

# Morfometría del caracol gigante africano *Achatina fulica* (Gastropoda: Achatinidae) en Colombia

José M. Avendaño<sup>1</sup> y Edgar L. Linares<sup>2</sup>

1. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. A.A. 7495, Bogotá D.C.; jmavendanof@gmail.com
2. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia.; ellinaresc@unal.edu.co

Recibido 17-XI-2014 • Corregido 26-IV-2015 • Aceptado 30-IV-2015

**Abstract:** The giant African snail is currently one of the most aggressive and invasive species that has colonized many countries outside its natural environment. We recorded four shell measures and the weight of 3 157 individuals of *Achatina fulica* collected in Boyacá, Cundinamarca, Meta, Norte de Santander and Valle del Cauca, Colombia. Larger and heavier individuals were collected in the Meta and Boyacá departments while the highest density per square meter was recorded in Cundinamarca. We found a strong, positive and highly significant ( $p < 0.01$ ) correlation among measured variables. During development maximum sizes of shell, opening and body weight are correlated, and shell length increases faster than the other measures, leading to a marked elongation of the individuals. The settling time of the populations was also reflected in the size of individuals.

**Key words:** Giant African snail, growth, allometry, ontogeny, morphometrics.

**Resumen:** El caracol gigante africano es actualmente una de las especies más agresivas e invasivas que ha colonizado un gran número de países fuera de su ambiente natural. Se tomaron cuatro medidas de la concha y el peso de 3 157 individuos de *Achatina fulica* recolectados en municipios de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Meta, Norte de Santander y Valle del Cauca. Los individuos más grandes y pesados fueron recolectados en los departamentos Boyacá y Meta, en tanto que en Cundinamarca se registró la más alta densidad de individuos por metro cuadrado. Los resultados de los análisis entre las medidas revelaron una correlación fuerte, positiva y altamente significativa ( $p < 0,01$ ) entre los componentes evaluados. Además, se detectó alometría negativa con tendencia de crecimiento lineal en diferentes magnitudes, indicando que durante el desarrollo de *A. fulica* la longitud de la concha aumenta a mayor velocidad que las otras medidas, lo que lleva a un marcado alargamiento del individuo. El tiempo de establecimiento de las poblaciones también se vio reflejado en el tamaño de los individuos. Se observó que durante el crecimiento los rasgos fenotípicos de tamaños máximos de la concha, de la abertura y el peso corporal, están relacionados entre sí.

**Palabras clave:** Caracol gigante africano, crecimiento, alometría, ontogenia, morfometría.

El caracol gigante africano, *Achatina fulica* Bowdich, 1822, una de las 100 plagas invasivas más importantes del planeta, ha sido introducido recientemente en Colombia y ya se registra en 121 municipios de 24 departamentos, con grandes poblaciones (Linares et al. 2013).

La mayoría de los estudios sobre la invasión del caracol gigante africano en el planeta, muestran que su presencia está asociada a sitios fuertemente degradados ambientalmente y en consecuencia ligados a las actividades humanas, como lo son las áreas urbanas o periurbanas (Bequaert 1950, Mead 1961, Van Bruggen 1987, Numazawa et al. 1988, De Winter 1989, Teles et al. 1997, Martínez & Martínez, 1997, Asamoah, 1999,

Raut & Barker 2002, Correoso 2006, Gutiérrez et al. 2011, Linares & Vera 2012). Además, la invasión a nivel global está ligada de preferencia a países tropicales, en los que se pueden observar individuos de todos los tamaños y pesos distribuidos en distintos grados de agrupamiento compartiendo un mismo hábitat o recurso (Chase et al. 1980, Tomiyama 1992), y en los que la longitud total, el peso, el crecimiento de los individuos y finalmente el tamaño de las poblaciones están influenciados por las variables climáticas y la densidad de la población humana (Raut & Barker 2002, Ejidike et al. 2004, Albuquerque et al. 2009). Sus hábitos de dieta generalista le permiten consumir plantas, hongos, materia orgánica en descomposición, papel e incluso paredes estucadas (Linares et

al., 2013), lo que finalmente le confiere a esta especie sus características de resistencia y gran potencial adaptativo y de proliferación (Simão & Fischer, 2004), en ausencia de depredadores efectivos en los ambientes antrópicos (Linares et al. 2013). En Colombia, ocurren todas las anteriores variables, además de factores sociales y culturales que aumentan la posibilidad de asentamiento del caracol gigante africano en el territorio nacional y lo hacen vulnerable a una invasión más drástica.

