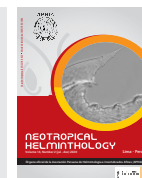




Neotropical Helminthology



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

MORPHOMETRIC PARAMETERS OF SNAILS *LISSACHATINA FULICA* BOWDICH, 1822 (MOLLUSCA, GASTROPODA) COLLECTED ON FARMS OF THE LUZ DE AMÉRICA PARISH, SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, ECUADOR

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE MOLUSCOS *LISSACHATINA FULICA* BOWDICH, 1822 (MOLLUSCA, GASTROPODA) RECOLECTADOS EN FINCAS DE LA PARROQUIA LUZ DE AMÉRICA, SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, ECUADOR

Ángel Villavicencio-Abril^{1*}; Santiago Ulloa-Cortázar¹; Rocío Guamán-Guamán¹; Javier Romero-Salguero¹; Joselyn Alvarez-Tuala¹; Madelein Nogales-Delgado¹; Carlos Zambrano-Mejía¹; María Cunalata-Martínes¹

¹Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Vía Santo Domingo-Quevedo km 24, PO Box 171-5-231B, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

*Corresponding author: avillavicencio1@espe.edu.ec

ABSTRACT

The *Lissachatina fulica* Bowdich, 1822 mollusk, is a terrestrial gastropod native to East Africa. Currently its distribution extends to Colombia, Ecuador, Peru and Brazil. It has been considered one of the 100 most important pests in the world producing serious damage and at the same time, impacting health and ecosystem. The present study reports, for the first time, the comparative morphometric data on *L. fulica* collected in the Luz de América parish, Santo Domingo county, Province of Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador in order to take control measures against *L. fulica* snail. 837 *L. fulica* mollusks were collected in 25 farms, producing a population density of 3.35 ind/m². The seven variables measured were length and width of the shell, height of the last ring, length of the rings, length and width of the opening, and number of rings. The investigation showed a dominant, positive and statistically significant correlation ($p \leq 0.001$) among the studied variables. These results affirm that during their growth process, the phenotypic traits are related to each other. Therefore, environmental condition or diet changes appear to notably affect all variables studied. It was determined that the length of the shell grows twice as fast as the width, the length of the rings grows 1,5 times faster than the height of the last ring. While the length compared to the width of the opening grows three times faster, the height of the last ring grows 1.5 times more than the length of the opening. The number of rings is not directly related to the other variables under study. The length of the shell in the best reference to predict the other variables.

Keywords: ecosystem – Ecuador – invasive species – *Lissachatina fulica* – morphometry – report

doi:10.24039/rmh2020142752

RESUMEN

El molusco *Lissachatina fulica* Bowdich, 1822 es un gasterópodo terrestre originario de África oriental. Actualmente su distribución es muy amplia como Colombia, Ecuador, Perú y Brasil. Ha sido considerado una de las 100 plagas más importantes del mundo, produce graves daños, a la par genera afectaciones en la salud y ecosistema. El presente estudio reporta por primera vez los datos morfométricos comparativos, sobre *L. fulica* recolectados en la parroquia Luz de América, cantón Santo Domingo, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador con el fin de poder tomar medidas de control contra *L. fulica*. Se recolectaron 837 moluscos de *L. fulica* en 25 fincas, dando como resultado una densidad poblacional de 3,35 ind/m², las siete variables medidas fueron largo y ancho de la concha, altura del último anillo, longitud de los anillos, longitud y ancho de la apertura, y número de anillos. La investigación demostró una correlación dominante, positiva y estadísticamente significativa ($p \leq 0,001$) entre las variables estudiadas. Estos resultados afirman que durante su proceso de crecimiento los rasgos fenotípicos están relacionados entre sí, por ello podemos considerar que si alguna condición ambiental o en su dieta cambia, afectaría notablemente a todas variables estudiadas. Se determinó que el largo de la concha crece a una velocidad del doble de veces más rápido que el ancho, y la longitud de los anillos, el largo crece a 1,5 veces más rápido que la altura del último anillo, mientras que el largo comparado con el ancho de la apertura va a crecer tres veces más rápido, la altura del último anillo crece 1,5 veces más que la longitud de la apertura. El número de anillos no tiene relación directa con las demás variables en estudio, el largo de la concha es la mejor referencia para conocer las demás variables.

Palabras clave: ecosistema – especie invasora – Ecuador – *Lissachatina fulica* – morfometría – registro

INTRODUCTION

El molusco *Lissachatina fulica* (Bowdich, 1822) (Achatinidae) es un gasterópodo terrestre originario de África oriental (Kenia, Tanzania y de varios países del Sahara) donde se lo utiliza como alimento y es conocido como el caracol gigante africano (Díaz *et al.*, 2013). *L. fulica* causa problemas de salud a varias especies de animales incluido el hombre al ser hospedero intermediario de nematodos de interés humano y animal entre los cuales se encuentra *Angiostrongylus cantonensis* (Chen, 1935), parásito que causa meningoencefalitis eosinofílica humana (Tsai *et al.*, 2001; Thiengo, 2010; Muzzio, 2011; Martini, 2011; Díaz *et al.*, 2013), *Angiostrongylus costaricensis* (Morera & Céspedes, 1971) y *Angiostrongylus vasorum* (Bailleí, 1866); (Pires *et al.*, 2010; Díaz *et al.*, 2013).

Esta especie se caracteriza como un transportador mecánico de diferentes estados larvarios de helmintos como *Schistosoma mansoni* (Bilharz, 1856), *Trichuris* spp (Linnaeus, 1771), *Strongyloides* spp (Bavay, 1876) e *Hymenolepis* spp (Von Siebold, 1852) (Matinella *et al.*, 2009). Se

ha descrito también en la literatura científica a *Strongyluris oscar* (Travassos, 1923), parásito del lagarto de las quebrachales (*Tropidurus spinulosus* (Cope, 1862); Squamata, Tropiduridae) parasitando a esta especie de caracol en el noreste de Argentina (Sutton *et al.*, 1998). Actualmente el molusco *L. fulica* ha sido reportado como transmisor intermediario de *A. cantonensis*, enfermedad que es considerada como un problema de salud pública, debido a que la población manipula y consume estos moluscos sin cocción, por tal motivo se contagian de la enfermedad (Martini, 2011).

