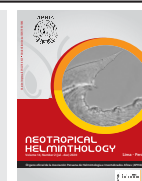




Neotropical Helminthology



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF FLUVIAL AND TERRESTRIAL GASTROPODS WITH METEOROLOGICAL VARIABLES THROUGH MATHEMATICAL MODELING IN SANTA CLARA, VILLA CLARA, CUBA

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE GASTRÓPODOS FLUVIALES Y TERRESTRES CON VARIABLES METEOROLÓGICAS MEDIANTE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA. SANTA CLARA, VILLA CLARA, CUBA

Frank Manuel Wilford-González¹; Rigoberto Fimia-Duarte^{2*}; Alfredo Meneses-Marcel¹; Ricardo Osés-Rodríguez³; José Iannacone^{4,5}; George Argota-Pérez⁶; Pedro María Alarcón-Elbal⁷; Lorenzo Diéguez-Fernández⁸ & Rafael Armiñana-García⁹

¹ Centro de Bioactivos Químicos, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. E-mail: lucariow1@gmail.com, ameneses@uclv.edu.cu

² Facultad de Tecnología de la Salud y Enfermería (FTSE). Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara (UCM-VC), Cuba. E-mail: rigobertofd@infomed.sld.cu

³ Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara, Cuba. E-mail: ricardo.oses@vcl.insmet.cu

⁴ Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA), Escuela Universitaria de Posgrado (EUPG), Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA). Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas (FCNNM). Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú. ⁵ Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. E-mail: joseiannacone@gmail.com

⁶ Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Puno, Perú. E-mail: george.argota@gmail.com

⁷ Universidad Iberoamericana (UNIBE). Instituto de Medicina Tropical & Salud Global (IMTSAG). Santo Domingo, República Dominicana. E-mail: pedro.alarcon@uv.es

⁸ Departamento de Control de Vectores del Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología (CPHEM) de Camagüey, Cuba. E-mail: lfdiequez.cmw@infomed.sld.cu

⁹ Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas. Villa Clara, Cuba. E-mail: rarminana@uclv.cu

*Correspondencia con el autor: rigoberto.fimia66@gmail.com

ABSTRACT

Molluscs are a highly diverse group in appearance, anatomy, physiology and ecology and represent the second largest group of invertebrates. The objective of the present work was to make a mathematical model based on meteorological variables, that allows predicting the distribution and abundance of fluvial and terrestrial gastropods in the municipality of Santa Clara, Cuba. For this purpose, the five health areas of the municipality were analyzed between March and July 2019. Specimens and meteorological data were collected in the ecosystems with human use in these health areas. Regressive Objective Modeling (ROR) was used in the development of the predictive model. The health area with the greatest abundance

and diversity of gastropods was Captain Roberto Fleites. The river species with the greatest distribution was *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) and the most abundant was *Tarebia granifera* (Lamarck, 1816). In the case of terrestrial species, both values corresponded to *Praticolella griseola* (Pfeiffer, 1841). The meteorological variables with the greatest influence on the gastropods were temperatures and rainfall. As these variables increased, the numbers of gastropods decreased. The prediction model introduced minimum temperature and minimum relative humidity as variables directly proportional to the prevalence of gastropods. On the other hand, it introduced precipitation and atmospheric pressure as inversely proportional variables. The predicted influence of the Atlantic anticyclone was found to be inversely proportional to the expected number of gastropods.

Keywords: abundance – distribution – mathematical modeling – *Physella acuta* – *Praticolella griseola* – *Tarebia granifera*

