

Conquiliometría del gasterópodo *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda, Thiaridae) en la costa Norte-Noreste de Brasil

Conchylometry of the gastropod *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda, Thiaridae) on the North-Northeast coast of Brazil

**RESEARCH
ARTICLE /
ARTÍCULO
CIENTÍFICO**

Weverton John PINHEIRO DOS SANTOS¹, Mara Rúbia FERREIRA BARROS^{1,2},
Wagner César ROSA DOS SANTOS³, Marko HERRMANN⁴, Andrea MAGALHAES
BEZERRA^{1,5}, Rafael ANAISCE DAS CHAGAS^{1,4,6*}

Citation / Citación: Pinheiro dos Santos W.J., Ferreira Barros M.R., Rosa dos Santos W.C., Herrmann M., Magalhaes Bezerra A., Chagas R.A. 2022. Neotropical Hydrobiology and Aquatic Conservation, 3(2): 3-15. <https://doi.org/10.55565/nhac.gijw7517>

Received / Recibido: 14th of April 2022
Accepted / Aceptado: 15th of August 2022

EDITOR: Paul A. Van Damme
Copyright: © Editorial INIA

Acceso abierto/Open access article



¹ Museu de Zoologia da Universidade Federal Rural da Amazônia (MZUFRA), 66075-110, Belém – PA, Brasil.

² Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP/UFPA), Universidade Federal do Pará (UFPA), 66075-110, Belém – PA, Brasil.

³ Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Norte - CEPNOR / ICMBio 66075-110, Belém – PA, Brasil.

⁴ Instituto de Produção e saúde Animal (ISPA), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 66077-530, Belém – PA, Brasil.

⁵ Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 66077-530, Belém – PA, Brasil.

⁶ Pós-Graduação em Ecologia (PPGECO/UFPA), Universidade Federal do Pará (UFPA), 66075-110, Belém – PA, Brasil

*Corresponding author: rafaelanaisce@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue caracterizar la conquiliometría del gasterópodo invasor *Melanooides tuberculata* recolectado en el igarapé Praquiquara (Castanhal, Pará, Brasil), comparándolo con las características morfológicas de la concha de ejemplares de la Laguna Banana (Caucaia, Ceará, Brasil). Se midieron las medidas morfométricas externas (longitud, ancho y alto) y la apertura (longitud y ancho) del caparazón de 1 970 individuos de *M. tuberculata*. La caracterización conquiliométrica se realizó mediante regresiones simples entre las medidas morfométricas, y las conquiliometrías se compararon utilizando el Indicador de Estabilización de Forma (IEF) de

la concha. Se aplicó una prueba t-Student para evaluar la existencia de dependencia estadística entre las medidas morfométricas. Los resultados indican que *M. tuberculata* tiene relaciones morfométricas altamente correlacionadas ($p < 0,001$), clasificadas por alometría negativa. El análisis IEF muestra una tendencia hacia la estabilización conchiliomorfológica de *M. tuberculata* a partir de 13 mm de longitud total de concha de los individuos, en ambas localizaciones estudiadas. Sin embargo, las diferencias en la forma del caparazón de *M. tuberculata* son evidentes, lo que indica que los moluscos que se encuentran en el igarapé Praquiquara son proporcionalmente más grandes que los que se encuentran en la laguna Banana. En este estudio se verifica que *M. tuberculata* presenta medidas morfométricas altamente correlacionadas, lo que permite la estimación de medidas a través de la ecuación generada. Es de destacar que los resultados encontrados indican la presencia de diferencias morfológicas en el caparazón de los gasterópodos, cuando se muestrearon en diferentes regiones

Palabras clave: Moluscos, bioinvasión, relaciones morfométricas, morfología, IEF

ABSTRACT

The objective of this study was to characterize the conchylometry of the invasive gastropod *Melanoides tuberculata* collected in the Praquiquara stream (Castanhal, Pará, Brazil), comparing it with the morphological characteristics of the shell of specimens from the Banana Lagoon (Caucaia, Ceará, Brazil). The external morphometric measurements (length, width and height) and the opening (length and width) of the shell of 1,970 individuals of *M. tuberculata* were measured. The conchylometric characterization was carried out through simple regressions between the morphometric measurements and the conchylometrics were compared using the Shape Stabilization Indicator (IEF) of the shell. A t-Student test was applied to assess the existence of statistical dependence between the morphometric measurements. The results indicate that *M. tuberculata* has highly correlated morphometric relationships, classified by negative allometry ($p < 0.001$). The IEF analysis shows a trend towards conchiliomorfológica stabilization of *M. tuberculata* from 13 mm of total shell length of individuals, in both studied locations. However, differences in the shape of the shell of *M. tuberculata* are evident, indicating that the molluscs found in the Praquiquara stream are proportionally larger than those found in the Banana lagoon. In this study, it is verified that *M. tuberculata* presents highly correlated morphometric measurements, which allows the

estimation of measurements through the generated equation. It is noteworthy the presence of morphological differences in the shell of gastropods sampled in different regions.

Keywords: Molluscs, bioinvasion, morphometric relationships, morphology, IEF.