Se han realizado diversos estudios morfométricos para describir cuantitativamente, analizar e interpretar la forma o estructura de un organismo y su variación biológica, entre individuos o grupos de individuos a lo largo del tiempo (Rohlf 1990). En particular en caracoles, se han usado la alometría y los modelos de crecimiento para estudiar la estructura de las poblaciones y la morfometría de la concha (Samadi et al. 2000, Elkarmi & Ismail 2007, Mogbo et al. 2014). Simão & Fischer (2004), propusieron cuatro categorías de edad para el caracol gigante africano en Brasil, teniendo como criterio de clasificación la longitud de la concha como indicador de tamaño, a saber: inmaduros (0–10 mm), juveniles (10,1–40 mm), subadultos (40,1–70 mm) y adultos (70,1 mm en adelante). Estas categorías están de acuerdo con características del desarrollo de las estructuras asociadas a la reproducción (Tomiyama 1993, Okon et al. 2012). Las proporciones de estos grupos etarios en una población pueden indicar el grado de establecimiento del caracol gigante africano (Mead 1981, Albuquerque et al. 2009).

Desarrollar un estudio morfométrico comparativo de *A. fulica* permitiría visualizar el estado de poblaciones del caracol gigante africano en Colombia y sus tendencias de crecimiento y ganancia de peso. Por tanto, puede ser una herramienta importante para establecer estrategias de control y manejo que no afecten las demás poblaciones de moluscos ni contaminen los ambientes naturales que el caracol habita, los cuales están estrechamente ligados a poblaciones humanas (De Winter 1989, Albuquerque et al. 2008).

## MÉTODOS

Se recolectaron especímenes del caracol gigante africano en municipios de los departamentos de Cundinamarca (Guaduas), Boyacá (Santa María y San Luis de Gaceno), Meta (San Martín, Acacias, Cumaral y Restrepo), Valle del Cauca (Buenaventura) y Norte de Santander (Villa del Rosario, Convención y Teorama) (Fig. 1) entre el 19 de Noviembre de 2012 y el 7 de Julio de 2013. Se realizó recolección manual recogiendo todos los individuos vivos en aquellos lugares de cada

municipio que presentaban concentraciones notables de caracol africano, realizando búsquedas exhaustivas bajo maleza y escombros o entre grietas donde se pudieran refugiar. Además, se registraron los datos de área de muestreo, temperatura y humedad relativa durante cada evento de recolección de *A. fulica*.

El muestreo de campo contempló la recolección de individuos de todos los tamaños, cuya proporción con respecto al total varió dependiendo de la logística empleada en el sitio de muestreo y la disponibilidad de tiempo. Todos los individuos de la muestra se incluyeron en el análisis morfométrico, que contempló cuatro medidas de la concha de cada individuo obtenidas mediante un calibrador pie de rey (0,01 mm), las cuales han sido utilizadas en otros estudios (Naim & Elkarmi 2006, Madec & Bellido 2007, Okon et al. 2012, Yousif 2012): longitud de la concha (LC), ancho máximo de la concha (AC), longitud de la abertura (LA) y ancho de la abertura (AA) (Fig. 2). En adición, se registró el peso (P) de cada uno mediante una balanza gramera digital (0,01 gr). Todos los datos fueron ingresados a una base de datos en el programa Epi Info 7.0, donde la longitud total se utilizó como descriptor de tamaño (Tomiyama 1993, Craze & Mauremootoo 2002, Simão & Fischer 2004, Okon et al. 2008).

Los patrones de crecimiento y la relación entre cada una de las mediciones y las categorías establecidas para definir el estado de madurez se describieron usando herramientas estadísticas y de análisis morfométrico. Las pendientes alométricas de crecimiento se obtuvieron aplicando regresión lineal entre la longitud total y cada una de las variables. Para determinar el grado de covariación entre las variables relacionadas linealmente se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa Statistica 6.0 (Statsoft inc.).

