecimiento logístico para el peso de los tortuguillos de arrau.....	41
Tabla V. Intervalos de 95 % de confianza para los incrementos en talla y peso de los tortuguillos de arrau.....	42
Tabla VI. Valores de los coeficientes de alometría entre la relación del LLC y el resto de las medidas morfométricas.....	43

INTRODUCCIÓN

Las tortugas de agua dulce constituyen un grupo taxonómico y ecológicamente diverso, con una distribución geográfica muy amplia (Burke *et al.* 2000, Moll & Moll 2004). De todos los reptiles y después de las tortugas marinas, son el grupo más intensamente explotado para consumo humano y el que posee proporcionalmente más especies en las categorías de mayor amenaza que cualquier otro grupo de tortugas no marinas (Klemmens & Thorbjarnarson 1995). Estos organismos son importantes para la dispersión de semillas, carroñeros, y forman parte de la cadena trófica como depredadores y fuente de alimento para otros vertebrados, por lo tanto, su desaparición tendría profundas implicaciones ecológicas (Moll & Moll 2004, Beauregard *et al.* 2010).

Podocnemis expansa, conocida localmente como tortuga, tortuga arrau y/o tortuga del Orinoco, es el quelonio fluvial con caparazón duro de mayor tamaño en Latinoamérica. El aprovechamiento no sustentable de esta especie ha causado drásticas disminuciones en sus poblaciones, no sólo en Venezuela sino también en Brasil, Perú y Bolivia (Smith 1974, Alho *et al.* 1979, Soini & Herrera 1987, Hernández & Espín 2003).

Diversos agentes han sido considerados como los responsables de la disminución de la densidad poblacional de esta tortuga, entre los cuales se puede mencionar la caza ilegal (Ramírez 1956, Ojasti 1971, Pitchard & Trebbau 1984, Licata 1992, Rodríguez & Rojas-Suaréz 2003, Trebbau & Pitchard 2016) y la degradación de los hábitats (Mitchell & Klemms 2000), además de otros factores de perturbación representados por el comercio de neonatos para surtir el mercado nacional e internacional de mascotas (Rueda-Almonacid 1999), y la carencia de una conciencia ecológica (Licata 1992). Desde hace varios siglos los quelonios han constituido un renglón importante en las dietas locales, especialmente en el trópico (Ojasti 1967). Pero ese uso como alimento es mucho más que obtener carne o proteína, es una costumbre que prevalece en el contexto cultural de las personas (Alho *et al.* 1985, Hernández & Espín 2003).

Los datos publicados sobre poblaciones de arrau indican una baja notoria en el número de individuos. El primer registro para la población de estas tortugas, se hizo en el año 1800, donde la población estimada de hembras adultas en playa del Orinoco Medio fue de 330.000 (Humboldt 1820), en 1950 comienza a notarse el declive poblacional, donde se estimó en 36.000 (Ramírez 1956), en 1964 ya se estaban reportando 17.000 (Ojasti & Rutkis 1965) y para el año de 1997 se estimó la población de hembras cerca de 1.066 ejemplares (PROFAUNA 1997). Datos más recientes reportaron 804 hembras reproductoras en el 2010, y para el 2014 el número de hembras se redujo a 694, ambos registros en el Refugio de Fauna Silvestre Tortuga Arrau (RFSTA) en el Orinoco medio (MINAMB 2011, 2015).

A pesar de ello, todavía es posible la recuperación de esta especie que se encuentra en vías de extinción, porque posee un alto potencial reproductivo, y por medio de programas de investigación y manejo, se ha contribuido a disminuir la mortalidad tanto en adultos como en juveniles. Siendo los programas de rescate y reforzamiento de las poblaciones una de las actividades conservacionistas más distintivas de América tropical (Soini 1999).

En Venezuela desde 1989 se lleva a cabo un plan de conservación para la tortuga arrau ejecutado por el Ministerio del Ambiente (actualmente ‘Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas’ MINEA), el cual tiene entre sus objetivos, la protección de las playas de anidación, manejo, guardería, y cría en cautiverio por un año para su posterior liberación. Las condiciones para esta última son muy importantes, ya que la temperatura, comida, el área o volumen en un encierro así como la densidad de los animales, son factores que pueden tener un profundo efecto sobre la estructura social y consecuentemente causar cambios en la reproducción e índices de crecimiento (Crews & Garrick 1980, Lefebvre *et al.* 2011). Tomando en cuenta que los zocriaderos que se encuentran trabajando en el programa de conservación de la tortuga arrau reciben gran cantidad de tortuguillos para su cría pero poseen un espacio limitado, resulta conveniente evaluar el crecimiento de estas tortugas

en cautiverio en altas densidades y así asegurar un estado óptimo de crecimiento para que alcancen una talla estimada antes de su liberación al año de edad.

MARCO TEÓRICO

Descripción detallada de la especie

Podocnemis expansa es una tortuga fluvial que pertenece a la familia Podocnemididae, y como la mayoría de las especies del género *Podocnemis*, presenta un acentuado dimorfismo sexual en tamaño, siendo las hembras más grandes que los machos. Éstas pueden presentar una longitud lineal del caparazón de 50 a 107 cm y el ancho se encuentra entre los 43 y 55 cm, el peso se puede encontrar de 15,7 a 73 kg. Con respecto a los machos, estos miden entre 40 y 50 cm de longitud de caparazón y 30 a 80 cm de ancho (Alfinito 1975, Alho & Pádua 1982a, Ojasti 1993, Soini 1996, 1999).

En los machos adultos, el caparazón tiene forma circular, la muesca anal del plastrón es muy pronunciada o en forma de “U” y la cola es más larga; mientras que las hembras poseen el caparazón ovalado, más amplio en su región pélvica, y una muesca anal del plastrón menos pronunciada y en forma de “V” (von Hildebrand 1997, Ernst *et al.* 2009).

Se caracterizan como todos los podocnemídeos por retraer el cuello en forma lateral debajo del caparazón y no presentar un escudo nocal (Ernst *et al.* 2009). Poseen dos barbicelos inframandibulares, una membrana timpánica grande, y los dedos de las manos y patas totalmente palmeados (Ernst *et al.* 2009, Rueda-Almonacid *et al.* 2007, Vitt & Cadwell 2009), para facilitar la natación.

Los neonatos miden entre 4,5 y 6 cm de longitud de caparazón y pesan entre 19 y 36g (Blohm & Fernández-Yépez 1948, von Hildebrand *et al.* 1997, Soini 1999, Jaffé 2003, Nieves *et al.* 2015), y los juveniles miden entre 5 y 14,1 cm (Narbaiza *et al.* 1988, Espín 1997, Hernández *et al.* 1998, Hernández *et al.* 2010, Mogollones *et al.* 2010).

Las crías y juveniles poseen el caparazón de color pardo grisáceo, con el borde tenuemente coloreado de amarillo pálido, a diferencia de los adultos que la coloración varía entre gris oscuro, café y verde oliva (Soini 1999), el peto es gris y la cabeza negruzca, con manchas de color amarillo limón. Sobre la frente llevan un par de angostas líneas amarillas que forman un círculo casi completo alrededor del ojo. Estas manchas desaparecen con la edad en las hembras adultas (Figura 1) (Von Hildebrand *et al.* 1997, Soini 1999, Ernst *et al.* 2009).

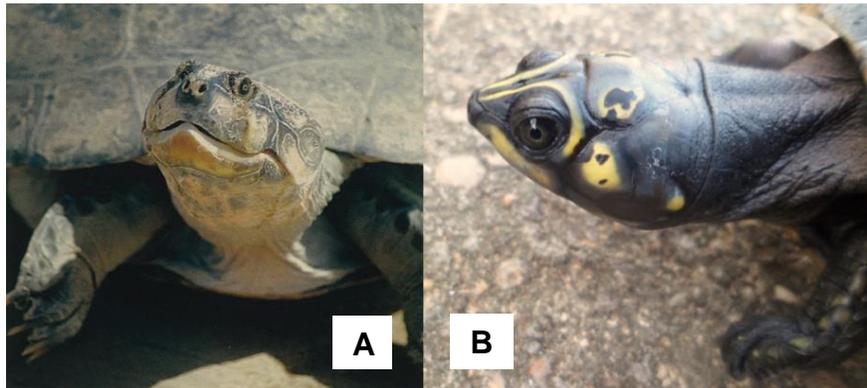


Figura 1. Ejemplares de *Podocnemis expansa*. A) Hembra adulta (tomado y modificado de Licata, 1992). B) Juvenil (Foto: Alexandra Martínez Fuentes).

Estas tortugas son excelentes nadadoras y habitan en los ríos, lagos, pantanos, llanos y bosques inundados (Licata 1992, Ojasti 1993, TCA-SPT 1997, Rueda-Almonacid *et al.* 2007), teniendo una amplia distribución natural que abarca las cuencas de los ríos Amazonas, Esequibo, Magdalena (introducida) y Orinoco, y por tanto con poblaciones en las selvas amazónicas de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú y Venezuela. (TCA-SPT 1997, Cisneros-Heredia 2006, Rueda-Almonacid *et al.* 2007). En este último es relativamente común en el Medio y Bajo Orinoco, y vive también en los grandes tributarios llaneros: Meta, Cinaruco, Capanaparo, Arauca y Apure; además, se extiende hasta el Delta y Alto Orinoco, pero en número reducido (Ojasti 1971, Paollillo 1982, Licata 1992, Ojasti 1993, Narbaiza *et al.* 1999, Hernández & Espín 2003, 2006, Rueda-Almonacid *et al.* 2007, Peñaloza 2010, Hernández *et al.* 2011, Rojas-Runjaic *et al.* 2011, Ceballos *et al.* 2012). Desde el Delta Orinoco la corriente del río ha transportado algunas tortugas hasta la Isla Trinidad (Carvajal 1992).

Artificialmente, ocupa también el Lago de Valencia ubicado entre los estados Carabobo y Aragua donde fueron introducidas en los años 1949, 1953 y 1968 (Vila 1966, Fernández-Yépez 1968).

Su alimentación se basa principalmente en frutas y semillas de árboles en las selvas inundadas (Ojasti 1967), también pueden capturar de manera oportunista pequeñas presas, como esponjas (Pritchard & Trebbau 1984, Trebbau & Pitchard 2016). En cautiverio se ha reportado que tanto los adultos como las crías y juveniles son omnívoros, pero estas últimas tienen mayor preferencia por dietas carnívoras (Moreira & Loureiro 1992, Malvasio *et al.* 2003, Sá *et al.* 2004, Almeida & Abe 2009), aceptando inclusive piensos comerciales (Narbaiza *et al.* 1988, Espín 1997).

Con respecto a su ritmo de actividad, Ojasti (1993) comenta que en su medio acuático parecen ser de actividad diurna, con picos de actividad a media mañana y en la tarde. Fuera del agua son muy ariscos, lanzándose a ella por cualquier disturbio. Mientras que Jaffé (2003), menciona que en cautiverio los tortuguillos tienen mayor actividad en las horas más calientes y de mayor luminosidad (al medio día). En cuanto a las hembras adultas, estas se asean fuera de la superficie del agua solamente un par de semanas antes del desove (Ojasti 1993, Ferrara *et al.* 2010).

Esta especie anida en grandes densidades de hasta 500 hembras en forma simultánea (Alho & Pádua 1982b, Von Hildebrand *et al.* 1997), aunque raramente también puede anidar de forma solitaria (Soini 1996) en las playas de arena que se forman en las orillas de los ríos durante la temporada de sequía. Estudios indican que los sonidos que produce *P. expansa* juega un papel importante en la sincronización de estos grupos durante la temporada de anidación, siendo el intercambio de información entre las hembras que anidan una de las funciones de este comportamiento social (Ferrara *et al.* 2014). Anida una sola vez al año (Thorbjarnarson *et al.* 1993) a diferencia de otras especies del mismo género, como *Podocnemis unifilis* que puede llegar a desovar dos veces (Soini 1996) o *P. vogli*, que desova hasta tres o cuatro veces en una misma temporada (Ramo 1982). La temporada de anidación varía según su localidad.

En Venezuela, el desove ocurre entre los meses de febrero y marzo en el Orinoco (Marín 2001, Rueda-Almonacid *et al.* 2007), y de marzo a abril en el Lago de Valencia (Sulbarán 2003).

Los nidos presentan una forma de botella y pueden alcanzar una profundidad desde 45,4 cm hasta 80 cm (Alho & Padua 1982b, Ojasti 1993, Soini 1996, Von Hildebrand *et al.* 1997). El tamaño de la nidada varía entre los 75 y 172 huevos (Roze 1964, Ojasti 1993, Soini 1996, Von Hildebrand *et al.* 1997, Vanzolini 2003) con una forma casi esférica, además son elásticos y tienen la cáscara pergaminosa (Alho & Pádua 1982b, Ojasti 1993, Soini 1996, von Hildebrand *et al.* 1997, Nieves *et al.* 2015), lo cual lo vuelve resistente a los golpes y no quebradizo (von Hildebrand *et al.* 1997). El tamaño promedio de los huevos es variable, llegando a pesar desde 30 g hasta 55 g (Alho & Pádua 1982b, Soini 1996, Proyecto ATSAPANI 2012). Varios estudios sugieren la existencia de paternidad múltiple en esta especie (Valenzuela 2000, Pearse *et al.* 2006).

El tiempo de incubación varía con la temperatura de la misma, con un promedio de 40 a 65 días, pero los tortuguillos nacidos permanecen en el nido por un tiempo mayor (varía de 1 a 4 semanas), hasta el inicio de las lluvias, cuando se dirigen a las aguas crecidas del río (Ojasti 1993, Soini 1996, von Hildebrand *et al.* 1997, Nieves *et al.* 2015).

Las deformidades en esta especie son un fenómeno frecuente y existe una correlación positiva entre el tamaño de la nidada y la cantidad de tortuguillos deformes (Carvajal 1992). Siendo más comunes en nidadas trasplantadas que en las naturales, por tanto, se cree que una manipulación inadecuada en los huevos, así como las características de los nidos durante la incubación, puede promover la aparición de malformaciones en los neonatos, (von Hildebrand & Lieberman 1992, von Hildebrand *et al.* 1997, Jaffé *et al.* 2008, Rojas-Runjaic *et al.* 2010).

Con respecto a la depredación, los adultos son depredados por jaguares (*Panthera onca*), caimanes (*Crocodylus intermedius*) y babas (*Caiman crocodylus*);

los neonatos son depredados por aves, como garzones soldados (*Jabiru mycteria*), gabanes (*Mycteria americana*), caricares (*Caracara cheriway*), chiriguare (*Milvago chimachima*) hasta zamuros (*Coragys atratus*), también por caimanes y peces, entre los que resaltan como más importantes, los grandes bagres (*Phractocephalus* sp.). En cuanto a los huevos, estos son depredados por aves como caricare, y por zorros (*Cerdocyon thous*) (Blohm & Fernández-Yépez 1948, Röhl 1956, Alho & Pádua 1982b, Paolillo 1982, Carvajal 1992, Licata 1992).

Iniciativas de Conservación

Los estudios relacionados con tortugas dulceacuícolas, han sido dirigidos principalmente a la tortuga fluvial más grande de Suramérica, la tortuga arrau (*Podocnemis expansa*), cuyas poblaciones han sido fuertemente mermadas, por ser un quelonio de gran tamaño y por poseer hábitos gregarios, lo cual ha provocado un declive acentuado y permanente en el tamaño de sus poblaciones desde la época de la colonia hasta la actualidad (Ojasti 1993, von Hildebrand *et al.* 1997, TCA-SPT 1999, Jaffé 2003, Hernández & Espín 2003, Rojas-Runjaic & Marín 2007, Rojas-Runjaic *et al.* 2010). Se encuentra reducida hoy a una especie en vías de extinción y protegida en Brasil, Colombia, Perú y Venezuela (Ojasti 1993).

En Venezuela, se han hecho algunos intentos para solventar la situación crítica en la que se encuentra la tortuga arrau. Desde el año 1989 se lleva a cabo el plan de conservación más complejo y completo para este quelonio, ejecutado por el Ministerio del Ambiente (MARN 2006, Licata & Elguezabal 1997), con la colaboración de la Guardia Nacional, en donde las principales playas de anidación de esta especie en el Orinoco medio están incluidas en el Refugio de Fauna Silvestre de la Tortuga Arrau (RFSTA), realizando manejo y guardería durante todo el año (Hernández & Espín 2006).

Un paso más allá de la simple protección de nidos, es criar los neonatos un tiempo antes de su liberación a su medio natural. Desde 1992 el Ministerio del Ambiente inició la cría de cautiverio, y tiempo después se unieron otros zoocriaderos

(Hernández *et al.* 2011). Esta actividad busca evitar la extinción de la especie incrementando la generación de relevo y aumentando sus probabilidades de supervivencia al liberar gran cantidad de ejemplares con la mayor talla posible al año de edad (Hernández *et al.* 1998).

En los años 2003 y 2004, la Fundación La Salle de Ciencias Naturales (FLSCN) consolidó el Programa de Conservación de Tortugas Continentales en la Cuenca Baja del Río Caura (estado Bolívar), y creó el Zoocríadero Experimental Wasaña (ZEW) (Rojas-Runjaic *et al.* 2011). Debido a que la población local de tortuga arrau estaba virtualmente extinta, fue incorporada estrictamente con fines de refuerzo poblacional en el Caura (Rojas-Runjaic *et al.* 2011.). Para el año 2010, se inició una nueva etapa en la cual se involucró a la comunidad de Aripao, asignándoles tanques y lotes de 250 tortuguillos a diez grupos familiares para ayudar en el levantamiento de los neonatos durante un año. Contribuyendo de manera relevante en la sensibilización y el sentido de compromiso de los habitantes locales con la preservación de las tortugas fluviales del Caura (Rojas-Runjaic *et al.* 2011.).

Actualmente, el programa se mantiene en marcha, pero solo están trabajando con los tanques de la comunidad. El ZEW dejó de funcionar hace 6 años debido a problemas presupuestarios (Com. per. Fernando Rojas-Runjaic).

También en el 2003, se creó el Grupo de Trabajo de Tortugas Continentales de Venezuela (GTTC) con el objeto de promover la conservación y el manejo sustentable de los quelonios de agua dulce y terrestre del país. Para el 2008 el GTTC comenzó a trabajar en la elaboración de la Estrategia Nacional para la Conservación de las Tortugas Continentales de Venezuela y su Plan de Acción (Rojas-Runjaic *et al.* 2011). Se logró la elaboración de una primera versión del documento pero esta iniciativa a la fecha no ha sido llevada a cabo.

A nivel internacional también se han realizado planes de manejo. En Brasil se lleva a cabo un programa de recuperación por el Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), protegiendo 54 playas y teniendo como objetivo principal el

proteger a las principales tortugas dulceacuícolas, entre ellas *P. expansa*, durante su temporada de reproducción (IBAMA 1989, Ojasti 1993). En Perú también se está ejecutando un plan de manejo, el cual implica protección legal al área en que se realizará el manejo, asegurando así la protección y el derecho exclusivo de las comunidades locales al aprovechamiento del recurso que se maneja (Soini 1999). En la Reserva Nacional Pacaya-Samiria se ha realizado repoblamiento de charapa (*P. expansa*) y tericaya (*P. unifilis*) mediante liberación de crías. El programa ha tenido gran éxito en los años que se ha ejecutado, logrando un notable incremento de los adultos de ambas especies en la Reserva (Soini 1999).

En cuanto a la Amazonia colombiana, se implementó el “Plan charapa” junto a la Fundación Natura y el Parque Nacional Natural Cahuinarí, estableciendo lineamientos de para la vigilancia y protección de las playas de anidación, de las hembras ponedoras, nidadas y de los neonatos; además, establecer un control de la explotación comercial legal, y la formación de líderes indígenas para que en un futuro asuman la protección del recurso (Fundación Natura 1994). Ya para el 2002 se publicó el “Programa Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas y Continentales en Colombia” (Ceballos-Fonseca 2000, Ministerio del Medio Ambiente 2002, Hernández *et al.* 2011).

MARCO LEGAL

Podocnemis expansa se mantiene protegida a nivel nacional e internacional. En Venezuela se han emitido desde 1946 una serie de decretos y resoluciones, con el fin de proteger las poblaciones de la tortuga arrau y su habitat. El 28 de enero de 1946, se establece el primer instrumento legal (Paolillo 1982, Hernández *et al.* 1998) según la resolución N° 4 del Ministerio de Agricultura y Cría (MAC). El aprovechamiento tradicional de la especie, para ese entonces, había sido efectuado mediante la subasta de las playas de desove al mejor postor (Mosqueira 1945). La ley de 1946, cambió ese sistema por el de libre otorgamiento de permisos gratuitos a aquellas personas que

podieran garantizar un conveniente uso de la especie (arts. 1 y 2), donde se establece que la cuota límite de extracción por día es de 800 individuos, cantidad que fluctuaría dependiendo de la abundancia del recurso durante cada temporada (arts. 4 y 6). Además, se establece la prohibición total de la colecta de huevos y tortuguillos de arrau (art. 7) (Paolillo 1982, Licata 1992, Hernández *et al.* 1998), de esa manera se permitiría el reclutamiento de individuos a la población adulta (Paolillo 1982). Se declara la primera veda en el país el 22 de diciembre de 1962 durante un período de cinco años en algunas playas, según resolución N° 288 también del MAC (Paolillo 1982, Licata 1992, Licata *et al.* 1996, Hernández *et al.* 1998). Del mismo modo, se establece la vigilancia en las playas de desove (Licata 1992).

En 1970, este quelonio queda amparado por la Ley de Protección a la Fauna Silvestre (G.O. N° 29.289 del 11/08/1970) al ser considerada fauna silvestre según el Art. 2, donde se impone la protección y aprovechamiento racional de la fauna silvestre y de sus productos, además del ejercicio de la caza. El Reglamento de la Ley de Protección a la Fauna (Gaceta 19 Oficial No. 5.302 del 29/01/1999) establece que la caza o pesca así como la explotación de especies puede ser ejercida cuando se lleven a cabo investigaciones biológicas necesarias para la supervivencia de tales especies. Los entes encargados de estos estudios, establecerán el número de animales a capturar y las áreas donde se realizará la captura. El Decreto No. 2.304, establece las Normas sobre la Caza en Áreas Especiales y Ecosistemas Naturales.

El 22 de marzo de 1978 bajo la resolución 103, entra en veda por cinco años más, pero esta vez en todo el territorio nacional. En 1979 es incluida en la lista de especies con veda indefinida por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (MARNR) (Resolución N° 96 del 28/11/1979) (Licata 1992, Licata *et al.* 1996). Luego, en 1988 es creado el Parque Nacional "Santos Luzardo" (estado Apure), con un área de aproximadamente 584.368 ha. (Decreto N° 2018 del 24/02/1988, G.O. N° 33.958 del 04/05/1988), y en 1989 se crea el Refugio de Fauna Silvestre de la Tortuga Arrau (RFSTA) en el tramo del río Orinoco entre los Edo. Apure y Bolívar (Decreto N° 271 del 07/06/1989, G.O. N° 4.106 del 09/06/1989). Ambas áreas

protegidas presentan importantes playas de desove para la especie. En el año 1996, a nivel nacional, la tortuga arrau entra en la declaración de Especies Vedadas (Decreto N° 1.485 del 11/09/1996, G.O. N° 36.059 07/10/1996) y también es decretada en Peligro de Extinción (Decreto N° 1.486, G.O. N° 36.062 de 11/09/1996).

Otros artículos de la Constitución Bolivariana de Venezuela (1999) protegen a la tortuga arrau, donde se hace referencia a derechos ambientales, estableciendo al Estado como ente encargado de la protección del ambiente y las especies vivas (Art. 127, 128 y 129) (Gaceta Oficial N° 36.860 del 30/ 12/1999). De igual forma, la Ley Orgánica del Ambiente (Gaceta Oficial N° 5.833 del 22/12/2006), donde se establecen las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable, igualmente, se establecen las normas que desarrollan las garantías y derechos constitucionales a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado.

En La Ley Penal del Ambiente (Gaceta Oficial N° 4.358 del 03/01/1992), se tipifican como delitos las acciones que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, estableciendo las sanciones penales correspondientes, y determinando las medidas precautelarias, de restitución y de reparación correspondientes.

Por último, está la Ley de Gestión de Diversidad Biológica (Gaceta Oficial N° 39.070 del 01/12/2008), la cual comprende, entre otras cosas, la investigación y generación de conocimientos sobre la diversidad biológica, a los fines de su conservación, manejo y aprovechamiento sustentable; del mismo modo que la adopción de acciones y medidas para la vigilancia y control de actividades capaces de degradar la biodiversidad y modificar negativamente los procesos ecológicos propios de ella.

Además, se encuentra en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana, clasificada como especie “En Peligro Crítico” (A2acde) (Hernández *et al.* 2015), entendiéndose

que el riesgo de extinción es extremadamente alto en sus poblaciones naturales en el futuro inmediato (Rojas-Runjaic *et al.* 2010).

A nivel internacional, se encuentra ubicada en la lista roja de la UICN, clasificada como especie “En Riesgo Menor” pero dependiente de conservación. Mientras que para el Grupo de Especialistas en Tortugas Terrestres y de Agua Dulce de la UICN (UICN/SSC/TFTSG) es considerada en “Peligro Crítico” (Van Dick *et al.* 2014). En cuanto a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) la ubica en su Apéndice II. Las especies contenidas en el Apéndice II requieren de un control eficaz para que el comercio internacional no represente una amenaza para su supervivencia (Licata 1992).

ANTECEDENTES

Este quelonio fluvial por ser el más grande en Latinoamérica y encontrarse en vías de extinción, ha sido objeto de numerosos estudios, los cuales se han desarrollado en las principales zonas de protección, como lo son: el RFSTA, en el Orinoco medio, Venezuela, la Reserva Biológica de Trombetas, en el Río Trombetas, Brasil, el Parque Nacional Cahuinari, en el Caquetá medio, Colombia y la Reserva Nacional Pacaya-Samiria, entre el bajo Marañón y bajo Ucayali, Perú (TCA-SPT 1997). Los estudios abarcan desde la biología hasta el comportamiento y dinámica poblacional.

La mayoría de los estudios realizados a las nidadas han tenido como finalidad reportar como un mal manejo de las mismas podría causar algún daño en los neonatos, y la forma de evitarlo. Carvajal (1992) menciona que existe una correlación significativa entre el tamaño de la nidada y deformidades en los tortuguillos. Mientras que Von Hildebrand *et al.* (1997) estudiaron los aspectos sobre la técnica del trasplante de nidadas, reportando que la forma del nido, la edad de los embriones al momento del trasplante y la rotación de los huevos, no afectan significativamente la tasa de eclosión. Del mismo modo, no encontraron diferencias en el período medio de utilización del

nido, entre huevos de nidos naturales y huevos de nidos artificiales, pero sí que la tasa de deformaciones en los tortuguillos tiene una relación con el trasplante de la nidada.

Por su parte, Rojas-Runjaic *et al.* (2010) estudiaron el éxito de eclosión en nidadas trasplantadas de la tortuga arrau en una playa del Orinoco medio, determinando mediante ensayo *in situ*, tratamientos de trasplante que permitieran maximizar el éxito de eclosión, disminuir la tasa de tortuguillos deformes e incrementar la eficiencia de ésta técnica de manejo. Experimentó con nidadas completas y nidadas divididas en dos partes (medias nidadas) incubadas a 50, 60 y 70 cm de profundidad. Encontró que medias nidadas ofrecieron mejores resultados que nidadas completas, siendo el tratamiento de medias nidadas a 70 cm de profundidad el que ofreció las mejores condiciones de incubación (elevado éxito de eclosión, el menor porcentaje de tortuguillos deformes y la mayor eficiencia de tratamiento). Siguiendo con el estudio de trasplante de nido, Jaffé *et al.* (2008) encontraron que éstos presentan mayor mortalidad en crías y una mayor incidencia de anomalías morfológicas, aunque con tasas de crecimiento más altas, y que en esto podría estar influyendo la temperatura de incubación, la cual fue más alta. Del mismo modo, que las tortugas juveniles procedentes de los nidos no trasplantados parecían ser más rápidas que las procedentes de los otros nidos. Sugiriendo que en los futuros esfuerzos de manejo traten de minimizar los efectos de manipulación de los nidos para no solo prevenir tanto la pérdida de nidadas sino también aumentar la supervivencia de los tortuguillos a largo plazo.

Nieves *et al.* (2015) evaluaron las características de las nidadas en el Lago de Valencia en el año 2009, observando en los huevos, hongos cubriendo la superficie de las cáscaras de los huevos no viables, además, reportaron un bajo éxito de eclosión, con un promedio de 17,6 %, y en un 63,6 % la cantidad de tortuguillos vivos deformes, los autores consideran que los contaminantes del Lago de Valencia pueden estar influyendo en la aparición de estas deformidades.

En cuanto a estudios bajo condiciones de cautiverio, Malvasio *et al.* (2003) registraron el comportamiento y preferencia alimentaria de la arrau en cautiverio. Mostrando un comportamiento omnívoro en la tortuga, aumentando el consumo de origen vegetal a medida que aumenta la edad del animal. Coincidiendo con el trabajo de Moreira y Loureiro (1992), los cuales estudiaron la morfología del tracto digestivo, y resaltan que el hábito alimenticio en individuos más jóvenes, era predominantemente carnívoros, en relación con los adultos que eran predominantemente más herbívoros. Del mismo modo, Malvasio *et al.* (2003) reportaron que la arrau es muy sensible en lo que concierne a la alteración del sitio de la comida, principalmente la carne, disminuyendo su consumo si esta fuese sido puesta en un lugar seco.

Sá *et al.* (2004), criaron a *Podocnemis expansa* en cautiverio para fines comerciales, y evaluaron los niveles de proteína animal y vegetal en la dieta. Sus resultados indican un mayor crecimiento en los tortuguillos alimentados con proteína animal seguidos por la proteína vegetal en un 30 y 27 %, respectivamente. Los autores concluyen que la dieta con proteína animal presenta mejores resultados que con las de origen vegetal. Almeida y Abe (2009), evaluaron el aprovechamiento de los alimentos de origen animal por *Podocnemis expansa* mantenida en cautiverio, y reportaron un excelente aprovechamiento de los nutrientes y energía de las harinas de carne, huesos, vísceras de aves y harina de pez. Presentando un mayor crecimiento con la harina de pez y la harina de vísceras de aves.

Los primeros trabajos sobre cría en cautiverio de tortuguillo Arrau en Venezuela fueron realizados en la Estación Experimental Amazonas. Entre ellos se encuentra el de Narbaiza *et al.* (1988), ellos realizaron un ensayo con la finalidad de determinar las posibilidades de cría en cautiverio para la especie. Los tortuguillos fueron mantenidos a diferentes temperaturas, bajo techo y sin posibilidades de salir. Fueron alimentados con alimento concentrado para perros y truchas. Como resultado a los 10 meses, obtuvo que a mayor temperatura del agua (32°C) las tortugas crecen más rápido. Asimismo, indican que estos animales pueden ser nutridos con alimento industrial por el alto contenido en proteínas y calcio que aporta.