INTRODUCCIÓN

Melanooides tuberculata (Müller, 1774) es un molusco gasterópodo perteneciente a la familia Thiaridae, comúnmente conocido como “caracol asiático” o “caracol trompeta” (Santos *et al.* 2016). Actualmente tiene una amplia distribución en el mundo, sin embargo es originario de la región noreste de África y el sudeste asiático (Leão *et al.* 2011, Vogler *et al.* 2012). Normalmente se presenta en una amplia variedad de hábitats, estando presente en cuerpos de agua perennes o temporales, en agua dulce o salobre (Vogler *et al.* 2012, Raw *et al.* 2016), factores que contribuyeron a la colonización en diferentes regiones del mundo.

En Brasil, el primer registro en la literatura científica fue en 1986, pero hay informes inéditos de la presencia desde 1967 en Santos, Sao Paulo (Vaz *et al.* 1986). Actualmente, el gasterópodo invasor está presente en 20 estados y el Distrito Federal de Brasil (Coelho *et al.* 2018, Silva *et al.* 2019, Barros *et al.* 2020a). En la región amazónica brasileña existen registros de esta especie solo en los estados de Mato Grosso, Tocantins y Pará (Silva *et al.* 2019, Barros *et al.* 2020a,b, Franco *et al.* 2020).

Este gasterópodo es muy polimórfico, con un rango de cuatro a 21 morfotipos. (Vogler *et al.* 2012, Santos *et al.* 2016) y presenta registros en la naturaleza de individuos de hasta 39 mm de longitud total de concha (Oliveira & Oliveira 2019). Su presencia en cuerpos de agua causa daños a la piscicultura, ya que colonizan tanques y viveros. Además, es potencialmente capaz de desestabilizar las comunidades bentónicas nativas, especialmente las poblaciones de caracoles nativos *Biomphalaria* sp. (Fernandez *et al.* 2003). Su ocurrencia se monitorea constantemente, principalmente porque este molusco actúa como huésped intermedio de varios trematodos parásitos (Pinto & Melo 2012, Van Damme & Lange 2017).

La morfometría de *M. tuberculata* se caracterizó por Chagas *et al.* (2018a), en individuos recolectados en la Laguna del Banana, costa del estado de Ceará. Sin embargo, aún quedan por analizar algunas lagunas en cuanto a la conquiliometría de la especie, incluida la hipótesis de evidencia de adaptación morfológica entre poblaciones de este gasterópodo ubicadas en diferentes regiones. Dado que, las características fenotípicas de una especie están influenciadas por los parámetros ambientales del lugar en el que habitan y, por lo tanto, diferentes poblaciones de una misma especie pueden mostrar diferenciación en la forma de la concha como respuesta dinámica y adaptativa a estos factores externos (Knox 2001, Sousa *et al.* 2018).

Los estudios sobre conquiliometría de gasterópodos pueden proporcionar herramientas para numerosos estudios, tales como identificación de especies, distinción de poblaciones, estructura y dinámica de poblaciones, medidas de manejo y estrategias de explotación y conservación, crecimiento relativo, entre otros (Gaspar *et al.* 2002, Vasconcelos & Gaspar 2017, Vasconcelos *et al.* 2021).

Así, este trabajo tiene como objetivo caracterizar las relaciones conquiliométricas de *M. tuberculata* recolectadas en el igarapé Praquiquara, Castanhal, región amazónica oriental y compararlas con datos morfométricos de especímenes capturados en la Laguna del Banana, Ceará, noreste de Brasil, y así, verificar si las diferencias existentes entre las regiones de recolección afectan significativamente la morfología de la concha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo biológico

El área de recolección está delimitada en el igarapé Praquiquara, que se ubica en la región media de Apeú, ubicado en el municipio de Castanhal, Amazonia Oriental (Figura 1), a 59 km de la capital, Belém – Pará, Brasil. Sus manantiales preservados están ubicados en fragmentos de bosque en el área del Instituto Federal de Pará-IFPa (Campus Castanhal), presente aproximadamente 102 ha, con temperatura del agua que oscila entre 26,6 ° C y 29,9 ° C, siendo directamente influenciada por las actividades. agricultura, acuicultura (vivero, red y tanques excavados) y áreas de exploración minera (piçarra) en el barrio occidental (Chagas *et al.* 2019).

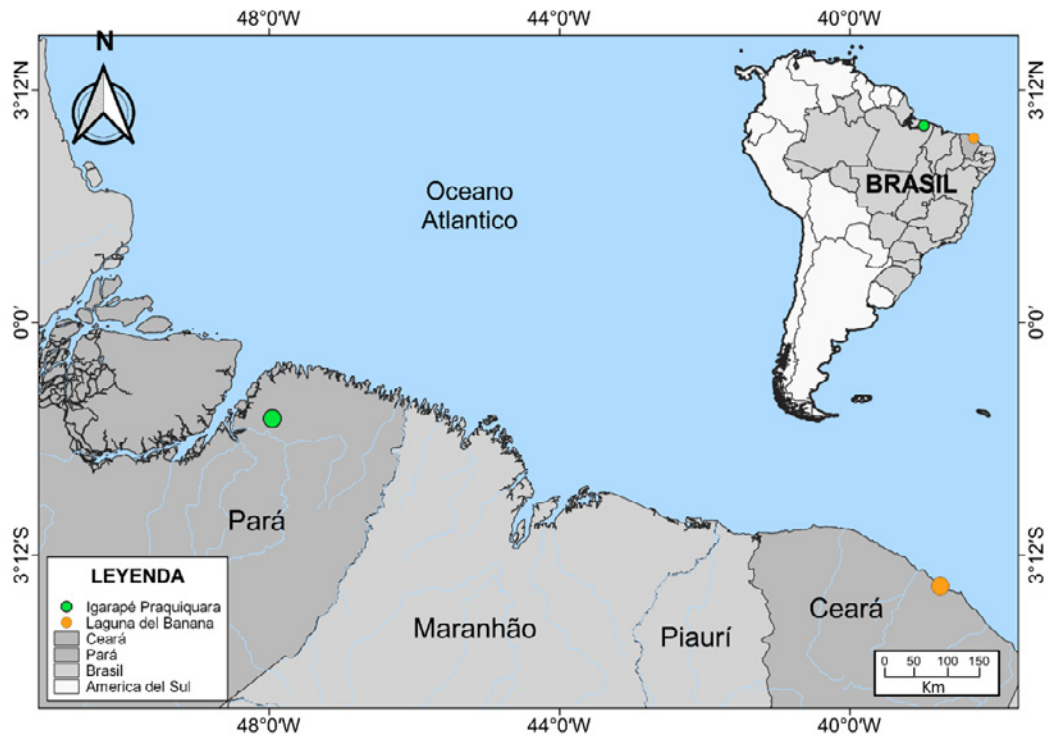
La región se caracteriza por tener un clima húmedo con escasa o nula deficiencia hídrica, megatérmico y con vegetación durante todo el año. Además de una estación lluviosa, que comprende los meses de diciembre a mayo (promedio de 1.780 mm), y una estación menos lluviosa (estación seca), que generalmente corresponde al período de junio a noviembre (promedio de 606 mm) (Moraes *et al.* 2005).