## RESULTADOS

Se recolectaron en total 15659 individuos de *A. fulica* en los municipios visitados, de los cuales 3157 fueron incluidos en el estudio. Los individuos más grandes y pesados fueron recolectados en los departamentos Boyacá y Meta, mientras que en el municipio muestreado en el Valle del Cauca, no se registraron tallas tan grandes como en las demás localidades. En Norte de Santander y Cundinamarca se reportaron tamaños máximos intermedios (Cuadro 1).

En Boyacá y Meta se recolectó y midió un mayor número de individuos que en los demás departamentos y en orden descendiente en Cundinamarca, Valle del Cauca y Norte de Santander. En este último, la proporción de

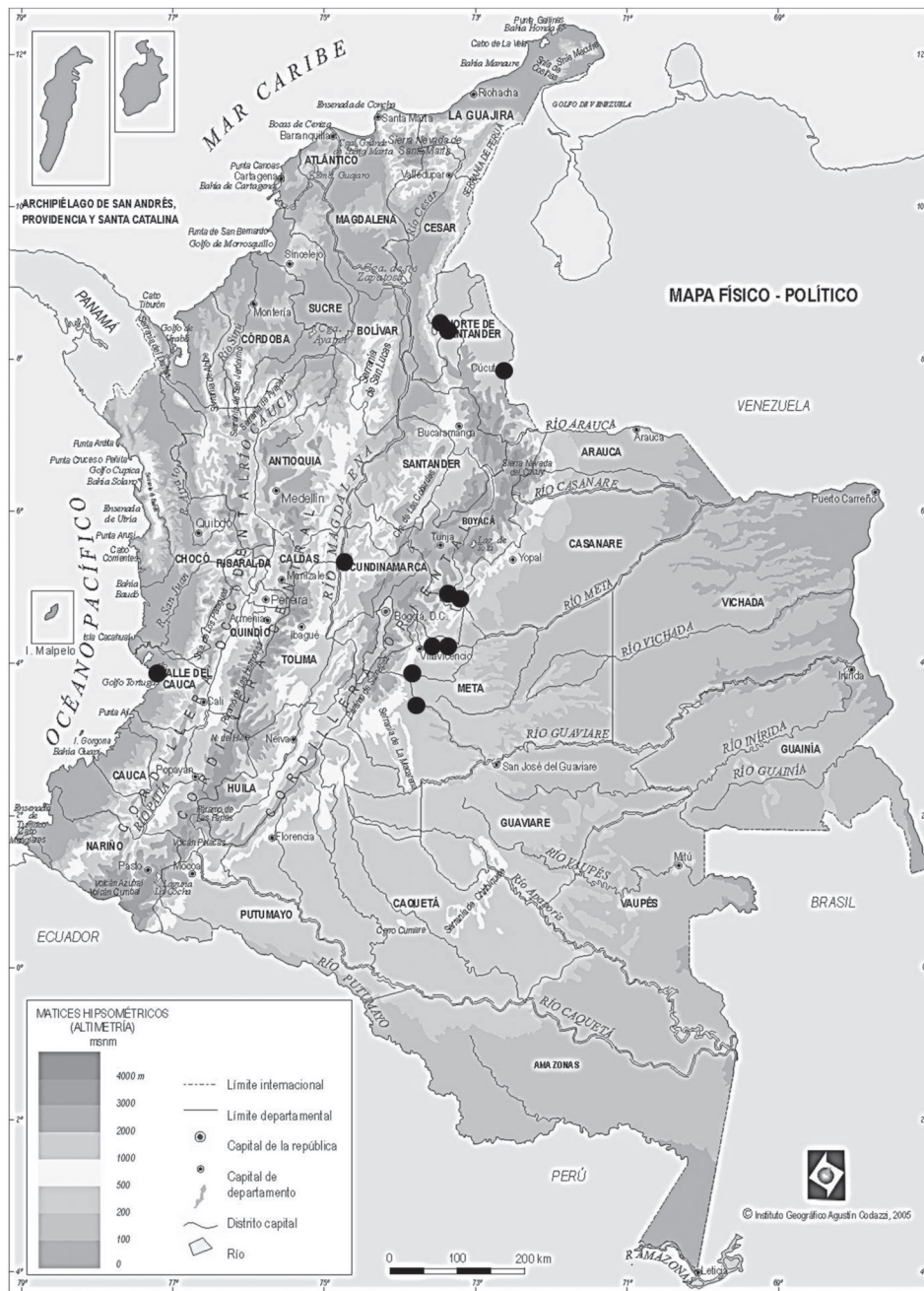


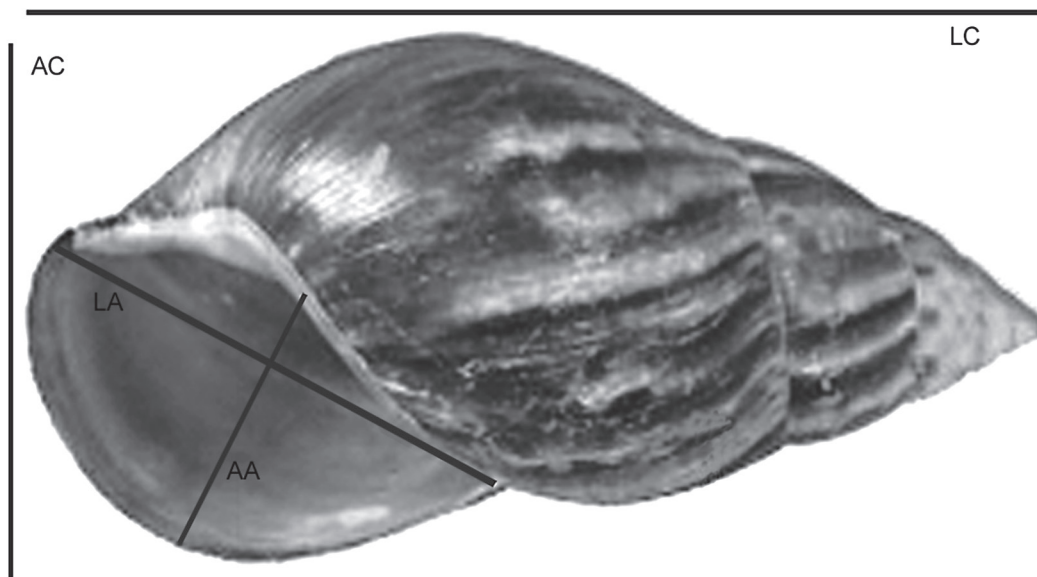
Fig. 1. Municipios incluidos en el estudio.

individuos medidos sobre recolectados alcanzó el mayor valor (Cuadro 1).

Con respecto a la densidad de caracol africano en los lugares de muestreo de los municipios seleccionados por departamento encontramos que en Cundinamarca se registró la más alta densidad de individuos por metro cuadrado. En Boyacá y Meta, en donde se recolectó

mayor cantidad de *A. fulica*, la densidad de población obtuvo valores intermedios (Cuadro 1).