En Ecuador no existen datos oficiales epidemiológicos por parte del Ministerio de Salud de casos de morbilidad y mortalidad provocados por *A. cantonensis*; sin embargo, existen reportes en la literatura científica local de muertes por la enfermedad en mención (Cedeño *et al.*, 2007). En la actualidad su distribución es muy amplia y existen reportes de su presencia en áreas tropicales y subtropicales, como en el sur-este asiático (Tsai *et al.*, 2001), islas del Pacífico (Alicata, 1962; Slom *et al.*, 2002), en muchos países de Norte América (Díaz, 2008) y de Sudamérica tales como Colombia, Ecuador y Brasil (Berto & Bogéa, 2007;

Caldeira *et al.*, 2007; Lima *et al.*, 2009; Thiengo, 2010; Martini, 2011; Muzzio, 2011; Sánchez, 2014).

En el Ecuador *L. fulica* fue introducido en la década de los noventa con propósitos comerciales y muy ampliamente difundida por todas las provincias del Ecuador (Muzzio, 2011), aunque la introducción del molusco fue reportado por parte del Ministerio de Medio Ambiente del Ecuador en el año 2005 (Correoso & Coello, 2009), se los ha encontrado desde los cero metros hasta los 2.850 msnm, su presencia ha sido registrada en las provincias de Los Ríos, El Oro, Guayas, Manabí, Esmeraldas, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Sucumbios, Napo, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Loja entre las más afectadas.

Este moluscos ha sido considerado como una de las 100 plagas más importantes del mundo entero (Avendaño & Linares, 2015), en áreas agropecuarias sea convertido en una plaga produciendo graves daños y afectaciones en el ecosistema, debido a que compite con especies de moluscos nativas (Thiengo *et al.*, 2010). La invasión del molusco a nivel mundial está relacionada a los países tropicales, en los que se pueden encontrar individuos de todos los tamaños, los mismos que comparten el mismo nicho ecológico (Chase *et al.*, 1980; Tomiyama, 1992), en los que la longitud total y ancho de la concha están estrechamente relacionadas con las condiciones climáticas y la densidad de la población humana (Ejidike *et al.*, 2004; Albuquerque *et al.*, 2009).

El molusco *L. fulica* en Ecuador ha demostrado que tiene una dieta muy variada que van desde el consumo de materia orgánica en descomposición hasta papel (Linares *et al.*, 2013), en nuestro trópico y sub trópico además se ha evidenciado el gran poder de adaptación, colonización y reproducción que tiene esta especie en zonas donde no existe un depredador natural. Santo Domingo de los Tsáchilas es una provincia agropecuaria, de acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010) la provincia está ubicada en las coordenadas 0°20'00"S 79°15'00"O, con una altura promedio de 604 msnm, siendo el punto más alto los 1800 y el más bajo los 100 msnm, posee una extensión de 4180 km², bajo un clima tropical y lluvioso con

precipitaciones que van desde los 3000 a 4000 milímetros (mm) y una temperatura media de 22,9 °C, en esta provincia además viven unas 368.000 personas. De la población económicamente activa (PEA) 142.699 el 14,9% (2.262 habs) se dedica a labores de campo, ocupando la tercera actividad más importante de sus habitantes.

Uno de los grandes problemas que aqueja a Ecuador son los escasos estudios desarrollados a esta especie, donde se evalúen sus características físicas, morfometría, hábitos de alimentación y distribución. El objetivo del estudio es registrar por primera vez los datos morfométricos comparativos, sobre *L. fulica* recolectados en la parroquia Luz de América, cantón Santo Domingo, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas con la finalidad de generar un reporte inicial, que puedan ser utilizados en posteriores investigaciones, para comparar el desarrollo morfométrico del molusco en la mencionada zona y por ende dar a conocer a las autoridades gubernamentales competentes la presencia del molusco a fin de que se tomen medidas sanitarias pertinentes en contra del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

os especímenes de los moluscos fueron recolectados en distintos sitios (fincas) de la parroquia rural Luz de América la cual pertenece a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas ubicada en el centro del Ecuador, la mencionada provincia posee una extensión de 669,8 km², con una altura de 550 msnm y una temperatura promedio de 23 a 26 °C, aproximadamente tiene 368.000 habs, Luz de América tiene un clima tropical con precipitaciones de 2.785 mm, las lluvias pueden presentarse en todo el año. Los puntos de muestreo fueron sistematizados mediante el uso de un GPS mediante el Sistema de Coordenadas UTM, los datos correspondientes fueron introducidos en un fichero con la finalidad de generar un mapeo mediante el uso del software ArcGIS.

Mediante la figura 1, se ubica el lugar donde se realizó la el estudio, dicha ubicación va desde el continente (A), país (B) hasta la provincia y parroquia(C).