Para el muestreo del *M. tuberculata*, se utilizó la metodología propuesta por Pimpão & Martins (2008), en el que previamente se utiliza la visualización directa de las conchas. Para ello, se exploró por primera vez el margen del igarapé Praquiquara desde el sitio del primer registro de *M. tuberculata* ocurrido en 2017 (Barros *et al.* 2020b). Se constató que la distribución del gasterópodo invasor se restringió únicamente al flujo de salida de los efluentes de la piscicultura de la Fazenda Escola de Castanhal, perteneciente a la Universidad Federal Rural de la Amazonia- UFRA, que luego desemboca en el ramal principal del igarapé. En base a esta información se muestrearon los gasterópodos en un área de 50 x 50 cm, ubicada en el igarapé que conforma el sistema de drenaje para el agua de esta acuicultura (Figura 1).

Luego de ser recolectados, los individuos fueron fijados en etanol al 70% y transportados al Laboratorio de Ecología Bentónica Tropical (www.benthos.eu), posteriormente, las conchas depositadas en el Museo de Zoología de la UFRA - MZUFRA (MZUFRA Moll 240). La conquiliometría de *M. tuberculata* se realizó

determinando las medidas externas (longitud total, ancho y alto del caparazón) y las medidas de longitud y ancho de la abertura del caparazón, medidas con un calibre digital (TESA Data-Direct, precisión de 0,01 mm), de acuerdo a Chagas *et al.* (2018a).

TABLA 1. Ubicación del área de recolección de *Melanoides tuberculata* en el igarapé Praiquara (Castanhal - Pará) y en la Laguna Banana (Cacucaia - Ceará) en las regiones Norte y Nordeste de Brasil, respectivamente



Tratamiento de datos y análisis estadístico

Las relaciones morfométricas entre las medidas externas y entre las medidas de apertura de la concha se describieron utilizando ecuaciones lineales del tipo $Y=a+b.X$. En primer lugar, se probó la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk. Para probar la existencia de dependencia estadística entre las variables relacionadas de las relaciones morfométricas, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r), con significancia de los valores r probados, seguido de una prueba t . Los coeficientes lineales (a) y angulares (b) de las regresiones se estimaron utilizando el método de mínimos cuadrados.

El crecimiento relativo entre las variables se clasificó según los valores del coeficiente angular (b), como alometría negativa cuando $b < 1$, positiva cuando $b > 1$ e isométrica cuando $b = 1$. Se consideraron diferencias estadísticas a nivel de significancia 95% ($\alpha = 0.05$) (Zar 2010), utilizando el software PAleontological STatistics- PAST, versión 4.0 (Hammer 2020).

Al mismo tiempo, las medidas morfométricas de *M. tuberculata* se agruparon a través de intervalos de clase de 1 mm y por clases de desarrollo, de acuerdo a Miyahira (2010), que agrupa a los individuos por ancho de concha (mm) en cuatro clases. Las clases de ancho se establecen en base a la biología reproductiva de la especie, con clase 1 (0,01 a 2,99 mm) aún no reproductiva, clase 2 (3 a 5,99 mm) con individuos que han iniciado su ciclo reproductivo, clase 3 (6 a 8,99 mm) compuesta por moluscos reproductores y clase 4 (> 9 mm) por adultos que alcanzaron la segunda etapa reproductiva. Esta clasificación se utilizó para verificar la fase reproductiva de los individuos a través de su morfometría.

Además, se realizó un análisis morfométrico comparativo entre las conquiliometrías de la concha y de los gasterópodos del presente estudio, junto con los resultados obtenidos por Chagas *et al.* (2018a), para *M. tuberculata* recolectada en la Laguna del Banana, Ceará, noreste de Brasil. El método propuesto por Gil *et al.* (2007), denominado Indicador de Estabilización de Forma (IEF) de la concha, que consiste en un análisis simple y consiste en calcular las relaciones, expresadas en porcentaje, entre las tres medidas lineales de la concha. Para ello, los ejemplares muestreados se separaron en clases de longitud de 1 mm y se calculó el promedio de las medidas lineales para cada intervalo, determinando las siguientes relaciones morfométricas: A/C, L/C y A/L, siendo A la altura, C es el longitud total y L es el ancho del caparazón.