Los resultados de los análisis entre las variables revelaron una correlación fuerte, positiva y altamente significativa ( $p < 0,01$ ) entre los componentes evaluados (Cuadro 2). Además, al graficar la relación de aumento de tamaño entre LC y las demás variables se encontró que



**Fig. 2.** Medidas lineales tomadas a los individuos de *Achatina fulica*. LC: longitud de la concha, AC: Ancho de la concha, LA: Longitud de la abertura, AA: ancho de la abertura.

**CUADRO 1**  
Resultados generales de los muestreos, densidad promedio de individuos, tamaño (mm) y peso (g) máximos, temperatura (°C) y humedad relativa (%) promedio durante los muestreos.

	Recolectados	Medidos	inds/m <sup>2</sup>	LC	P	T°	HR
Cundinamarca	1 162	64	4,6	112,3	108,3	28,3	75,0
Boyacá	6 529	1 550	1,8	130,8	163,0	25,3	75,7
Meta	6 275	1 043	1,3	125,3	158,6	27,3	63,4
N. de Santander	825	391	1,1	104,5	126,9	27,7	63,0
Valle del Cauca	868	109	2	88,5	56,4	33,4	84,2
Total	15 659	3 157					

AC, LA y AA presentaron alometría negativa con tendencia de crecimiento lineal en diferentes magnitudes.

Ello, indica que durante el desarrollo de *A. fulica* la longitud de la concha aumenta a mayor velocidad que las otras medidas, lo que lleva a un marcado alargamiento del individuo como se observa al comparar los caracoles más pequeños de forma globosa con los adultos de forma cónica (Fig. 3A-C). Por otro lado, P presentó una tendencia de aumento exponencial e indica una gran ganancia de peso desde la categoría de subadulto (Fig. 3D).