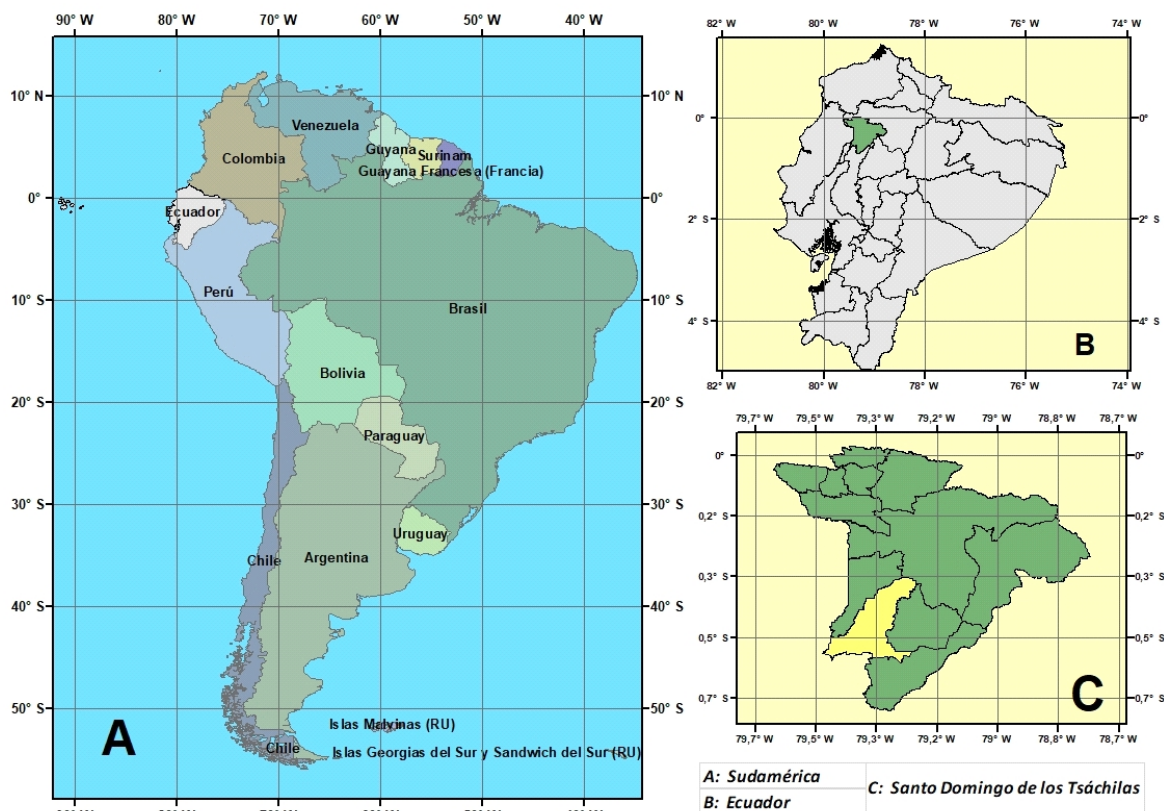


Figura 1. Ubicación del área estudiada para colección de *Lissachatina fulica* (Bowdich, 1822).

La colecta de los especímenes se realizó mediante el método de búsqueda – temporizada (cantidad de moluscos recolectados por una persona en 10 min en una área aproximada a 10 m²), dicha colecta se efectuó sólo en cultivos agrícolas (*Theobroma cacao* L., *Carica papaya* L., *Passiflora quadrangularis* L., *Musa paradisiaca* L.,

Phaseolus vulgaris L., *Manihot esculenta* Crantz., *Ananas comosus* L., *Passiflora edulis* Sims., y pasto), cerca de casas, arroyos y charcas. Se caracterizó cada finca muestreada mediante la observación *in situ*, donde se tomaron datos de temperatura, pH del suelo, ubicación espacial, altitud y cantidad de moluscos colectados (tabla 1).

Tabla 1. Datos recopilados mediante la observación *in situ* de los sitios muestreados.

Número de Finca	Coordenada Y	Coordenada X	Cantidad de moluscos colectados	Altitud msnm	Temperatura ambiente °C	pH del Suelo
1	9961860,00	694299,81	38	386,53	36	6
2	9962015,63	691570,97	50	386,53	36	5
3	9960307,64	689113,79	7	365,2	36	6
4	9959690,42	689113,79	52	336,3	36	6
5	9959921,37	686655,30	8	324,6	36	6
6	9958351,26	685994,79	31	306,19	36	6
7	9955976,02	683133,00	10	280,19	36	7

Continúa Tabla 1

Continúa Tabla 1

8	9955712,98	683007,63	116	271,73	37	6
9	9954959,4	682767,42	10	242,14	37	6
10	9954759,00	682620,09	3	277,04	39	6
11	9954148,39	683596,36	7	282,01	39	6
12	9954122,14	685539,75	9	313,07	25	5
13	9956373,47	684163,91	21	288,79	25	5
14	9953928,43	682055,59	4	286,94	25	5
15	9953289,3	681785,58	16	273,47	25	5
16	9945401,82	683796,00	42	246,81	22	5
17	9946592,24	684342,56	64	261,9	24	6
18	9951930,59	686916,01	71	301,4	23	6
19	9957668,13	691844,14	53	355,75	22,5	6
20	9957572,12	691719,02	70	358,92	23,8	6
21	9959499,49	693758,59	58	389,65	22	5
22	9952920,00	678743,00	7	376,25	24	5,5
23	9952910,00	678724,00	13	385,35	23	6
24	9952764,00	678671,00	52	290,25	24	5
25	9952276,00	678156,00	25	390,12	26	6,3

La identificación de los moluscos *L. fulica*, se realizó en base a las características morfológicas de taxonomía relacionados a la especie, confirmada por Martínez & Martínez (1997), los moluscos se colocaron en un recipiente previamente perforado, para facilitar la ventilación con algodón mojado en agua destilada sobre la parte inferior, los cuales fueron transportados al laboratorio de sanidad animal perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Extensión Santo Domingo, ya en el laboratorio se procedió a ponerlos en una solución de lidocaína al 5 % por 25 min, se los colocó en agua caliente (70 °C) durante 45 seg y se extrajo el cuerpo blando, el mismo que se fijó y conservó en la solución Railliet-Henry. Además, se colocaron una cantidad de 20 ejemplares de distintos tamaños intactos en la colección de zoología que pertenece a la antes mencionada institución para estudios posteriores.

Además los moluscos fueron colocados en láminas portaobjetos para ser observados en un estereoscopio Carl Zeiss con aditivos micrométrico en uno de los oculares para tomar las medidas de forma de la concha (estudio morfométrico) y se observó además la forma y número de circunvalaciones, luego se adicionó una solución salina fisiológica y se realizaron

disecciones con estiletes para extraer el aparato genital masculino y la rádula, para esto se utilizaron las claves suministradas por Malek & Cheng (1974).

El estudio morfométrico se contempló en todos los moluscos de la muestra sin excepciones el que abarcó la toma de siete medidas tales como; largo de la concha LC, ancho de la concha AC, altura del último anillo AUA, longitud de los anillos LA, longitud de la apertura LAP, Ancho de la apertura ALP y número de anillos NAN. Los parámetros biométricos fueron tomados mediante un calibrador pie de rey (unidad de medida de mm) (Naim & Elkarmi, 2006; Madec & Bellido, 2007; Okon *et al.*, 2012; Yousif, 2012).