Los datos brutos de la morfometría de *M. tuberculata*, tanto del presente estudio como en la Laguna del Banana, Ceará, están disponibles en la plataforma digital Data Publisher for Earth & Environmental Science- PANGEA (Chagas *et al.* 2018b,c).

RESULTADOS

En total se recolectaron 1 970 ejemplares, que tuvieron una longitud total de $11,62 \pm 3,00$ mm (media \pm DE), oscilando entre 0.75 y 22.37 mm, ancho de 4.62 ± 1.10 mm, entre 0.39 y 8.84 mm, altura de 4.26 ± 1.03 mm, entre 0.30 y 8.23 mm, longitud de apertura de 4.30 ± 1.08 mm, entre 0.16 y 9.02 mm y ancho de apertura de 2.69 ± 0.63 mm, entre 0.24 y 4.95 mm. De los gasterópodos recolectados, se encontró que el 87.6% corresponden a individuos entre 10 y 16 mm del longitud total de concha (Figura 2A).

La distribución de frecuencia por clases de desarrollo de *M. tuberculata* sugiere que el 6.2% (clase 1) de los gasterópodos muestreados no alcanzaron la fase reproductiva, el 87% (clase 2) ya se han reproducido al menos una vez, el 6.8% (clase 3) representan los gasterópodos en la fase reproductiva (Figura 2B).

Las gráficas de las relaciones morfométricas de las medidas externas y la apertura del caparazón de *M. tuberculata* muestran una tendencia lineal (Figura 3). Este hecho corrobora los altos valores del coeficiente de determinación (R^2) de las relaciones que osciló entre 0.89 y 0.99. El coeficiente de correlación de Pearson muestra la mejor relación entre las medidas del ancho y alto del caparazón ($r = 0.99$) y entre estas variables y las medidas de apertura del caparazón, todas con $r = 0.99$.

Según los valores de r , las relaciones se clasifican en alometría “extremadamente fuerte” y negativa ($b < 1$) (excepto la relación A x CA, que tiene alometría positiva, con tendencia a la isometría, con un valor de $b = 1.04$) (Tabla 1).

Se encontró una alta correlación entre las medidas externas del caparazón de *M. tuberculata* recolectada en la Laguna del Banana, con la mejor relación entre las medidas del ancho y altura de la cáscara ($r = 0.99$ y $p < 0.001$) y entre estas medidas y la longitud de la abertura de la cáscara, con $r = 0.98$ y $r = 0.97$, respectivamente (Tabla 1).

Para los análisis IEF realizados a partir de las razones morfométricas, los gráficos construidos muestran una tendencia a la estabilización conchiliomorfológica en la concha de *M. tuberculata* desde 13 mm de longitud total en individuos, en ambos lugares de muestreo (Figura 4). Sin embargo, indican diferencias en la forma de la concha de *M. tuberculata* al comparar la población recolectada en el igarapé Praquiara con las muestreadas en la Laguna Banana. Esta diferencia se evidencia en los ratios L/C y A/C, con una diferencia porcentual de $7 \pm 3\%$ (media \pm DE), que va del 1 al 16%, y del $5 \pm 3\%$, que va del 1 al 13%, destacando los porcentajes más altos en gasterópodos recolectados en el igarapé Praquiara.

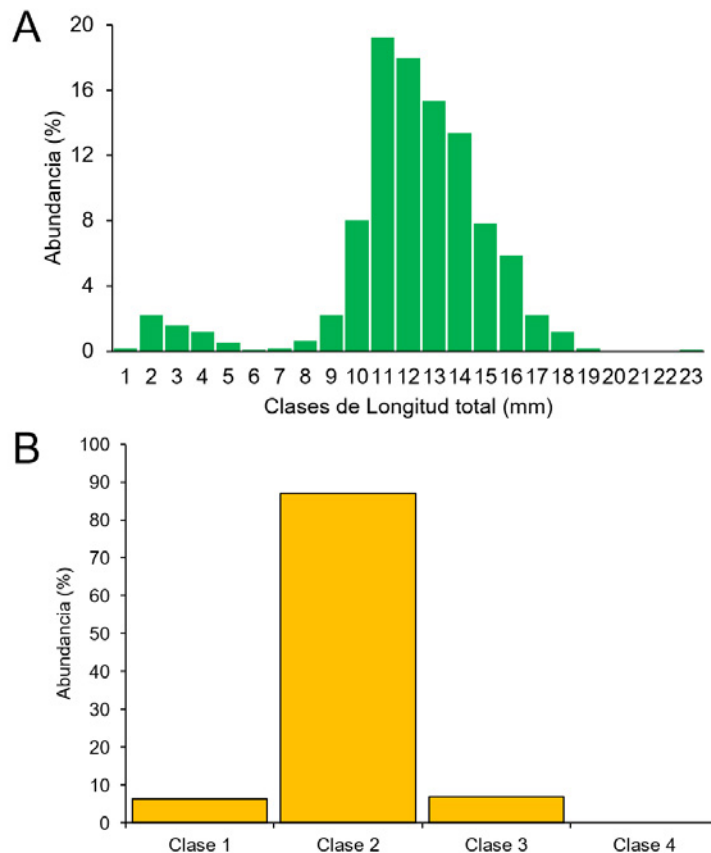


FIGURA 2. Distribución de frecuencias de *Melanoides tuberculata* por clases de 1 (mm) de longitud (A) y por clases de desarrollo (B) propuestas por Gonçalves (2015).