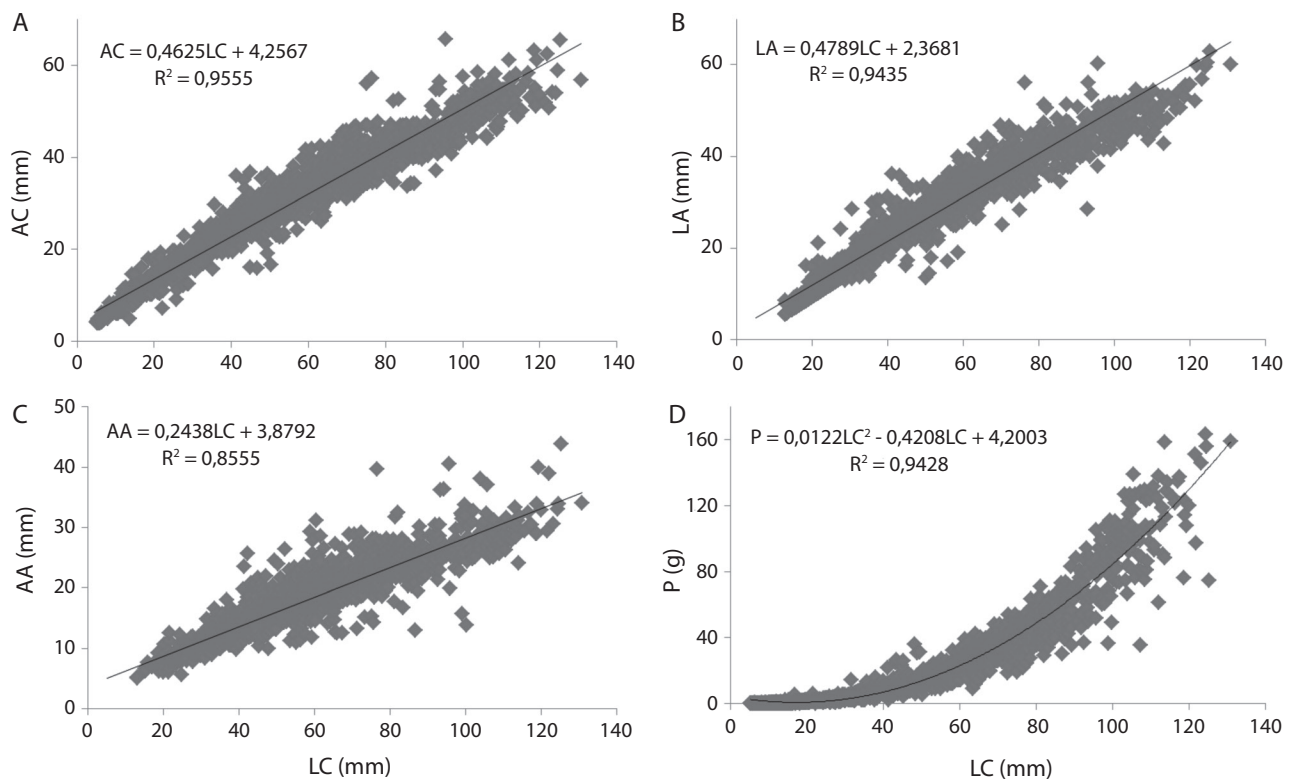
## DISCUSIÓN

Los resultados sugieren que el tiempo de establecimiento de las poblaciones también se ve reflejado en el tamaño de los individuos, así que en las localidades

**CUADRO 2**  
Coeficiente de correlación de las medidas lineales de individuos de *A. fulica*

	LC	AC	LA	AA
LC	1			
AC	0,983	1		
LA	0,984	0,988	1	
AA	0,935	0,937	0,936	1

que no se hayan ejecutado programas de control y en donde se registren grandes y variables tamaños de los caracoles adultos, se podría deducir que las poblaciones llevan un tiempo considerable de colonización, están fuertes y bien adaptadas resultando por ello más difíciles de erradicar (Mead 1981), lo que hay que tener en



**Fig. 3.** Relación durante el crecimiento de *A. fulica*, entre la longitud de la concha, LC, y **(A)** el ancho de la concha, AC; **(B)** la longitud de la abertura, LA; **(C)** el ancho de la abertura, AA, y **(D)** el peso total, P.

cuenta al diseñar los programas de control del caracol gigante africano.