RESUMEN

Los moluscos son un grupo altamente diverso en apariencia, anatomía, fisiología y ecología y representa el segundo mayor grupo de invertebrados. El objetivo del presente trabajo consistió en confeccionar un modelo matemático en función de variables meteorológicas, que permita predecir la distribución y abundancia de los gasterópodos fluviales y terrestres en el municipio Santa Clara, Cuba. Para ello se analizaron las cinco áreas de salud del municipio, en el período comprendido entre marzo y julio del 2019. Se colectaron especímenes en los ecosistemas con uso humano de estas áreas de salud, así como datos meteorológicos de la estación que mantiene vigilancia sobre ellas. En el desarrollo del modelo predictivo se empleó la Modelación Objetiva Regresiva (ROR). El área de salud con una mayor abundancia y diversidad de gasterópodos fue Capitán Roberto Fleites, la especie fluvial con una mayor distribución resultó ser *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) y la más abundante, *Tarebia granifera* (Lamarck, 1816). En el caso de las especies terrestres ambos valores correspondieron a *Praticolella griseola* (Pfeiffer, 1841). Las variables meteorológicas con mayor influencia sobre los gasterópodos fueron las temperaturas y las precipitaciones; a medida que estas aumentan, disminuyen las cantidades de gasterópodos. El modelo de predicción introdujo a la temperatura mínima y la humedad relativa mínima como variables directamente proporcionales a la cantidad de gasterópodos; por otra parte, introdujo a la precipitación y la presión atmosférica como variables inversamente proporcionales. La influencia predicha del anticiclón del Atlántico resultó ser inversamente proporcional a la cantidad de gasterópodos esperada.

Palabras clave: abundancia – distribución – modelación matemática – *Physella acuta* – *Praticolella griseola* – *Tarebia granifera*

INTRODUCCIÓN

El phylum Mollusca es un linaje monofilético de invertebrados muy antiguo, que data desde antes del Cámbrico (Barker, 2001; Más-Coma *et al.*, 2005; Dayrat *et al.*, 2011; Spyra *et al.*, 2019). Los moluscos son en apariencia, anatomía, fisiología y ecología un grupo altamente diverso (Barker, 2001; Cañete *et al.*, 2004; Darrigan *et al.*, 2020).

Este representa el segundo mayor grupo de invertebrados, se compone de bivalvos, escafópodos, cefalópodos, aplacóforos, monoplacóforos, polioplacóforos y gasterópodos (Cañete *et al.*, 2004; Dayrat *et al.*, 2011; Albarrán-Mélzer *et al.*, 2019). Algunas especies son constructoras de ecosistemas y especies clave en muchas comunidades locales (Albarrán-Melzer *et al.*, 2019; Darrigan *et al.*, 2020).

Los gastrópodos son el grupo más numeroso de moluscos, estos comprenden a más de 100,000 especies marinas, terrestres y de agua dulce (Pointier *et al.*, 2005). Su notable plasticidad morfológica y variabilidad funcional, al permitir su adaptación a formas de vida de diferente complejidad en el transcurso de su evolución, contribuyó a que se convirtieran en los moluscos más exitosos (Wong & Lim, 2017; Zdelar *et al.*, 2018). Por lo general, las partes blandas del organismo están contenidas en una estructura inorgánica o concha, compuesta por una sola pieza, de forma y dimensiones muy variables, fosilizable y que, en los gastrópodos vivos, suele tener brillantes coloridos (Río & Camacho, 2017).

Muchos de estos caracoles son hospedantes intermedios para numerosos parásitos que infestan al hombre o animales domésticos (Yong, 1998; Pointier *et al.*, 2005; Armiñana *et al.*, 2018). Algunos ejemplos de enfermedades provocadas por estos son: la esquistosomosis, transmitida por caracoles planórbidos, esta constituye la segunda enfermedad en importancia en el mundo después de la malaria, infestan a más de 300 mills de personas (Chistulo, 2000; Vázquez & Cobian, 2014; Armiñana & Fimia, 2019). La duela del hígado, otro parásito tremátodo transmitido por caracoles limneidos es considerada como una enfermedad emergente en numerosos países alrededor del mundo (Pointier *et al.*, 2005; Vázquez *et al.*, 2015; Vázquez *et al.*, 2016).

El reconocimiento de las especies de moluscos transmisoras de enfermedades es fundamental para prevenir y controlar cualquier brote epidémico con importancia para la salud pública o veterinaria (Vázquez *et al.*, 2016, Fimia *et al.*, 2017; Fimia *et al.*, 2018). Los conocimientos de sistemática y taxonomía de las especies involucradas son indispensables para una certera identificación (Vázquez & Gutiérrez, 2007; Vázquez & Cobian, 2014; Vázquez & Sánchez, 2015; Castillo *et al.*, 2016) ya que diferentes grupos taxonómicos transmiten diferentes enfermedades parasitarias.