Espín (1997) dio a conocer la creación de un zoológico de tortuga arrau como una alternativa para su conservación. La actividad se llevó a cabo utilizando tanques australianos de 12m de diámetro, y manteniendo a las crías en cautiverio por un año. Utilizó alimento concentrado para truchas para su alimentación, y como resultado obtuvo que esa dieta rica en proteínas ayuda al desarrollo acelerado de los tortuguillos, alcanzando altas tasas de crecimiento en la especie. A los once meses lograba alcanzar una talla promedio del caparazón de 14cm y 351 g con respecto al peso, indicando que con esas medidas la posibilidad de sobrevivir es mucho más alta que cuando son neonatos y miden 5,5 cm de largo de caparazón.

Hernández *et al.* (1998) realizaron un proyecto de elaboración de un zoológico de la tortuga arrau con el fin de reforzar las poblaciones de la tortuga en el Orinoco y aumentar el conocimiento sobre su biología. La actividad consistió en capturar neonatos en las playas de nidificación ubicadas en el Orinoco medio, específicamente en el RFSTA, para luego trasladarlos al zoológico en la Estación Experimental Amazonas, en Puerto Ayacucho y liberarlos al año de edad con un respectivo seguimiento. Del mismo modo, reportaron un ensayo de 1994 con diferentes condiciones de densidad de individuos. Dando como resultado que a los seis meses de edad que el mayor valor en talla correspondió a la mayor densidad de 75 ind/tanque. Los autores concluyen que el crecimiento de los tortuguillos de esta especie podría no verse afectado con altas densidades.

Boede y Hernández (2004) realizaron un estudio sobre las enfermedades en la tortuga arrau mantenidas en zoológicos, clasificando las enfermedades de acuerdo a su naturaleza y etapa de desarrollo de los ejemplares. Estas fueron, en neonatos, anomalías congénitas, onfalitis, muerte neonatal, dermatitis micótica y septicemia, en crías y juveniles fueron enfermedad ósea metabólica, avitaminosis A y gota, mientras que en adultos fueron lesiones erosivas y descamativas del caparazón y uñas.

Martínez *et al.* (2007) realizaron el primer reporte de valores referenciales sobre la hematología y química sanguínea de la especie, con base en individuos residentes en

zoológicos de Venezuela. Verificaron la presencia de un total de 101 individuos adultos (94 hembras y 7 machos) presentes en los zoológicos venezolanos y apreciaron que se requería modificar las condiciones de cautiverio (infraestructura y manejo de los ejemplares), para que éstas instituciones pudieran servir como centros de reproducción *ex situ*. Los resultados biométricos indicaron que las tortugas arrau en cautiverio presentaron síntomas de obesidad, mientras que la acumulación de nitrógeno ureico en sangre hizo pensar en un desbalance nutricional.

Hernández *et al.* (2010) realizaron un ensayo para determinar la ración óptima de alimento y asegurar un buen crecimiento de los tortuguillos en cautiverio con la mejor relación costo beneficio. Utilizaron cuatro grupos de tortuguillos de 420 individuos cada uno, a una densidad de 16,8 ind/m², estos fueron alimentados con Puripargo® (alimento concentrado con 24% de proteína para la tilapia) con raciones de 2%, 3%, 4%, y 5% del peso vivo. Comparando el LLC de los ejemplares al final del ensayo, reportaron que con raciones al 2% y 5% la diferencia fue de sólo un 7%, indicando que este incremento de talla quizás no haga una gran diferencia en su supervivencia, pero la ración del 5% es 150% mayor a la del 2% y por lo tanto más costosa, por lo que los autores recomiendan utilizar raciones del 2% del p/v. En el mismo estudio, determinaron la densidad óptima para la cría en cautiverio de tortuguillos arrau. Utilizaron cuatro grupos de 250, 500, 750 y 1000 neonatos a densidades de 10, 20, 30, y 40 individuos por m² respectivamente. Los animales también fueron alimentados con Puripargo® (alimento concentrado con 24% de proteína para la tilapia), con una ración del 4% del peso vivo los primeros siete meses, luego al 2% del p/v los 2,7 meses restantes. Al final del ensayo no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro grupos para las variables LLC y peso. Por lo que suponen que la especie soporta muy bien en cautiverio altas densidades sin afectar su tasa de crecimiento y sin sufrir enfermedades.

Con respecto al efecto del programa de reforzamiento sobre la estructura poblacional de *Podocnemis expansa*, Hernández y Espín (2006) hicieron una evaluación de la población de la arrau dentro y fuera del RFSTA, comparándola con la

estructura poblacional encontrada para *P. unifilis*, que es igualmente consumida por los pobladores, pero para la fecha no estaba bajo ningún programa de recuperación. Encontraron que un alto porcentaje de los ejemplares capturados de *P. expansa* pertenecían a la clase juvenil, por lo que se infirió que el programa de liberación de juveniles de esta especie ha aumentado efectivamente su proporción, a diferencia de lo ocurrido con los ejemplares de *P. unifilis*. Mediante una comparación de tallas promedio de individuos de ambas especies que fueron capturados por los consumidores de la región, pudieron concluir que los habitantes no tienen preferencia por la talla y que consumen con más frecuencia, las más abundantes.

Por otro lado, Ferrara *et al.* 2013 evaluaron vocalizaciones de *Podocnemis expansa* adultas y crías recién nacidas, las primeras dentro y fuera del agua, en ambiente natural y en cautiverio, y las segundas en un ambiente natural y en cautiverio desde los huevos y nidos. Demostrando interacciones entre ellos. Lo que sugiere que los adultos llaman a los neonatos luego de la eclosión para una migración junta de forma masiva y estos responden. Por tal motivo, los autores consideran que es la primera evidencia de un cuidado parental por parte de tortugas de agua dulce, ya que existe una comunicación acústica después de la eclosión.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tortuga arrau ha sido sometida a una cacería irracional al punto de estar en peligro crítico de extinción, y ser dependiente de técnicas de manejo para la recuperación de sus poblaciones (Martínez *et al.* 2007, Rojas-Runjaic *et al.* 2010). Por esta razón, en Venezuela se han realizado varios esfuerzos para proteger las poblaciones que anidan todavía en algunos ríos del país. Entre las más exitosas acciones realizadas para tal fin, se puede señalar el programa de cría en cautiverio de ejemplares recién nacidos provenientes del RFSTA por parte de diferentes zocriaderos. Esto lo que busca es el levante de la población a través de la cría de los tortuguillos hasta que cumplen el año de edad. Una vez que las tortugas de agua dulce llegan al estado juvenil tienen altas

probabilidades de llegar a adultas, debido a que los incrementos en su tamaño y en la dureza del carapacho las hace poco vulnerable a los depredadores, así como a la desecación y otros factores negativos que afectan a los neonatos (Bruce 1979, Hernández *et al.* 1998).

Desde el año 2010, zoocriaderos dejaron de participar en el programa de levante de la tortuga arrau, algunos por falta de presupuestos, otros hasta el año 2015 estuvieron cerrados por falta de respuesta gubernamental a las solicitudes de permiso de colecta de neonatos para su cría. Como consecuencia de esto, actualmente existe una problemática en los zoocriaderos que siguen activos en el programa, puesto que les están enviando una alta cantidad de tortuguillos, y sin las instalaciones necesarias para un número tan grande, esto se traduce en una crianza en altas densidades.

Lo antes mencionado, puede observarse en la estación Petrocedeño, la cual ha funcionado como zoocriadero para estas tortugas desde el 2007. Esta estación posee 10 tanquillas con aproximadamente 20 m² de área total y 10 m² de estanque en cada tanquilla, y mediante sus reportes anuales de liberación de arrau puede estimarse que han tenido máximos de densidades de hasta 210 ind/m² (PDVSA 2008, Prensa Minamb 2010, 2011, Petroguía 2012, Prensa ambiente 2014).

JUSTIFICACIÓN

Los trabajos sobre la cría en cautiverio de tortuguillos arrau han comprobado que con alimento concentrado o pienso para perros y peces se pueden lograr altas tasas de crecimiento (Narbaiza *et al.* 1988, Espín 1997, Boede & Hernández 2004), otros estudios han determinado cómo se ve afectado el crecimiento de crías de estas tortuga variando la ración y calidad del alimento, la temperatura del agua, la temperatura de incubación y hasta el tipo de encierro (Narbaiza *et al.* 1988, Hernández *et al.* 1998, Jaffé *et al.* 2008). Sin embargo, pocos trabajos se han publicado donde se determine las densidades óptimas para la cría de reptiles en general, ya que la mayoría de las

publicaciones referentes al tema sólo hacen sugerencias en cuanto a las condiciones que debe tener un encierro.

Una de las principales metas de los zocriaderos es mantener bajos los índices de mortalidad y morbilidad, y trabajar con altas tasas de crecimiento. De la misma manera, tener la seguridad que estos tortuguillos liberados estén sanos y que no sean portadores de enfermedades infecciosas, parasitarias y genéticas. Por lo general, los reptiles que son susceptibles a altas densidades sufren de estrés lo cual suele traducirse en una alta incidencia de enfermedades infecciosas, condición que no sucedería en la vida silvestre (Fowler 1978, Hernández *et al.* 1998).

Debido a lo antes mencionado, es importante acotar que los zocriaderos que se encuentran activos en el programa de conservación de estas tortugas no poseen suficientes recursos económicos para expandir sus instalaciones, es por eso que sería un gasto innecesario criar una cantidad elevada de individuos y que estos no alcancen o se aproximen a la talla estimada o disminuyen su nivel competitivo por aparición de enfermedades. No obstante, si resulta ser beneficioso para los tortuguillos, dando a conocer que puede ser criada en altas densidades y durante su cría presenta poco o ninguna incidencia de enfermedades, sería una gran ventaja para esta especie en peligro de extinción, ya que permitiría criar muchos animales en poco espacio, disminuyendo así el costo de instalaciones, mano de obra y agua para los zocriaderos destinados a levantar juveniles para reforzar las poblaciones silvestres. Pudiendo también liberar gran cantidad de animales por año al medio natural.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar algunos aspectos de la cría en cautiverio de *Podocnemis expansa* en altas densidades en el zocriadero del Fundo Pecuario Masaguaral, estado Guárico.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la alta densidad de cría de tortuga del Orinoco en su aprovechamiento del alimento, reflejado en talla y peso de los individuos.
2. Evaluar el surgimiento de enfermedades y traumatismos en las crías de la tortuga arrau en cautiverio en altas densidades en el Fundo Masaguaral.
3. Determinar el porcentaje de deformidades corporales de origen natural de la población de la tortuga arrau destinada a zootecnia en el Fundo Masaguaral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el zootecniario del Fundo Pecuario Masaguaral, ubicado a 08°34'N - 67°35'O y a una altitud entre 60 - 75m, a 50 km al sur de la población de Calabozo en el estado Guárico, Venezuela (Figura 2).

El Fundo Pecuario Masaguaral abarca un área de 7.000 ha., y se ha mantenido por mucho tiempo como una reserva privada, con el objetivo de conservar la flora y la fauna presente en el lugar. En él se encuentra uno de los zootecniarios de caimanes del Orinoco, el cual cuenta con cuatro grandes tanquillas donde albergan 14 ejemplares adultos (7 machos y 7 hembras), además, 10 tanquillas usadas para el levante de los juveniles y una incubadora (Graterol 2012). Entre los años 2012 y 2014 varias de esas tanquillas se utilizaron para prestar apoyo al programa de conservación de la tortuga arrau (*Podocnemis expansa*) que ejecuta el actual MINEA, quien proporcionó al zootecniario por dos años consecutivos, de un lote de neonatos provenientes de las playas de anidación masiva del RFSTA en el Orinoco medio.

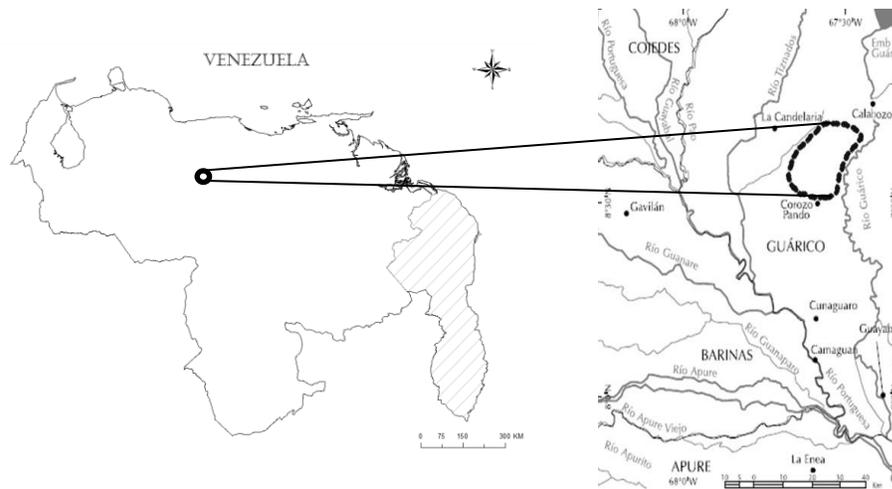


Figura 2. Ubicación relativa del Fundo Pecuario Masaguaral (tomado y modificado de Espinoza-Blanco, 2009).

Para este ensayo, se tomaron tres tanquillas con una superficie similar entre sí, de modo que este no fuera un factor externo que pudiera influir en el crecimiento. Las tanquillas utilizadas tienen un área total aproximada de 40 m². La organización interna de estas presenta tres zonas bien diferenciadas (Graterol 2012) (Figura 3):

- **Estanque (E):** tiene forma circular, el cual se mantiene permanentemente lleno de agua. Con un área aproximada de 5m².
- **Techo (T):** estructura de Acerolit ubicada en un extremo fuera del estanque y de una altura promedio de 25 cm del piso con un área aproximada de 3 m².
- **Zona expuesta (ZE):** compuesta por toda el área alrededor del estanque.

Procedimiento

El estudio se llevó a cabo durante los meses de julio 2013 y abril 2014, para un total de 10 meses de muestreo. Pero en los meses septiembre y febrero, los tortuguillos no pudieron ser medidos por falta de logística. Para el mes de julio, los tortuguillos tenían aproximadamente tres meses de edad.

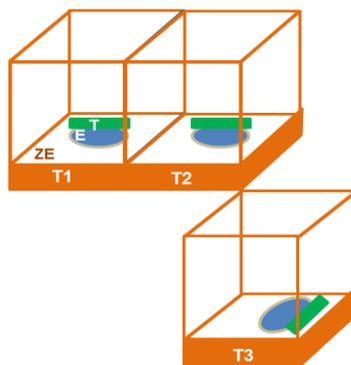


Figura 3. Ubicación y organización interna de las tanquillas (tomado y modificado de Graterol 2012).

Se formaron tres grupos con diferente número de tortuguillos cada uno, excluyendo los deformes (p.ej., plastrón fuertemente replegado), con el fin de evitar sesgos en los resultados debido a las malformaciones. Por estanque se mantuvo grupos de 1000, 600 y 300 tortuguillos a densidades de 200, 120 y 60 individuos por m², respectivamente, dejando en otra el resto de los tortuguillos, como reserva para reemplazar, en caso de ser necesario, individuos que pudieran morir o presentar algún problema (p. ej., enfermedades) que afecte su competitividad y la homogeneidad de condiciones para la totalidad de su grupo, manteniéndose además las densidades iniciales en cada tanquilla.

Marcaje

Se empleó el marcaje utilizado por FUDECI desde el año 1994, y el cual adoptó desde hace años el MINEA. Este consiste en la amputación de la falangeta o última falange de un dedo de las patas delanteras. Este tipo de marcaje sólo identifica su año de nacimiento, ya que todos los ejemplares de una misma cohorte son marcados con la misma combinación. Para el año 2013, correspondía el corte del anular de la pata delantera derecha (PDD) y el dedo meñique de la pata delantera izquierda (PDI).

Alimentación

Considerando los resultados de Narbaiza *et al.* (1988) y Espín (1997), los animales fueron mantenidos con alimento concentrado para peces y así permitir un crecimiento mucho mayor que con una dieta sólo de vegetales. Se les suministraron raciones de alimento equivalentes al 3% del peso vivo de los individuos. Las tortugas fueron alimentadas de lunes a viernes.

Índices de Crecimiento

Los índices de crecimiento se utilizaron para determinar la ganancia en talla y peso de cada individuo durante el ensayo. Para esto, las crías fueron pesadas y medidas al inicio y al final del ensayo, antes de la liberación. Adicionalmente, para corregir la cantidad de alimento y su efecto a medida que crecen los animales, se pesaron y midieron mensualmente el 30% de los individuos de cada tanquilla.

La medida corporal de crecimiento fue tomada con un calibrador Vernier con una aproximación de 0,1 mm, y posteriormente fueron pasadas a cm para análisis de los datos. Para la medida curva, se utilizó una cinta métrica de costurera con una aproximación de 1 cm. El peso fue tomado en gramos, empleando un dinamómetro con 1 g precisión y 100 g máximo y cuando fue necesario un dinamómetro de 5 g precisión y 250 g máximo o uno de 10 g de precisión y 300 g máximo. Estos índices fueron definidos como la diferencia entre sus medidas iniciales y finales. Las medidas para evaluar los índices de crecimientos fueron (Figura 4):

- **Longitud Curva del Caparazón (LCC):** medida curva tomada desde el borde anterior de los escudos marginales supranucales, al extremo posterior de los escudos marginales supracaudales, sobre la línea media del caparazón.
- **Longitud Lineal del Caparazón (LLC):** medida recta tomada desde el borde anterior de los escudos marginales supranucales, al extremo posterior de los escudos marginales supracaudales, sobre la línea media del caparazón.

- **Longitud lineal del Plastrón (LLP):** medida recta tomada desde el borde anterior de la placa intergular, al extremo posterior de las placas femorales, sobre la línea media del plastrón.
- **Ancho Lineal del Caparazón (ALC):** Medida recta tomada desde los escudos marginales derechos más alejados del caparazón, hasta los escudos marginales izquierdos más alejados del caparazón.
- **El peso**

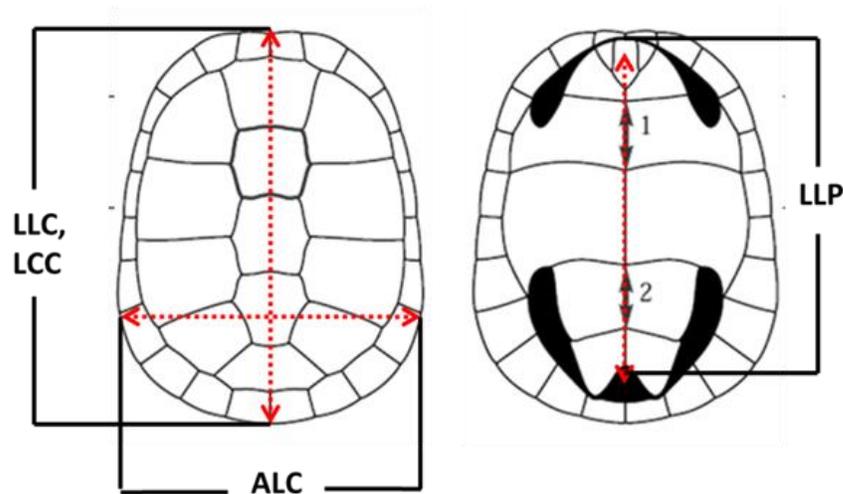


Figura 4. Medidas corporales tomadas a los tortuguillos de *Podocnemis expansa* (tomado y modificado de CITES 1999).

Biometría

Los estudios biométricos son interesantes para la diferenciación entre especies o poblaciones distintas. Dentro de una misma población, para observar si hay diferencias entre los sexos o también si el animal experimenta cambios morfológicos al crecer. Con el fin de estudiar el crecimiento relativo de las diferentes proporciones del cuerpo con relación al tamaño corporal (establecido como LLC), se utilizó la ecuación de los seres vivos propuesta por Huxley (1967) (Ecuación 1).

Ecuación 1:

$$Y = bX^a$$

Donde, Y es la variable que quiere estudiarse, X es tamaño corporal (LLC), b es un parámetro y a es el coeficiente de alometría.

Para facilitar los cálculos, se convirtió la expresión anterior en un modelo de regresión lineal, calculando los logaritmos de todas las variables, con la siguiente expresión:

$$\text{Log } Y = \text{Log } b + a \text{ Log } X$$

Lesiones traumáticas

Las lesiones pueden tener lugar por motivos muy variados, entre ellos las lesiones por mordiscos, las cuales se pueden encontrar en cualquier parte de la conformación anatómica del animal; cabeza, ojos, cuello, cola, caparazón y extremidades, y son producidos por conductas agresivas entre los organismos que se encuentran en el mismo alojamiento (Harfush *et al.* 1998). También pueden producirse golpes por choque contra tablas de asoleamiento, y paredes de los estanques. Del mismo modo, puede ocurrir por el mal manejo alimentario e inadecuada manipulación al asearlos. Para la evaluación de estas lesiones se contabilizó y calculó el porcentaje de individuos afectados en cada densidad, y se diferenciaron por tipo de lesión.

Enfermedades

En condiciones de cautiverio, los tortuguillos son más susceptibles a contraer diferentes enfermedades debido a estrés, hacinamiento, proliferación de microorganismos por falta de higiene, etc., a los cuales no estarían expuestos en condiciones silvestres.

La incidencia de enfermedades se detectó por signos clínicos externos, y en caso de presentarse fue requerida la ayuda profesional de un médico veterinario. Para la

evaluación se contabilizaron los individuos afectados por cada tanquilla y se calculó el porcentaje de aparición de las mismas. Las enfermedades que se consideraron que podrían presentarse fueron:

1. Enfermedad ósea metabólica (EOM)

Es la más común en tortugas juveniles en condiciones de cautiverio que presentan altas tasas de crecimiento y alimentadas exclusivamente con dietas deficientes en calcio y alto contenido proteico animal o vegetal, presentando los animales bajos valores de calcio sérico (Donoghue & Langenberg 1996, Boede & Hernández 2004). Los signos clínicos para determinar la EOM fueron: falta de pigmentación en el carapacho, y osteodistrofia nutricional secundaria (ablandamiento de las placas óseas del caparazón y plastrón) (Fowler 1986).

2. Avitaminosis A

La deficiencia de vitamina A no produce altas tasas de mortalidad, pero si ocasiona alta morbilidad o disminución en la tasa de crecimiento y animales atrasados (Donoghue & Langenberg 1996, Boede & Hernández 2004). Los signos clínicos típicos para determinarla fueron: la oftalmia (inflamación de los ojos) y la despigmentación de placas córneas del caparazón (Rossi 1996).

3. Osteodermatitis

Los tortuguillos con osteodermatitis presentan pequeñas erosiones de color oscuro con un enrojecimiento periférico en el plastrón, y cuando las lesiones son más graves, el escudo del área afectada se afloja y es fácilmente desprendible, y al retirarlo se puede observar inflamación del tejido e incluso es posible notar una erosión importante con desprendimiento de tejido subdérmico. Esto se observa principalmente en animales que son alojados en un área con un sustrato muy áspero (Siria & Pérez 2002).

4. Obesidad

Los individuos obesos presentan un aumento excesivo en la piel y carne de las patas, el cual es notorio al momento de esconderse en el caparazón. Del mismo modo, pueden presentar una cabeza más ancha de lo usual. Las principales causas de obesidad pueden ser una alimentación excesiva, y falta de ejercicio por encontrarse en un área con agua poco profunda o un espacio reducido (Sélvas-Cardenas 2009)

5. Ectoparásitos

Las infestaciones por parásitos pueden causar depresión, anorexia, anemia, problemas para mudar de piel y hasta la muerte. Fueron tomados en cuenta principalmente a los individuos con algas, haciendo una inspección visual minuciosa del animal en los lugares donde pudieran ser localizados estos parásitos como la piel, bajo las escamas, fosas timpánicas, región periocular, bajo el caparazón, pliegues cloacales, cutáneos, gulares y axilares, pudiendo llegar a perforar la piel intacta debilitando al individuo afectado. (Cid 2002, Gámez-Vivaldo *et al.* 2006).

Deformidades

Para la determinación de las deformidades se tomó en cuenta la población total de tortuguillos de arrau presente en el Fundo Masaguaral, para la cría en cautiverio (N= 2018). Se determinó la presencia de deformidades en el cuerpo de cada animal y en caso de presentarla, fueron clasificadas según Jaffé (2003):

- **Deformidades en los escudos marginales del caparazón (DM):** escudos doblados o plegados anormalmente o con una orientación distinta del patrón normal.
- **Deformidades en el plastrón (DEP):** pliegues o dobleces anormales en los escudos (principalmente en los abdominales), o surcos anormales profundos entre las uniones de los escudos.
- **Número anormal de escudos o placas (NAP):** incluye presencia de escudos supernumerarios y escudos ausentes.

Análisis de los resultados

Para la evaluación de los datos, se tomaron muestras al azar de 90 individuos del total en cada tanquilla, con el fin de facilitar la aplicación de las diferentes pruebas, debido a que el N del ensayo era muy grande. La elección de los individuos se hizo mediante el programa IBM SPSS Statistics v.20. Esto no causó inconveniente porque eran muestras con reemplazo.

Se realizó estadística descriptiva a los índices de crecimiento al inicio y final del ensayo.

La normalidad de las variables medidas se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilks.

Para evidenciar diferencias en la homogeneidad de las varianzas en cada mes de ensayo, se utilizó el test de Levene basado en las medianas, para evitar problemas de sensibilidad en la prueba basada en la media, debidos a la eventual falta de normalidad de las variables.

Debido a la ausencia eventual de homogeneidad de varianzas y/o normalidad en las variables morfométricas y el peso de los tortuguillos, se decidió emplear la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para determinar la existencia de diferencias entre las distintas densidades en cada uno de los meses de crecimiento evaluado.

El comportamiento de las variables a lo largo del ensayo y en las diferentes densidades se mostró mediante gráficos de cajas y bigotes. Por otro lado, se determinó el modelo con mayor capacidad de ajuste para evaluar el patrón de crecimiento de los tortuguillos de arrau en las diferentes densidades. Los modelos fueron ajustados a la edad de cada animal utilizando el procedimiento para modelizaciones del programa Paleontological Statistics (PAST) v.3.12 (Hammer *et al.* 2016). Para distinguir la capacidad de ajuste de cada uno de los modelos en estudio se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC), que combina teoría de máxima verosimilitud, teoría de

la información y entropía (Motulsky & Christopoulos, 2003), considerando el mejor modelo aquel de menor valor AIC.

En cuanto a la ganancia en talla y peso al final del ensayo se realizaron intervalos de confianza de $p < 0,05$, en las tres densidades. Se utilizó la ecuación para una muestra donde no se conoce la variación típica poblacional (Ecuación 3).

Ecuación 3:

$$\bar{X} \mp t_{[\alpha/2;\gamma]} \frac{S_x}{\sqrt{n}}$$

Donde, \bar{X} es la media de la muestra, S_x es la desviación estándar de la muestra, n es el tamaño de la muestra y $t_{[\alpha/2;\gamma]}$ es el valor de la distribución t de Student ($E(t(n))=0$; $\text{Var}(t(n-1))=n/n - 2$) que deja un área de probabilidad a la derecha igual a $\alpha/2$, es decir 0,025 (en el caso de $n=90$, $t_{[\alpha/2;\gamma]} = 1,987$).

Se determinó el nivel de alometría, como se mencionó anteriormente, por medio del coeficiente de alometría obtenido de la ecuación de Huxley (1967). En él se propone que:

$a > 1$, alometría positiva: el crecimiento de cualquier parte del cuerpo es proporcionalmente mayor al crecimiento del animal.

$a < 1$, alometría negativa: el crecimiento de cualquier parte del cuerpo es proporcionalmente menor al crecimiento del animal.

$a = 1$, crecimiento isométrico: el crecimiento de cualquier parte del cuerpo es proporcionalmente igual al crecimiento del animal.

Para la relación LLC y Peso, la evaluación del coeficiente de alometría es diferente. Debido a que la talla es una magnitud lineal y el peso proporcional al cubo

de la talla, entonces para determinar existencia de alometría o isometría no fue en base a 1 sino a 3, es decir:

$a > 3$, alometría positiva: el crecimiento en peso es proporcionalmente mayor al crecimiento del animal.

$a < 3$, alometría negativa: el crecimiento en peso es proporcionalmente menor al crecimiento del animal.

$a = 3$, crecimiento isométrico: el crecimiento en peso es proporcionalmente igual al crecimiento del animal.

Las enfermedades, lesiones traumáticas e incidencia de deformidades corporales fueron representadas en histogramas.

RESULTADOS

Antes de iniciar el ensayo, los tortuguillos de arrau mantenidos en el zocriadero del Fundo Pecuario Masaguaral se encontraban en dos tanquillas. Para el estudio, fueron distribuidos aleatoriamente en tres tanquillas: la primera con 300 individuos para una densidad de 60 ind/m², la segunda 600 individuos y 120 ind/m² y en la última se colocaron 1000 individuos, para una densidad de 200 ind/m². Al finalizar el ensayo, quedaron en las tanquillas 296, 570 y 1000 tortuguillos respectivamente, muriendo 4 tortuguillos en la primera y 30 en la segunda. Todas las muertes ocurrieron por causas desconocidas y el material fue descartado sin participación del investigador.

La Tabla I muestra los estadísticos al inicio del ensayo. Los valores promedio resultaron similares en los diferentes tratamientos, exceptuando las variables LLP y ALC, con mayores tallas en la densidad de 200 ind/m² y el PESO, menor en 60 ind/m².

Tabla 1. Estadísticos de las medidas morfométricas y el peso al inicio del ensayo en cada densidad experimental.

Variable	Densidad ind/m ²	Media	DE	Intervalos de confianza (95%)		MIN	MAX
				Inferior	Superior		
Largo Lineal del Caparazón (cm)	60	6,459	0,508	6,268	6,532	5,1	7,9
	120	6,492	0,440	6,322	6,566	5,2	7,7
	200	6,613	0,527	6,445	6,732	5,4	7,9
Largo Curvo del Caparazón (cm)	60	7,128	0,409	7,024	7,243	6,1	8,0
	120	7,087	0,395	6,982	7,173	6,2	8,4
	200	7,276	0,379	7,189	7,411	6,3	9,0
Largo Lineal del Plastrón (cm)	60	5,509	0,516	5,377	5,645	4,1	7,0
	120	5,524	0,431	5,449	5,684	4,2	6,7
	200	6,287	0,379	6,109	6,313	5,3	8,0
Ancho Lineal del Caparazón (cm)	60	5,789	0,521	5,665	5,912	4,4	7,2
	120	5,849	0,425	5,800	6,000	4,6	7,0
	200	6,649	0,378	6,574	6,781	5,8	8,3
Peso (gr)	60	44,933	8,366	43,18	46,69	25	70
	120	46,922	8,683	45,10	48,74	24	70
	200	46,356	7,709	44,74	47,97	30	65

DE= Desviación estándar.