TABLA 1. Resultados de las relaciones morfométricas de *Melanoides tuberculata* mostrando las ecuaciones morfométricas, valores de los coeficientes lineal (a) y angular (b), coeficiente de determinación (R²), coeficiente de correlación de Pearson (r), valores p y clasificaciones de las relaciones del presente estudio con el de Chagas *et al.* (2018a).

Local	Nº	Relación morfométrica	Ecuación	a	±SD	b	±SD	R ²	r	p	Alometría
Igarapé Paquiquara (Castanhal - PA)	1 970	C x L	$L = 0.34C + 0.57$	0.57	0.04	0.34	0.003	0.90	0.95	<0.001	negativa
		C x A	$A = 0.32C + 0.46$	0.46	0.03	0.32	0.003	0.90	0.95	<0.001	negativa
		L x A	$A = 0.93L - 0.06$	-0.06	0.005	0.93	0.001	0.99	0.99	<0.001	negativa
		C x CA	$CA = 0.34C + 0.32$	0.32	0.04	0.34	0.003	0.90	0.94	<0.001	negativa
		L x CA	$CA = 0.98L - 0.22$	-0.22	0.01	0.98	0.002	0.99	0.99	<0.001	negativa
		A x CA	$CA = 1.04A - 0.15$	-0.15	0.01	1.04	0.002	0.99	0.99	<0.001	positiva
		C x LA	$LA = 0.19C + 0.38$	0.38	0.02	0.19	0.002	0.89	0.94	<0.001	negativa
		L x LA	$LA = 0.56L + 0.57$	0.57	0.01	0.56	0.002	0.98	0.99	<0.001	negativa
A x LA	$LA = 0.60A + 0.09$	0.09	0.009	0.60	0.002	0.98	0.99	<0.001	negativa		
Laguna del Banana (Caucaia - CE)	381	C x L	$L = 0.27C + 0.70$	0.27	0.004	0.70	0.08	0.91	0.95	<0.0001	negativa
		C x A	$A = 0.25C + 0.72$	0.25	0.003	0.72	0.07	0.92	0.96	<0.0001	negativa
		L x A	$A = 0.91L + 0.13$	0.91	0.005	0.13	0.03	0.98	0.99	<0.0001	negativa
		C x CA	$CA = 0.26C + 0.46$	0.26	0.004	0.46	0.08	0.91	0.95	<0.0001	negativa
		L x CA	$CA = 0.95L - 0.11$	0.95	0.01	-0.11	0.06	0.95	0.97	<0.0001	negativa
		A x CA	$CA = 1.03A - 0.23$	1.03	0.01	-0.23	0.06	0.96	0.98	<0.0001	negativa
		C x LA	$LA = 0.13C + 0.71$	0.13	0.003	0.71	0.06	0.83	0.91	<0.0001	negativa
		L x LA	$LA = 0.47L + 0.41$	0.47	0.008	0.41	0.05	0.88	0.94	<0.0001	negativa
A x LA	$LA = 0.51A + 0.36$	0.51	0.009	0.36	0.05	0.88	0.94	<0.0001	negativa		

Se observa que la relación A/L muestra claras diferencias solo en individuos de hasta 10 mm y a partir de esa longitud, los individuos recolectados en ambas localizaciones no muestran diferencias conquiliomorfométricas significativas. Este hecho está comprobado por la alta correlación entre estas variables encontradas en este estudio y por Barros *et al.* (2020a), en la Laguna del Banana.

DISCUSIÓN

La longitud máxima total de la concha de *M. tuberculata* encontrada en el Igarapé Paquiquara fue de 22.37 mm, menor que los valores máximos encontrados en otras regiones brasileñas, excepto Río Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte (20 mm) y en el municipio de Ananindeua, Pará (14.20 mm). Este valor está por debajo del valor registrado en la Laguna del Banana (33.77 mm), Ceará, región noreste de Brasil (Barros *et al.* 2020a).

La longitud total de concha es similar al encontrado por Souto *et al.* (2011) en Sergipe (80%, con individuos entre 6 y 14 mm). Sin embargo, este porcentaje se encuentra debajo de las clases que se encuentran en Laguna del Banana, Ceará, (82.93%, entre 16 y 27 mm) (Chagas *et al.* 2018a) y en el río Cana Brava y río Macacos, ambos en Goiás (entre 20 y 24 mm) (Rocha-Miranda & Martins-Silva 2006).