En estudios previos se reporta que la humedad relativa y la temperatura ejercen influencia directa y son importantes predictores de la densidad, tamaño y biomasa de los individuos de *A. fulica* (Raut & Barker, 2002, Albuquerque et al., 2009), sin embargo, los reportes de cantidad promedio de individuos por unidad de área en este estudio, manifiestan diferentes situaciones en las localidades de muestreo. En Puerto Bogotá (Cundinamarca) donde se dio la mayor densidad de población, se observó una gran concentración de individuos en las zonas con recursos disponibles y condiciones favorables a pesar de la escasa precipitación e intenso calor en los días previos y durante las recolecciones de *A. fulica*; también fue evidente la ausencia del caracol fuera de estas zonas. Las agrupaciones y cantidades de caracol gigante africano en lugares específicos pueden indicar que la disponibilidad de recursos juega un papel clave en el mantenimiento de las poblaciones incluso cuando las condiciones macroambientales no son favorables para *A. fulica*.

Para Buenaventura (Valle del Cauca), el municipio más afectado del departamento, como era de esperarse por

las condiciones ambientales, se registraron 2 individuos en promedio por metro cuadrado en varios puntos de una pequeña zona urbana donde, al igual que en otros pueblos, la invasión es latente. En los demás departamentos se encuentran valores de densidad promedio cercanos entre sí, en zonas urbanas con características similares de clima y población humana que afectan directamente al caracol gigante africano el cual se encuentra en una estrecha relación con el hombre y su intervención y modificación del entorno (Mead, 1961, Raut & Barker, 2002, Albuquerque et al., 2009).

El resultado de la correlación entre los componentes del crecimiento estudiados (0,936 – 0,988) difiere de los obtenidos por Okon et al. (2012) para *A. fulica* (0,187-0,678) los cuales son bajos y no significantes. Sin embargo, coinciden con las tendencias encontradas para *Archachatina marginata* (Okon, Ibom, Williams, & Akwa, 2010, Okon, Ibom, Williams, & Etukudo, 2010, Okon & Ibom, 2011) mostrando que durante el crecimiento los rasgos fenotípicos de tamaños máximos de la concha, de la abertura y el peso corporal, están relacionados entre sí y que probablemente sean controlados por los mismos genes, por lo que las condiciones que afecten uno de ellos como la pérdida de agua durante el proceso de

estivación o cambios en la dieta, afectarán a los otros notoriamente (Raut & Barker, 2002, Okon & Ibom, 2011, Ani et al., 2013), controlando así la aparición de morfotipos exageradamente asimétricos y funcionalmente limitados.

La longitud total de la concha (LC), como indicador de tamaño, relacionada con las demás mediciones refleja los cambios en las proporciones durante el desarrollo de los individuos. Así que, teniendo en cuenta las pendientes alométricas (Pa), LC aumenta su magnitud casi al doble de velocidad que AC (Pa= 0,46) y que LA (Pa= 0,48), mientras AA solo crece a una cuarta parte de la velocidad de LC (Pa= 0,24). De estos resultados se puede inferir que la abertura tiende a alargarse durante el desarrollo de *A. fulica*, aumentando su longitud dos veces más rápido que su ancho.

Siendo el peso una medida de tamaño comúnmente reportada para las diferentes especies de caracoles africanos y fuertemente relacionada con la longitud total, la tendencia de cambio durante el crecimiento de los individuos sirve como indicador de bienestar de la población y de la calidad del hábitat (Mead, 1961, Okon et al., 2008, 2012, Albuquerque et al., 2009, Okon & Ibom, 2011). Al igual que Albuquerque *et al.* (2009), en este estudio se reporta crecimiento alométrico negativo y exponencial para la relación entre LC y P. El incremento considerable en la velocidad de ganancia de peso a partir de los 40 mm de LC, es resultado del creciente volumen dado por el aumento de LC y AC, en la última vuelta de la concha el cual es ocupado por el cuerpo del animal.