En el anexo 1 y 2 muestran la ausencia de normalidad y homocedasticidad respectivamente, en los valores al principio del ensayo y al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis, pudo confirmarse que existían diferencias altamente significativas en la etapa inicial entre las distintas densidades solo para las variables LCC, LLP y ALC ($p < 0,005$) (Anexo 3).

La Figura 5 muestra de forma más detallada las diferencias en las tallas en las distintas densidades al inicio del ensayo. Se observan las diferencias marcadas para LCC, LLP y ALC, resultando siempre mayores en la densidad de 200 ind/m².

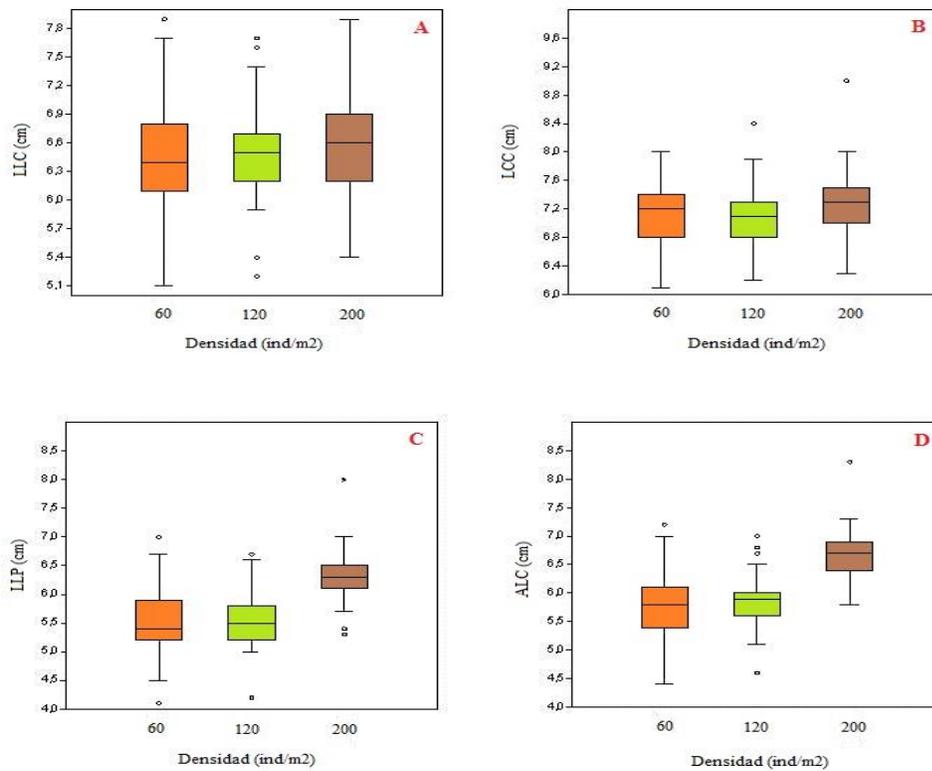


Figura 5. Tallas iniciales de los tortuguillos en las tres densidades experimentales. A) LLC, B) LCC, C) LLP, D) ALC. Las cajas indican el intervalo entre los percentiles 25 y 75, mientras la línea horizontal dentro de la caja señala la mediana, los bigotes indican valores mínimos y máximos no atípicos, los círculos sólidos indican valores atípicos (outliers) y los asteriscos valores extremos.

La variación en peso de los tortuguillos entre las diferentes densidades al inicio del ensayo puede observarse en la Figura 6.

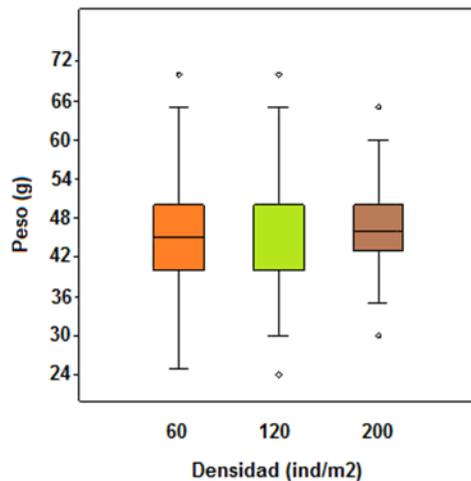


Figura 6. Peso inicial de los tortuguillos en las tres densidades experimentales. Las cajas indican el intervalo entre los percentiles 25 y 75, mientras la línea horizontal dentro de la caja señala la mediana, los bigotes indican valores mínimos y máximos no atípicos, los círculos sólidos indican valores atípicos (outliers) y los asteriscos valores extremos.

Crecimiento

En la Figura 7 se muestra que el comportamiento creciente de la talla LLC de los tortuguillos en cautiverio. En la densidad 60 ind/m² presentaron el valor más alto en la talla a partir del segundo mes de ensayo (cuando los tortuguillos tenían 4 meses de edad), frente a 120 ind/m² y 200 ind/m². También es posible observar por el tamaño de las cajas, como en el primer mes se presentó una menor variación en las tres densidades, mientras que a partir del tercer mes (6 meses de edad), la variable experimento importantes incrementos importantes en su variabilidad, alcanzando máximos al final del ensayo.

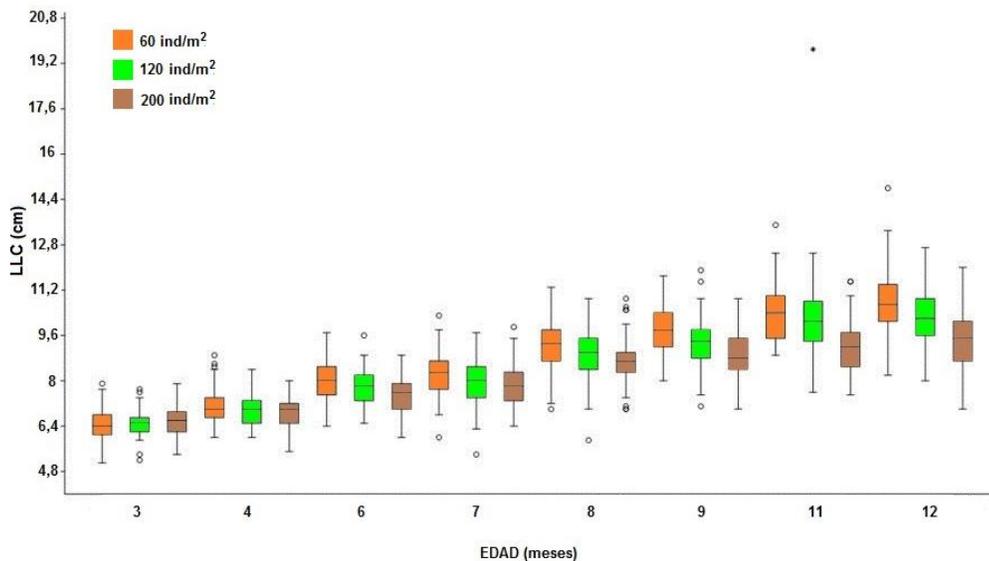


Figura 7. Comportamiento del LLC de los tortuguillos de arrau en las diferentes densidades bajo cautiverio en el Fundo Pecuario Masaguaral a lo largo del ensayo. Las cajas indican el intervalo entre los percentiles 25 y 75, mientras la línea horizontal dentro de la caja señala la mediana, los bigotes indican valores mínimos y máximos no atípicos, los círculos sólidos indican valores atípicos (outliers) y los asteriscos valores extremos.

El comportamiento del LCC se muestra en la Figura 8, también creciente a lo largo del ensayo, a pesar de observarse un declive en esta talla cuando los tortuguillos tenían 11 meses de edad en todas las densidades (más marcado en la densidad de 200 ind/m²). Los tortuguillos de la densidad 60 ind/m² fueron los que presentaron el valor más alto en la talla, frente a los de 120 ind/m² y 200 ind/m². Aunque nuevamente se observó un incremento progresivo en la variabilidad de la talla en las tres densidades, se notaron incrementos significativamente mayores en 60 y 120 ind/m² (test de Levene, $p < 0,05$) durante el 5to mes y en todas las densidades experimentales a partir del 7mo mes de encierro (8, 11 y 12 meses de edad respectivamente).

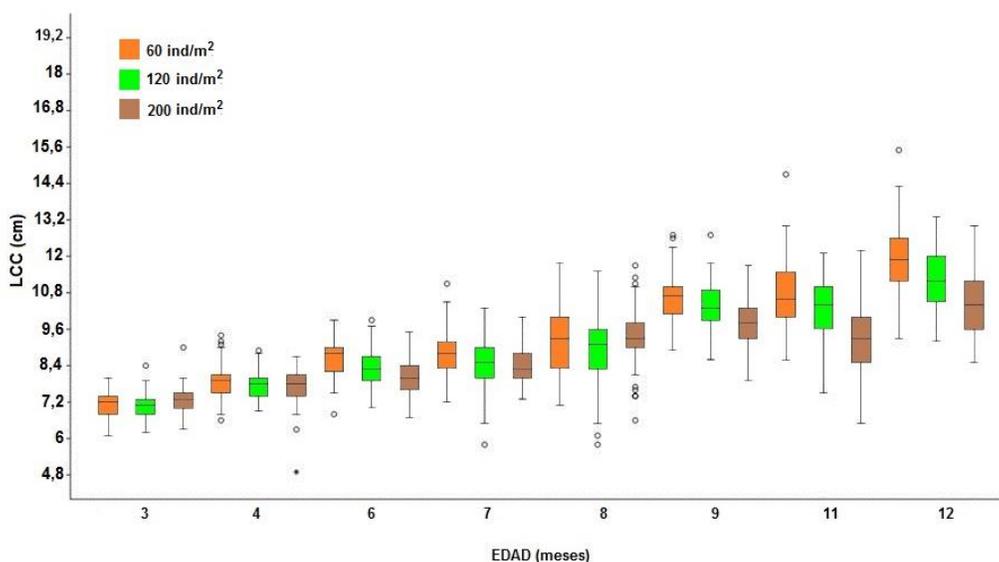


Figura 8. Comportamiento del LCC de los tortuguillos de arrau en las diferentes densidades bajo cautiverio en el Fundo Pecuario Masaguaral a lo largo del ensayo. Las cajas indican el intervalo entre los percentiles 25 y 75, mientras la línea horizontal dentro de la caja señala la mediana, los bigotes indican valores mínimos y máximos no atípicos, los círculos sólidos indican valores atípicos (outliers) y los asteriscos valores extremos.

Del mismo modo, el LLP muestra un comportamiento creciente a lo largo del ensayo (Figura 9), teniendo al igual que el LCC un declive a los 11 meses de edad, el cual fue más marcado en la densidad de 200 ind/m². Esta variable a diferencia de las anteriores, mostró niveles de variabilidad significativamente mayores al inicio del ensayo (3 meses de edad) en las menores densidades (60 y 120 ind/m²) con respecto a la densidad de 200 ind/m² (test de Levene, $p < 0,05$). Por otra parte y a pesar de que en el segundo mes de ensayo (4 meses de edad) se observó en la mayor densidad un crecimiento medio no diferenciable de las otras, la tendencia no se mantuvo y a partir de ese mes, los tortuguillos de la densidad 60 ind/m² presentaron los valores más altos en la talla, frente a 120 ind/m² y 200 ind/m². Asimismo, se muestran importantes incrementos en la variabilidad en las dos densidades menores durante el 8vo mes de edad (test de Levene, $p < 0,01$) y a partir de allí, en las tres densidades de forma equivalente hasta el fin del estudio.

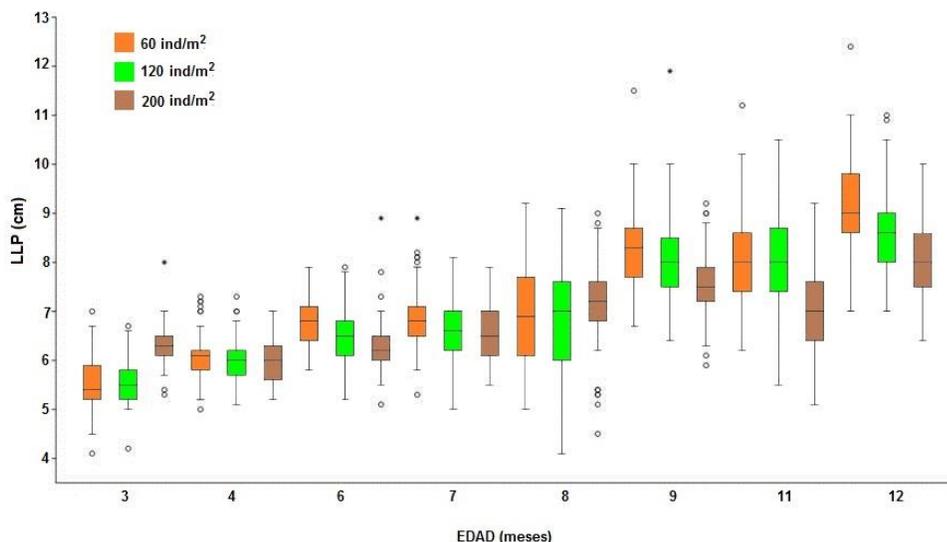


Figura 9. Comportamiento del LLP de los tortuguillos de arrau en las diferentes densidades bajo cautiverio en el Fundo Pecuario Masaguaral a lo largo del ensayo. Las cajas indican el intervalo entre los percentiles 25 y 75, mientras la línea horizontal dentro de la caja señala la mediana, los bigotes indican valores mínimos y máximos no atípicos, los círculos sólidos indican valores atípicos (outliers) y los asteriscos valores extremos.

La Figura 10 muestra el comportamiento creciente a lo largo del ensayo del ALC, donde al inicio y del mismo modo que el LLP, la densidad de 200 ind/m² presentó un valor ligeramente mayor respecto a las otras densidades. También de forma similar en el segundo mes de ensayo (4 meses de edad) se observó en la mayor densidad un crecimiento medio no diferenciable de las otras, pero la tendencia no se mantuvo y a partir de ese mes, los tortuguillos crecidos a una densidad de 60 ind/m², presentaron las tallas más altas, frente a 120 ind/m² y 200 ind/m². Asimismo, la variabilidad incrementa a lo largo del periodo experimental, principalmente en la densidad de 60 ind/m², aun cuando estas ligeras diferencias en la varianza no resultaron significativas.

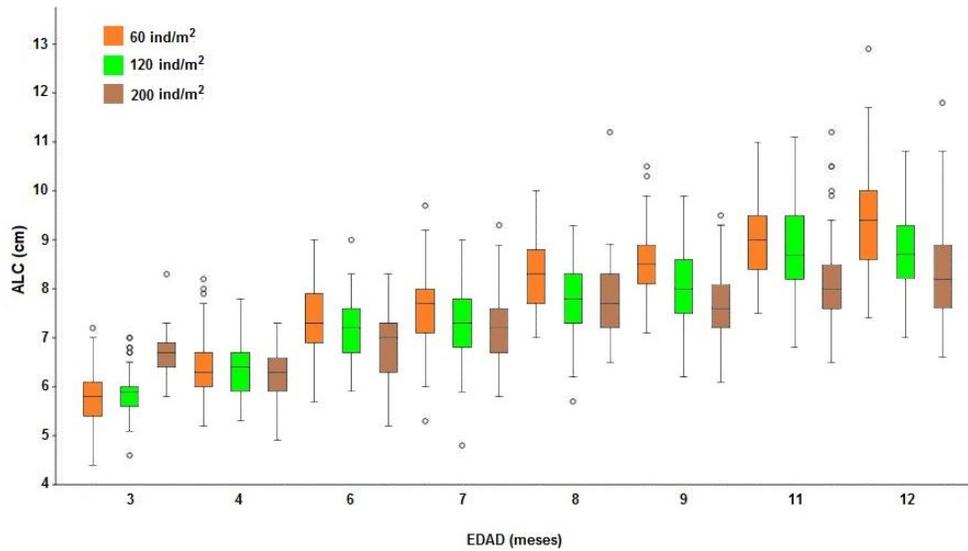


Figura 10. Comportamiento del ALC de los tortuguillos de arrau en las diferentes densidades bajo cautiverio en el Fundo Pecuario Masaguaral a lo largo del ensayo. Las cajas indican el intervalo entre los percentiles 25 y 75, mientras la línea horizontal dentro de la caja señala la mediana, los bigotes indican valores mínimos y máximos no atípicos, los círculos sólidos indican valores atípicos (outliers) y los asteriscos valores extremos.

El peso al igual que las variables anteriormente descritas, presentó un comportamiento creciente e incrementos mensuales en la varianza (Figura 11). A partir del séptimo mes de edad, se observan incrementos en la variabilidad en las dos densidades menores, los cuales llegan a ser significativos a los 8 meses de edad (test de Levene, $p < 0,05$), pero esta condición se revierte progresivamente a partir de allí, manteniéndose la proporcionalidad de las varianzas en las tres densidades hasta el final del estudio. Nuevamente los tortuguillos de la densidad 60 ind/m² fueron los que presentaron el valor más alto en la talla a partir del segundo mes de ensayo (4 meses de edad), frente a 120 ind/m² y 200 ind/m².

La acción conjunta de las variables en el proceso de crecimiento de los tortuguillos de arrau, evaluada a través del análisis de componentes principales (ACP), resultó en más de 84% y casi 96% de la varianza total del sistema retenido entre los dos primeros ejes (Anexos 5-12). A los tres meses de edad (inicio del ensayo) los dos

primeros componentes explicaron el menor porcentaje de varianza total (84,52%) y solo las variables morfométricas se asociaron al primer componente principal, mientras el peso se correlacionó más con el segundo componente ($r = 0,8415$), pero teniendo una participación relativamente importante en el primero ($r = 0,4930$). Las tallas LLC, LLP y ALC se mostraron estrechamente relacionadas entre sí (menor ángulo) y en menor grado con LCC, mientras mostraron gran independencia (ortogonalidad) respecto al Peso. Las nubes de puntos correspondientes a las tres densidades experimentales mostraron una amplia superposición, señalando así una marcada coincidencia de dimensiones morfométricas. Se observa sin embargo, que la nube correspondiente a 200 ind/m^2 mostró un desplazamiento oblicuo hacia el cuarto cuadrante del sistema de coordenadas, indicando valores significativamente mayores de LCC ($p < 0,05$), LLP y ALC ($p < 0,01$ en ambas tallas), lo cual ya fue señalado anteriormente. Por su parte, las dos nubes correspondientes a las densidades menores, se observaron desplazadas hacia pesos levemente superiores, pero sin una tendencia significativa.

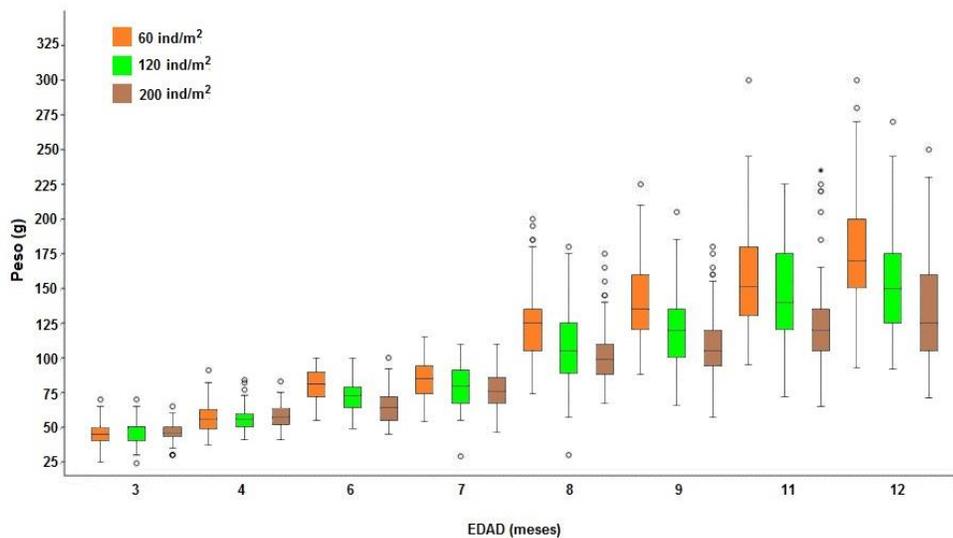


Figura 11. Aumento en peso de los tortuguillos de arrau en las diferentes densidades bajo cautiverio en el Fundo Pecuario Masaguaral a lo largo del ensayo. Las cajas indican el intervalo entre los percentiles 25 y 75, mientras la línea horizontal dentro de la caja señala la mediana, los bigotes indican valores mínimos y máximos no atípicos, los círculos sólidos indican valores atípicos (outliers) y los asteriscos valores extremos.

En el resto de los ACP la totalidad de las variables estuvo asociada al 1er componente, señalando una tendencia clara hacia el crecimiento isométrico. Sin embargo, la dinámica de incremento en cada variable morfométrica y su asociación entre sí y con el peso, varió en algunos meses. El segundo mes de ensayo (edad 4 meses), las nubes de puntos presentaron el mayor nivel de superposición espacial, sin diferencias significativas en ninguna variable, aun cuando la dispersión de los datos con densidad intermedia resultó visiblemente menor a la de los otros dos grupos (Anexo 6). El cuarto mes del ensayo (6 meses de edad), se observó el inicio de una separación de las nubes de casos, en la que las menores densidades se proyectaron con tortuguillos más grandes y pesados ($p < 0,01$), pero compartiendo entre si las tallas en LCC y LLP. Se proyectó en esta etapa una separación en los casos en todos los tratamientos, con la apariencia de dos grupos independientemente de la densidad y la cual resultó más marcada a los 7 meses de edad (Anexos 7 y 8), con individuos relativamente más pequeños y livianos y otros más grandes y pesados. También a los 7 meses de edad pudo observarse una marcada superposición de las nubes de puntos correspondientes a cada tratamiento, aun cuando la velocidad del crecimiento y engorde a la densidad de 60 ind/m² fue significativamente mayor al resto de los tratamientos ($p < 0,05$ respecto a 120 ind/m² para LLC, LLP y Peso y $p < 0,01$ para todo lo demás y respecto a 200 ind/m² en todas las variables). Las densidades más altas se mantuvieron sin diferencias significativas.

A partir de los 8 meses de edad volvieron a superponerse las nubes de puntos correspondientes a las tres densidades experimentales, aun cuando la varianza del grupo de 200 ind/m² redujo su varianza, incluyendo tortuguillos menos pesados y anchos (ALC) que los de la densidad más baja ($p < 0,01$) y también menos altos (LCC y LLP) que estos y que los criados a 120 ind/m² ($p < 0,05$). A partir de los 9 meses de edad, comenzó a ser más notorio la alta significación el desplazamiento de los tortuguillos de la densidad de 60 ind/m² hacia tallas mayores ($p < 0,01$) con respecto a las otras densidades, teniendo mayor número de tortuguillos en tallas menores los de la densidad de 200 ind/m². Los estadísticos para las variables de crecimiento al final

del ensayo mostraron medias significativamente mayores en la densidad de 60 ind/m² y menores en 200 ind/m² en todas las variables ($p < 0,01$) (Tabla II y Anexo 12).

Tabla II. Estadísticos de medidas morfométricas al final del ensayo en todas las densidades.

Variable	Densidad (ind/m ²)	Media	DE	Intervalos de confianza (95%)		MIN	MAX
				Inferior	Superior		
Largo lineal del Caparazón (cm)	60	10,804	1,129	10,554	11,046	8,2	14,8
	120	10,282	0,990	10,069	10,486	8,0	12,7
	200	9,468	1,025	9,222	9,689	7,0	12,0
Largo Curvo del Caparazón (cm)	60	11,947	1,122	11,679	12,166	9,3	15,5
	120	11,216	0,983	10,980	11,420	9,2	13,3
	200	10,422	1,113	10,146	10,631	8,5	13,0
Largo Lineal del Plastrón (cm)	60	9,169	0,949	8,942	9,347	7,0	12,4
	120	8,618	0,883	8,431	8,835	7,0	11,0
	200	8,028	0,827	7,919	8,281	6,4	10,0
Ancho Lineal del Caparazón (cm)	60	9,409	1,010	9,196	9,649	7,0	12,9
	120	8,801	0,830	8,597	8,981	7,0	10,8
	200	8,341	0,963	8,200	8,644	6,6	11,8
Peso (gr)	60	177,59	42,650	168,66	186,52	93	300
	120	153,03	37,664	145,14	160,92	92	270
	200	133,60	37,398	125,77	141,43	71	250

DE= Desviación estándar.

Al evaluar el mejor modelo de crecimiento para el ajuste de los datos, se determinó que el ajuste lineal fue muy indicado para las tallas, mientras que el logístico resultó mejor para el peso. En la Tabla III se observan los valores de los parámetros de la ecuación del modelo lineal con su respectivo valor AIC, y los valores de la ecuación logística se observa en la Tabla IV. En los Anexos 13-17 se observan las curvas de crecimiento observada y esperada con intervalos de confianza del 95 %.

Tabla III. Parámetros de la ecuación del modelo de crecimiento lineal para las tallas en las diferentes densidades y sus respectivos valores de AIC.

Densidad (ind/m ²)	Variable	a	b	AIC
60	LLC	0,49355	5,0539	6,6657
	LCC	0,50213	5,6113	7,258
	LLP	0,36909	4,4398	7,2229
	ALC	0,39352	4,8336	6,5794
120	LLC	0,44246	5,1713	6,6575
	LCC	0,44301	5,7334	7,197
	LLP	0,33802	4,4765	6,9158
	ALC	0,33473	4,9979	6,525
200	LLC	0,32886	5,6885	6,8213
	LCC	0,29505	6,516	7,4446
	LLP	0,16596	5,5584	7,0588
	ALC	0,21216	5,7551	6,6994

AIC= criterio de información Akaike

Tabla IV. Parámetros de la ecuación del modelo de crecimiento logístico para el peso en las diferentes densidades y sus respectivos valores de AIC.

Variable	Densidad (ind/m ²)	a	b	c	AIC
Peso	60	231,6	10,916	0,29929	370,28
	120	220,06	8,3707	0,24894	202,87
	200	164,89	5,7825	0,25539	251,4

AIC= criterio de información Akaike

En la Tabla V, se ve reflejada la ganancia en talla y peso en intervalos de confianza para cada densidad, resaltando claramente como los extremos de los intervalos contruidos con un 95% de confiabilidad no se tocan, evidenciándose una vez más que los tortuguillos que se encontraban en la tanquilla con una densidad de 60 ind/m², obtuvieron una mayor ganancia en talla y peso al final del ensayo, seguido por los tortuguillos encontrados en un densidad de 120 ind/m².

Tabla V. Intervalos de 95% de confianza para el incremento en talla y peso de los tortuguillos de arrau al final del ensayo en las diferentes densidades.

Densidad (ind/m2)	Variables	Intervalo de Confianza 95%	
		Inferior	Superior
60	LLC	4.217	4.474
	LCC	4.672	4.966
	LLP	3.571	3.749
	ALC	3.519	3.721
	Peso	125.572	139.739
120	LLC	3.676	3.904
	LCC	4.007	4.250
	LLP	3.000	3.187
	ALC	2.869	3.036
	Peso	100.124	112.099
200	LLC	2.752	2.957
	LCC	2.995	3.298
	LLP	1.649	1.834
	ALC	1.571	1.813
	Peso	81.111	93.378

Todos las tallas en cm y Peso gr.

La variación en el tiempo de diferentes relaciones entre las medidas corporales indica un crecimiento diferencial de las distintas partes del cuerpo (Anexo 18). La Tabla VI muestran los resultados del análisis de regresión, donde las medidas de talla LCC, LLP y ALC presentaron una alometría negativa ($a < 1$) con respecto al LLC en las tres densidades. Por su parte, la relación entre el peso y el LLC presentó una pendiente media entre los 2,5 y 2,8 en las diferentes densidades, considerándose este valor un indicativo de crecimiento isométrico.

Lesiones traumáticas

No hubo evidencia de traumatismos en los tortuguillos de las diferentes tanquillas, encontrándose sanos y sin lesiones que podrían haber surgido debido a mordiscos o por golpes con las tablas o paredes del estanque.

Tabla VI. Valores de los coeficientes de las regresiones entre la relación LLC y el resto de las medidas morfométricas de los tortuguillos de arrau.

Densidad (ind/m ²)	Variable	a	Log b	R ²
60	LCC	0,9216	0,1038	0,961
	LLP	0,8783	0,0304	0,9262
	ALC	0,8986	0,0446	0,985
	Peso	2,6948	-0,531	0,9979
120	LCC	0,9116	0,113	0,9467
	LLP	0,8938	0,0157	0,9338
	ALC	0,8553	0,0817	0,9844
	Peso	2,5574	-0,4065	0,9971
200	LCC	0,9079	0,1163	0,9497
	LLP	0,6797	0,2169	0,8272
	ALC	0,7044	0,2251	0,9251
	Peso	2,7959	-0,6188	0,9876

a= coeficiente de alometría. Log b= parámetro.

Enfermedades

Respecto a las enfermedades evaluadas, solo se observaron algas ectoparásitas en los tortuguillos, presentando una mayor incidencia de aparición en la tanquilla de 120 ind/m², con un 81% de incidencia, seguido de un 1,67% de aparición en la tanquilla con 300 individuos, y un 0,2% en la tanquilla de 1000 individuos, para una incidencia total del 25,96% en la población (N=1900). La mayoría de los individuos con este ectoparásito solo lo presentaban en el caparazón; sin embargo, cabe destacar que también se observó un individuo con algas en todo el cuerpo, el cual además presentó una baja tasa de crecimiento en comparación con los otros tortuguillos (Anexo 19). Los individuos no presentaron sintomatología de otras enfermedades.

Adicionalmente, se observaron enfermedades no consideradas en la lista originalmente propuesta como esperables. De acuerdo a las observaciones macroscópicas de los signos realizados en los animales, se hizo un diagnóstico presuntivo de dermatitis, siempre ubicada en las placas del plastrón. Esta enfermedad

mostró una mayor frecuencia en la tanquilla de 60 ind/m², seguido por la tanquilla de 120 ind/m², con un 2,5% y 0,84% de incidencia respectivamente. Solo un 0,1% de los tortuguillos presentó esta enfermedad en la tanquilla con una densidad de 200 ind/m². La incidencia general de dermatitis, resultó del 0,74% (N=1900). En el estudio, algunos tortuguillos afectados presentaron un cambio en el color de la piel, con una tendencia a tomar una tonalidad negruzca (Anexo 20).