El análisis estadístico y las pendientes alométricas de crecimiento se calcularon aplicando una regresión lineal entre la longitud total con cada una de las variables. Para obtener el grado de correlación entre las variables, se utilizó el coeficiente de Pearson. Los datos obtenidos fueron ingresados en el programa R (R Core Team, 2013) y el largo de la concha se utilizó como referencia de tamaño (Tomiyama, 1993; Craze & Mauremootoo, 2002; Simão & Fischer, 2004).

Aspectos éticos

El presente estudio fue aprobado por La Comisión de investigación del Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura mediante el acta de reunión N° 5-2019 en la cual, el Proyecto de Investigación N° 010-2018, reúne los requisitos establecidos según la normativa en el sistema de investigación de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE de Ecuador.

RESULTADOS

Se colectaron 837 moluscos vivos de *L. fulica* en 25 fincas muestreadas y ampliamente distribuidas en la parroquia rural Luz de América perteneciente al cantón Santo Domingo, que corresponde a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador como se expresa en el mapa generado mediante la investigación (Fig. 2), en donde cada uno de los sitios muestreados están marcados con un punto negro.

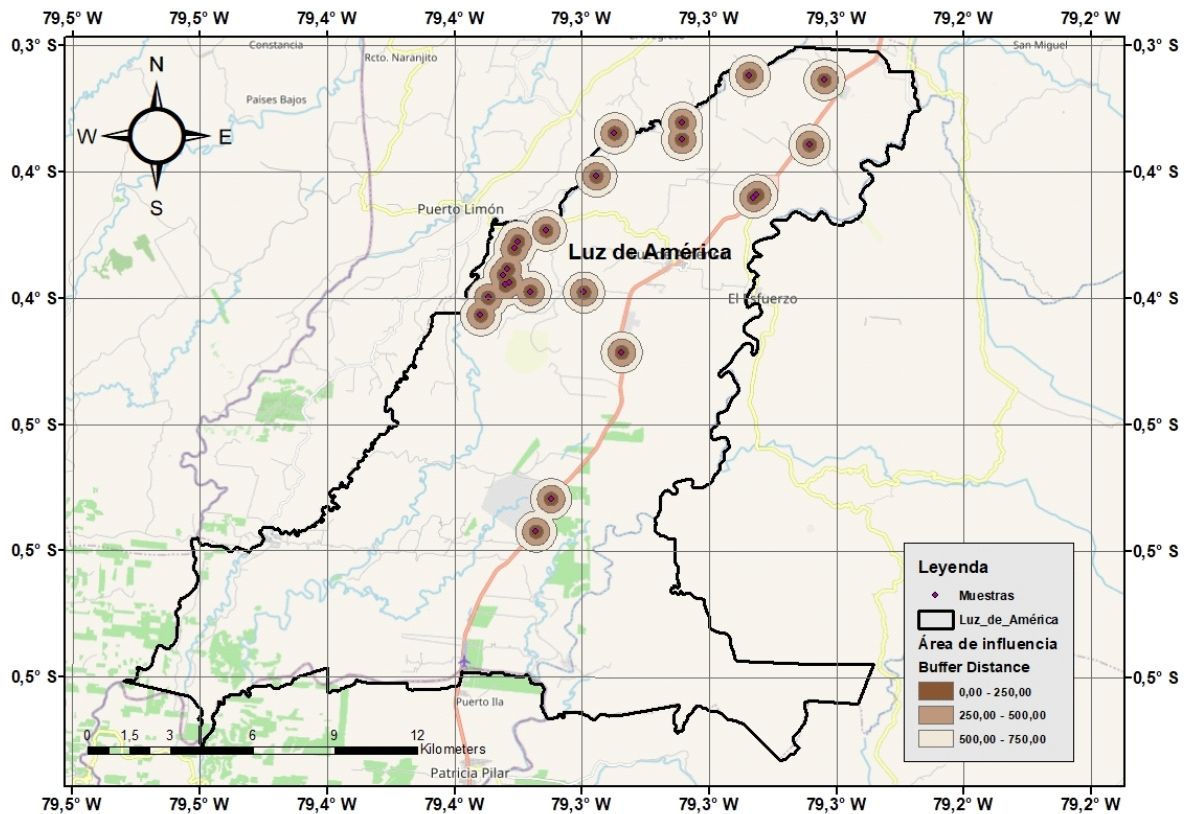


Figura 2. Localización de los sitios de muestreo en la colección de moluscos *Lissachatina fulica* (Bowdich, 1822), dentro de la parroquia Luz de América.

Dentro de la investigación al considerar las características *in situ* de los sitios muestreados se obtuvieron los siguientes valores promedios referentes a, cantidad de moluscos colectados por finca 33,5 dando como resultado una densidad poblacional de 3,35 individuos/metro cuadrado

(ind/m²); altitud 319,1 msnm: temperatura ambiente 29,53 °C y pH del suelo 5,7; los valores correspondientes a las características *in situ* considerándose las cantidades tanto máxima como mínima se expresan en la tabla 2.

Tabla 2. Datos recopilados mediante la observación *in situ* de los sitios muestreados.

Valores	Cantidad de moluscos colectados	Altitud msnm	Temperatura ambiente °C	pH del Suelo
Máximo	116	390,12	39	7
Mínimo	3	242,14	22	5

Al desarrollar los análisis estadísticos respectivos se obtuvo un nivel de significancia $p \leq 0,001$ (estadísticamente significativo), en todos los casos estudiados, por ende se asume que los resultados expuestos son una contundente evidencia de la realidad presente en el campo, por tal motivo no se debe considerar los valores presentados como una mera coincidencia.

Mediante la tabla 3, se presentan los valores de la medias aritmética expuestos en mm, en conjunto con la desviación estándar, donde se puede apreciar la medida promedio que tienen las variables morfométricas de los moluscos colectados en la zona de Luz de América (Santo Domingo-Ecuador).

Tabla 3. Resultados de las siete variables morfométricas de *Lissachatina fulica* (Bowdich, 1822) muestreados en la parroquia Luz de América.

Variable	Media (mm)	Desviación estándar
LC	48,9	14,6
AC	2,7	8,04
AUA	35,2	10,7
LA	24,9	9,60
LAP	26,4	7,72
ALP	17,0	0,63
NAN	5,81	0,51
pH	5,78	0,46
Altitud	308	44,7

*LC=Largo de la concha, AC=Ancho de la concha, AUA=Altura del último anillo, LA= Longitud de los anillos, LAP=Longitud de la apertura, ALP=Ancho de la apertura, NAN=Número de anillos, pH=Del Suelo, Altitud=msnm

En general los resultados totales obtenidos en el análisis estadístico de las siete variables demuestran que existe una correlación dominante, positiva y significativa ($p \leq 0,001$) (Tabla 4).