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra gratitud a la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo permanente, al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible por la apropiación de los recursos necesarios para el desarrollo de la investigación a través del Convenio Interinstitucional No. 57 y a las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's) de los departamentos visitados, por el apoyo de campo. Estos resultados hacen parte del proyecto "Invasión del caracol africano (*Achatina fulica*) y sinopsis de la hormiga arriera (*Atta* y *Acromyrmex*) en Colombia" (Ficha QUIPU 201010018688), del grupo de investigación Biodiversidad y Conservación del Instituto de Ciencias Naturales.

## REFERENCIAS

Albuquerque, F., M. Peso-Aguiar & M. Assunção-Albuquerque. (2008). Distribution, feeding behavior and

control strategies of the exotic land snail *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) in the northeast of Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 68: 837–842.

Albuquerque, F., M. Peso-Aguiar, M. Assunção-Albuquerque & L. Gálvez. (2009). Do climate variables and human density affect *Achatina fulica* (Bowditch) (Gastropoda: Pulmonata) shell length, total weight and condition factor? *Brazilian Journal of Biology* 69: 879–885.

Ani, A., C. Ogbu, C. Elufidipe & L. Ugwuowo. (2013). Growth performance of african giant land snail (*Achatina achatina*) fed varying dietary protein and energy levels. *Journal of Agricultural and Biological Sciences* 8: 184–190.

Asamoah, S. (1999). *Ecology and Status of the giant African snails in the Bia Biosphere Reserve in Ghana*. Final Report (September, 1999): Ecological Studies on the Giant African Snails.

Bequaert, J. (1950). Studies in the Achatinidae, a group of African land snails. *Bulletin of the Museum Comparative of Zoology* 105: 1–216.

Van Bruggen, A. (1987). *Achatina fulica* in Morocco, North Africa. *Basteria* 51: 66.

Chase, R., R. Croll & L. Zeichner. (1980). Aggregation in snails, *Achatina fulica*. *Behavioral and Neural Biology* 30: 218–230.

Correoso, M. (2006). Estrategia preliminar para evaluar y erradicar *Achatina fulica* (Gastropoda: Achatinaceae) en Ecuador. *Boletín Técnico 6, Serie Zoológica* 2: 45–52.

Craze, P. & J. Mauremootoo. (2002). A test of methods for estimating population size of the invasive land snail *Achatina fulica* in dense vegetation. *Journal of Applied Ecology* 39: 653–660.

Ejidike, B., T. Afolayan & J. Alokun. (2004). Observations on some climatic variables and dietary influence on the performance of cultivated Giant land snail (*Archachatina marginata*): Notes and records. *Pakistan Journal of Nutrition* 3: 362–364.

Elkarmi, A. & N. Ismail. (2007). Growth models and shell morphometrics of two populations of *Melanoides tuberculata* (Thiaridae) living in hot springs and freshwater pools. *Journal of Limnology* 66: 90–96.

Gutiérrez, D., V. Núñez, R. Vogler & A. Rumi. (2011). Invasion of the Argentinean Paranense Rainforest by the Giant African Snail *Achatina fulica*. *American Malacological Bulletin* 29: 135–137.

Linares, E., F. Fernández, V. Castro, J. Avendaño, A. Martínez & A. Rojas. (2013). *Invasión del caracol africano (Achatina fulica) y sinopsis de la hormiga arriera (Atta y Acromyrmex) en Colombia*. Informe Final. Convenio Interadministrativo no. 57 entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Universidad Nacional de Colombia.

Linares, E. & M. Vera. (2012). Catálogo de los moluscos continentales de Colombia.