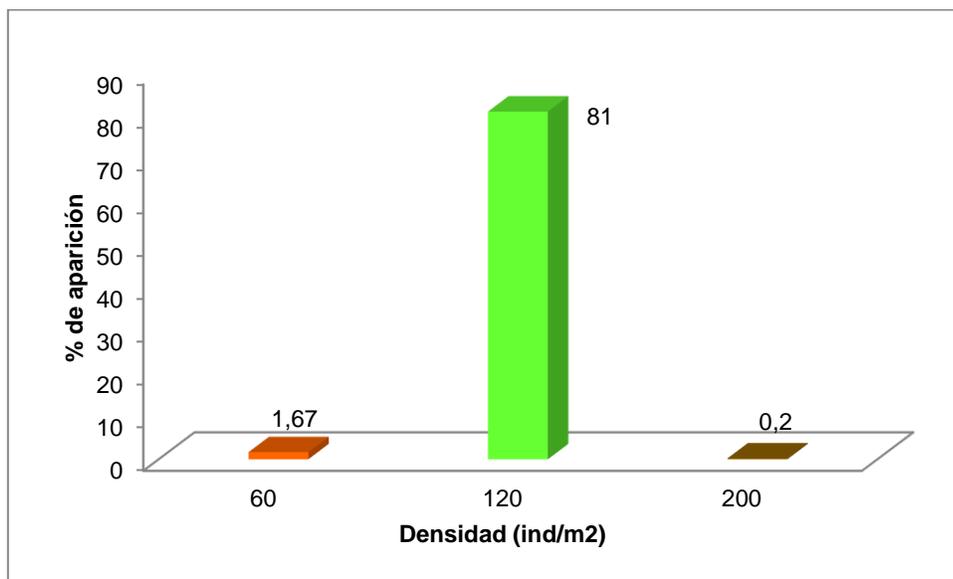


Figura 12. Ocurrencia de ectoparásitos (algas) en los tortuguillos sometidos a cría en cautiverio en las diferentes densidades.

Deformidades corporales

De los 2018 tortuguillos llevados al Hato Masaguaral para su cría, un 17,74% de los individuos resultó por lo menos con una deformidad corporal. Se presentaron las tres deformidades esperadas y como se observa en la Figura 13, la más común fue el número anormal de placas (NAP) con una incidencia de 10,31% seguida de las deformidades en el plastrón (DEP) con un 6,84% y en menor porcentaje las deformidades de los escudos marginales (DEM) en un 0,59% del total de individuos deformes (Anexo 21).

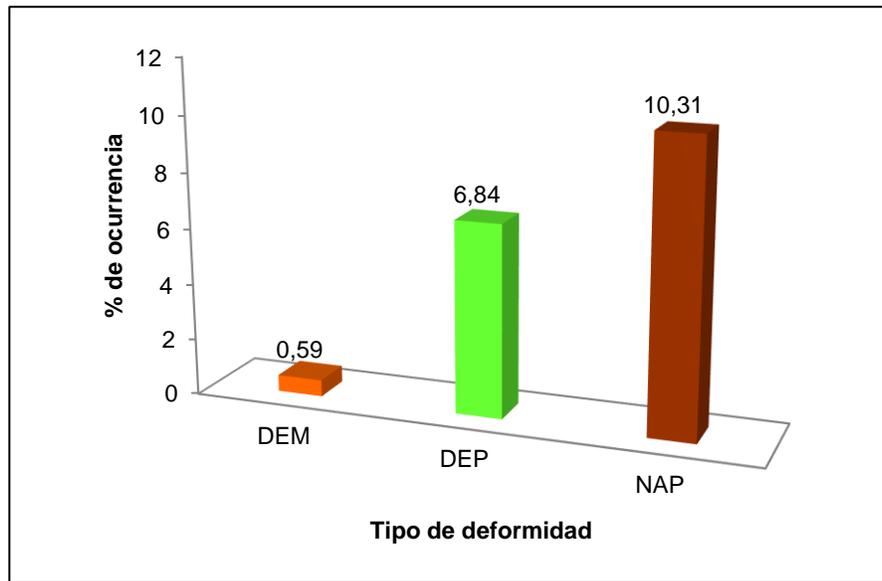


Figura 13. Ocurrencia de deformidades en los tortuguillos de *Podocnemis expansa* llevados a cautiverio en el Fundo Pecuario Masaguaral (N=2018). DEM: deformidad en los escudos marginales; DEP: deformidades en el plastrón; NAP: número anormal de placas.

Otras observaciones

Además de lo ya especificado como metodología a seguir durante la investigación, se planteó el registro de algunas actividades desarrolladas por los tortuguillos en los encierros, pero no contemplados como objetivos. Esto con la finalidad de aportar una mayor cantidad de información respecto al comportamiento de los animales sometidos a cautiverio. Dentro de esta categoría se incluyeron los siguientes aspectos:

Asoleamiento

El comportamiento de asoleamiento fue evaluado durante el noveno mes de encierro, equivalente a 11 meses de edad. Se cubrieron las paredes de las tanquillas hasta una altura de 1,80 m con un plástico negro, para evitar el contacto visual de los tortuguillos con el exterior y no perturbar la temperatura interna de la tanquilla. Se le dejó una ranura al plástico para observar la actividad de los animales dentro. Fueron tres días completos y consecutivos de observación durante el mes de marzo 2014. A partir de

las 7:30 y hasta las 17:30, se realizó un conteo cada hora en las tres tanquillas, registrando el número de individuos que se encontraban sobre la tabla y asoleándose cerca de la superficie del agua (flotando).

En la Figura 14, se observa el ritmo de actividad de los tortuguillos en la densidad de 60 ind/m². Se muestra que hubo un menor número de tortugas asoleándose mediante el uso de las tablas, comparado con las tortugas que se contaron cerca de la superficie del agua. En las tablas, se observó un pico de actividad el primer día a las 14:30, y al tercer día un pico a las 17:30. En cuanto a los tortuguillos asoleándose sin salir del agua, los días 20 y 22 de marzo muestran dos picos, uno a las 8:30, y el otro entre las 12:30 y 14:30. Mientras que para el día 21 de marzo se observa solo un pico a las 11:30.

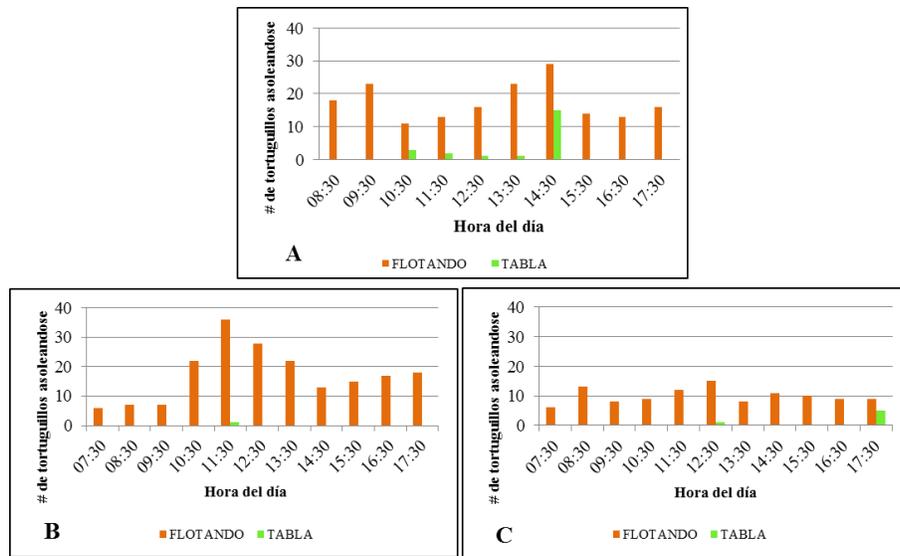


Figura 14. Número de tortuguillos asoleándose durante cada hora evaluada (7:30 - 17:30) en la densidad de 60 ind/m². A) Conteo del 20/03/2014. B) Conteo del 21/03/2014. C) Conteo del 22/03/2014.

En la Figura 15, se observa el ritmo de actividad en los tortuguillos encontrados con una densidad de 120 ind/m², donde de igual forma se muestra un menor número de tortugas asoleándose mediante el uso de las tablas, comparado con las tortugas que se contaron en el agua. Fuera del agua la actividad de asoleamiento se observó con máximo pico a 12:30, reportándose un mayor número de tortuguillos al tercer día.

Mientras que en el agua, la actividad comienza desde muy temprano en la mañana, con picos entre las 11:30 y las 12:30.

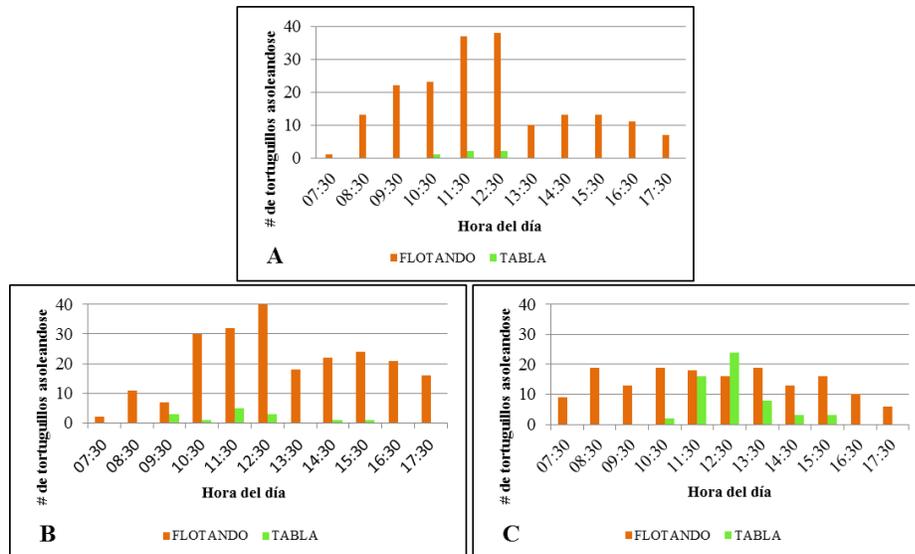


Figura 15. Número de tortuguillos asoleándose durante cada hora evaluada (7:30 - 17:30) en la densidad de 120 ind/m2. A) Conteo del 20/03/2014. B) Conteo del 21/03/2014. C) Conteo del 22/03/2014.

Los tortuguillos de la densidad más elevada, hicieron mayor uso de las tablas del asoleamiento en los últimos dos días de evaluación (Figura 16). Mostrando picos que oscilaban entre las 12:30 y 13:30. Mientras que el ritmo de actividad cerca de la superficie del agua presentan dos picos, uno en la mañana entre las 8:30 -10:30, y otro en la tarde de 13:30 – 17:30.

El número de tortuguillos que se observó en cada densidad asoleándose tanto fuera como dentro de la superficie de agua, representó menos del 10 % del total de individuos por tanquilla, y aunque los resultados de esta prueba no son suficientes para determinar el comportamiento de asoleamiento de los tortuguillos de arrau en cautiverio, es importante mencionarlos, debido a que en la última semana de medición, luego de la limpieza de la tanquilla con 300 individuos, accidentalmente fue cambiada la configuración del llenado del estanque, dándole oportunidad a los tortuguillos de salir a la zona expuesta (Figura 3), con una mayor área para el asoleamiento. A las 16:35, aproximadamente el 50% de los tortuguillos se encontraban fuera del estanque

(Anexo 22). Hay que recordar que en esta tanquilla se reportó la menor cantidad de tortuguillos usando las tablas para el asoleamiento (n=5) y además resaltar que fueron observadas tortugas de esa densidad en las tablas en horas de la tarde (17:30).

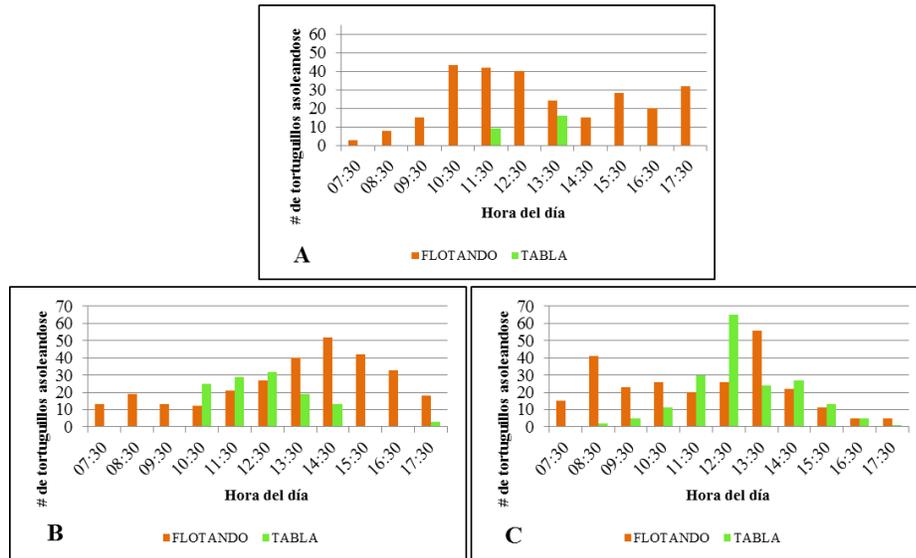


Figura 16. Número de tortuguillos asoleándose durante cada hora evaluada (7:30 - 17:30) en la densidad de 200 ind/m². A) Conteo del 20/03/2014. B) Conteo del 21/03/2014. C) Conteo del 22/03/2014.

Del mismo modo, se observó que algunos tortuguillos treparon hacia la división entre el muro de concreto de aproximadamente 10 cm y el cercado con reja para asolearse. Se debe tener cuidado con esta actividad, porque como esa área no se encuentra cerca de la superficie de agua, puede ser peligroso para las tortugas, especialmente los neonatos, porque al bajar estas podrían caer plastrón arriba y recordando que estos animales no pueden controlar su temperatura corporal, si no son volteadas a tiempo, factores ambientales como la radiación podría causarle la muerte.

Alimentación

Durante el cuarto y quinto mes de encierro de los tortuguillos (5 y 6 meses de edad), el alimento suministrado tenía características diferentes al que tradicionalmente se venía utilizando: El olor a pescado era menos intenso y los pellets una vez en contacto con el

agua, se desintegraban más rápidamente que lo acostumbrado, reduciéndose la ración de alimento disponible flotando. Es posible que durante el tiempo que se usó este alimento, los tortuguillos hayan comido raciones reducidas de alimento, dando como resultado algún grado de disminución en la velocidad de crecimiento en talla y peso de los animales. Es posible pensar que esta situación se encuentre relacionada con el comportamiento de la dinámica de crecimiento representada gráficamente para las tallas y peso, principalmente a los 7 meses de edad. Este aspecto fue muy evidente las menores densidades (Anexo 23), mientras que en la densidad de 200 ind/m² la tasa de crecimiento pareció no haberse afectado. Tal comportamiento de disminución de la tasa de crecimiento no fue tan marcado en el ALC como en el resto de las medidas.

DISCUSIÓN

Crecimiento

El crecimiento se expresa en el cambio de peso, talla, o cantidad de energía de individuos en el tiempo. Este depende de los factores genéticos propios de cada especie e individuo, que rigen la cronología, alometría, tasa de crecimiento y desarrollo, así como el tamaño adulto tope y de las entradas de energía y nutrientes con que cuenta el individuo para su crecimiento (Di Marco 1994).

La aparición de diferencias significativas entre los niveles de densidad experimentales en las variables LLC y ALC al inicio del ensayos, cuando aún no se aplicaban los tratamientos, pudo deberse a un error en la toma de datos, ya que tales diferencias no se observaron al segundo mes de ensayo. Por otra parte, todo parece indicar que esto no tuvo influencia en los resultados finales. El mismo razonamiento puede aplicarse a la disminución en magnitud reportada para las variables LCC y LLP a los 11 meses de edad. Estos animales podrían disminuir su velocidad de crecimiento, pero no su tamaño una vez superada la talla. Cabe mencionar que en ambos casos había más de dos personas realizando las mediciones.

Las diferencias significativas en las tallas y el peso para las tres densidades observadas al final del ensayo, indican de forma inequívoca que el crecimiento de los tortuguillos de *Podocnemis expansa* puede verse afectado de forma negativa por incrementos en la densidad durante el desarrollo, disminuyendo así su tasa de crecimiento. En función de esto, la densidad de 60 ind/m² fue capaz de alcanzar las tallas más altas del grupo experimental, seguido por 120 ind/m² y por último 200 ind/m².

Estudios en cautiverio han reportado un promedio para el LLC a los 6 meses de 8 cm (Hernández *et al.* 1998), a los 9 meses y medio de 12 cm (Narbaiza *et al.* 1988, Hernández *et al.* 2010), y hasta de 14 cm al año de edad (Espín 1997), mientras que la talla estimada para liberar a los tortuguillos al año de edad es de 12 cm (Boede & Hernández 2004). En el presente estudio se observaron las mayores tallas a 60 ind/m² (\bar{X} =10,8 cm), aun cuando la densidad de 120 ind/m² presentó apenas un 5% de diferencia (\bar{X} =10,3 cm) para el LLC y una diferencia en peso de apenas 16%. Caso contrario sucede con la mayor densidad (200 ind/m²), con una diferencia del 14% para el LLC y 33% para el peso, respecto a la densidad de 60 ind/m². Bajo ciertas circunstancias podría no justificarse gastar dos veces más en tanquillas, mano de obra y agua para obtener unas diferencias de talla final tan pequeña.

El alimento bajo en calidad podría estar implicado en la dificultad para alcanzar una mayor talla al finalizar el proceso experimental la talla esperada en las medidas finales. A pesar de ello, Hernández *et al.* (1998) haciendo seguimiento a animales ya devueltos a su medio natural, observaron ejemplares que liberados 3 años antes con un LLC de 10,2 cm, presentaban una media de 19,4 cm al momento de la recaptura, reflejando un incremento de 9,14 cm. En vista de que solo se trataba de 5 tortuguillos, los autores mencionan que ese valor no puede ser tomado como promedio para la especie. Resulta importante destacar que las medias reportadas en este ensayo para la densidad de 120 ind/m² son similares a las señaladas para los individuos del trabajo citado al momento de su liberación, lo que estaría indicando que a pesar de no llegar a la talla máxima del presente estudio, los tortuguillos crecidos en tal densidad tendrían valores de LLC suficientes para su supervivencia en el medio natural.

El cambio en tamaño a través del tiempo por lo general es expresado en una curva de crecimiento. En los organismos con crecimiento indeterminado, como las tortugas, esta curva tiene una forma sigmoïdal, creciendo exponencialmente en las primeras etapas de la vida, estabilizándose cerca de la maduración sexual, y decreciendo exponencialmente en las últimas etapas de la vida, cuando tiende a acercarse a una asíntota (Galbraith *et al.* 1989). El hecho de que los datos de las tallas se ajustaran perfectamente a un modelo de crecimiento lineal, explica el comportamiento de crecimiento antes mencionado, e indica que al primer año de edad las tortugas se encuentran en la fase logarítmica de la curva, denominada así porque origina una línea recta en una gráfica logarítmica, presentando un crecimiento exponencial rápido. Sin embargo, estas medidas también pueden ser muy bien explicadas con un modelo logístico como el de Von Bertalanffy (AIC= 12), el cual es muy utilizado para evaluar el crecimiento de los individuos.

Contrariamente, el peso tuvo un mejor ajuste con el modelo de crecimiento logístico, siendo este resultado similar al reportado para tortugas gigantes como *Geochelone pardalis*, *G. gigantea* (Hailey & Lambert, 2002), y *G. sulcata* (Hailey & Lambert 2002, Ritz *et al.* 2010). De igual forma, para *Cuora flavomarginata* se ha reportado que es ese el mejor modelo para el ajuste en peso en la especie (Chen & Lue, 2002).

Aparte de la descripción general del crecimiento de los juveniles de arrau, es importante tener una noción de cómo varía la tasa de crecimiento. Hernández & Espín (2006) reportan que al menos en los primeros 5 años la tasa de crecimiento anual del LLC en ejemplares de tortuga liberadas es de 3,2 - 4,5 cm. Al comparar estos resultados con las tasas de crecimiento obtenidas en los incrementos en talla y peso logrados al final del estudio, se observa que solo los intervalos de las densidades 60 y 120 ind/m² se encuentran en el rango indicado por dichos autores, lo que estaría mostrando que densidades extremas como 200 ind/m² estarían afectando el crecimiento de los tortuguillos en cautiverio.

Las tasas de crecimiento individual y tamaño del cuerpo son parámetros importantes en los rasgos de la historia natural de los organismos, debido a que en base a estos se puede inferir sobre sucesos de su comportamiento y rasgos reproductivos (Stearns 1992). Los individuos juveniles crecen más rápido y a una tasa mayor que los individuos adultos, por lo tanto, este crecimiento acelerado en la etapa juvenil, puede ser una condición favorecida por la selección natural, incrementando la tasa de sobrevivencia específica (Pérez 2007).

Por lo antes mencionado y tomando en cuenta que el programa de reforzamiento busca liberar al ambiente la mayor cantidad de individuos de un año de edad, con el mayor tamaño y dureza del caparazón que los haga poco vulnerables a los depredadores, así como a la desecación y otros factores negativos que afectan a los neonatos (Bruce 1979), se sugiere criarlos a densidades alrededor de 120 ind/m² en un área de aproximadamente 5 m². Esto disminuiría el número de tanquillas, la mano de obra y el uso del agua en el zocriadero. Al comparar los resultados aquí obtenidos con los de Hernández *et al.* (1998) y Hernández *et al.* (2010), quienes mostraron altas densidades de 75 y 40 ind/m² respectivamente, queda demostrado que a mayores densidades que las reportadas por los autores, también puede obtenerse un alto rendimiento en crecimiento. Esta afirmación puede mantenerse incluso al considerar que, aunque no se sabe con certeza en qué momento murieron los tortuguillos de la tanquilla de 600 individuos, donde la densidad pasó de ser de 120 a 114 ind/m², este valor sigue siendo intermedio y el éxito en estas altas densidades es el mismo.

El resultado de este ensayo con respecto a la problemática de la zocría en instalaciones como las de Petrocedeño, indica que las altas densidades estimadas a partir de sus notas de prensa, donde se observan hasta 210 ind/m², podrían estar afectando el crecimiento de los tortuguillos, ya que en este estudio a densidades extremas como 200 ind/m² los animales disminuyeron su tasa de crecimiento. No obstante, surgen otros aspectos que deberían ser evaluados respecto a su inocuidad o no sobre el crecimiento de los tortuguillos de arrau, como las diferencias en cuanto a tamaño y forma de las tanquillas presentes en las instalaciones de los zocriaderos del

país. Se hace altamente recomendable en tal sentido, realizar ensayos como los desarrollados en el presente trabajo, a fin de determinar la densidad óptima en función de la dualidad práctica costo-beneficio. La importancia de mantener una densidad adecuada de animales en cautiverio, así como la cantidad de espacio disponible, también puede tener un profundo efecto sobre la estructura social y en consecuencia, causar cambios en la reproducción (Carpenter 1980, Crewa & Garrick 1980).

Crecimiento relativo

El tamaño del cuerpo de los organismos resulta de gran importancia, debido a que puede tener consecuencias en su ecología, actividad reproductiva, evolución y desarrollo (Pignati & Pezzuti 2012). El estudio del crecimiento animal comienza con el reconocimiento de que si el cambio en tamaño no viene acompañado por un cambio en la forma, entonces se mantiene una relación simple entre las dimensiones lineales, áreas y volúmenes equivalentes. Por lo tanto, si esta relación no se mantiene, se está en presencia de un cambio en la forma, el cual se presenta generalmente cuando la tasa de crecimiento varía entre las diferentes partes de un organismo (Thompson 1972, Newth 1978).

Lo anterior pudo observarse durante el estudio, donde las relaciones entre las medidas corporales evaluadas y el tamaño corporal (LLC) variaron significativamente a lo largo del tiempo, indicando a su vez, que las tasas de crecimiento de las distintas partes del cuerpo son diferentes a la tasa de crecimiento del tamaño corporal, lo cual puede observarse en los incrementos en talla y peso al final del ensayo.

En este estudio, los coeficientes de alometría calculados en el análisis de regresión en las tres densidades coinciden notablemente con los encontrados para tortuguillos de *Podocnemis expansa* en cautiverio (Jaffé 2003) y otras especies de tortugas como *Podocnemis vogli* (Ramo 1980), *Geochelone sulcata* (Merchán et al. 2005), *Mauremys leprosa* (Pérez et al. 1979) y *Testudo graeca* (Braza et al. 1981). En estos trabajos el caparazón de cada una de las especies creció relativamente más rápido en longitud lineal que el resto de las variables morfométricas, predominando valores

alométricos negativos o cercanos a uno y un valor de crecimiento parcial mayor en la variable Peso, siendo resultados similares a los encontrados en esta investigación.

Diferentes estudios en cuanto a la relación LLC-Peso en especies de tortugas y principalmente en peces, muestran que en condiciones naturales los organismos presentan un crecimiento isométrico con valores de a que oscilan entre 2,5 y 3,5, siendo en muy raras ocasiones igual a 3 (Ramo 1982, Granado 2002, Cifuentes *et al.* 2012). De acuerdo a esto, el desarrollo de los tortuguillos fue considerado en este estudio como un crecimiento isométrico.

El peso presentó un crecimiento relativo casi tres veces mayor al del tamaño corporal, esto se debe específicamente a que es el producto de la diferencia intrínseca entre las medidas (Jaffé 2003). El LLC es una medida lineal, mientras que el peso es una medida que viene dada en función de la masa, que a su vez viene dada por el producto de la densidad y el volumen. El crecimiento de una medida lineal, se trata de un aumento o disminución determinada de dicha medida, mientras que el crecimiento en peso o masa, se trata de un aumento o disminución determinada de un volumen. Puesto que los volúmenes aumentan como el cubo de las medidas lineales, se espera que el incremento en peso sea mucho mayor que cualquier medida longitudinal (Newth 1978, Granado 2002).

Lesiones traumáticas en los tortuguillos de *Podocnemis expansa* en cautiverio en el Hato Masaguaral.

En cautiverio son muy comunes las heridas por mordedura entre tortugas, ya que durante las peleas es muy difícil escapar del atacante y el mecanismo de defensa más agresivo es morder a su contrincante (Mader 2006). En este ensayo, no se presentaron traumatismos de ningún tipo, lo que podría estar indicando que el estrés que pudiera llegar a causar la cría en cautiverio a los niveles de densidad aquí manejados, no estarían generando un nivel de agresividad tan importante en los tortuguillos como para generar lesiones por sus interacciones. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este comportamiento quizá se deba a que son animales gregarios, y por lo tanto, podrían

soportar estas altas densidades sin presentar agresiones. Caso contrario se presenta en las tortugas marinas, las cuales tienen un comportamiento agresivo en cautiverio, esto se ha registrado en tortugas como *Chelonia agassizii* (Godínez-Domínguez *et al.* 1993), y en algunos *Lepidochelys olivacea* ha llegado a producirse severas mutilaciones por el estrés del confinamiento que se produce en cautiverio (Carretero-Montes 1991). También, se han observado heridas como resultado de un comportamiento agresivo en *Eretmochelys imbricata* (Brown *et al.* 1982, Gutiérrez 1989). Un caso notable en este sentido lo constituye *Lepidochelys kempii*, por ser una tortuga sumamente agresiva, durante los ensayos en cautiverio, estas deben ser mantenidas en espacios individuales (Donnelly 1994), lo que genera un mayor costo-beneficio en comparación con la cría en cautiverio de *Podocnemis expansa*.

Enfermedades presentes en los tortuguillos de *P. expansa* en cautiverio en el Hato Masaguaral.

La capacidad de respuesta de las tortugas frente a la exposición a un agente infeccioso y/o trauma físico está modulada por el estrés (Eckert *et al.* 1999). Este mismo autor plantea que las causas de estrés se asocian principalmente a factores ambientales (contaminación, temperatura, etc.), aunque también pueden ser nutricionales o físicos (traumas).

De acuerdo a lo observado en este trabajo, la única afectación ectoparasitaria en las tanquillas de cría está conformada por la presencia de algas (incidencia=25,96%), donde la mayoría de los individuos con este ectoparásito solo lo presentaban en el caparazón. En este sentido, el caso más resaltante fue el del único tortuguillo con todo el cuerpo cubierto de algas, reportado en este estudio. Se debe tener cuidado con estas afecciones porque pueden llegar a perforar la piel intacta debilitando al individuo, pudiendo causar depresión y anorexia. Este tipo de parásitos también podrían causar problemas para mudar de piel y hasta la muerte (Cid 2002, Gámez-Vivaldo *et al.* 2006). Esto se evidenció claramente en el caso único antes

nombrado, el cual además presentó una baja tasa de crecimiento en comparación con los otros tortuguillos. La alta incidencia de este ectoparásito en la densidad de 120 ind/m² (81%) puede deberse principalmente al estado del estanque y la intensidad de su aseo, ya que las algas no son retiradas del estanque cuando estos son limpiados, debido a que eso podría causar una filtración en los estanques (que son de cemento) y en consecuencia, un daño a las instalaciones.

Respecto a los individuos con dermatitis (0,74%), se ha planteado que tal enfermedad produce decoloraciones de la dermis, úlceras superficiales o profundas. Estas lesiones permiten el ingreso de organismos patógenos dentro del individuo (Cooper 1981). Boede y Hernández (2004), mencionan que en reptiles que se encuentran bajo condiciones de cautiverio pueden encontrarse con frecuencia cuadros infecciosos de dermatitis, los cuales suelen ocurrir luego de condiciones adversas, como la baja calidad del agua de los tanques, cambios bruscos de temperatura del agua durante el día y la noche o días lluviosos, manipulación frecuente de los tortuguillos ya sea para trabajos de limpieza o mediciones morfométricas, entre otros, inhibiendo la respuesta inmunológica de los individuos hacia los patógenos.

En tortugas, es poco usual que un agente infeccioso afecte a una piel sana. La piel de los reptiles representa una barrera superior a los ataques externos que en otras especies como las aves (Martínez-Silvestre 2013). No obstante, el carácter saprofita de hongos y bacterias los hace muy común tanto en individuos sanos como en aquellos con lesiones como dermatitis, llegando solo a ser patógenas cuando existe un debilitamiento en el animal (Cooper 1981, Boede & Hernández 2004). Resulta interesante destacar que en el estudio, los tortuguillos afectados que presentaron un cambio en el color de la piel, con una tendencia a tomar una tonalidad negruzca, no presentaban otros signos de enfermedad, como la presencia de ampollas, úlceras en la piel y en el caparazón, nódulos, granulomas (muy comunes), e inflamación de los miembros, síntomas que según Mader (1996) suelen aparecer asociados. Tampoco se hizo aparente ningún tipo de debilitamiento del animal, por lo que lo observado fue considerado lesiones locales, las cuales son muy comunes en tortugas en condiciones

de cautividad (Boede & Hernández 2004). Cabe destacar, que en estos animales con tonalidad negruzca no se pudo diferenciar el tipo de dermatitis, debido a que no se realizaron exámenes complementarios de laboratorio específicamente histopatología y cultivos bacteriológicos y micóticos.

La mayoría de los reptiles incrementan su susceptibilidad al ser criados en altas densidades, y el hecho de observarse una baja incidencia de enfermedades menores, así como la no aparición de otras enfermedades que afecten directamente la competitividad de los tortuguillos de arrau en cautiverio, apoya el hecho de que estos pueden ser criados bajo tales condiciones, y que el mantenimiento y la higiene practicados en las tanquillas durante el proceso experimental, resultaron ser suficientes. Cabe resaltar que lo contrario sucede en especies marinas, las cuales son altamente susceptibles a infecciones por bacterias y hongos (Donnelly 1994), lo que hace que la cría en cautiverio de esas especies sea más difícil y costosa.