Tabla 4. Coeficiente de correlación de Pearson de las siete medidas lineales* morfométricas de individuos de *Lissachatina fulica* (Bowdich, 1822), de la parroquia Luz de América.

	LC	AC	AUA	LA	LAP	ALP	NAN
LC	1						
AC	0,87	1					
AUA	0,90	0,80	1				
LA	0,85	0,85	0,81	1			
LAP	0,89	0,85	0,87	0,82	1		
ALP	0,75	0,83	0,67	0,81	0,76	1	
NAN	0,57	0,51	0,56	0,53	0,54	0,49	1

*LC=Largo de la concha, AC=Ancho de la concha, AUA=Altura del último anillo, LA= Longitud de los anillos, LAP=Longitud de la apertura, ALP=Ancho de la apertura, NAN=Número de anillos

El coeficiente de correlación (R^2) va desde 0,76 a 0,90 (tabla 5), estos coeficientes estadísticamente son altos y significativos, al observar la relación que tiene el aumento de tamaño entre el largo de la concha y las demás variables, como el ancho de la concha, altura del último anillo, longitud de los anillos, longitud de la apertura, ancho de la apertura

y el número de anillos que tienen una alometría negativa con una tendencia de crecimiento lineal en las diferentes longitudes. Estos resultados nos permiten determinar que en el proceso de crecimiento de *L. fulica* la longitud de la concha aumenta a mayor velocidad que las otras medidas (Tabla 5 y Fig. 3).

Tabla 5. Parámetros de regresión lineal simple de las características morfológicas del molusco *Lissachatina fulica* (Bowdich, 1822).

Relación	Intercepto (EE)	Pendiente (EE)	R^2
LC – AC	4,26 (0,48)	0,48 (0,01)	0,76
LC – AUA	3,79 (0,55)	0,66 (0,01)	0,82
LC – LA	-2,44 (0,61)	0,56 (0,01)	0,72
LC – LAP	3,40 (0,43)	0,47 (0,01)	0,79
LC – ALP	0,16 (0,53)	0,34 (0,01)	0,57
AUA – LAP	3,63 (0,47)	0,63 (0,01)	0,75

*LC=Largo de la concha, AC=Ancho de la concha, AUA=Altura del último anillo, LA= Longitud de los anillos, LAP=Longitud de la apertura, ALP=Ancho de la apertura, NAN=Número de anillos, R^2 = coeficiente de correlación. EE = Error estándar.

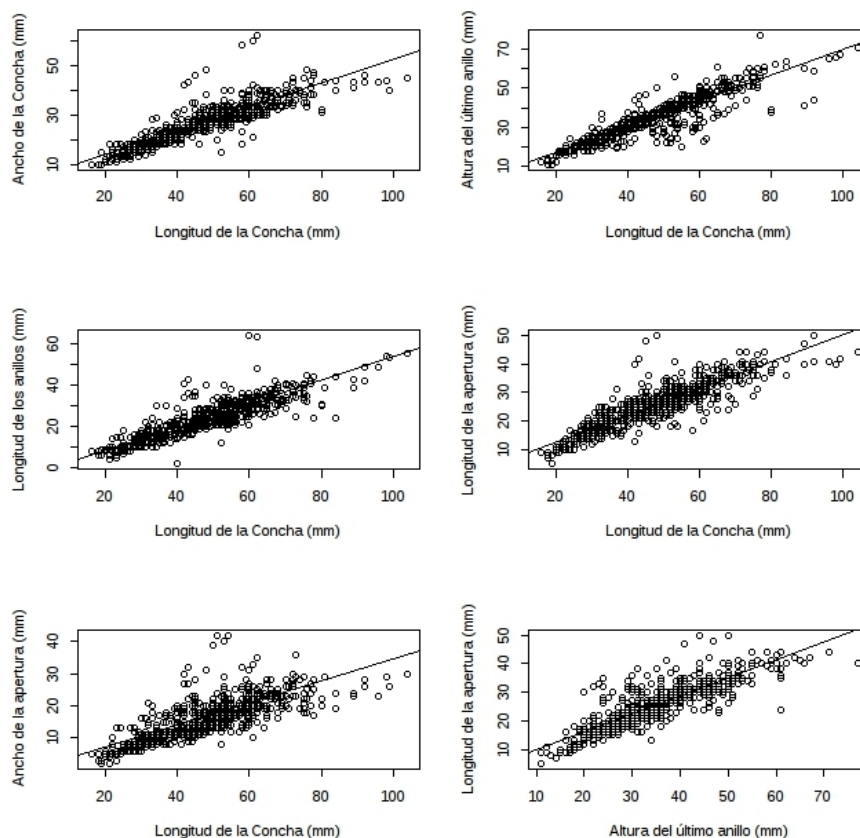


Figura 3. Relación entre la longitud de la concha (LC) de *Lissachatina fulica* (Bowdich, 1822) y el ancho de la concha (AC), altura del último anillo (AUA), longitud de los anillos (LA), longitud de la apertura (LAP), ancho de la apertura (ALP) y longitud de la apertura (LAP).

DISCUSIÓN

Según estudios realizados en otros países como Colombia y Brasil (Mead, 1981; Avendaño & Linares, 2015), la presencia de moluscos de gran tamaño manifiestan la falta de ejecución de proyectos para el control de los mismos, en nuestro caso la variable largo de la concha fue de $48,9 \pm 4,6$ mm (promedio), esto demuestra que en la mencionada localidad no existe medidas de control contra el molusco por ende se puede decir que los moluscos están por un largo periodo de tiempo colonizando estas fincas, lo que también expresa que estos especímenes están muy bien adaptados a las condiciones medio ambientales (Parker *et al.*, 2003) de la parroquia Luz de América, y por otra parte esto es un factor que se debe considerar ya que la erradicación se vuelve más difícil (Mead, 1981; Correoso, 2006; Alburquerque *et al.*, 2008).