Los gastrópodos de agua dulce cubanos son mucho menos diversos que los terrestres, contando con 32 especies, mientras que para los terrestres se han inventariado o nombrado de 1300 a 1405 especies (Pointier *et al.*, 2005; Vázquez & Sánchez, 2015). Cuba es uno de los países con mayor riqueza,

diversidad y endemismo de moluscos del mundo (Pointier *et al.*, 2005; Espinosa & Ortea, 2009; Vázquez & Perera, 2010), no pueden dejarse a un lado los estudios relacionados con dicho grupo de organismos.

Las variables ambientales pueden influir en las oscilaciones poblacionales de la fauna malacológica, y por tanto en la incidencia de las enfermedades transmitidas por moluscos (Fimia *et al.*, 2014a,b; Fimia *et al.*, 2015a,b; Fimia *et al.*, 2016a,b; Osés *et al.*, 2017; Zdelar *et al.*, 2018; Albarrán-Mélzer *et al.*, 2019; Lutfi *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2020). En la actualidad, cobran un gran auge e importancia los estudios relacionados con la modelación matemática y la confección de modelos de pronósticos de alerta temprana (Fimia *et al.*, 2012; Fimia *et al.*, 2015b; Castillo *et al.*, 2016; Fimia *et al.*, 2016a; Osés *et al.*, 2017) debido a los efectos del cambio climático.

El objetivo de la investigación consistió en confeccionar un modelo matemático en función de variables meteorológicas que permita predecir la distribución y abundancia de los gastrópodos fluviales y terrestres en el municipio Santa Clara, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Según la regionalización físico-geográfica de Cuba, el municipio y la ciudad de Santa Clara ocupan parte del Distrito Central, Subdistrito Llanuras y Alturas de Cubanacán, en la Región Natural Central (Saliez *et al.*, 2008). Su extensión superficial es de 668,82 Km², limita al norte con Cifuentes y Camajuaní; al sur con Manicaragua; al este con Camajuaní y Placetas; y al oeste con el municipio de Ranchuelo (Saliez *et al.*, 2008; ONEI, 2016). El sitio donde está enclavado presenta una altura promedio sobre el nivel medio del mar de 120 m. Cuenta con una morfología superficial diferenciada, en la que predominan las zonas llanas hacia el norte y noreste, y colinas bajas hacia el sur (Fig. 1).



Figura 1. Municipio de Santa Clara, Cuba. **Fuente:** Google Earth.

El área urbana se ha desarrollado sobre dos cuencas hidrográficas, las de los ríos Sagua la Grande y Sagua la Chica, con los ríos Bélico y Cubanicy como los principales cauces, y otros cursos menores que atraviesan o circundan la ciudad. El agua subterránea no abunda y suele estar bajo los efectos de la contaminación debido a la presencia de fosas y residuales líquidos en los ríos que la atraviesan. Las fuentes principales de abasto están fuera de la ciudad. Prevalecen los suelos fersialíticos rojos, parduscos ferromagnesiales, amarillentos, pardos con carbonatos y sin carbonatos y esqueléticos (ONEI, 2016).

Para la realización del estudio se utilizaron como referencia las áreas de salud por policlínicos de atención a la población del municipio Santa Clara, proporcionadas por el laboratorio de higiene y epidemiología del mismo. En la zona norte y

noreste del municipio se encuentran las áreas Capitán Roberto Fleites y Santa Clara, es en esta zona donde desembocan la mayoría de las fuentes de agua que atraviesan la ciudad, se localizan suelos pardos con carbonatos (22 %), sustentados sobre rocas calizas, además aquí se ubica la zona de mayor explotación agrícola del municipio (valle del Yabú) y la Reserva Florística Manejada (RFM) Sabanas de Santa Clara. En la zona sur del municipio se encuentra el área de salud Chiqui Gómez, en esta área se ubican los nacimientos de las redes fluviales que atraviesan la ciudad. Al oeste se encuentran las áreas de salud Marta Abreu y XX Aniversario, estas coinciden con el área industrial de la ciudad, encontrándose solo pequeños embalses y cañadas en ellas. En el centro del municipio se ubica el área de salud Nazareno, en la cual no se presentan sitios de estudio (Fig. 2).



Figura 2. Áreas de salud del municipio Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Fuente: Google Earth.

Se estudiaron los ecosistemas identificados en dichas áreas de salud, tanto los fluviales como los terrestres: embalses y arroyos con uso humano,

huertos y organopónicos, cuya distribución fue la siguiente (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de ecosistemas por área de salud.