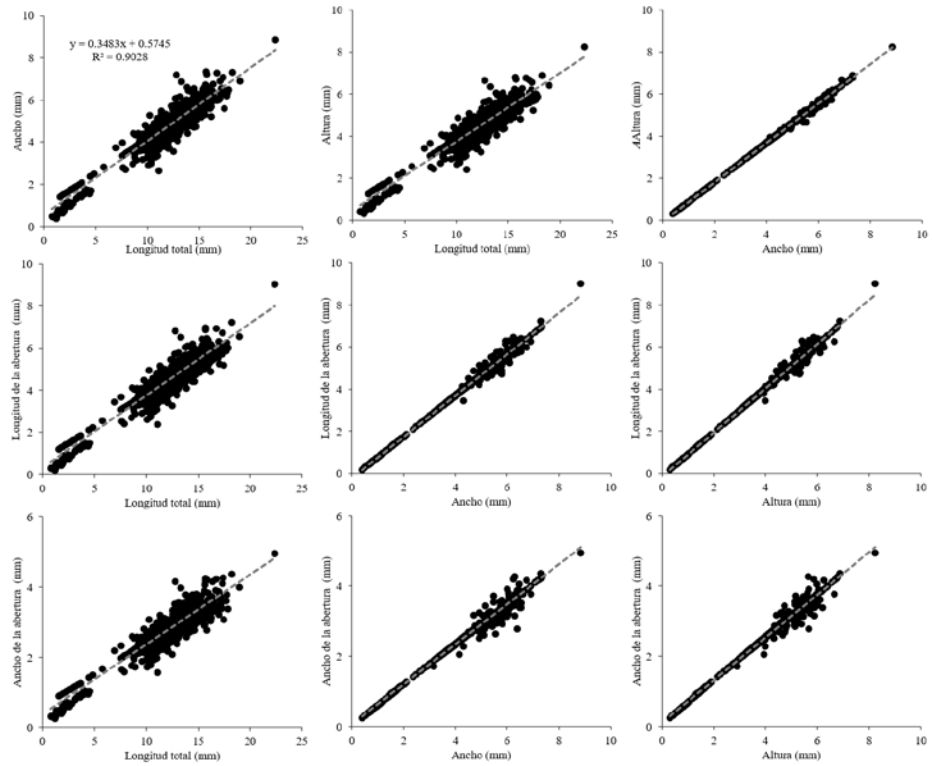


FIGURA 3. Gráficos de las relaciones morfométricas entre las medidas externas (C: longitud, L: ancho y H: alto) y la abertura de la concha (CA: longitud de la abertura y LA: ancho de la abertura).

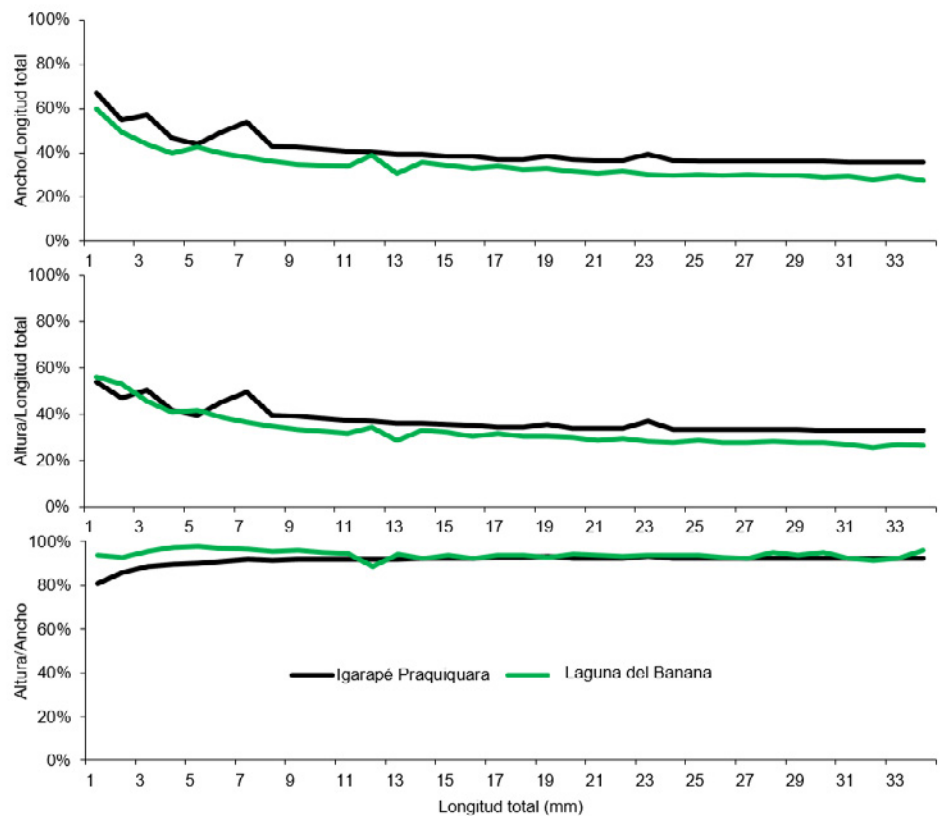


FIGURA 4. Gráficos de las proporciones de las medidas morfométricas externas de la concha de *Melanoides tuberculata* recolectadas en el igarapé Praquiara (líneas negras) y en la Laguna del Banana (líneas verdes).

Es de destacar la falta de individuos que hayan alcanzado la segunda etapa reproductiva. Este resultado demuestra que la población de *M. tuberculata* en el igarapé Praquiquara aún no tiene un estatus clasificado como establecido, evidenciando su reciente introducción (Latini *et al.* 2016).

La alta correlación entre las medidas externas del caparazón también fue evidenciada por Chagas *et al.* (2018a), por Miyahira (2010), en Angra dos Reis - RJ, por Gonçalves (2015), en Brasilia - DF, con $R^2 = 0.96$ ($p < 0.001$) y $R^2 = 0.94$ ($p < 0.001$), respectivamente, además, por Farani *et al.* (2015) ($R^2 = 0.96$; $p < 0.001$) en *M. tuberculata* recolectada en Salvador, Bahía.