La densidad poblacional de los moluscos obtenida en el presente estudio fue de $3,35 \text{ ind/m}^2$, la cual es considerada como alta, y puede generar graves consecuencias al alterar el hábitat de las especies nativas de la zona, en un estudio realizado por Cuasapaz-Sarabia *et al.* (2019), al presentarse una densidad poblacional de $6,61 \text{ ind/m}^2$, se ha considerado que el molusco no se limita en habitar en zonas suburbanas o rurales, sino naturales, por lo que las especies nativas se mantienen expuestas a esta amenaza, generando una desplazamiento de las mismas (Alonso & Castro-Diez, 2015; Pyšek *et al.*, 2017).

Al obtener un promedio de 33,5 moluscos recolectados por finca, con un máximo y mínimo de 116 y 3, respectivamente, se considera que existen lugares que requieren atención que se desarrollen planes para un control adecuado de los moluscos, a fin de reducir la probabilidad de que se presente un brote epidemiológico. Evaluar las poblaciones que presentan los moluscos en una localidad determinada debe ser un aspecto de primordial importancia, debido a que dichos valores corroboran la capacidad de propagación de los moluscos, lo que expresa el comportamiento del molusco en la zona, y la factibilidad de transmitir o no enfermedades (Vázquez, 2008), la sobrepoblación del molusco se debe considerar como un factor que ocasiona serios daños al entorno natural, tomando en cuenta que esta

especie no es nativa, por ende *L. fulica* actúa como una especie depredadora de otros moluscos y especies vegetales lo que altera el ecosistema y la biodiversidad de la zona habitada (Muzzio, 2011).

En el presente estudio la temperatura promedio correspondiente al ambiente donde se encontraban los cultivos fue de $29,53 \text{ }^\circ\text{C}$. En estudios realizados durante los últimos años se ha evidenciado que la humedad relativa y la temperatura influyen directamente y pueden ayudar a predecir la densidad, tamaño y peso de *L. fulica* (Raut & Barker, 2002; Albuquerque *et al.*, 2009; De la Rosa *et al.*, 2010; Goldyn *et al.*, 2017); sin embargo, el estudio realizado por Avendaño & Linares (2015) en Colombia confirmó que no existió relación directa entre estas variables, al igual que en nuestro estudio la mayor cantidad de moluscos se recolectaron en fincas donde existían condiciones favorables para su desarrollo, lo que reporta Fimia *et al.* (2015), tales como gran cantidad de materia orgánica, desechos orgánicos y alta presencia de agua dentro del terreno, por ello la alta cantidad de moluscos en zonas determinadas, pueden demostrar que la presencia de estos recursos juegan un rol importante para el mantenimiento de la especie como consecuencia del acelerado cambio climático (Beltramino *et al.*, 2015).

En cuanto a los parámetros ambientales, en nuestro estudio aparte de la temperatura ambiente se evaluó la altitud y pH del suelo, valores que exponen claramente la gran variación ecológica en donde se halla presente *L. fulica* (Cuasapaz-Sarabia *et al.*, 2019), por lo anteriormente expuesto se concuerda que el molusco tiene una gran variación en su área de vida lo que concuerda con la su densidad poblacional (De La Osa-Lacayo *et al.* 2012, Albuquerque *et al.*, 2009) y el éxito de su invasión.

Los datos de la correlación entre las variables estudiadas, demuestran valores del coeficiente de correlación (R^2) que va desde 0,76 a 0,90 (tabla 5 y fig. 3); estos coeficientes son altos y significativos, sólo la variable número de anillos no tuvo relación con otras variables, esto puede significar que dicha variable es totalmente independiente del tamaño que posee el molusco y obedece a otros fenómenos no necesariamente de crecimiento. Los datos obtenidos por Avendaño & Linares (2015) presentaron rangos de 0,94 a 0,99 que son altos y

altamente significativos, basándose en estos resultados afirman que durante su proceso de crecimiento estos rasgos fenotípicos (largo de la concha, ancho de la concha, altura del último anillo, longitud de los anillos, longitud de la apertura, ancho de la apertura) están relacionados entre sí, por ello podemos considerar que si alguna condición ambiental o en su dieta cambia, se podría afectar notablemente a las demás variables estudiadas (Raut & Barker, 2002; Okon & Ibom, 2011; Ani *et al.*, 2013; Patiño-Montoya *et al.*, 2018).