El comportamiento de asoleamiento ha sido vinculado con la reducción o inhibición de agentes patógenos (Ryan & Lambert 2005). En general, en los estanques donde son mantenidas las tortugas en cautiverio pueden encontrarse organismos que podrían constituir posibles plagas para estos animales, como bacterias, hongos, algas, entre otros (Jaffé 2003). Al salir del agua, las algas que están adheridas al caparazón se secan y pueden desprenderse del mismo. Aun cuando el asoleamiento no formaba parte de los objetivos de la investigación y por lo tanto las observaciones reportadas carecen de sistematicidad para evidenciar tendencias claras, podría intuirse una relación entre este comportamiento y la eliminación de agentes como las algas parásitas también observadas en este estudio. El bajo número de individuos que salían a asolearse explicaría el porcentaje de tortuguillos con algas en el caparazón, que a pesar de ser pequeño, es importante porque estos patógenos pueden dañar gravemente al individuo y esta actividad podría prevenir estas afecciones. Así mismo, el incremento de individuos que salieron a asolearse al cambiar accidentalmente la configuración del llenado del estanque, dándole oportunidad a los tortuguillos de salir a la zona expuesta

en la tanquilla de 60 ind/m², podría considerarse una clara señal de la importancia de la actividad como impulso de origen genético y sus implicaciones en la salud integral del organismo. Del mismo modo, el comportamiento de asoleamiento está asociado a la fijación de la vitamina D (Pritchard & Greenwood 1968).

Deformidades de los tortuguillos de *Podocnemis expansa* llevados a cautiverio en el Hato Masaguaral.

La ocurrencia de anomalías, malformaciones y asimetrías en fauna silvestre es indicativa de inestabilidad en desarrollo, siendo esto negativo para el fitness del animal. Las deformidades son muy comunes en las tortugas, diversos autores han mencionado que son el resultado de procesos fisiológicos de desarrollo completados anormalmente, siendo causado por las condiciones ambientales durante la incubación, la genética y hasta la manipulación de los huevos o la interrupción del período de desarrollo, por ejemplo sacando los tortuguillos del nido antes de tiempo (von Hildebrand *et al.* 2007; Jaffé 2003; Estrades 2002; Bujes & Verrastro 2007, Velo-Antón *et al.* 2011). Carvajal (1992), menciona que existe una correlación positiva entre el número de tortuguillos deformes y el tamaño de la nidada los animales, cuando estos permanecen hasta el final de la nidada. Del mismo modo, los tortuguillos deformes por lo general se encuentran en la parte más profunda del nido y al abrir y cerrar el nido muchas veces, los animales normales ya han salido por sus propios medios quedando en muchos casos, un alto porcentaje de deformes (Boede & Hernández 2004), los cuales son, en algunos casos, los colectados para la zootecnia.

La ocurrencia de deformidades en las escamas marginales (DEM) o en el plastrón (DEP) ha tenido poca atención en la literatura sobre tortugas. En este estudio el 6,84% de las tortugas de arrau llevadas a cría en cautiverio en el Hato Masaguaral presento DEP y un 0,59% DEM. Boede y Hernández (2004) indican que los tortuguillos que manifiestan este tipo de deformidades y son llevados a cautiverio, generalmente presentan alta mortalidad o tienen una baja tasa de crecimiento, por lo que sugieren que no sean colectados para su cría. Por su parte, Jaffé (2003) encontró

una correlación positiva entre ambos tipos de malformación, mencionando que los factores que afectan el desarrollo del embrión, afecta de la misma manera los procesos fisiológicos que regulan el desarrollo de ambas partes (escamas marginales y plastrón), siendo en ese caso el desarrollo del embrión perjudicado por un componente parental así como uno ambiental. Von Hildebrand *et al.* (1997) mencionan que las escamas marginales plegadas hacia arriba o hacia abajo, como las encontradas en este estudio son deformidades temporales, es decir, pueden desaparecer con el tiempo. Sin embargo Nieves *et al.* (2015) reportan morbilidad en neonatos con escamas marginales plegadas hacia abajo, por lo que se podría suponer que dependiendo el grado del pliegue con respecto a su posición original, puede ser una deformidad superable o fatal para el individuo. Con respecto a las deformidades en el plastrón, estas pueden ser permanentes, llegando a ser letales en tortuguillos con el plastrón leve o fuertemente replegado, similar a las encontradas en los tortuguillos llevados al Hato Masaguaral. Este tipo de deformidad puede causar la muerte de los tortuguillos en el curso de los primeros años de vida (Von Hildebrand *et al.* 1997).

La presencia de placas supernumerarias es la deformidad relativamente más común en el orden Testudines. En este trabajo el 10,31 % de los individuos presentó esta anomalía conocida como “Síndrome Dovetail”, el cual no afecta la conformación ni el número de las placas óseas y es causado por anomalías genéticas o durante la embriogénesis (Ewert 1989, Estrades 2002, Brujes & Verrastro 2007). Brujes & Verrastro (2007), señalan que *Trachemys dorbigni* es la tortuga de agua dulce con mayor récord en la anormalidad de placas supernumerarias y reportan que, tanto machos como hembras adultas que presentan esta anomalía, tienen una buena actividad reproductiva. Vilorio (2011), comenta que en los individuos de *Podocnemis vogli* esta anomalía se presentaba mayormente en adultos, por lo que podía inferirse que no se veía afectada la supervivencia de los animales. Del mismo modo, estos autores suponen que los juveniles con este síndrome podrían sufrir una fusión de esas placas durante la ontogenia, resultando en una reducción del número normal de placas, igual al patrón original que debería tener el adulto. Por su parte, Von Hildebrand *et al.* (1997)

mencionan que este tipo de deformidad es permanente y que no menoscaba la viabilidad de los tortuguillos de arrau. En este mismo orden de ideas, en tortugas marinas el síndrome de escudos supernumerarios es un evento raro, habiéndose reportado una frecuencia de 2,97% en *Chelonia mydas* en Uruguay (Estrades 2002).

Por otro lado, Viloría (2011) considera que las poblaciones de tortugas con este tipo de deformidades podría estar pasando o pasará en un futuro por un proceso de cuello de botella, debido a que los individuos deformes se están reproduciendo entre si y esa acumulación de genes anómalos podría tener implicaciones negativas en las futuras generaciones.

Jaffé (2003, 2008) propone que los individuos con deformidades no se desarrollan óptimamente, presentando menores tasas de crecimiento, por lo que, como la tasa de crecimiento es un indicador de la aptitud, dichos individuos tendrán una menor aptitud que aquellos que se desarrollan normalmente. De acuerdo a esto, si se siguen llevando individuos con malformaciones a la cría en cautiverio, estos no alcanzarán el incremento en tamaño necesario para que puedan sobrevivir a la etapa adulta, así tengan las mejores condiciones de cuidado. Además, se estaría malgastando tanto área y mano de obra, como alimento en individuos que no crecerán óptimamente y por ende, no se obtendrá el costo-beneficio que se busca en este tipo de zootría.

CONCLUSIONES

- Los tortuguillos de *Podocnemis expansa* criados hasta el año de edad, pueden ser mantenidos en densidades hasta de 200 ind/m², aun cuando en 60 y 120 ind/m² resultaron con tallas significativamente mayores. Sin embargo, se recomienda la densidad intermedia, en función del mejor costo-beneficio en el zocriadero del Fundo Pecuario Masaguaral.
- El crecimiento de los tortuguillos con respecto a las tallas durante el primer año de vida en condiciones de zocriaderos experimentales, se ajustó mejor a un modelo de crecimiento lineal, mientras que el peso lo hizo a un modelo de crecimiento logístico.
- El crecimiento longitudinal de estos animales (cuantificado como el LLC) aumento más rápidamente que el resto de las variables morfométricas de las tallas (LCC, LLP, ALC) y de manera proporcional al peso, manteniendo además las relaciones de alometría e isometría reportadas en la literatura.
- De acuerdo a lo observado, las altas densidades aplicadas en este ensayo no generaron comportamientos agresivos que produjeran traumatismos entre los tortuguillos de este estudio.
- Solo se observaron algas ectoparasíticas y casos aislados de dermatitis, ambas con frecuencias relativamente muy bajas. La mayor incidencia de algas en tortuguillos criados a 120 ind/m², pudo haber estado directamente relacionada con las condiciones de aseo que tradicionalmente se aplican a las tanquillas en el Hato.
- La deformidad más frecuente en los tortuguillos de arrau llevados al Fundo Pecuario Masaguaral para su cría, fue el número anormal de escudos (10,31%), seguida por deformidades en el plastrón (6,84%) y en los escudos marginales (0,59%).
- El número de tortuguillos asoleándose mediante el uso de tablas fue menor al 10 % del total de individuos por tanquillas. Un cambio accidental en la configuración del llenado del estanque en la densidad de 60 ind/m² permitió

que las tortugas tuvieran acceso a la zona expuesta, saliendo más del 50 % de los individuos a asolearse.

- La variación en la calidad del alimento suministrado a los cuatro, cinco y seis meses de edad, podría explicar la ocurrencia de una baja en la velocidad del crecimiento en tallas y peso, reflejado a los 7 meses de edad en las tres densidades.

RECOMENDACIONES

Con respecto al estudio, es recomendable marcar a los tortuguillos de forma individual mediante muescas en las placas marginales, y así poder llevar un registro de la tasa de crecimiento de cada animal a lo largo del estudio y posterior a su liberación a través de recapturas.

Debería realizarse una selección previa de los neonatos antes de ser llevados a cautiverio, de acuerdo a la cual, los que se encuentren sin deformidades que vayan a los zocriaderos y el resto que sean liberados.

Deben realizarse revisiones cuidadosas y de ser posible, evaluar mediante ensayos, las características del alimento para los tortuguillos, a fin de prever situaciones adversas (palatabilidad, flotabilidad, compactación de los pellets), que pudieran incidir negativamente en su aceptación por parte de las crías y posteriormente repercutir en su desarrollo.

En futuros estudios, debería realizarse una evaluación del ritmo de actividad de estos animales en cautiverio, comparando el asoleamiento mediante el uso de las tablas con el uso de una zona expuesta (como en las tanquillas del Hato Masaguaral).

Por otro lado, evitar mantener a los tortuguillos por más de 12 meses en condiciones de cautiverio previo a su liberación, ya que transcurrido el tiempo estipulado, podría incrementar el riesgo de presentarse enfermedades y/o traumatismos.

Debido a que los zocriaderos poseen instalaciones diferentes en cuanto a tamaño y forma de las tanquillas, es recomendable realizar este tipo de ensayo en cada uno de ellos, a fin de determinar la densidad óptima considerando la relación costo-beneficio.

Considerando que esta especie puede ser criada en cautiverio con densidades relativamente altas, debería implementarse un plan de aprovechamiento sustentable a fin de disminuir la fuerte presión que todavía existe sobre los ejemplares silvestres.

Debería ser evaluado el efecto de la cría en cautiverio en el desarrollo del individuo, es decir, si está afectando su orientación a futuro y/o la comunicación con sus madres.

Por último, considerando que no se conoce el efecto de la cría en cautiverio en el comportamiento gregario de los tortuguillos, se recomienda no criar el 100 % de los neonatos y dejar siempre una cantidad importante para que cumpla su ciclo normal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFINITO J. 1975. A preservação da tartaruga amazônica. *Brasil Florestal*. 6(21): 20-23.
- ALHO C., A. CARVALHO & L. PÁDUA. 1979. Ecología da tartaruga da Amazônia e avaliação de seu manejo na Reserva Biológica do Trombetas. *Brasil Florestal*. 9(38): 29-47.
- ALHO C. & L. PÁDUA. 1982a. Reproductive parameters and nesting behavior of the Amazon turtle *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae) in Brazil. *Canadian Journal of Zoology*. 60(1): 97-103.
- ALHO C. & L. PÁDUA. 1982b. Sincronia entre o regime de vazante do rio e o comportamento de nidificação de tartaruga de Amazônia *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae). *Acta Amazônica*. 12(2): 323-326.
- ALHO C., T. DANNI & L. PÁDUA. 1985. Temperature-dependent sex determination in *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae). *Biotropica*. 17: 75-78.
- ALMEIDA C. & A. ABE. 2009. Aproveitamento de alimentos de origen animal pela tartaruga da amazônia *Podocnemis expansa* criada em cativeiro. *Acta Amazonica*. 39(1): 215-220.
- BEAUREGARD G., C. ZENTENO, R. ARMIJO & E. GUZMÁN. 2010. Las tortugas de agua dulce: Patrimonio zoológico y cultural de Tabasco. *KUXULKAB' Revista de Divulgación*. 17(31): 5-19. Disponible en: <http://revistas.ujat.mx/>. Consultado el 14 de junio de 2013.
- BLOHM T. & A. FERNÁNDEZ-YÉPEZ. 1948. La Sociedad de Ciencias Naturales La Salle en Pararuma. *Memoria de la Sociedad de Ciencia Naturales La Salle*. 8(21): 35-69.

BOEDE E. & O. HERNÁNDEZ. 2004. Enfermedades en tortugas arrau o del Orinoco, *Podocnemis expansa*, mantenidas en zocriaderos venezolanos. *FCV-LUZ*. 14(5): 395-403.

BRAZA F., M. DELIBES & J. CASTROVIEJO. 1981. Estudio biométrico y biológico de la tortuga mora (*Testudo graeca*) en la Reserva Biológica de Doñana, Huelva. *Doñana Acta Vertebrata* 8: 15-41.

BROWN R.B., G.C. McN HARVEY & L.A. WILKINS. 1982. Growth of Jamaica hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) regred in captivity. *British Journal of Herpetology*. 6(7): 233-236.

BRUCE R. 1979. Population ecology of freshwater turtles. pp. 541-569. *En: Turtles: Perspectives and Research* (ed. M. Herless and H. Morlock). John Wiley & Sons, New York. 571-602.

BUJES C., & L. VERRASTRO. 2007. Supernumerary epidermal shields and caparace variation in Orbigny's slider turtles, *Trachemys dorbigni* (Testudines, Emydidae). *Revista Brasileira de Zoología*. 24(3): 666-672.

BURKE V., J. LOVICH & J. GIBBONS. 2000. Conservation of freshwater turtles. *En: Klemmens M. 2000. Turtle conservation*. Smithsonian Institution Press. Washington. 156-179 pp.

CARPENTER C. 1980. An ethological approach to reproductive success in reptiles. 33-48 pp. *En: Reproductive Biology and Diseases of Captive Reptiles*. (co. ed. Murphy B. and Collins J.). Society for the study of Amphibians and Reptiles.

CARRETERO-MONTES R.E. 1991. Crecimiento y mortalidad durante un año de cautiverio de crías de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) en el Centro Tortuguero Playón e Mismaloya, Jalisco. Tesis de pregrado. Universidad de Guadalajara. México. 72 pp.

CARVAJAL L. 1992. Evaluación de la viabilidad en huevos de tortuga arrau (*Podocnemis expansa*) en una playa del río Orinoco medio, Estado Apure. Trabajo Especial de Pasantía. Instituto universitario de Tecnología de Yaracuy. Técnico Superior Universitario en Tecnología de Conservación de los Recursos Naturales Renovables. 110 pp.

CEBALLOS-FONSECA C. 2000. Tortugas (Testudinata) Marinas y Continentales de Colombia. *Biota colombiana*. 1(2): 187-194.

CEBALLOS C., O. HERNÁNDEZ, M. MORALES-B & F. TRUJILLO. 2012. *Podocnemis expansa*. Familia y especies de tortugas dulceacuícolas y terrestres de Colombia. Capítulo 18. Pp. 367-374. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora & B. C. Bock (Editores). 2012. V. 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.

CISNEROS-HEREDIA D. 2006. Turtles of Tiputini Biodiversity Station with remarks on the diversity and distribution of the Testudines from Ecuador. *Biota Neotropical*. 6(1): 1-16.

CHEN T. & K. LUE. 2002. Growth pattern of the yellow margined box turtle (*Cuora flavomarginata*) in northern Taiwan. *Journal of Herpetology*. 36: 201-208.

CID E. 2002. Acarosis en reptiles cautivos. *Todo Bichos*. (4): 2.

CIFUENTES R., J. GONZÁLEZ, G. MONTAYA, A. JARA, N. ORTÍZ, P. PIEDRA & E. HABIT. 2012. Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana Especial*. 7(2): 101-110

CITES. 1999. Listado de especies CITES. Secretariat/World Conservation Monitoring Center. Switzerland. Disponible en: www.cites.org (revisado el 20/08/2013).

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.
Publicada en Gaceta Oficial N° 36.860 de la República de Bolivariana de Venezuela.
Caracas, 30 de diciembre de 1999.

COOPER J. 1981. Disease of Reptilia. Academic press. Volumen 1. Inglaterra. 8-25,
141-181, 195-229 p.

CREWS D. & L. GARRICK. 1980. Methods of inducing reproduction in captive
reptiles. pp. 49-70. En: Reproductive biology and diseases of captive reptiles. (co. ed.
Murphy B. and Collins J.). Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

DECRETO N° 2018 del 24/02/1988. Gaceta Oficial N° 33.958 del 04/05/1988. Creación
Parque Nacional “Santos Luzardo”.

DECRETO N° 271 del 07/06/1989. Gaceta oficial N° 4.106 del 09/06/1989. Creación
Refugio de Fauna Silvestre “de la Tortuga Arrau”.

DECRETO N° 1.485 del Congreso 11/09/1996. Gaceta Oficial N° 36.059 del
07/10/1966. Declaración de Animales en Veda.

DECRETO N° 1.486 del 11/09/1996. Gaceta Oficial N° 36.062 del 10/10/1996.
Declaración de Animales en Peligro de Extinción.

DI MARCO O. 1994. Crecimiento y respuesta animal. AAPA. 141 pp.

DONNELLY M. 1994. Sea turtle mariculture, a review of relevant information for
conservation and commerce. The Center for Marine Conservation, Washington, DC
USA. 113p.

DONOGHUE S. & J. LANGENBERG. 1996. Nutrition. Mader, D.R. Reptile Medicine
and Surgery, W.B. Saunders CO., Philadelphia, USA. 148-174 pp.

ECKERT K., K. A. BJORN DAL, F. A. ABREU-GROBOIS & M. DONNELLY. 1999.
Research and management techniques for the conservation of Sea turtle. IUCN/SSC
Marine Turtle Specialist Group Publication N° 4. Washington, DC. 235 pp.

ERNST C., R. ALTENBURG & R. BARBOUR. 2009. Turtles of the world. Disponible en: <http://nlbif.eti.uva.nl/bis/turtles.php>. Revisado el 15/08/2013.

ESPÍN R. 1997. Zocriadero de la Tortuga Arrau, una alternativa para su conservación. *Natura*. 110: 49-53.

ESPINOSA- BLANCO A. 2009. Estructura de tamaños y comparación de dos métodos de conteo en Babas (*Caiman crocodilus*) en el Hato Masaguaral Guárico, Venezuela. *Revista Unellez Ciencia y Tecnología*. 27: 103-108.

ESTRADES A. 2002. Primeras observaciones de placas dérmicas supernumerarias para *Chelonia mydas* (Testudines, Cheloniidae) en Uruguay. *Boletín de la Sociedad de Zoología*. 13: 25-28.

FERRARA C., L. SCHNEIDER & R. VOGT. 2010. Natural History Notes. *Podocnemis expansa*, pre-basking behavior. *Herpetological Review*. 41(1): 72.

FERRARA C. R., VOGT R. C., & SOUSA-LIMA R. S. 2013. Turtle Vocalizations as the First Evidence of Posthatching Parental Care in Chelonians. *Journal of Comparative Psychology*. 127(1): 24-32.

FERRARA C. R., R. VOGT, R. SOUSA-LIMA, B. TARDIO & V. CAMPOS. 2014. Sound Communication and Social Behavior in an Amazonian River Turtle (*Podocnemis expansa*). *Herpetologica*. 70(2): 149-156.

FERREIRA V., J. HENRIQUE, Y. LUCENA, W. PAULA, M. NETO & I. DOS REIS. 2003. Morfometria do Trato Digestório da Tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) Criada em Sistema Comercial. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32(1): 10-18.

FERNÁNDEZ – YÉPEZ A. 1968. La tortuga arrau. *El Lago*. 10: 148-151.

FOWLER M. 1978. Zoo and wild animal medicine. Philadelphia: W.B. Saunders.

FOWLER, M.E. 1986. Metabolic Bone Disease. En: Fowler, M.E. Zoo & Wild Animal Medicine, W.B. Saunders Co. (2nd Ed), Philadelphia, USA. 69-90 pp.

FUNDACIÓN NATURA. 1994. Plan charapa. Temporada 1994-1995 bajo río Caquetá.

GÁMEZ VIVALDO S., D. OSORIO SARABIA, C. PEÑAFLORES SALAZAR, A. GARCÍA HERNÁNDEZ & J. RAMÍREZ LEZAMA. 2006. Identificación de parásitos y epibiontes de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) que arribó a playas de Michoacán y Oaxaca, México. *Veterinaria México*. 37(4): 431-440.

GODÍNEZ-DOMÍNGUEZ E., R.E. CARRETERO-MONTES, F. de A. SILVA-BÁTIZ, S. RUÍZ & B. AGUILAR. 1993. Crecimiento de neonatos de *Chelonia agassizii* (Testudines: Cheloniidae) en cautiverio. *Revista de Biología Tropical*. 41(2): 253-260.

GRANADO, C. 2002. Ecología de peces. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones. pp. 182-183.

GRATEROL G. 2012. Algunos aspectos que afectan el crecimiento en cautiverio de las crías de Caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) en el Zoocriadero Hato Masaguaral, Edo. Guárico. Trabajo Especial de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela. 52 pp.

GUTIÉRREZ W. 1989. Experiences in the captive management of hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) at Isla Uvita, Puerto Limón, Costa Rica. Pp. 324-326. *En*: Ogren L. (ed.). Proceeding of the Second Western Atlantic Turtle Symposium. Del 12 al 16 de octubre de 1989. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFC-226. National Technical Information Service, Springfield, VA.

HAILEY A. & M. LAMBERT. 2002. Comparative growth patterns in Afrotropical giant tortoises (Reptilia Testudinae). *Tropical Zoology*. 15: 121- 139.

HAMMER O., D.A. HERPER & P.D. RYAN. 2016. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. v. 3.12. *Paleontología Electrónica* 4(1): 9pp. Disponible en: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>. Consultado el 10 de junio de 2016.

HARFUSH M., E. LÓPEZ, P. HERNÁNDEZ & E. ALBAVERA. 1998. Avances en el trabajo de adaptación de tortugas marinas, dulceacuícolas y terrestres al cautiverio en las instalaciones del Centro Mexicano de la Tortuga. Pp. 178-179. Memorias del XVI Simposio sobre Fauna Silvestre “Gral. M.V. Manuel Cabrera Valtierra”. Consejo Consultivo Estatal para la Preservación y Fomento de la Flora y la Fauna Silvestre de Nuevo León (CFFNL).

HERNÁNDEZ O., I. NARVAIZA & R. ESPÍN. 1998. Zoocriadero de Tortuga del Orinoco (*Podocnemis expansa*) con fines de reforzamiento de poblaciones silvestres. Pp. 69-75. En: J. López, I. Saavedra y M. Dubois (Ed). “El río Orinoco aprovechamiento sustentable”. Memorias de las primeras jornadas de investigación sobre el Río Orinoco. Universidad Central de Venezuela Instituto de Mecánica de Fluidos.

HERNÁNDEZ O., E. MARÍN & A. FERRER-PÉREZ. 2015. Tortuga arrau, *Podocnemis expansa*. Pp. 172. En: J.P. Rodríguez y F. Rojas-Suárez (eds.) Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Cuarta Edición. Provita y Fundación Empresas Polar, Caracas, Venezuela.

HERNÁNDEZ O. & R. ESPÍN. 2003. Consumo ilegal de tortugas por comunidades locales en el río Orinoco medio, Venezuela. *Acta Biológica Venezolana*. 23(2-3): 17-26.

HERNÁNDEZ O. & R. ESPÍN. 2006. Efectos del reforzamiento sobre la población de Tortuga Arrau (*Podocnemis expansa*) en el Orinoco Medio, Venezuela. *Interciencia*. 6(31): 424-430.

HERNÁNDEZ O., R. ESPÍN, E. BOEDE & A. RODRÍGUEZ. 2010. Algunos factores que afectan el crecimiento en cautiverio de crías de caimanes y tortugas del Orinoco (*Crocodylus intermedius*, *Crocodylus acutus* y *Podocnemis expansa*). En: Simposio: Investigación y Manejo de Fauna Silvestre en Venezuela en homenaje al Dr. Juhani Ojasti. Caracas, Venezuela. Del 16 al 17 de octubre de 2008. Pp. 213-224.

HERNÁNDEZ O., A. SEIJAS, E. BOEDE, R. ESPÍN, A. MACHADO, L. MESA & A. SOTO. 2011. FUDECI y la conservación de la tortuga del Orinoco (*Podocnemis*

expansa), la terecay (*Podocnemis unifilis*) y el caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*): Resultados y propuestas de acción binacional. Pp 209-218. *En*: Lasso C., A. Rial, C. Matallana, W. Ramírez, J. Señaris, A. Díaz-Pulido, G. Corzo, A. Machado-Allison. (Eds.). 2011. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco. II Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle de Ciencias Naturales e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D.C., Colombia. 304 pp.

HUMBOLT A. 1820. Viajes a las Regiones Equinociales del Nuevo Continente. Monte Avila Editores. Segunda edición, Vol 1- 4. 1992. Caracas, Venezuela. 406 pp.

HUXLEY J. 1972. Problems of relative growth. Dover Publications London.

IBAMA. 1989. Projeto Quelônios da Amazônia, 10 Anos. MINTER. Brasilia, Brasil.

IUCN. 2015. *IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2015.4.* (<http://www.iucnredlist.org>). Consultada el 07 de enero de 2016.

JAFFÉ R. 2003. Crecimiento, capacidad física y comportamiento de los juveniles de la tortuga arrau (*Podocnemis expansa*: Pelomedusidae). Trabajo Especial de Grado. Universidad Simón Bolívar. 122 pp.

JAFFÉ R., C. PEÑALOZA & G. BARRETO. 2008. Monitoring an Endangered Freshwater Turtle Management Program: Effects of Nest Relocation on Growth and Locomotive Performance of the Giant South American Turtle (*Podocnemis expansa*, Podocnemididae). *Chelonian Conservation and Biology*. 7(2): 213–222.

JUÁREZ-ROMERO, R. & R. SEARCY-BERNAL. 1994. Modelo de crecimiento de von Bertalanffy para la almeja pismo (*Tivela stultorum*), a partir de datos edad-longitud de capturas comerciales. *Ciencias Marinas*. 20(1): 81-92.

KLEMENS M. & J. THORBJARNARSON. 1995. Reptiles as a food source. *Biodiversity and Conservation*. 4: 281–298.

LEFEBVRE J., T. AVERY & T. HERMAN. 2011. Size Dimorphism and growth rates in distinct populations of Blanding's turtles (*Emydoidea Blandingii*) in Nova Scotia in relation to environment. *Herpetological Conservation and Biology*. 6(3): 465-472.

LEY DE GESTIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39.070 del 01/12/2008.

LEY DE PROTECCIÓN A LA FAUNA SILVESTRE. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 29.289 del 11/08/1970.

LEY ORGÁNICA DEL AMBIENTE. Gaceta Oficial de la República de Bolivariana de Venezuela Extraordinaria N° 5.833 del 22/12/2006.

LEY PENAL DEL AMBIENTE. Gaceta Oficial de la República de Venezuela Extraordinario N° 4.358 de 03/01/1992.

LICATA L. 1992. La tortuga arrau y su conservación. Cuadernos Ecológicos Corpoven. Caracas. Venezuela. 46 pp.

LICATA L., S. GALVEZ, E. MARÍN, N. REBOLLEDO, E. USECHE & F. PÉREZ. 1996. Bases para el manejo de la tortuga arrau (*Podocnemis expansa*) en el Orinoco Medio. Pp. 379-417 *En: Péfaur J. (ed.). 1996. Herpetología Neotropical. Actas del II Congreso Latinoamericano de Herpetología. II volumen. Mérida, Venezuela.*

LICATA L. & X. ELGUEZABAL. 1997. Management plan for the giant amazonian turtle, *Podocnemis expansa*, in De La Tortuga Arrau Wildlife Refuge, Orinoco river, Venezuela. Pp. 171-173. *En: Abbema J. (ed.). 1997. Proceedings of conservation, restoration, and management of tortoises and turtles – An international conference. New York Turtle and Tortoise Society.*

MALVASI, A., A. DE SOUZA, E. DE BARROS & F. DE ARRUDA. 2003. Comportamento e preferencia alimentar em *Podocnemis expansa* (Schweigger), *P.*

unifilis (Troschel) e *P. sextuberculata* (Cornalis) em cativeiro (Testudines, Pelomedusidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 20(1): 161-168.

MADER D.R. 1996. Reptile Medicine and Surgery. First edition St. Louis: Saunders Elsevier. Philadelphia, USA.

MADER D.R. 2006. Reptile Medicine and Surgery. Second edition. St. Louis: Saunders Elsevier. Philadelphia, USA.

MARÍN E. 2001. Métodos de campo para la conservación "in situ" de la tortuga arrau, temporada reproductiva 2000-2001. (Mimeografiado).

MARN. 2000. Informe de la temporada reproductiva 1999-2000 de la *Podocnemis expansa* en el Refugio de Fauna silvestre y la Zona Protectora de la Tortuga Arrau. Caracas, Venezuela. (Mimeografiado).

MARN. 2001. Informe de la temporada reproductiva 2000-2001 de la *Podocnemis expansa* en el Refugio de Fauna silvestre y la Zona Protectora de la Tortuga Arrau. Caracas - Venezuela. (Mimeografiado).

MARN. 2006. Tortuga Arrau. Un programa en constante crecimiento. *Ambiente*. (70): 4-11.

MARTÍNEZ-SILVESTRE A. 2013. Dermatología en quelonios. *En: Resumen del XII Congreso de Especialidades Veterinarias*. Granada. Del 5 al 6 de abril de 2013.

MARTÍNEZ E., O. HERNÁNDEZ, E. BOEDE, C. PEÑALOZA & A. RODRÍGUEZ. 2007. Inventario de la tortuga arrau, *Podocnemis expansa* (Schwigger, 1812) en zoológicos de Venezuela. Valores referenciales del hemograma y la bioquímica sérica. *Revista Científica FCV-LUZ*. 17(5): 433-440.

MERCHÁN M., M. COLL & R. FOURNIER. 2015. Macromorfometría de juveniles de *Geochelone sulcata* (Testudines: Testudinidae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 53(1-2): 213-225.

MITCHELL J. C. & M. KLEMNS. 2000. Primary and second effects of habitat alteration. Pp. 5-532. *En*: Klemens M. (Ed.). Turtle conservation. Smithsonian Institution Press. Washington y Londres.