La relación A/L muestra claras diferencias solo en individuos de hasta 10 mm y a partir de esa longitud, los individuos recolectados en ambas localizaciones no muestran diferencias conquiliomorfológicas significativas. Este hecho está comprobado por la alta correlación entre estas variables encontradas en este estudio y por Barros *et al.* (2020a), en la Laguna del Banana.

El mayor desarrollo proporcional del caparazón de *M. tuberculata* encontrado en el igarapé Praquiquara se explica por Elkarmi & Ismail (2007), quienes citan en su estudio un mejor crecimiento del gasterópodo en regiones con temperaturas más altas, como la región amazónica. Rocha-Miranda & Martins-Silva (2006) mencionaron que el gasterópodo invasor se desarrolla mejor en ambientes donde la acción antrópica es claramente evidente, principalmente porque estos lugares tienen un alto índice de materia orgánica. Es de destacar que, como se mencionó, el lugar donde se recolectaron los gasterópodos es un igarapé perteneciente a la red de aguas efluentes de la piscicultura, por lo que presenta una alta concentración de nutrientes, lo que posiblemente favoreció el mayor desarrollo proporcional de la *M. tuberculata* muestreada en el igarapé Praquiquara.

A modo de conclusión, la conquiliometría del gasterópodo invasor *Melanoides tuberculata* recolectado en el igarapé Praquiquara presenta relaciones morfométricas clasificadas como "positivas extremadamente fuertes", con la excepción de la relación entre altura y longitud total de la abertura de la concha, que tiene alometría positiva (con tendencia a la isometría). Entre las relaciones realizadas, las mejores relaciones encontradas se dan entre las medidas de altura y ancho de la concha, ocurriendo lo mismo entre estas medidas y la morfometría de la abertura de la concha. Es de destacar que todas las ecuaciones propuestas satisfacen la estimación morfométrica de los individuos.

Los resultados de este trabajo también muestran evidencia de diferencias en la conquiliometría entre *M. tuberculata* de diferentes regiones, evidenciada por las razones porcentuales entre las medidas externas de la concha de gasterópodo, lo que destaca a los individuos encontrados en el estado de Pará con medidas mayores a las de Ceará. Así, e indica una posible adaptación morfológica de *M. tuberculata* bajo influencia ambiental.

REFERENCIAS

- Barros M.R.F., Chagas R.A., Herrmann M., Bezerra A.M. 2020a. New record of the invasive snail *Melanooides tuberculatus* (Mollusca: Thiaridae) in the Amazon region, Northern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 80: 368-372. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.210408>
- Barros M.R.F., Chagas R.A., Santos W.C.R., Herrmann M. 2020b. Novo registro de *Melanooides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) na Amazônia Oriental. *Research, Society and Development*, 9: e774974461. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4461>
- Chagas R.A., Barros M.R.F., Bezerra A.M. 2018a. Morfometria da concha do gastrópode invasor *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda, Thiaridae). *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 6: 10-16. <http://dx.doi.org/10.2312/Actafish.2018.6.1.10-16>
- Chagas R.A., Barros M.R.F., Bezerra A.M. 2018b. Morphometry of the bioinvader gastropod *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774), Banana Lagoon, Ceará, Northeastern Brazil. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.884524>
- Chagas R.A., Barros M.R.F., Santos W.C.R., Herrmann M. 2018c. Morphometry of the bioinvader gastropod *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) collected in the Praquiquara igarapé, Castanhal, Pará. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.884796>
- Chagas R.A., Barros M.R.F., Santos W.C.R., Santos R.F., Duarte L.B., Pereira C.M.B., Noronha G.S.T., Brito L.C.R., Herrmann M. 2019. Composition of the ichthyofauna of the igarapé Praquiquara, Castanhal, Eastern Amazon. *Folia Amazônica*, 28: 1-17. <https://doi.org/10.24841/fa.v28i1.474>
- Coelho P.N., Fernandez M.A., Cesar D.A.S., Ruocco A.M.C., Henry R. 2018. Updated distribution and range expansion of the gastropod invader *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) in Brazilian waters. *BioInvasions Records*, 7: 405-409. <https://doi.org/10.3391/bir.2018.7.4.08>
- Elkarmi A.Z., Ismail N.S. 2007. Growth models and shell morphometrics of two populations of *Melanooides tuberculata* (Thiaridae) living in hot springs and freshwater pools. *Journal of Limnology*, 66: 90-96.
- Fernandez M.A., Thiengo S.C., Simone L.R.L. 2003. Distribution of the introduced freshwater snail *Melanooides tuberculatus* (Gastropoda: Thiaridae) in Brazil. *The Nautilus*, 117: 78-82.
- Franco J.N., Freitas H.V.P., Vasconcelos K.M.V.N., Santos W.J.P., Barros M.R.F., Chagas R.A., Bezerra A.M. 2020. Primeira ocorrência do gastrópode invasor *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Mollusca: Thiaridae) no município de Ananindeua, Pará, Amazônia Oriental. *Scientia Amazonia*, 9: 9-14.
- Farani, G. L., Nogueira, M. M., Johnson, R., Neves, E. 2015. The salt tolerance of the freshwater snail *Melanooides tuberculata* (Mollusca, Gastropoda), a bioinvader gastropod. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 10(3), 212-221.
- Gaspar M.B., Santos M.N., Vasconcelos P., Monteiro C.C. 2002. Shell morphometric relationships of the most common bivalve species (Mollusca: Bivalvia) of the Algarve coast (southern Portugal). *Hydrobiologia*, 477: 73-80. <https://doi.org/10.1023/A:1021009031717>
- Gil G.M., Troncoso J.S., Thomé J.W. 2007. Shell shape stabilization indicator (IEF): Handling and optimization of bivalves mollusks exploitation. Porto Alegre: Edição do autor.