El largo de la concha como un indicador de crecimiento (Pinheiro *et al.*, 2020) y compararla con las demás variables, podemos ver los cambios que los moluscos desarrollan en su crecimiento, considerando las pendientes alométricas (P_a). Tomando en cuenta que las P_a nos ayudan a tener una idea clara del crecimiento que lleva el molusco así, si la concha crece 1 mm de largo, solo crecerá 0,48 mm de ancho por su $P_a=0,48$ (tabla 5). Con esto podemos decir que el largo de la concha crece a una velocidad del doble de veces más rápido que el ancho de la concha, longitud de los anillos, longitud de apertura del último anillo, ($P_a= 0,48$; 0,56; 0,47) respectivamente (tabla 5 y fig. 3), por otro lado el largo de la concha va a crecer a 1,5 veces más rápido que la altura del último anillo ($P_a= 0,66$), si comparamos el largo de la concha con el ancho de la apertura está va a crecer 3 veces más rápido. Una de las variables estudiadas es la altura del último anillo la misma que crece 1,5 veces más que la longitud de la apertura ($P_a= 0,6$). Al analizar estos resultados de correlaciones con los datos obtenidos en Colombia (Avendaño & Linares, 2015) se constata que el largo de la concha crece a la misma velocidad que los moluscos de *L. fulica* colectados en el Ecuador a través del presente estudio, mientras que la concha puede ser utilizada como una referencia para conocer la medida que tienen las demás variables (Patiño-Montoya *et al.*, 2018).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque FS, Peso-Aguiar MC & AssunçãoAlbuquerque MJT. 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, vol. 68, pp. 837-842.
- Albuquerque F, Peso-Aguiar M, Assunção-Albuquerque & Glavez L. 2009. *Do climate variables and human density affect Achatina fulica (Bowditch) (Gastropoda: Pulmonata) shell length, total weight and condition factor*. Brazilian Journal of Biology, vol. 69, pp. 879-885.
- Alicata JE. 1962. *Angiostrongylus cantonensis (Nematoda: Metastrongylidae) as a causative agent of eosinophilic meningitis of man in Hawaii and Tahiti*. Canadian Journal of Zoology, vol. 40, pp. 5-8.
- Alonso A & Castro-Diez P. 2015. *Las invasiones biológicas y su impacto en los ecosistemas*. Ecosistemas, vol. 24, pp. 1-3.
- Ani A, Ogbu C, Elufidipe C & Ugwuowo L. 2013. *Growth performance of african giant land snail (Achatina achatina) fed varying dietary protein and energy levels*. Journal of Agricultural and Biological Sciences, vol. 8, pp.184-190.
- Avendaño J, & Linares E. 2015. *Morfometría del caracol gigante africano Achatina fulica (Gastropoda:Achatinidae) en Colombia*. Cuadernos de Investigación UNED, vol. 7, pp. 287-293.
- Beltramino AA, Vogler RE, Gutiérrez-Gregoric D & Rumi A. 2015. *Impact of climate change on the distribution of a giant land snail from South America: predicting future trends for setting conservation priorities on native malacofauna*. Climatic Change, vol. 131, pp. 621–633.
- Berto B & Bogéa T. 2007. *Ocurrence of nematode larvae in Achatina fulica Bowdich, 1822 (Gastropoda: Achatinidae) snails in Vargem Pequena, Rio de Janeiro, Brazil*. Revista de Patología Tropical, vol. 36, pp. 171–177.
- Caldeira R, Mendonça C, Oliveira C, Lenzi H, Graeff-Teixeira C, Lima W; Mota E, Pecora I, Zigiotto de Medeiros A, & Dos Santos O. 2007. *First record of molluscs naturally infected with Angiostrongylus cantonensis (Chen, 1935) (Nematoda: Metastrongylidae) in Brazil*. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, vol. 102, pp. 887-889.

- Cedeño M, Miranda F, Ramírez A, Nuques A, Salazar E, Tomalá M, Zapata W & Ortega A. 2007. *Meningitis eosinofílica por Angiostrongylus cantonensis. Reporte de caso de autopsia*. Revista de Medicina, vol. 13, pp. 313-318.
- Chase R, Croll R, & Zeichner L. 1980. *Aggregation in snails, Achatina fulica*. Behavioral and Neural Biology, vol. 30, pp. 218-230.
- Correoso M. 2006. *Estrategia preliminar para evaluar y erradicar Achatina fulica (Gastropoda: Achatinaceae) en Ecuador*. Boletín Técnico 6, Serie Zoológica, vol. 2, pp. 45-52.
- Correoso RM & Coello RM. 2009. *Modelación y distribución del Lissachatina fulica (Gastropoda, Achatinidae) en Ecuador. Potenciales impactos ambientales y sanitarios*. Revista Geoespacial, vol. 4, pp. 79-90.
- Craze P & Mauremootoo J. 2002. *A test of methods for estimating population size of the invasive land snail Achatina fulica in dense vegetation*. Journal of Applied Ecology, vol. 39, pp. 653-660.
- Cuasapaz-Sarabia, J. & Salas, J.A. 2019. *Área de vida de la especie invasora Achatina fulica (Gastropoda: Achatinidae) en un área de conservación de bosque seco ecuatoriano*. Revista Peruana de Biología, vol. 26, pp. 41-48.
- De la Ossa-Lacayo A, De la Ossa V, & Lasso C. 2012. *Registro del caracol africano gigante Achatina fulica (Bowdich 1822) (Mollusca: Gastropoda- Achatinidae) en Sincelejo, costa Caribe de Colombia*. Biota Colombiana, vol. 13, pp. 247-252.
- De la Rosa VGD, Torres MAJ & Demayo CG. 2010. *Geometric morphometric tools in the analysis of shell shape of twelve local populations of the invasive snail Achatina fulica Bowdich from the Philippines*. 2010 International Conference on Environmental Engineering and Applications, Singapore. Environmental Engineering and Applications (ICEEA), vol. 2010, pp. 91-95.
- Diaz JH. 2008. *Helminth eosinophilic meningitis: emerging zoonotic diseases in the South*. The Journal of the Louisiana State Medical Society, vol. 160, pp. 333-342.
- Díaz J, Lorenti E, Valente R, Capasso S, Gutierrez D & Navone G. 2013. *Estado actual del conocimiento de las parasitosis del molusco invasor Achatina fulica en la Argentina su importancia como posible vector de angiostrongiliasis*. Moluscos de interés sanitario en la Argentina, pp. 40.
- Ejidike B, Afolayan T & Alokun J. 2004. *Observations on some climatic variables and dietary influence on the performance of cultivated Giant land snail (Archachatina marginata): Notes and records*. Parkistan Journal of Nutrition, vol. 3, pp. 362-364.
- Gołdyn B, Kaczmarek L, Roszkowska M, Guayasamín PR, Książkiewicz-Parulska Z & Cerda H. 2017. *Urban ecology of invasive giant african snail Achatina fulica (Férussac) (Gastropoda: Achatinidae) on its first recorded sites in the Ecuadorian Amazon*. American Malacological Bulletin, vol. 35, pp. 59-64.
- Fimia DR, Iannacone J, González R, Argota PG, Osés R & de Armas B. 2015. *Aspectos ecológicos de los moluscos de importancia médico-veterinaria en Villa Clara, Cuba*. Revista de Patología Tropical, vol. 44, pp. 323-336.
- INEC. 2010. *Resultado del censo del 2010 de Población de vivienda en el Ecuador*. Fascículo Provincial Santo Domingo, pp. 8.
- Lima AR, Mesquita SD, Santos SS, Aquino ER, Rosa L da R, Duarte FS, Teixeira AO, Costa ZR & Ferreira ML. 2009. *Alicata disease: neuroinfestation by Angiostrongylus cantonensis in Recife, Pernambuco, Brazil*. Arquivos de Neuro-Psiquiatria, vol. 67, pp. 1093-1096.
- Linares E, Fernández F, Castro V, Aendaño J, Martínez A & Rojas A. 2013. *Invasión del caracol africano (Achatina fulica) y sinopsis de la hormiga arriera (Atta acromyrmex) en Colombia. Informe Final*. Convenio de Ambiente y Desarrollo N° 57 entre el Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible y la Universidad de Colombia.
- Madec L & Bellido A. 2007. *Spatial variation of shell morphometrics in the subantarctic land snail Notodiscus hookeri from Crozet and Kerguelen Islands*. Polar Biology, vol. 30, pp. 1571-1578.
- Martínez R & Martínez E. 1997. *Nota acerca de la Achatina (Lissaachatina) fulica (Bowdich, 1822), peligroso caracol africano*