MINAMB. 2011. Memoria y cuenta Año 2010. Memoria presentada ante la Asamblea Nacional. República Bolivariana de Venezuela. Caracas, Venezuela. 456 pp.

MINAMB. 2015. Memoria y cuenta Año 2014. Memoria presentada ante la Asamblea Nacional. República Bolivariana de Venezuela. Caracas, Venezuela. 205 pp.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE COLOMBIANO. 2002. Programa Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas y Continentales en Colombia. Dirección General de Ecosistemas. Imprenta Nacional. Colombia. 64 pp.

MOGOLLONES S., D. RODRÍGUEZ, O. HERNANDEZ & G. BARRETO. 2010. A demographic study of the Arrau turtle (*Podocnemis expansa*) in the Middle Orinoco River, Venezuela. *Chelonian Conservation and Biology*. 9(1): 79-89.

MOLL D. & E. MOLL. 2004. The Ecology, exploitation and conservation of river turtles. Oxford University Press, New York. USA. 393 p.

MOREIRA G. & J. LOUREIRO. 1992. Contribución al estudio de la morfología del tracto digestivo de individuos jóvenes de *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae). *Acta Zoológica Lilloana*. 41: 345-348.

MOSQUEIRA J. 1945. Las Tortugas del Orinoco. Ensayos biológicos de la Arrau (*Podocnemis expansa*). Editorial Crisol. Caracas-Venezuela.

MOTULSKY H. & A. CHRISTOPOULOS. 2003. Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression: a practical guide to curve fitting. San Diego CA, USA: GraphPad Software. 351 p. Disponible en: <http://www.mcb5068.wustl.edu/MCB/Lecturers/Baranski/Articles/RegressionBook.pdf>. Consultado el 10 de diciembre de 2015.

NARBAIZA I., G. ROMERO & J. GARCÍA. 1988. Crecimiento de la tortuga arrau del Orinoco en tanques. XXXVIII Convenio Anual de ASOVAC. Maracay, Venezuela. Del 20 al 25 de noviembre de 1988.

NARBAIZA I. O. HERNÁNDEZ & C. BARRIO. 1999. Situación de la tortuga arrau (*Podocnemis expansa*) en la Reserva de Biosfera del Alto Orinoco. 1er taller sobre la Conservación de la Especie Tortuga Arrau (*Podocnemis expansa*) en Venezuela. Jardín Botánico de Caracas. Caracas, Venezuela.

NEWTN D. 1978. Animal growth and development. Third edition. The Camelot Press Ltd, Southampton, R.U. p 37-42.

NIEVES-HERRERA M., M. FORTI & M. SULBARÁN. 2015. Características de las nidadas y neonatos de la tortuga arrau (*Podocnemis expansa*) en la Isla del Burro, Lago de Valencia, estados Carabobo y Aragua. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*. 72(177-178): 63-74.

OJASTI J. 1967. Consideraciones sobre la ecología y conservación de la tortuga *Podocnemis expansa* (Chelonia, Pelomedusidae). *Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica*. 7: 201-206.

OJASTI J. 1971. La tortuga arrau del Orinoco. *Defensa de la Naturaleza*. (2): 3-9.

OJASTI J. 1993. Utilización de la Fauna Silvestre en América Latina. Situación y perspectivas para un manejo sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. Roma, Italia.

OJASTI J. & E. RUTKIS. 1965. Operación Tortuguillo: un planteamiento para la conservación de la tortuga del Orinoco. *El Agricultor Venezolano*. 228: 32-37.

PÁDUA L. 1981. Biología da reprodução, conservação e manejo da Tartaruga da Amazonia *Podocnemis expansa* (Testudinata, Pelomedusidae) na Reserva Biológica da rio Trombetas, Pará. Tesis de Maestría. Universidad de Brasília. Brasil. 152 pp.

PÁDUA L., C. ALHO & A. CARVALHO. 1983. Conservação e manejo da tartaruga da Amazonia, *Podocnemis expansa*, na Reserva Biológica do Río Trombetas (Testudines, Pelomedusidae). *Brasil Forestal*. (54): 43-54.

PAOLILLO A. 1982. Algunos aspectos de la ecología reproductiva de la tortuga arrau (*Podocnemis expansa*) en las playas del Orinoco Medio. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Venezuela. 132pp.

PDVSA. 2008. PDVSA Petrocedeño liber  cinco mil tortugas Arrau en el Orinoco. Disponible en: <http://www.pdvsa.com>. Consultada el 10 de diciembre de 2014.

PEARSE D., R. BRIGHAM, O. HERNANDEZ & J. SITES. 2006. Paternity in an Orinoco Population of Endangered Arrau River Turtles, *Podocnemis expansa* (Pleurodira; Podocnemididae), from Venezuela. *Chelonian Conservation and Biology*. 5(2): 232-238.

PEÑALOZA C. 2010. Towards sustainable harvest of sideneck river turtles (*Podocnemis spp.*) in the Middle Orinoco, Venezuela. Tesis Doctoral. Universidad de Duke. USA. 108 pp.

PÉREZ M., E. COLLADO & C. RAMO. 1979. Crecimiento de *Mauremys caspica leprosa* (Schweigger 1812) (Reptilia, Testudines) en la Reserva Biológica de Doñana. *Doñana Acta Vertebrata*, 6: 161.

PÉREZ J. 2007. Tasa de crecimiento y rango habitacional de *Rhinoclemmys nasuta* en Isla Palma – Pacífico colombiano. Trabajo especial de grado. Universidad del Valle. Colombia. 39 pp.

PETROGU A. 2012. PDVSA Petrocedeño reinsertó 2.850 tortuguillos Arrau en río Orinoco. Disponible en: <http://www.petroguia.com>. Consultado el 10 de diciembre de 2014.

PIGNATI M. & J.C.B. PEZZUTI. 2012. Alometria reproductiva de *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) na várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*. 102(1): 48-55.

PRENSA AMBIENTE. Fortalecen población de tortugas arrau en el Orinoco. Disponible en: <http://www.minamb.gob.ve>. Consultado el 10 de diciembre de 2014.

PRENSA MINAMB. 2010. Más de 12 mil tortuguillos fueron liberados en la Faja Petrolífera del Orinoco. Disponible en: <http://zverde.blogspot.com>. Consultado el 10 de diciembre de 2014.

PRENSA MINAMB. 2011. Más de 21 mil tortuguillos arrau liberados en Anzoátegui. Disponible en: <http://www.correodelorinoco.gob.ve>. Consultado el 10 de diciembre de 2014.

PRITCHARD P.C.H. & W.F. GREENHOOD. 1968. The sun and the turtle. *International Turtle and Tortoise Society Journal* 2: 20–25.

PRITCHARD P. & P. TREBBAU. 1984. The turtles of Venezuela. *Society for the study of amphibians and reptiles*. 43-57pp.

PROFAUNA. 1997. Proyecto: Bases para el manejo de la tortuga arrau en el Orinoco medio. Subproyecto: manejo de la especie, informe general 1996-97. San Fernando, Venezuela. (Mimeografiado).

PROYECTO ATSAPANI 2012. Programa de conservación de tortugas amenazadas de los humedales llaneros. Fundación Omacha, Bogotá, Colombia.

RAMO, C. 1982. Biología del Galápago (*Podocnemis vogli* Muller, 1935) en el Hato “El Frío” Llanos de Apure (Venezuela). *Doñana Acta Vertebrata*. 9(3): 1-161.

RAMÍREZ M. 1956. Estudio biológico de la tortuga "arrau", Venezuela. *El Agricultor Venezolano*. (190): 44-63.

RITZ J., E. GRIEBELER, R. HUBER & M. CLAUSS. 2010. Body size development of captive and free-ranging African spurred tortoises (*Geochelone sulcata*): high plasticity in reptilian growth rates. *Herpetological Journal*. 20: 213-216.

ROJAS-RUNJAIC F., E. MARÍN & T. BARRIOS. 2010. Evaluación del efecto de la profundidad y el tamaño de la nidada sobre tres parámetros reproductivos de nidadas trasplantadas de tortuga arrau, *Podocnemis expansa* (Testudines: Podocnemididae). *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad del Zulia*. 44(2): 223-250.

ROJAS-RUNJAIC F., A. FERRER & C. SEÑARIS. 2011. Tortugas Continentales de la Orinoquia venezolana: Situación actual e iniciativas para su conservación y uso sustentable. Pp. 175-206. *En: Lasso C., A. Rial, C. Matallana, W. Ramírez, J. Señaris, A. Díaz-Pulido, G. Corzo, A. Machado-Allison. (Eds.). 2011. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco II. Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle de Ciencias Naturales e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D.C., Colombia. 304 pp.*

ROSSI J.V. 1996. Dermatology. *En: Mader, D.R. Reptile Medicine and Surgery*. W.B. Saunders Co., Philadelphia, USA. 104-117.

ROZE J. 1964. Pilgrim of the river life cycle of the Orinoco turtle has many unusual features. *Natural History*. 73(7): 34-41.

RÖHL E. 1956. Fauna descriptiva de Venezuela. Tercera edición, Nuevas Gráficas, S.A. Madrid, España: 409-411.

RUEDA-ALMONACID J. 1999. Anfibios y reptiles amenazados de extinción en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 23: 475-498.

RUEDA-ALMONACID J., J. CARR, R. MITTERMEIER, J. RODRÍGUEZ, R. MAST, R. VOGT, A. RHODIN, J. DE LA OSSA, J. RUEDA & C. GOETTSCHE. 2007. Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del Trópico. Serie de guías tropicales de campo N° 6. Conservación Internacional. Editorial Panamericana. Formas e Impresos. Bogotá, Colombia. 270 pp.

RYAN T. & A. LAMBERT. 2005. Prevalence and colonization of *Placobdella* on two species of freshwater turtles (*Graptemys geographica* and *Sternotherus odoratus*). *Journal of Herpetology*. 39(2): 284-287.

SÁ V., L. QUINTANILHA, G. FRENEAU, V. FERREIRA, A. DE LOS REYES & P. SILVA. 2004. Crecimiento ponderal de filhotes de tartaruga gigante da amazônia (*Podocnemis expansa*) submetidos a tratamento con rações isocalóricas contendo diferentes níveis de proteína bruta. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33(6): 2351-2358.

SELVAS-CÁRDENAS D. 2009. Diseño de tratamientos clínicos para el manejo en cautiverio de tortugas (Reptilia: Anapsida: Testudines) en el Centro Mexicano de la Tortuga (CMT), Mazunte, Oaxaca. *Ciencia y Mar*. 13(38): 39-46.

SIRIA C. & G. PÉREZ. 2002. Problemas clínicos más comunes de tortugas mantenidas como mascotas. *Revista de la Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Pequeñas Especies*. 13(2): 56- 64.

SMITH N. 1974. Destructive Exploitation of the South American River Turtle. *Association of Pacific Coast Geographers*. 36: 85-101.

STEARNS, S. C. 1992. The evolution of the life histories. Oxford University Press. New York. 249 pp.

SOINI P. 1996. Reproducción, abundancia y situación de quelonios acuáticos en la Reserva Nacional Pacaya- Samiria, Perú. *Folia Amazónica*. 8(1): 145-165.

SOINI P. 1999. Programa Aprovechamiento Sostenible de la Biodiversidad. Un manual para el manejo de quelonios acuáticos en la Amazonia Peruana (Charapa, Taricaya y Cupiso). Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos-Perú. 68 pp.

SOINI P. & HERRERA W. 1987. Informe técnico: Evaluación y manejo de quelonios acuáticos. Ministerio de Agricultura, Dirección Forestal y Agua. IIAP. Iquitos, Perú. 45 pp. (Mimeografiado).

SULBARÁN M. 2003. Evaluación preliminar de la población de tortuga arrau (*Podocnemis expansa*) en el Lago de Valencia, Estados Aragua y Carabobo. FUNDACITE ARAGUA. Series Informes Técnicos ONDB/IT/419.

TCA- SPT. 1997. Biología y manejo de la tortuga *Podocnemis expansa* (Testudines, Pelomedusidae). Tratado de Cooperación Amazónica. Secretaría Pro Tempore. Caracas, Venezuela. 179 pp.

THOMPSON D. 1972. On growth and form. University Press, Cambridge, UK. 464 pp.

THORBJARNARSON J.B., N. PÉREZ & T. ESCALONA. 1993. Nesting of *Podocnemis unifilis* in the Capanaparo River, Venezuela. *Journal of Herpetology*. 27: 344-347.

TREBBAU P. & P.C.H. PRITCHARD. 2016. Venezuela y sus tortugas. Oscar Todtmann editores. Caracas: 20-26.

VALENZUELA N. 2000. Multiple paternity in side-neck turtles *Podocnemis expansa*: evidence from microsatellite DNA data. *Molecular Ecology*. 9: 99-105.

VALENZUELA N., D. ADAMS, R. BOWDEN & A. GAUGER. 2004. Geometric Morphometric Sex Estimation for Hatchling Turtles: A Powerful Alternative for Detecting Subtle Sexual Shape Dimorphism. *Copeia*. (4): 735-742.

VAN DICK P.P., J.B. INVERSON, A.G. RHODIN, H.B. SHAFFER & R. BOUR. 2014. Turtles of the World, 7th Edition: Annotated Checklist of Taxonomy, Synonymy, Distribution with Maps and Conservation Status. Project of the IUCN/SSC Tortoise and

Freshwater Turtle Specialist Group. A.G.J. Rhodin, P.C.H. Pritchard, P.P. van Dijk, R.A. Saumure, K.A. Buhlmann, J.B. Iverson, and R.A. Mittermeier (Eds). Chelonian Research Monographs No. 5, doi:10.3854/crm.5.000.checklist.v7.2014.

VANZOLINI P. 2003. On clutch size and hatching success of the South American turtles *Podocnemis expansa* (Schweigger 1812) and *P. unifilis* (Troschel 1848) (Testudines, Podocnemididae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 75(4):415-430.

VELO-ANTÓN G., C.G., BECKER & A. CORDERO-RIVERA. 2011. Turtle carapace anomalies: The roles of genetic diversity and environment. *PLoS ONE*. 6(4): e18714. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0018714>. Consultado el 23 de agosto de 2014.

VILA M. 1966. Aspectos geográficos del Estado Carabobo. Corporación Venezolana de Fomento. Caracas-Venezuela.

VILORIA N. 2011. Evaluación de algunos aspectos poblacionales y de uso del Galápagos Llanero (*Podocnemis vogli*) en el Hato Masagural y zonas adyacentes, estado Guárico. Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Venezuela. 94 pp.

VITT L. & J. CALDWELL. 2009. Herpetology. Academic Press. Third edition. Oxford, UK. 694 pp.

VON HILDEBRAND P. & A. LIEBERMAN. 1992. The flow of the Rio Cahuinari: A Story of the Giant River Turtle. *Zoonooz*. 10: 10-13.

VON HILDEBRAND P., N. BERMÚDEZ & M. PEÑUELA. 1997. La tortuga charapa (*Podocnemis expansa*) en el río Caquetá, Amazonas, Colombia. Aspectos de la biología reproductiva y técnicas para su manejo. Disloque Editores. Primera Edición. Santafé de Bogotá, D. C.- Colombia.

ANEXOS

ANEXO 1

Prueba de Shapiro-Wilks realizada en cada mes de evaluación a los tortuguillos de arrau en cautiverio.

EDAD (meses)	VARIABLE	p (normal)
3	LLC	1,70E-05
	LCC	0,00657
	LLP	4,97E-05
	ALC	0,0001998
	PESO	0,004592
4	LLC	0,00502
	LCC	5,26E-05
	LLP	0,004161
	ALC	0,01983
	PESO	0,0009261
6	LLC	0,5885
	LCC	0,7169
	LLP	0,0001621
	ALC	0,7005
	PESO	6,09E-06
7	LLC	0,3212
	LCC	0,01873
	LLP	0,01267
	ALC	0,1276
	PESO	2,10E-05
8	LLC	0,0274
	LCC	6,59E-11
	LLP	0,3718
	ALC	0,0001049
	PESO	1,74E-05
9	LLC	0,6057
	LCC	0,02998
	LLP	6,54E-07
	ALC	0,1144
	PESO	2,99E-05
11	LLC	7,76E-15
	LCC	0,531
	LLP	0,204
	ALC	0,0004125
	PESO	6,85E-06
12	LLC	0,1199
	LCC	0,2367
	LLP	0,07488
	ALC	0,0005593
	PESO	3,12E-05

ANEXO 2

Prueba de Levene realizada en cada mes de evaluación a los tortuguillos de arrau en cautiverio.

EDAD (meses)	VARIABLE	<i>p</i> (iguales)
3	LLC	0,3411
	LCC	0,3201
	LLP	0,01345
	ALC	0,01277
	PESO	0,4543
4	LLC	0,6421
	LCC	0,4588
	LLP	0,7179
	ALC	0,6143
	PESO	0,5102
6	LLC	0,8172
	LCC	0,2313
	LLP	0,1727
	ALC	0,648
	PESO	0,2011
7	LLC	0,7301
	LCC	0,4436
	LLP	0,8474
	ALC	0,5902
	PESO	0,5849
8	LLC	0,07891
	LCC	0,03707
	LLP	0,0007433
	ALC	0,9751
	PESO	0,01678
9	LLC	0,9312
	LCC	0,9599
	LLP	0,4878
	ALC	0,1546
	PESO	0,1646
11	LLC	0,1695
	LCC	0,4623
	LLP	0,8615
	ALC	0,4292
	PESO	0,05235
12	LLC	0,8338
	LCC	0,4521
	LLP	0,7729
	ALC	0,2606
	PESO	0,6923

ANEXO 3

Prueba de Kruskal-Wallis realizada en cada mes de evaluación a los tortuguillos de arrau en cautiverio.

EDAD (meses)	VARIABLE	H (chi2)	Hc (corregida por empates)	p (iguales)
3	LLC	3,503	3,521	0,1719
	LCC	11,55	11,63	0,002976**
	LLP	113,8	114,4	1,45E-25**
	ALC	121,9	122,5	2,56E-27**
	PESO	4,001	4,15	0,1256
4	LLC	3,415	3,436	0,1794
	LCC	1,996	2,006	0,3668
	LLP	4,198	4,237	0,1202
	ALC	0,803	0,8074	0,6678
	PESO	2,083	2,086	0,3523
6	LLC	18,6	18,65	8,91E-05**
	LCC	46,32	46,45	8,21E-11**
	LLP	38,22	38,37	4,65E-09**
	ALC	18,28	18,35	0,0001036**
	PESO	58,01	58,06	2,47E-13**
7	LLC	10,8	10,82	0,004477**
	LCC	14,66	14,7	0,0006431**
	LLP	11,64	11,72	0,002857**
	ALC	14,73	14,78	0,0006179**
	PESO	13,37	13,38	0,001245**
8	LLC	18,89	18,93	7,76E-05**
	LCC	6,241	6,251	0,04391*
	LLP	6,348	6,359	0,04161*
	ALC	20,58	20,63	3,31E-05**
	PESO	32,45	32,54	8,60E-08**
9	LLC	36,32	36,37	1,27E-08**
	LCC	38,41	38,49	4,38E-09**
	LLP	40,92	41,03	1,23E-09**
	ALC	51,28	51,37	7,01E-12**
	PESO	53,87	54,01	1,87E-12**
11	LLC	60	60,12	8,82E-14**
	LCC	58,54	58,62	1,87E-13**
	LLP	50,79	50,9	8,87E-12**
	ALC	53,95	54,08	1,80E-12**
	PESO	46,01	46,12	9,68E-11**
12	LLC	57,79	57,88	2,71E-13**
	LCC	65,49	65,56	5,81E-15**
	LLP	59,54	59,66	1,11E-13**
	ALC	49,86	49,93	1,44E-11**
	PESO	48,35	48,44	3,02E-11**

*: significativo (p<0,05); **: altamente significativo (p<0,01)

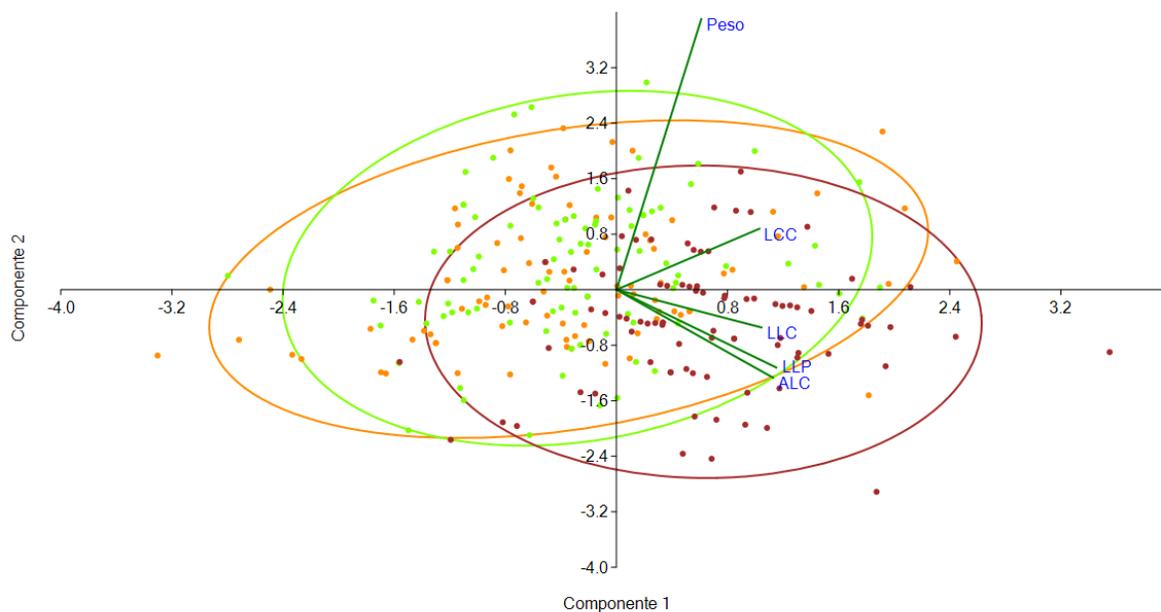
ANEXO 4

Comparaciones múltiples entre las densidades (Mann-Whitney) realizadas a posteriori para evidenciar diferencias según las variables de crecimiento en varias edades. A los 4 meses no hubo diferencias significativas en ninguna comparación.

Variable	Diferencia	3 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	11 meses	12 meses
LLC	60≠120	0,5251	0,0773	0,0171*	0,0465*	0,0009**	0,0151*	0,0015**
	60≠200	0,0733	2,1E-05**	1,5E-03**	1,9E-05**	3,1E-09**	7,7E-14**	3,9E-13**
	120≠200	0,1981	0,0099**	0,5073	0,0138*	0,0041**	1,1E-07**	9,3E-07**
LCC	60≠120	0,3996	6,0E-05**	4,3E-03**	0,1788	0,0162*	0,0347*	1,6E-05**
	60≠200	0,0184*	2,8E-11**	2,4E-04**	0,3252	3,1E-09**	7,1E-13**	2,1E-14**
	120≠200	8,4E-04**	2,5E-03**	0,5636	0,0102*	4,1E-05**	1,6E-08**	3,4E-06**
LLP	60≠120	0,597	1,3E-04**	0,0182*	0,5268	0,0353*	0,968	5,6E-05**
	60≠200	2,3E-19**	8,5E-10**	9,0E-04**	0,0531	6,5E-10**	3,8E-10**	1,3E-13**
	120≠200	2,1E-21**	0,0225*	0,3326	0,0203*	1,4E-05**	1,2E-09**	1,6E-05**
ALC	60≠120	0,371	0,1155	0,0038**	6,1E-04**	8,9E-05**	0,1211	2,8E-05**
	60≠200	4,2E-21**	2,7E-05**	0,0003**	1,9E-05**	1,3E-12**	4,2E-12**	3,1E-11**
	120≠200	2,9E-22**	6,6E-03**	0,4762	0,3458	0,0009**	3,2E-08**	0,0002**
PESO	60≠120	0,0654	5,8E-05**	0,0422*	0,0003**	1,6E-05**	0,0075**	5,3E-05**
	60≠200	0,1092	1,1E-13**	0,0002**	9,8E-09**	2,4E-12**	3,6E-11**	3,3E-11**
	120≠200	0,6179	7,8E-05**	0,1634	0,0873	0,0002**	2,1E-05**	0,0004**

*: significativo (p<0,05); **: altamente significativo (p<0,01)

ANEXO 5



Biplot a partir del análisis de componentes principales a los 3 meses de edad de los tortuguillos de arrau. En naranja 60 ind/m², verde 120 ind/m² y 200 ind/m² en marrón, y elipses del 95 % de confianza.

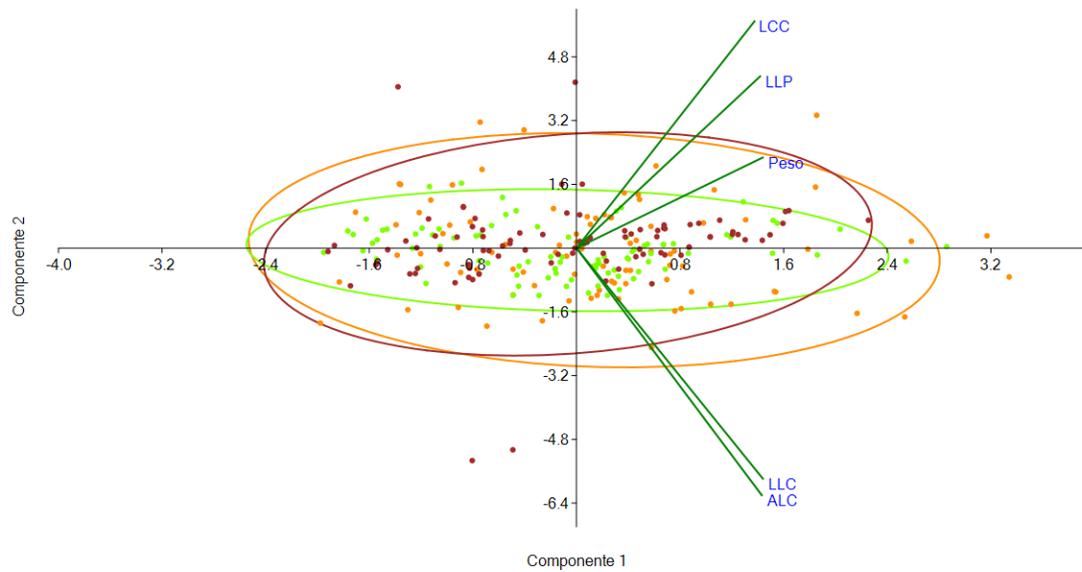
Tabla de autovalores

CP	Autovalor	% varianza
1	3,3350	66,699
2	0,8913	17,826
3	0,3706	7,412
4	0,3549	7,098
5	0,0482	0,964

Tabla de autovectores

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
LLC	0,84269	-0,1173	-0,2399	0,46744	0,0052904
LCC	0,83104	0,18977	0,39925	-0,33747	0,0085379
LLP	0,92886	-0,2420	0,21449	-0,08359	-0,16013
ALC	0,91014	-0,2735	0,25829	-0,08744	0,14993
Peso	0,49303	0,84151	0,20223	0,088796	0,001485

ANEXO 6



Biplot a partir del análisis de componentes principales a los 4 meses de edad de los tortuguillos de arrau. En naranja 60 ind/m², verde 120 ind/m² y 200 ind/m² en marrón, y elipses del 95 % de confianza.

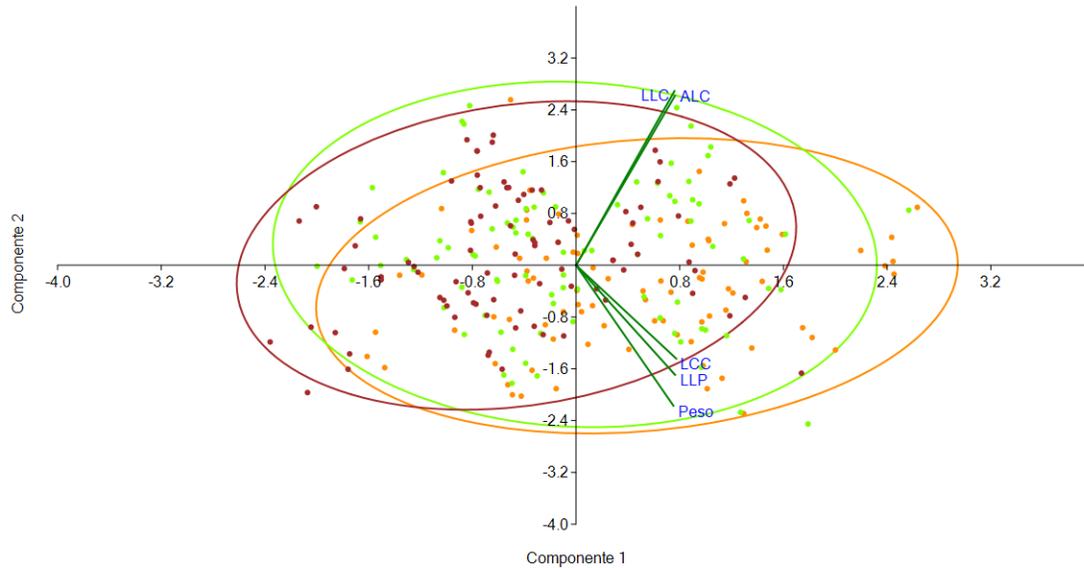
Tabla de autovalores

CP	Autovalor	% varianza
1	4,3784	87,567
2	0,3448	6,895
3	0,1678	3,356
4	0,0956	1,913
5	0,0134	0,269

Tabla de autovectores

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
LLC	0,94847	-0,3002	0,05366	0,02299	-0,082843
LCC	0,90535	0,29527	0,30406	-0,02609	0,004864
LLP	0,93447	0,22368	-0,18074	0,20992	2,42E-01
ALC	0,94268	-0,3217	0,031122	0,01864	0,080958
Peso	0,94723	0,11791	-0,19701	-0,22366	-0,002290

ANEXO 7



Biplot a partir del análisis de componentes principales a los 6 meses de edad de los tortuguillos de arrau. En naranja 60 ind/m², verde 120 ind/m² y 200 ind/m² en marrón, y elipses del 95 % de confianza.