- Madec, L. & A. Bellido. 2007. Spatial variation of shell morphometrics in the subantarctic land snail *Notodiscus hookeri* from Crozet and Kerguelen Islands. *Polar Biology* 30: 1571–1578.
- Martínez, R. & E. Martínez. (1997). Nota acerca de la *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* (Bowdich, 1822) peligroso caracol africano (Pulmonata – Achatinidae) introducido en Venezuela. *Acta Biológica Venezuelana* 17: 37–40.
- Mead, A. (1961). *The giant african snail: a problem in economic malacology*. The University of Chicago Press. Chicago.
- Mead, A. (1981). The giant african snail enter the commercial field. *Malacologia* 22: 489–493.
- Mogbo, T., O. Nwankwo & I. Nwuzor. (2014). Growth Performance of Snails (*Achatina Fulica*) Fed with Three Different Leaf Materials. *American Journal of Biology and Life Sciences* 2: 96–99.
- Naim, S. & A. Elkarmi. (2006). Age, Growth and Shell Morphometrics of the Gastropod *Monodonta dama* (Neritidae: Prosobranchia) from the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 9: 843–847.
- Numazawa, K., S. Koyano, N. Takeda & H. Takayanagi. (1988). Distribution and Abundance of the Giant African Snail, *Achatina fulica* Ferussac (Pulmonata: Achatinidae), in two islands, Chichijima and Hahajima, of the Ogasawara (Bonin) Islands. *Japanese Journal of Applied Entomology & Zoology* 32: 176–181.
- Okon, B. & L. Ibom. (2011). Phenotypic Correlation and Body weights Prediction using Morphometric Traits of Snails in Calabar, Nigeria. *The Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management* 4: 7–11.
- Okon, B., L. Ibom, H. Ettah & U. Udoh. (2012). Comparative Differentiation of Morphometric Traits and Body Weight Prediction of Giant African Land Snails with Four Whorls in Niger Delta Region of Nigeria. *Journal of Agricultural Science* 4: 205–2011.
- Okon, B., L. Ibom, N. Etuk & E. Akpan. (2008). Variations in Growth Patterns and Conformation of Snails: Influence of Strain and Location on Isometry of Growth in Cross River State of Nigeria. *Journal of Agriculture, Forestry and the Social Sciences* 6: 218–227.
- Okon, B., L. Ibom, M. Williams & N. Akwa. (2010). Parity Effects on Breeding and Morphometric Traits of Eggs and Hatchlings of Purebred Albino Snails [*Archachatina marginata* (Swainson)]. *Journal of Agriculture, Biotechnology and Ecology* 3: 44–54.
- Okon, B., L. Ibom, M. Williams & O. Etukudo. (2010). Effects of Parity on Breeding and Morphometric Traits of Eggs and Hatchlings of F1 Crossbred of Snails (*Archachatina marginata* var. *saturalis*). *Journal of Agriculture, Biotechnology and Ecology* 3: 36–43.
- Raut, S. & G. Barker. (2002). *Achatina fulica* Bowdich and other *Achatinidae* as pests in tropical agriculture, p. 55 – 114. In G. Barker (ed.). *Molluscs as Crop Pests*. CABI Publishing, London.
- Rohlf, F. (1990). Applications of geometric morphometrics to studies of ontogeny and phylogen. *Systematic Biology* 47: 147–158.
- Samadi, S., A. Roumégoux, M. Barges, S. Mas-Coma, M. Yong & J. Pointier. (2000). Morphological studies of lymnaeid snails from the human fascioliasis endemic zone of Bolivia. *Journal of Molluscan Studies* 66: 31–34.
- Simão, S. & L. Fischer. (2004). Estimativa e inferências do método de controle do molusco exótico *Achatina fulica* BOWDICH 1822 (STYLOMMATOPHORA; ACHATINIDAE) em Pontal do Paraná, Litoral do Estado do Paraná. *Cadernos da Biodiversidade* 4: 74–82.
- Teles, H., J. Vaz, L. Fontes & M. Domingos. (1997). Registro de *Achatina fulica* Bowdich 1822 (Mollusca: Gastropoda) no Brasil: caramujo hospedeiro intermediário de angiostrongilíase. *Revista de Saúde Pública* 31: 310–312.
- Tomiyama, K. (1992). Homing behaviour of the giant african snail *Achatina fulica* (Ferussac) (Gastropoda; Pulmonata). *Journal of Ethology* 10: 139–147.
- Tomiyama, K. (1993). Growth and maturation pattern in the African giant snail, *Achatina fulica* (Ferussac) (Stylommatophora: Achatinidae). *Venus* 52: 87–100.
- De Winter, A. (1989). New records of *Achatina fulica* Bowdich from the Côte d'Ivoire. *Basteria* 53: 71–72.
- Yousif, M. (2012). Warped Ideas: Geometric morphometrics as a complementary technique for studying gastropod shell morphology. Tesis de maestría, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canadá.