- (Pulmonata, Achatinidae) introducido en Venezuela. *Acta Biológica Venezuelica*, vol. 17, pp. 37-40.
- Martini L. 2011. Programa de Prevención y Control de *Angiostrongylus cantonensis* en el Ecuador; durante los años 2008 y 2009. Manual Técnico, pp. 55.
- Matinella L, Morales G, Sierra C, Silva I & Pino LA. 2009. *Achatina fulica*: un caracol de interés para la salud pública. *INIAHOY*, vol. 6, pp. 200-210.
- Malek EA & Cheng TC. 1974. *Medical and Economic Malacology*. Academic Press.
- Mead A. 1981. The giant african snail enter the commercial field. *Malacologia*, vol. 22, pp. 489-493.
- Muzzio J. 2011. *Moluscos hospederos intermediarios de Angiostrongylus cantonensis en dos provincias de Ecuador*. Tesis de Maestría, Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kouri”, Cuba, pp. 58.
- Naim S & Elkarmi A. 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*, vol. 9, pp. 843-847.
- Okon B & Ibom L. 2011. Phenotypic correlation and body weights prediction using morphometric traits of snails in Calabar, Nigeria. *The Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, vol. 4, pp. 7-11.
- Okon B, Ibom L, Ettah H & Udoh U. 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*, vol. 4, pp. 205-211.
- Parker IM, Rodríguez J & Loik ME. 2003. An evolutionary approach to understanding the biology of invasions: Local adaptation and general-purpose genotypes in the weed *Verbascum thapsus*. *Conservation Biology*, vol. 17, pp. 59-72.
- Patiño-Montoya A, Murillo O & Giraldo A. 2018. Variación morfológica poblacional de una especie invasora: el caracol gigante africano, *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) (Mollusca: Gastropoda- Achatinidae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, vol. 19, pp. 112-122.
- Pinheiro-Dos Santos W J, Ferreira-Barros MR, Das Chagas RA & Bezerra AM. 2020. Caracterização morfológica da concha do Caramujo-Giganteafricano *Achatina fulica* (Bowdich, 1822). *C&D-Revista Eletronica da FAINOR, Vitoria da Conquista*, vol. 13, pp. 413-424.
- Pires F, Almeida M, Takahashi, Yoshika F & Manas E, 2010. Current distribution of *Achatina fulica*, in the State of São Paulo including records of *Aelurostrongylus abstrusus* (Nematoda) larvae infestation. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, vol. 52(4), pp. 211-214.
- Pyšek P, Blackburn TM, García-Berthou E, Perglová I & Rabitsch W. 2017. Displacement and local extinction of native and endemic species, In: Vilà M & Hulme PE (eds.). *Impact of biological invasions on ecosystem services*. Springer. Cham, pp. 157-190.
- R Core Team 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.r-project.org/>.
- Raut S & Barker G. 2002. *Achatina fulica* Bowdich and other Achatinidae as pests in tropical agriculture. In: Barker G (ed.). *Molluscs as crop pests*. CABI Publishing, London, pp. 55-114.
- Sánchez F. 2014. Prevalencia del nematodo *Angiostrongylus cantonensis* en el huésped intermediario caracol gigante africano (*Achatina fulica*), en el periodo 2012 y 2013 en varios sectores de la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil, Ecuador, pp. 76.
- Simão S & Fischer L. 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*, vol. 4, pp. 74-82.
- Slom TJ, Cortese MM, Gerber SI, Jones RC, Holtz TH, Lopez AS, Zambrano CH, Sufit RL, Sakolvaree Y, Chaicumpa W, Herwaldt BL & Johnson S. 2002. An outbreak of eosinophilic meningitis caused by *Angiostrongylus cantonensis* in travelers

- returning from the Caribbean. The New England Journal of Medicine, vol. 346, pp. 668-675.
- Sutton C, Mordeglia C & Cruz F. 1998. *Strongyluris oscar* Travassos, 1923 (Nematoda, Heterakidae) en *Tropidurus spinulosus* (Squamata, Tropiduriidae) del Noroeste Argentino. Revista Gayana Zoológica, vol. 62, pp. 171-175.
- Thiengo SC, Maldonado A, Mota EM, Torres EJ, Caldeira R, Carvalho OS, Oliveira AP, Simões RO, Fernandez MA & Lanfredi RM. 2010. The giant African snail *Achatina fulica* as natural intermediate host of *Angiostrongylus cantonensis* in Pernambuco, northeast Brazil. Acta Tropica, vol. 115, pp. 194-199.
- Tomiyama K. 1992. Homing behaviour of the giant African snail *Achatina fulica* (Ferussac) (Gastropoda; Pulmonata). Journal of ethology, vol. 10, pp. 139-147.
- Tomiyama K. 1993. Growth and maturation pattern in the African giant snail, *Achatina fulica* (Ferussac) (Stylommatophora: Achatinidae). Venus, vol. 52, pp. 87-100.
- Tsai HC, Liu YC, Kunin CM, Lee SS, Chen YS, Lin HH, Tsai TH, Lin WR, Huang CK, Yen MY & Yen CM. 2001. Eosinophilic meningitis caused by *Angiostrongylus cantonensis*: report of 17 cases. American Journal of Medicine, vol. 111, pp. 109-114.
- Vázquez AA. 2008. Estudios ecológicos en comunidades de moluscos de importancia médica de La Presa Hanabanilla (Tesis de Maestría). Ciudad de La Habana: Instituto Pedro Kourí.
- Yousif M. 2012. Warped Ideas: Geometric morphometrics as a complementary technique for studying gastropod shell morphology. Tesis de maestría, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canadá.

Received June 9, 2020.

Accepted August 10, 2020.