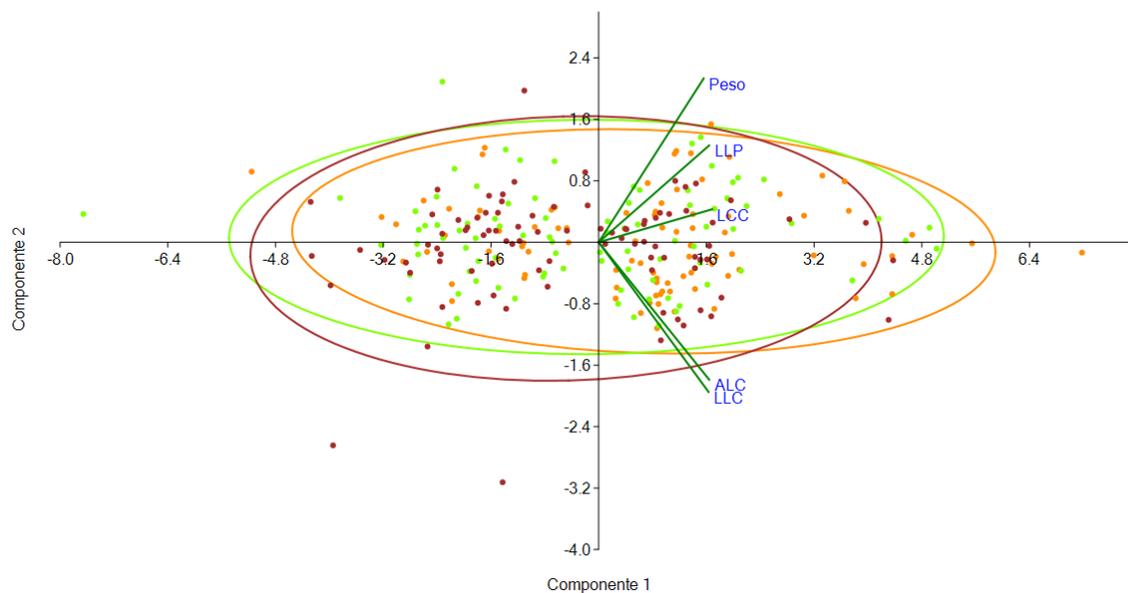
Tabla de autovalores

CP	Autovalor	% varianza
1	4,229	84,585
2	0,517	10,344
3	0,130	2,594
4	0,119	2,375
5	0,005	0,103

Tabla de autovectores

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
LLC	0,92081	0,38637	0,0058498	0,013796	-0,051086
LCC	0,93285	-0,2129	0,084148	-0,27813	0,0015562
LLP	0,92188	-0,2498	-0,29196	0,049931	0,00067487
ALC	0,91603	0,39695	0,011337	0,026122	0,050132
Peso	0,90674	-0,3203	0,19287	0,19498	-0,0010546

ANEXO 8



Biplot a partir del análisis de componentes principales a los 7 meses de edad de los tortuguillos de arrau. En naranja 60 ind/m², verde 120 ind/m² y 200 ind/m² en marrón, y elipses del 95 % de confianza.

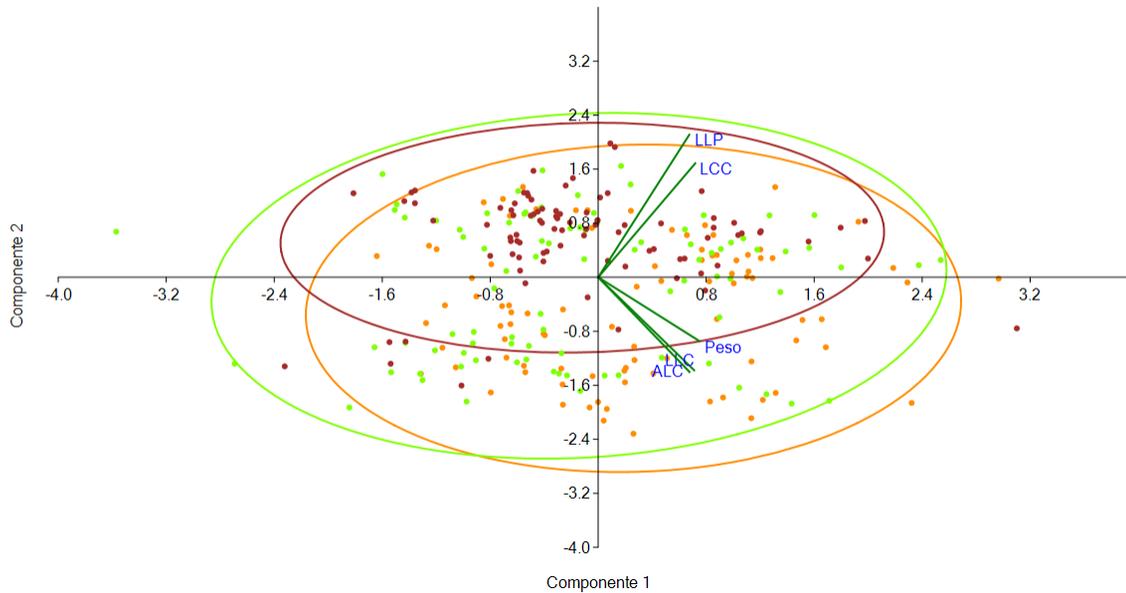
Tabla de autovalores

CP	Autovalor	% varianza
1	4,327	86,530
2	0,396	7,917
3	0,159	3,172
4	0,083	1,667
5	0,036	0,715

Tabla de autovectores

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
LLC	0,92993	-0,33589	0,062194	-0,04177	0,12962
LCC	0,96027	0,074058	-0,15632	-0,21271	-0,052117
LLP	0,93512	0,21728	-0,22553	0,16035	0,042002
ALC	0,93584	-0,30841	0,063235	0,10302	-0,12031
Peso	0,88847	0,36768	0,27461	0,003658	0,0031748

ANEXO 9



Biplot a partir del análisis de componentes principales a los 8 meses de edad de los tortuguillos. En naranja 60 ind/m², verde 120 ind/m² y 200 ind/m² en marrón, y elipses del 95 % de confianza.

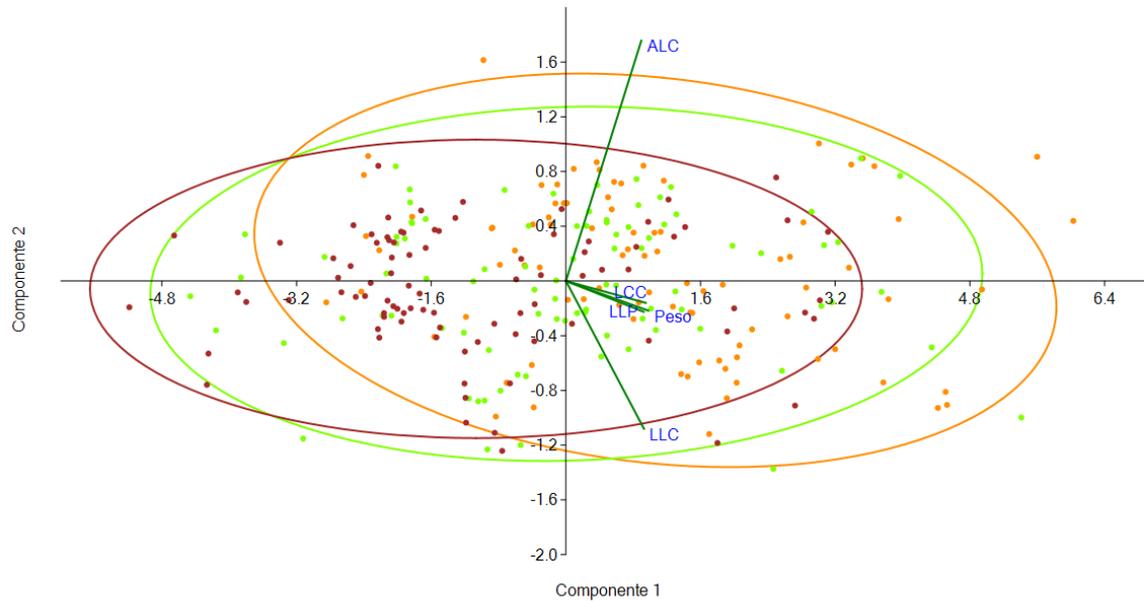
Tabla de autovalores

CP	Autovalor	% varianza
1	3,627	72,549
2	0,751	15,022
3	0,331	6,611
4	0,162	3,236
5	0,129	2,583

Tabla de autovectores

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
LLC	0,85663	-0,3437	-0,29505	0,24698	0,0012364
LCC	0,86614	0,42099	-0,028792	-0,02296	-0,26688
LLP	0,81314	0,5269	0,062639	0,067335	0,22961
ALC	0,81474	-0,34978	0,46028	0,03841	-0,022771
Peso	0,90467	-0,23619	-0,16388	-0,307	0,068465

ANEXO 10



Biplot a partir del análisis de componentes principales a los 9 meses de edad de los tortuguillos de arrau. En naranja 60 ind/m², verde 120 ind/m² y 200 ind/m² en marrón, y elipses del 95 % de confianza.

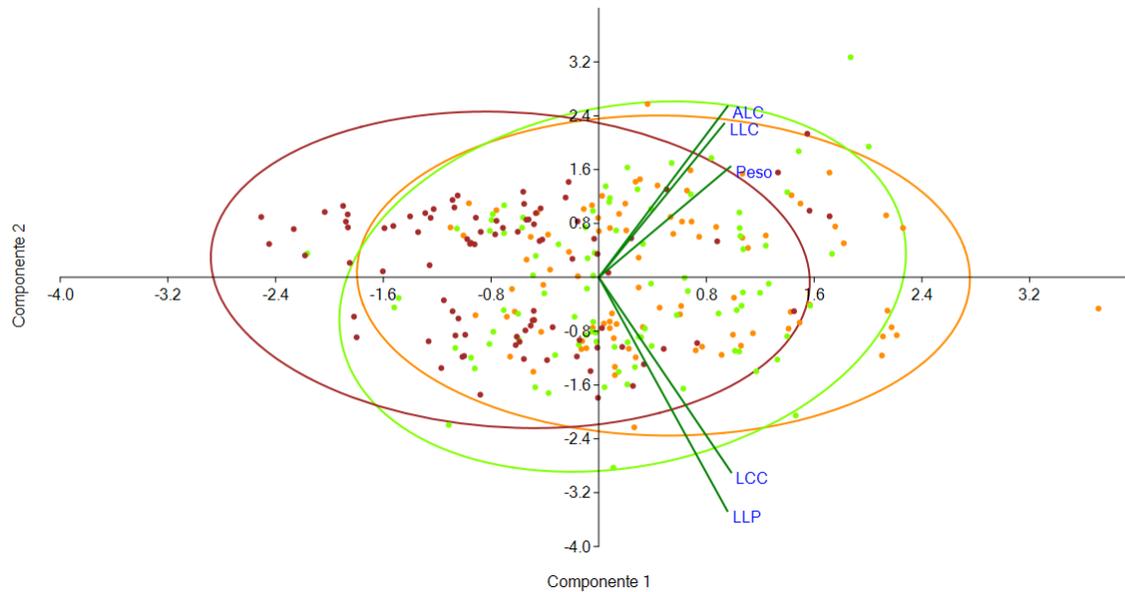
Tabla de autovalores

CP	Autovalor	% varianza
1	4,357	87,132
2	0,264	5,274
3	0,201	4,016
4	0,127	2,532
5	0,052	1,046

Tabla de autovectores

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
LLC	0,92555	-0,26517	-0,143	0,22557	0,04153
LCC	0,94662	-0,03926	-0,18533	-0,24674	0,0845
LLP	0,92173	-0,05529	0,37799	-0,01869	0,064324
ALC	0,894	0,43124	-0,055229	0,10707	0,017119
Peso	0,97727	-0,05318	0,0089603	-0,05494	-0,19751

ANEXO 11



Biplot a partir del análisis de componentes principales a los 11 meses de edad de los tortuguillos de arrau. En naranja 60 ind/m², verde 120 ind/m² y 200 ind/m² en marrón, y elipses del 95 % de confianza.

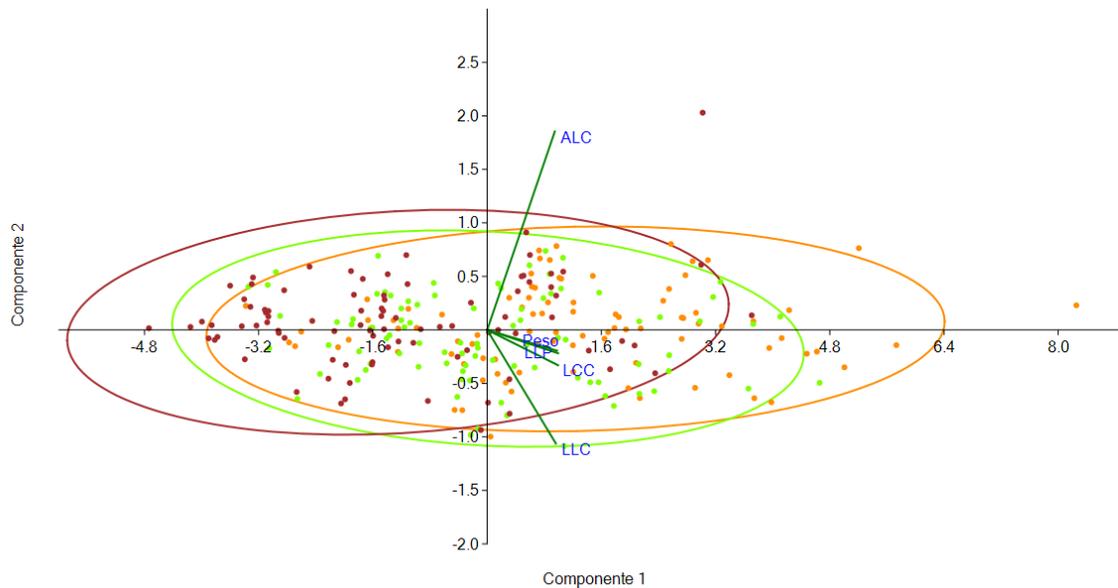
Tabla de autovalores

CP	Autovalor	% varianza
1	3,945	78,893
2	0,524	10,471
3	0,274	5,489
4	0,173	3,456
5	0,085	1,692

Tabla de autovectores

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
LLC	0,86113	0,28015	0,42272	-0,026051	0,024529
LCC	0,90911	-0,35526	0,035119	0,0012167	-0,21468
LLP	0,88261	-0,42569	0,0090408	0,047171	0,19361
ALC	0,8839	0,31144	-0,20342	0,28316	-0,012472
Peso	0,90351	0,2016	-0,23038	-0,29949	0,015697

ANEXO 12



Biplot a partir del análisis de componentes principales a los 12 meses de edad de los tortuguillos de arrau. En naranja 60 ind/m², verde 120 ind/m² y 200 ind/m² en marrón, y elipses del 95 % de confianza.

Tabla de autovalores

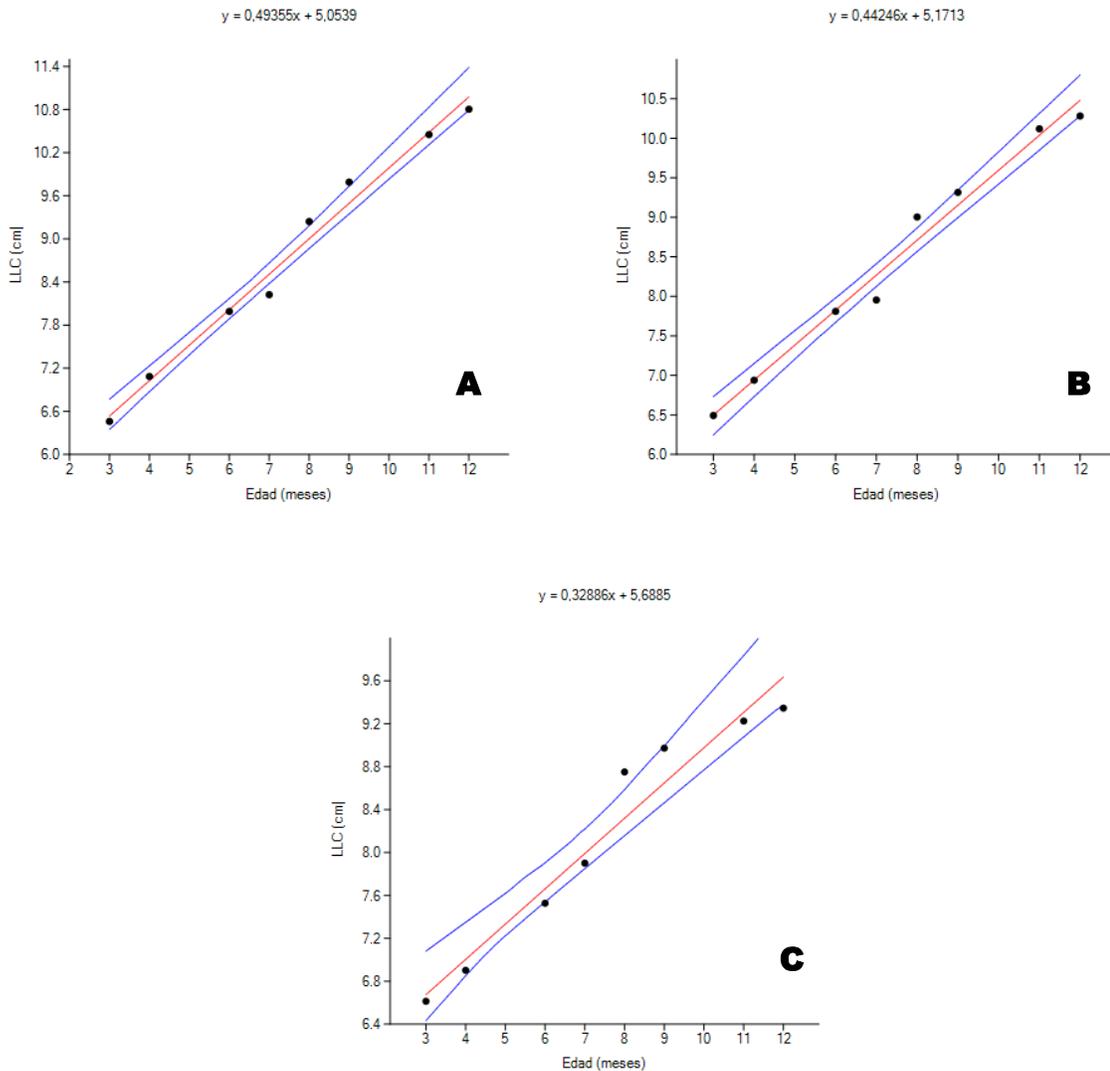
CP	Autovalor	% varianza
1	4,611	92,218
2	0,165	3,292
3	0,116	2,311
4	0,067	1,330
5	0,042	0,850

Tabla de autovectores

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
LLC	0,94812	-0,19743	0,23964	0,067424	-0,01101
LCC	0,97706	-0,06132	-0,044294	-0,14536	0,136
LLP	0,97785	-0,0406	-0,087585	-0,10617	-0,1524
ALC	0,93334	0,34479	0,098285	0,018251	0,002578
Peso	0,96436	-0,03629	-0,19704	0,17097	0,025063

ANEXO 13

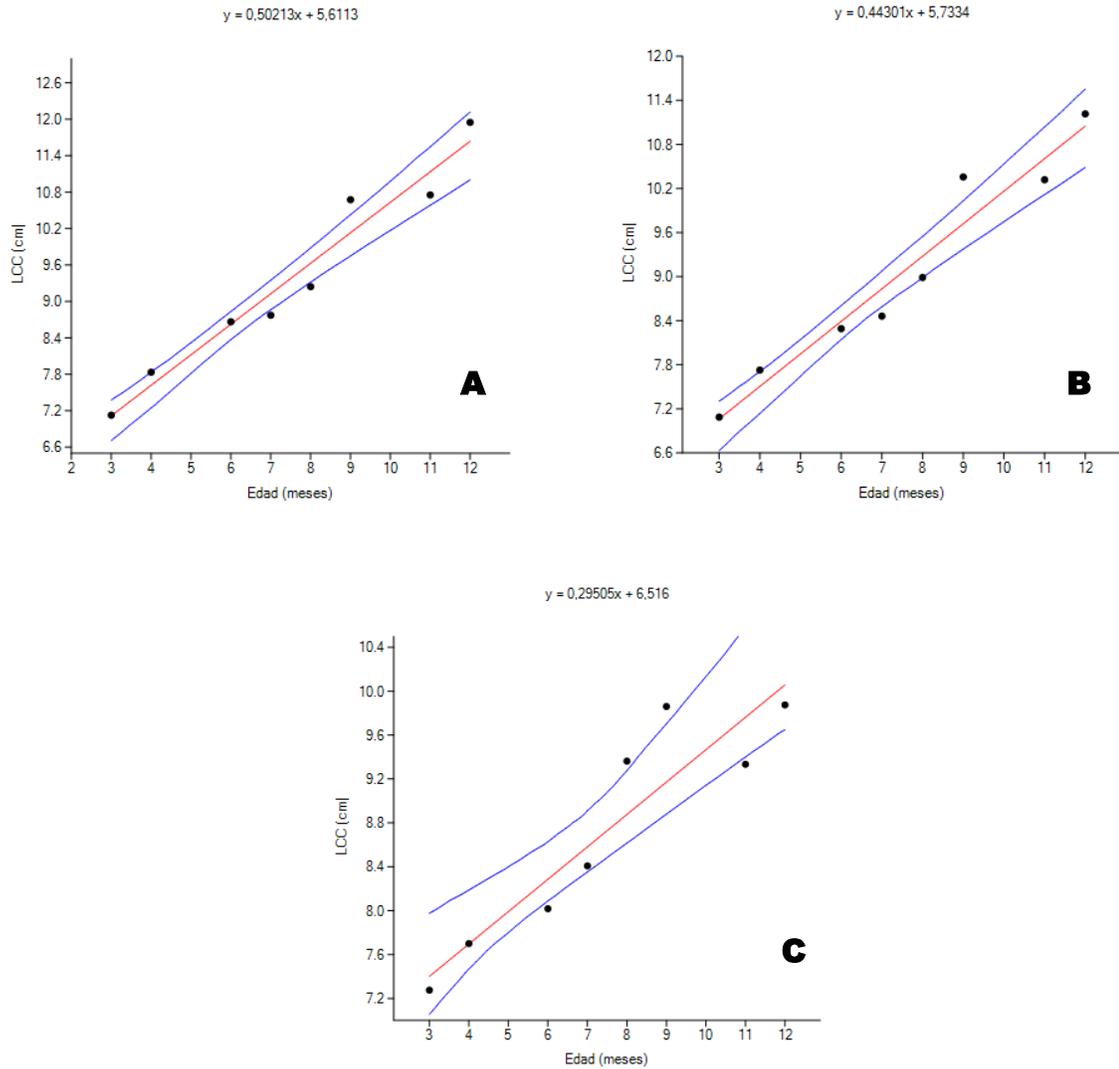
Representación gráfica del modelo de crecimiento para el LLC



Curvas de crecimiento esperadas y observadas para el LLC de los tortuguillos de arrau según el modelo de crecimiento lineal (n=90). Los trazos externos indican el intervalo de confianza del 95 %. Y los círculos corresponden a las medidas de los tortuguillos. A) 60 ind/m², B) 120 ind/m², C) 200 ind/m²

ANEXO 14

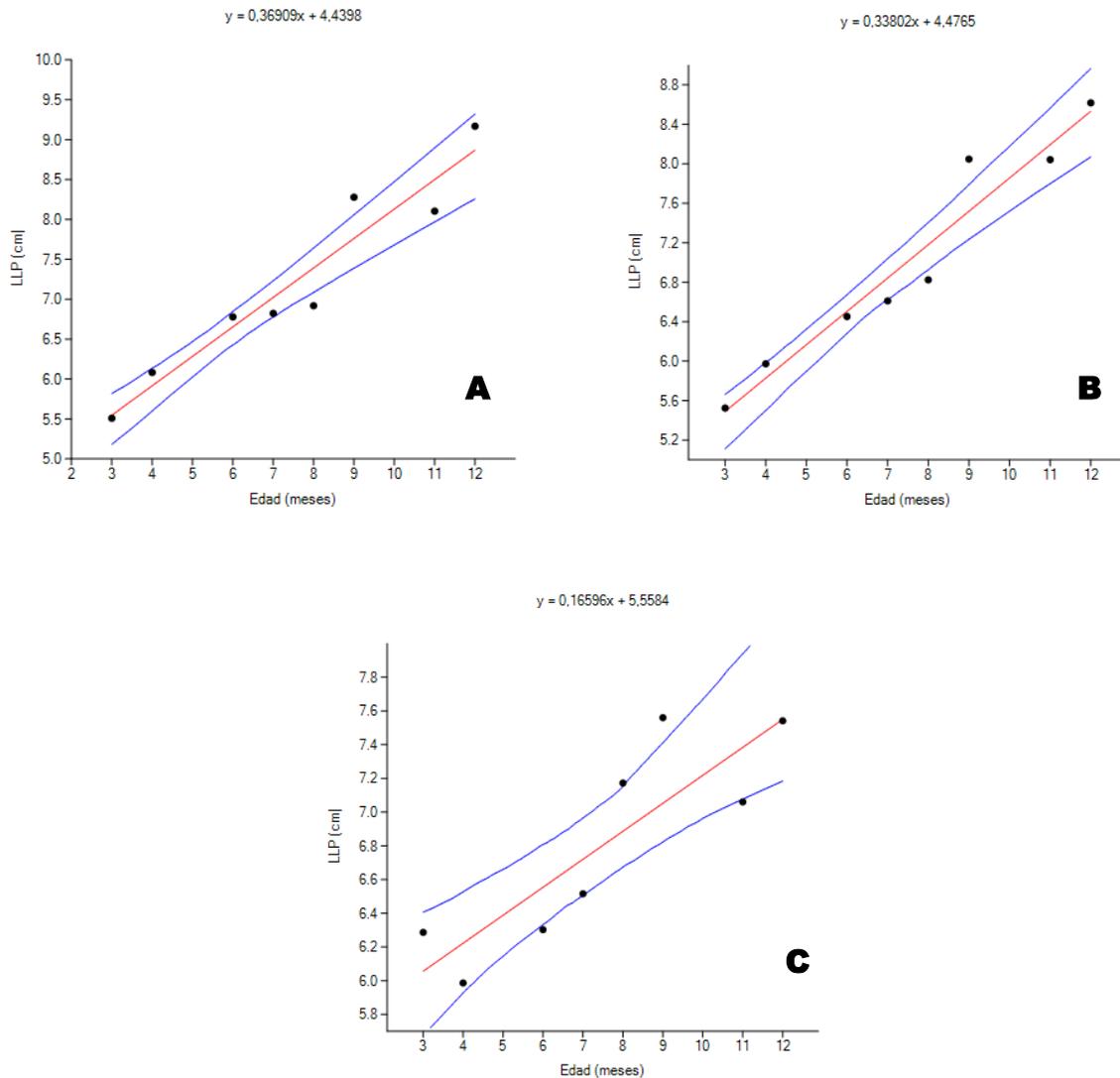
Representación gráfica del modelo de crecimiento para el LCC



Curvas de crecimiento esperadas y observadas para el LCC de los tortuguillos de arrau según el modelo de crecimiento lineal (n=90). Los trazos externos indican el intervalo de confianza del 95 %. Y los círculos corresponden a las medidas de los tortuguillos. A) 60 ind/m², B) 120 ind/m², C) 200 ind/m²

ANEXO 15

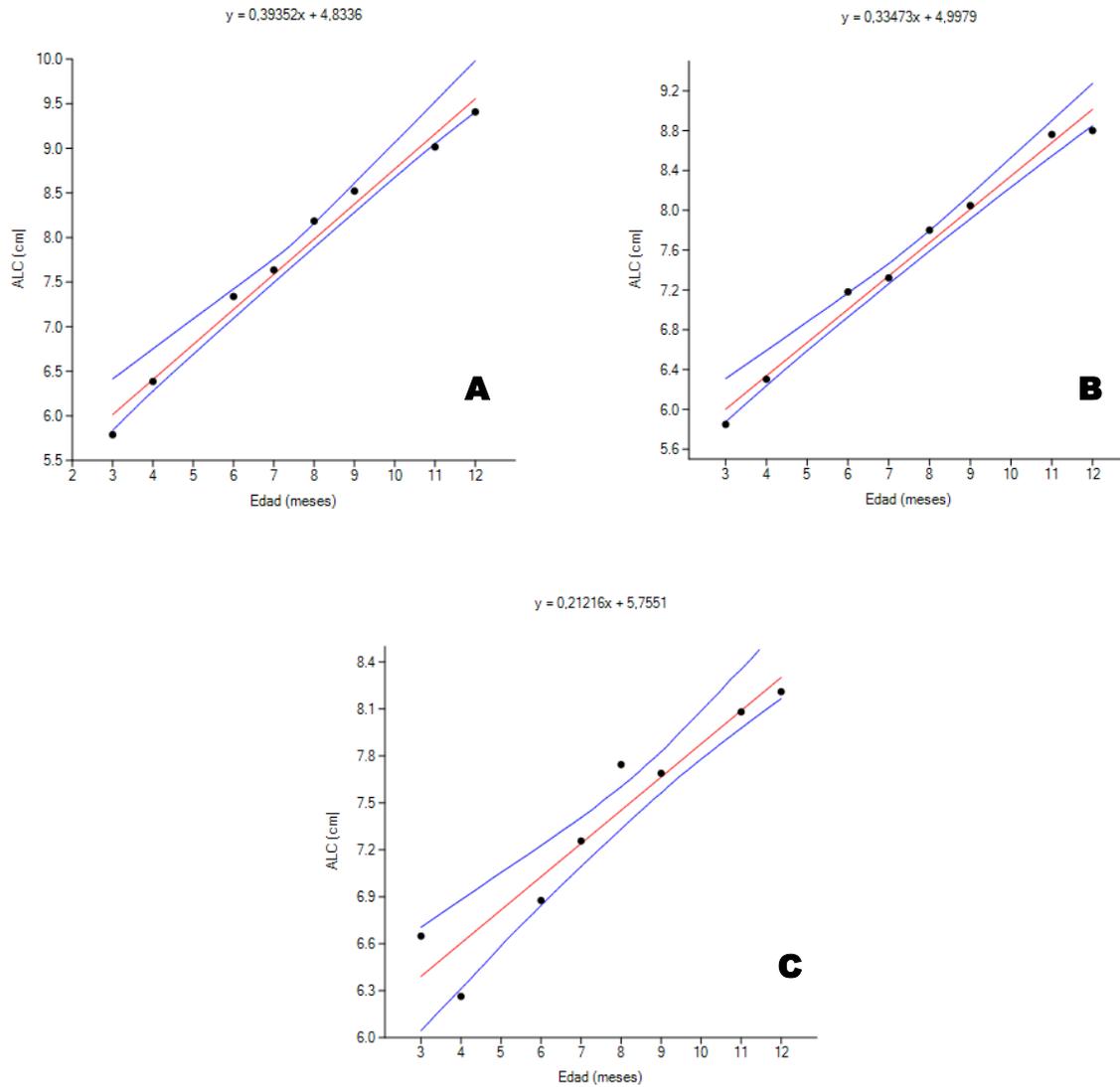
Representación gráfica del modelo de crecimiento para el LLP



Curvas de crecimiento esperadas y observadas para el LLP de los tortuguillos de arrau según el modelo de crecimiento lineal ($n=90$). Los trazos externos indican el intervalo de confianza del 95 %. Y los círculos corresponden a las medidas de los tortuguillos. A) 60 ind/m², B) 120 ind/m², C) 200 ind/m²