- Gonçalves C.T.P. 2015. Aspectos populacionais e reprodutivos do gastrópode invasor *Melanooides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) no Lago Paranoá, Brasília, Brasil. (Dissertação - Mestrado em Zoologia), Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Hammer Ø. 2020. PAST - Palaeontological statistics. Version 4.0. Natural History Museum: University of Oslo.
- Knox G.A. 2001. The ecology of seashores (1 ed.). Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Latini A.O., Resende D.C., Pombo V.B., Coradin L. 2016. Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil. Brasília: MMA.
- Leão T.C.C., Almeida W.R., Dechoum M.S., Ziller S.R. 2011. Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas. Recife: CEPAN/Instituto Hórus.
- Miyahira I.C. 2010. Dinâmica populacional de *Melanooides tuberculatus* (Müller, 1774) em um riacho impactado da Vila do Abraão, Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brasil. . (Dissertação - Mestrado em Ecologia e Evolução), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
- Moraes B.C., Costa J.M.N., Costa A.C.L., Costa M.H. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. Acta Amazonica, 35: 207-214. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>
- Oliveira C.D., Oliveira C.Y.B. 2019. Growth parameters of the invasive gastropod *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda, Thiaridae) in a semiarid region, Northeastern Brazil. Acta Scientiarum Biological Sciences. 41: e45720. 10.4025/actascibiolsci.v41i1.45720.
- Pimpão D.M., Martins D.S. 2008. Ocorrência do molusco asiático *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia, Corbiculidae) no baixo rio Negro, Amazônia central. Acta Amazonica, 38: 589-592.
- Pinto H.A., Melo A.L. 2012. *Melanooides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) Harboring Rencolid Cercariae (Trematoda: Rencolidae) In Brazil. Journal of Parasitology, 98: 784-787. <https://doi.org/10.1645/GE-2937.1>
- Raw J.L., Perissinotto N.A., Miranda N.A.F., Peer N. 2016. Feeding dynamics of *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774). Journal of Molluscan Studies, 82: 328-335. doi:10.1093/mollus/eyv070
- Rocha-Miranda F., Martins-Silva M.J. 2006. First record of the invasive snail *Melanooides tuberculatus* (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae) in the Paranã river basin, GO, Brazil. Brazilian Journal of Biology, 66: 1109-1115.
- Santos S.B., Thiengo S.C., Fernandez M.A., Miyahira I.C., Silva E.F., Lopes B.G., Gonçalves I.C.B., Ximenes R.F., Lacerda L.E.M. 2016. Moluscos límnicos- Gastrópodes. In Latini A.O., Resende D.C. (Eds.), Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil (pp. 221-248). Brasília, DF: MMA.
- Silva E.L., Leal M.F., dos Santos O., da Rocha A.J., Pacheco A.C.L., Pinheiro T.G. 2019. New records of the invasive mollusk *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda, Thiaridae) in the Brazilian Northeast. Check List, 15: 479-483. <https://doi.org/10.15560/15.3.479>
- Sousa R., Delgado J., González J.A., Freitas M., Henriques P. 2018. Marine snails of the genus *Phorcus*: biology and ecology of sentinel species for human impacts on the rocky shores. In Ray S. (Ed.), Biological Resources of Water (pp. 141-167). Rijeka: IntechOpen.

- Souto L.S., Brito M.F.G., Rosa L.C. 2011. *Melanooides tuberculatus* (Müller, 1774): A new threat to the conservation of native aquatic species in Sergipe, Brazil. *Scientia Plena*, 7: 1-6.
- Van Damme D., Lange C. 2017. *Melanooides tuberculata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-1.RLTS.T155675A110779677.en>
- Vasconcelos P., Gaspar M. 2017. A importância e utilidade dos estudos morfométricos e do crescimento relativo em bivalves e gastrópodes. *Portugalia*, 20: 10-11.
- Vasconcelos P., Santos A.C.N., Pereira F., Moura P., Carvalho A.N., Gaspar M.B. 2021. Shell Morphology, Morphometric Relationships and Relative Growth of Three Topshell Species (Gastropoda: Trochidae) from the Algarve Coast (Southern Portugal). *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*. 10.1007/s41208-021-00351-y
- Vaz J.F., Teles H.M.S., Correa M.A., Leite S.P.S. 1986. Ocorrência no Brasil de *Thiara (Melanooides) tuberculata* (O.F. Muller, 1774) (Gastropoda, Prosobranchia), primeiro hospedeiro intermediário de *Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875) (Trematoda, Platyhelminthes). *Revista de Saúde Pública*, 20: 318-322. <https://doi.org/10.1590/S003489101986000400008>
- Vogler R.E., Núñez V., Gregoric D.E.G., Beltamino A.A., Peso J.G. 2012. *Melanooides tuberculata*: The history of an invader. In Härmäläinen E.M. & Järvinen S. (Eds.), *Snails: Biology, ecology and conservation* (pp. 65-84). New York: Nova Science Publishers.
- Zar J.H. 2010. *Biostatistical Analysis* (5th Edition ed.). New Jersey: Prentice Hall. 960 p.