ANEXO 16

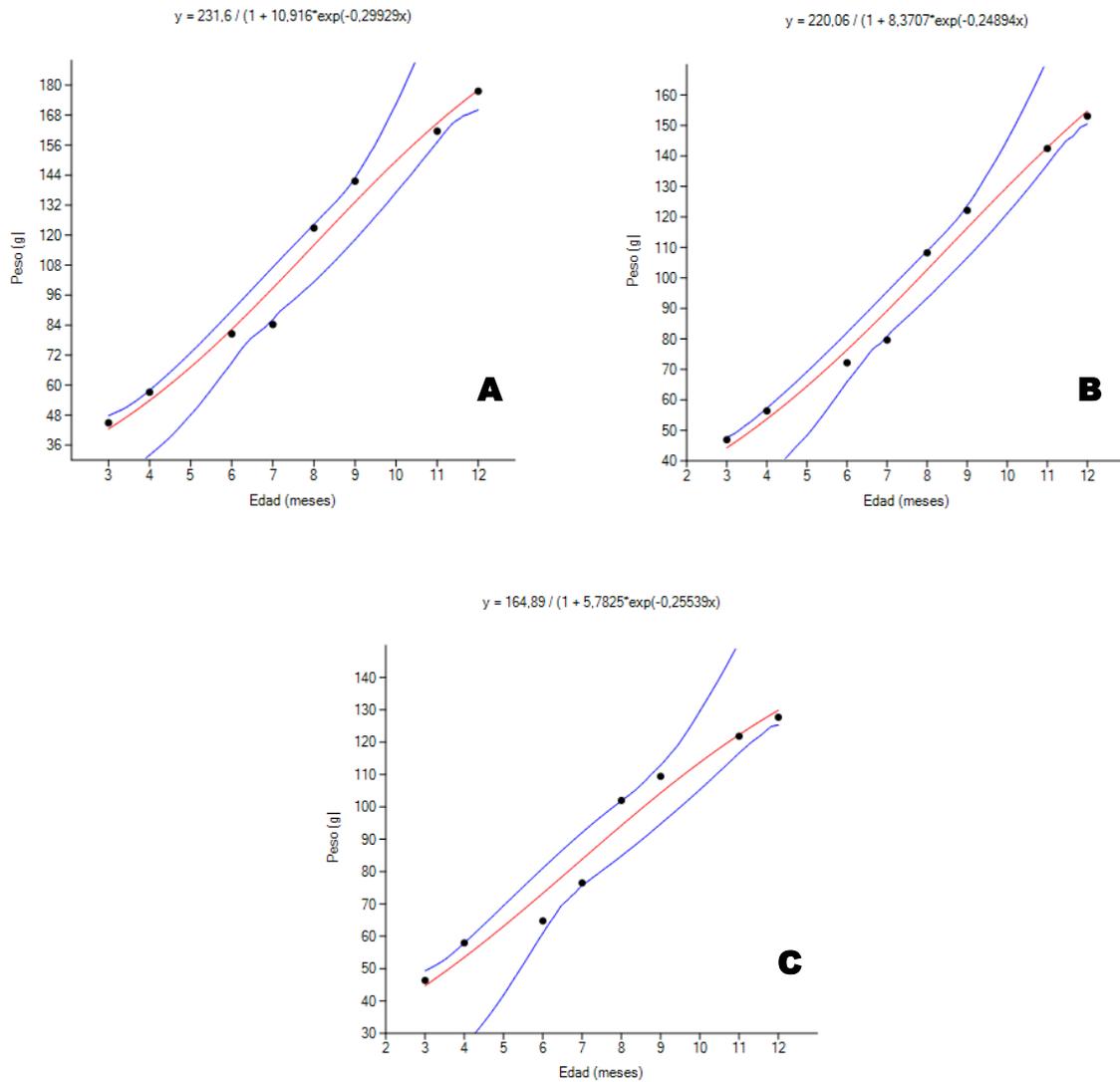
Representación gráfica del modelo de crecimiento para el ALC



Curvas de crecimiento esperadas y observadas para el ALC de los tortuguillos de arrau según el modelo de crecimiento lineal (n=90). Los trazos externos indican el intervalo de confianza del 95 %. Y los círculos corresponden a las medidas de los tortuguillos. A) 60 ind/m², B) 120 ind/m², C) 200 ind/m²

ANEXO 17

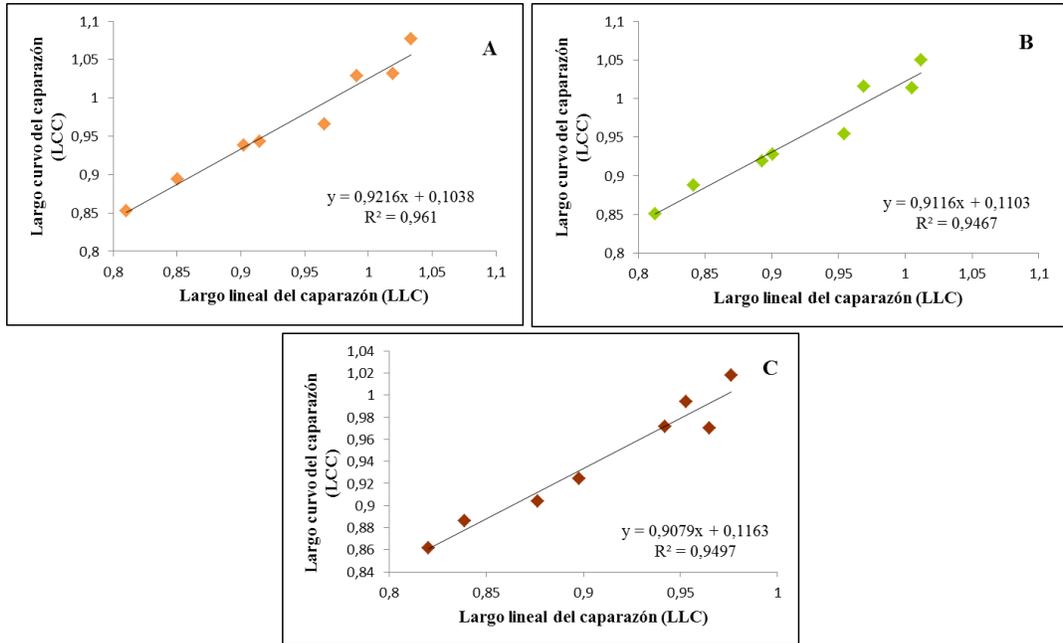
Representación gráfica del modelo de crecimiento para el Peso



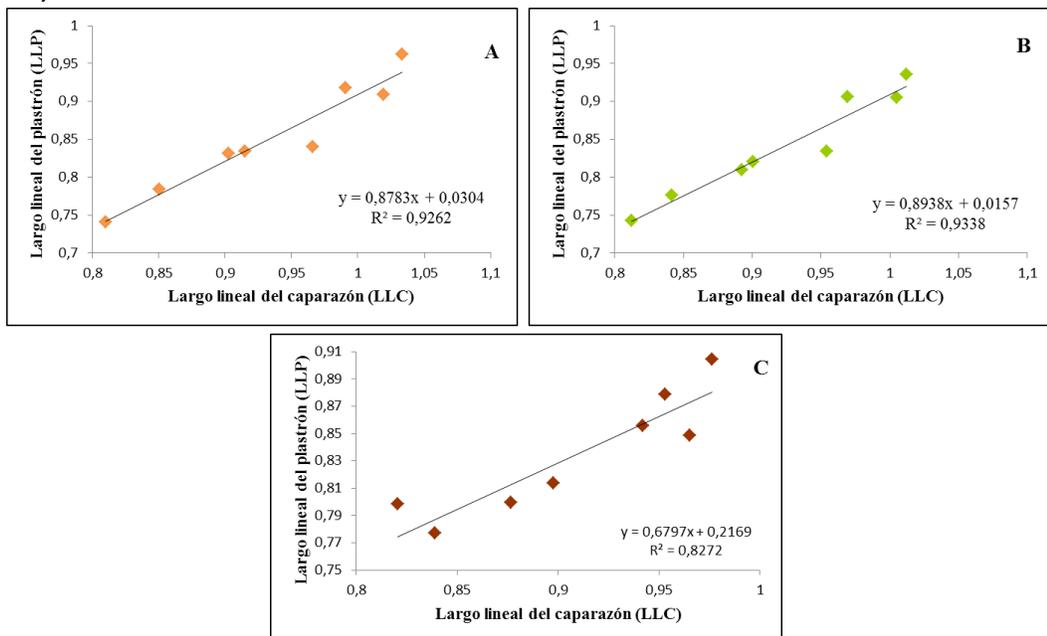
Curvas de crecimiento esperadas y observadas para el Peso de los tortuguillos de arrau según el modelo de crecimiento logístico (n=90). Los trazos externos indican el intervalo de confianza del 95 %. Y los círculos corresponden a las medidas de los tortuguillos. A) 60 ind/m², B) 120 ind/m², C) 200 ind/m²

ANEXO 18

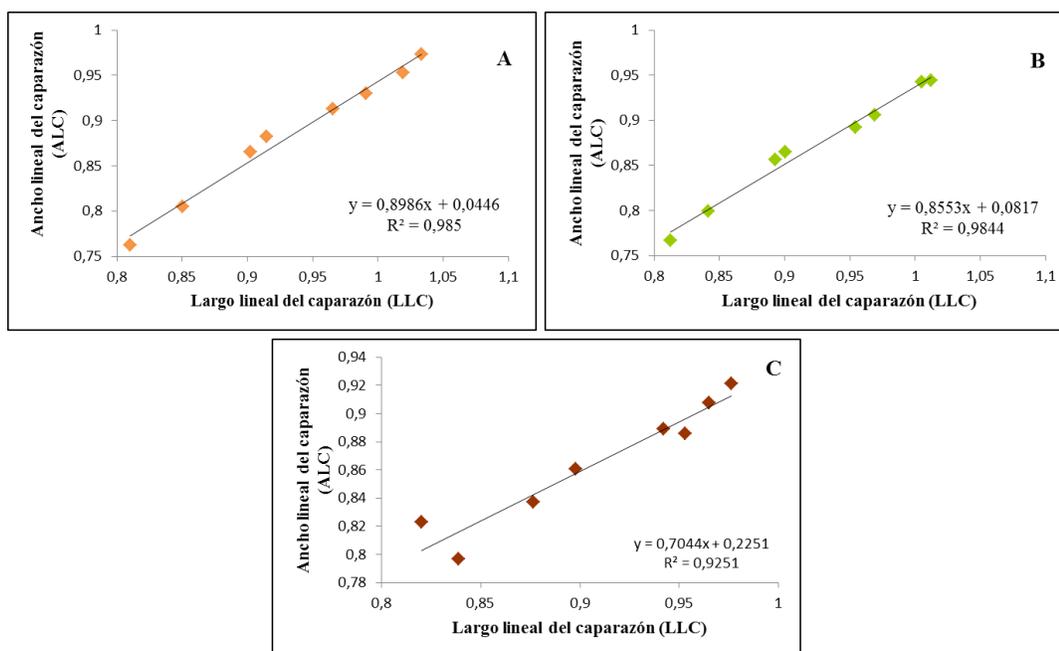
Relación morfométrica entre el largo lineal del caparazón (LLC) y las tallas y peso



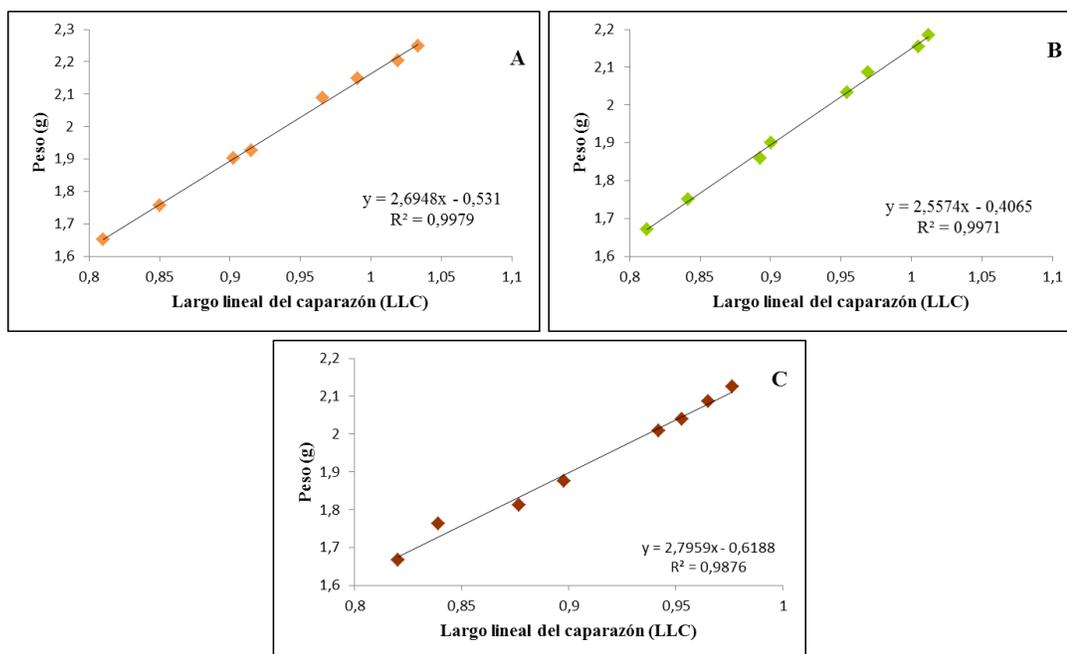
Relación morfométrica entre el largo lineal del caparazón (LLC) y el largo curvo del caparazón (LCC) para los tortuguillos de *Podocnemis expansa* en cautiverio. A) 60 ind/m², B) 120 ind/m², C) 200 ind/m².



Relación morfométrica entre el largo lineal del caparazón (LLC) y el largo lineal del plastrón (LLP) para los tortuguillos de *Podocnemis expansa* en cautiverio. A) 60 ind/m², B) 120 ind/m², C) 200 ind/m².



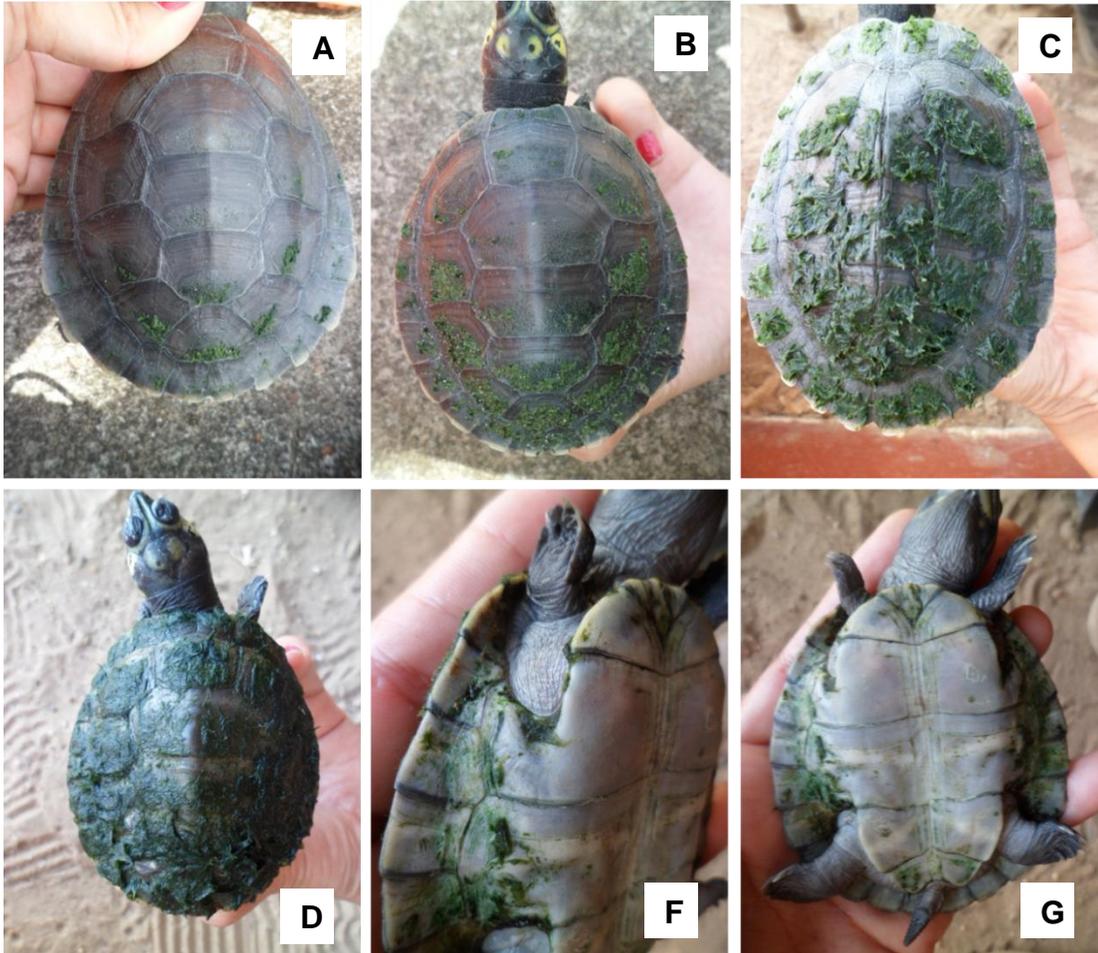
Relación morfométrica entre el lineal del caparazón (LLC) y el ancho lineal del caparazón (ALC) para los tortuguillos de *Podocnemis expansa* en cautiverio. A) 60 ind/m², B) 120 ind/m², C) 200 ind/m².



Relación morfométrica entre el lineal del caparazón (LLC) y el peso para los tortuguillos de *Podocnemis expansa* en cautiverio. A) 60 ind/m², B) 120 ind/m², C) 200 ind/m².

ANEXO 19

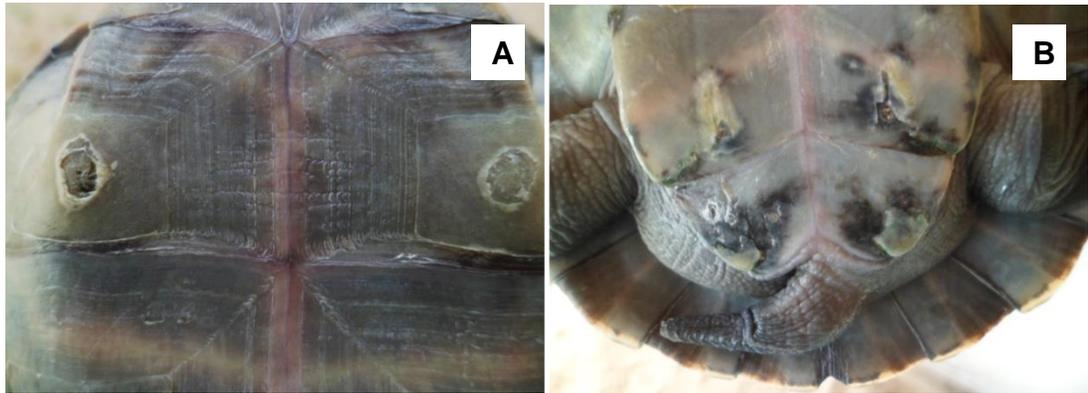
Ectoparásitos presentes en tortuguillos de arrau en cautiverio en el Hato Masaguaral.



En A, B, y C, se muestran tortuguillos con algas solo en el caparazón. D, E y F, se muestran diferentes partes del cuerpo de un mismo individuo con ectoparásitos. Foto: Alexandra Martínez Fuentes.

ANEXO 20

Presencia de dermatitis en los tortuguillos de arrau criados en cautiverio en el Hato Masaguaral.



A) dermatitis en el plastrón de los tortuguillos. B) Coloración negruzca en el plastrón de los tortuguillos. Foto: Alexandra Martínez Fuentes

ANEXO 21

Deformidades en los tortuguillos de arrau llevados a la cría en cautiverio en el Hato Masaguaral.



Caparazón con escamas supernumerarias encontradas en los tortuguillos. Foto: Alexandra Martínez Fuentes.

Otras deformidades encontradas en los tortuguillos de *Podocnemis expansa*



Tortuguillos con deformidades en el plastrón. Foto: Alexandra Martínez Fuentes.



Tortuguillos con deformidades en las escamas marginales. A) Escamas plegadas hacia arriba, B) Escamas plegadas hacia abajo, C) Escamas marginales supernumerarias. Foto: Alexandra Martínez Fuentes.

ANEXO 22

Comportamiento de asoleamiento de los tortuguillos de *Podocnemis expansa* mantenidos en cautiverio en el Hato Masaguaral.



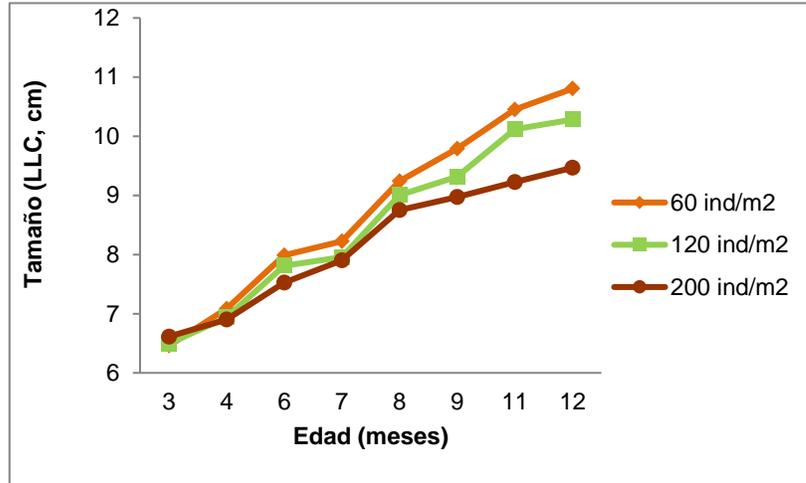
A) Asoleamiento cerca de la superficie (flotando); B) Asoleamiento sobre las tablas. Foto: Alexandra Martínez Fuentes.



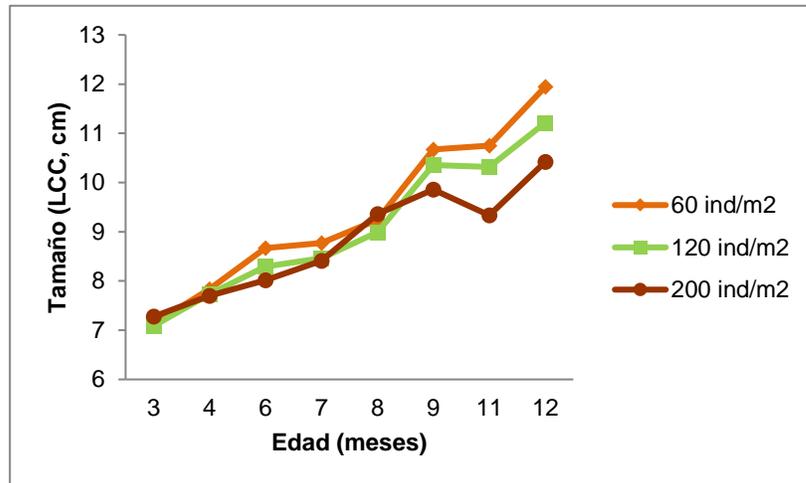
Tortuguillos de arrau fuera del estanque en las tanquillas del Hato Masaguaral. A) Parte de la zona expuesta con tortuguillos asoleándose, B) Tortuguillo trepado entre la división del muro y la reja en la zona expuesta. Foto: Alexandra Martínez Fuentes.

ANEXO 23

Cambios en el crecimiento en talla y peso de los tortuguillos con respecto al alimento

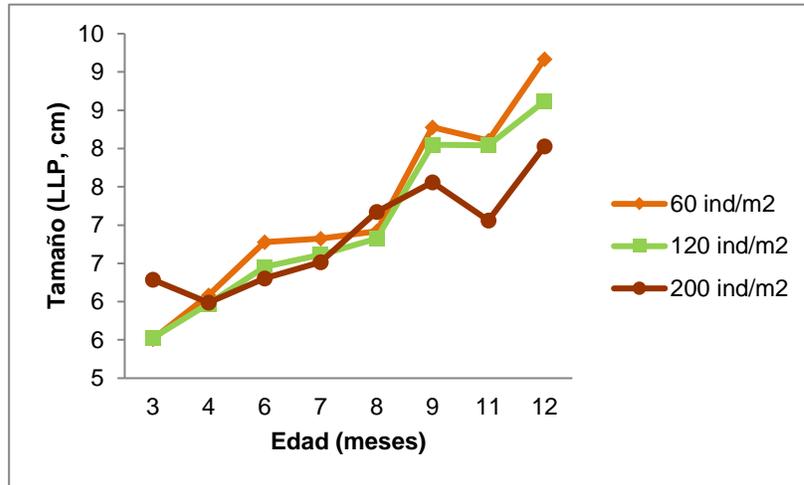


Variación del LLC en el tiempo

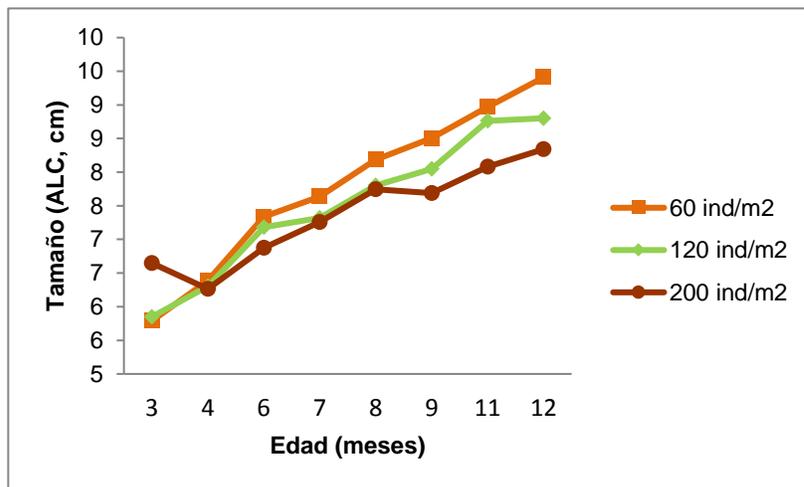


Variación del LCC en el tiempo

Cambios en el crecimiento en talla de los tortuguillos con respecto al alimento

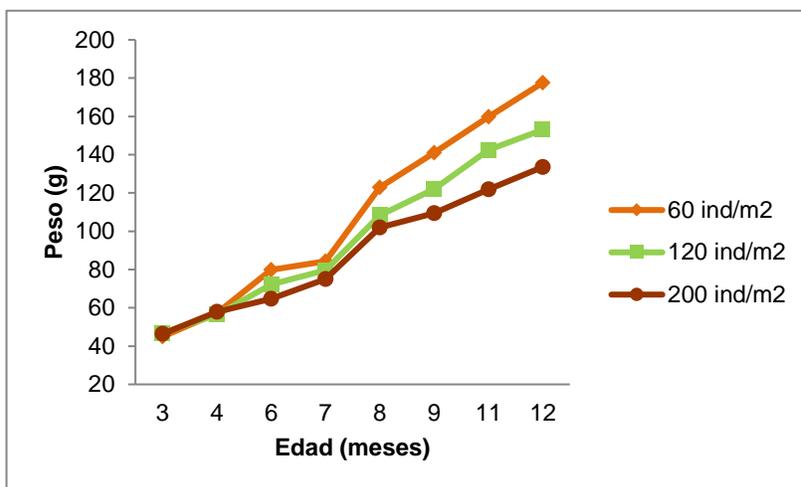


Variación del LLP en el tiempo



Variación del ALC en el tiempo

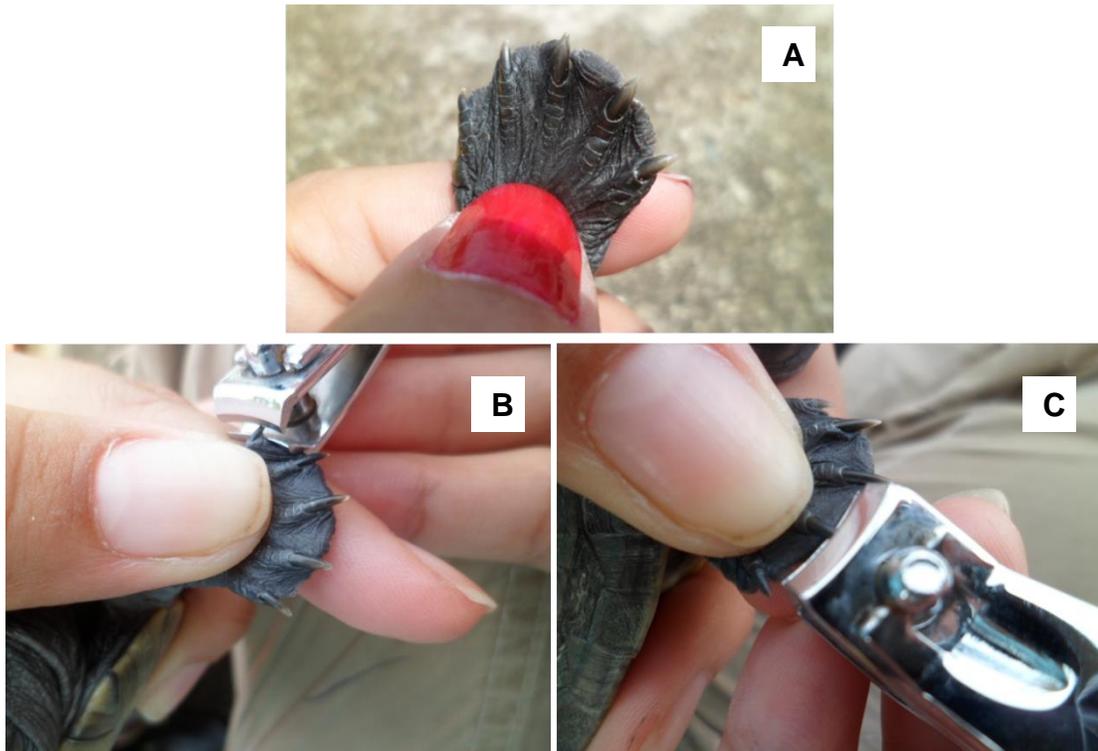
Cambios en el crecimiento en peso de los tortuguillos con respecto al alimento



Variación del Peso en el tiempo

ANEXO 24

Marcaje de los tortuguillos de *Podocnemis expansa*.



A) Forma de la pata delantera de los tortuguillos. B) Corte de la falange en el meñique de la pata delantera izquierda. C) Corte del anular de la pata delantera derecha. Foto: Alejandra Martínez.

ANEXO 25

Tanquillas en el zocriadero del Hato Masaguaral.



A) Disposición de las tanquillas del zocriadero del Hato Masaguaral. B) Vista detallada del estanque donde fueron mantenidos los tortuguillos.