Áreas de salud	Capitán Roberto Fleites	Santa Clara	Chiqui Gómez	Marta Abreu	XX Aniversario
Ecosistemas fluviales	5	2	2	2	2
Ecosistemas terrestres	6	6	6	6	6

Colecta e identificación de especímenes

Las colectas se realizaron en el horario de la mañana, de 7:30 a.m. a 10:00 a.m., correspondiéndose con las horas de mayor actividad de los especímenes a coleccionar. Para estas se analizaron 43 sitios, se llevaron a cabo entre el 1^o de marzo del 2019 y el 5 de julio del 2019, existiendo momentos de muestreo, tanto en el período seco como en el lluvioso. Se realizó un muestreo al azar sin delimitación de la parcela, para el cual se empleó el método de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) durante 15 min sin reposición. Se utilizó un colador metálico con 1 mm de luz con el cual se removió el sustrato y se hurgó entre la vegetación que crece en las orillas de los reservorios en el caso de ejemplares fluviales y

directamente con pinzas para los terrestres. En ambos muestreos fueron utilizadas pinzas para el posterior almacenamiento de los individuos coleccionados (de punta dura y blanda, en dependencia del género a coleccionar). Se confeccionó en cada sitio de colecta su correspondiente ficha malacológica (Fig. 3).

Los moluscos vivos coleccionados fueron trasladados al laboratorio de Parasitología del Centro de Bioactivos Químicos (CBQ) del municipio Santa Clara, Cuba para su identificación, donde nos apoyamos en claves taxonómicas especializadas (Espinosa & Ortea, 2009; Vázquez & Cobian, 2014; Vázquez & Sánchez, 2015) para tales fines.

LOCALIDAD	FECHA	HORA	CLIMA	COLECTOR
Presa Hanabaniña	10-jul-1982	9:00 am.	Soleado	Gloria Perera
FACTORES ABIÓTICOS			FACTORES BIÓTICOS	
Temperatura 29°C	pH 7.5	Salinidad 2 ppm	Vegetación	Aves Migratorias
Cl	NH4 0.2 mg/L	PO4 0.4 mg/L	- Pistia sp.	- Guareao
O2 83%	CO2 0.7 mg/L	SO4 0.3 mg/L	- Cabomba sp.	- Gallareta Pico Rojo
NO2 0.1 mg/L	NO3 0.002 mg/L	Dureza Total 8°d	- Elodea densa	Fauna Acompañante
Acidez	Profundidad 1.5 m	Distancia Orilla 1 m	- Eichornia sp.	- Ganado vacuno
MALACOFAUNA ENCONTRADA				
- P. poeyana	- T. granífera	- P. acuta	- C. flumínea	-
- F. cubensis	- B. helophila	- G. radiata	-	-
Observaciones:				
El agua de la presa ha descendido mucho y la vegetación acuática ha aumentado. Las poblaciones de moluscos son más escasas excepto <i>Tarebia granífera</i> .				

Figura 3. Ejemplo de ficha malacológica.

Análisis estadístico

Se emplearon 10 índices de diversidad alfa que evaluaron la riqueza, homogeneidad y dominancia específica de los gastrópodos para cada área de salud (Iannacone & Alvarino, 2007). Estas pruebas estadísticas no paramétricas fueron empleadas debido a su mayor efectividad en el análisis de datos muestreados al azar, y por no tener los datos una distribución normal, tal y como fue el caso del presente estudio:

Riqueza de especies: Número de especies que cohabitan en una parcela puntual

Abundancia: $p = n/N$

Margalef (riqueza): $D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln N}$

Menhinick (riqueza): $R_2 = \frac{S}{\sqrt{n}}$

Berger-Parker (dominancia): $B = \frac{N_{max}}{N}$

Brillouin (homogeneidad): $HB = \frac{\ln N_i - \sum \ln n_i}{N}$

Donde:

S= número total de especies

n= número total de individuos observados

N= número total de individuos para todas las S especies en la comunidad

Equitabilidad (homogeneidad): $E = \frac{D}{D_{max}}$

Donde:

D = índice de diversidad

D_{max} = valor máximo de D

Simpson (dominancia): $D = \sum_{i=1}^s P_i^2$

Shannon (homogeneidad): $H = -\sum p \ln p$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la iésima especie; representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra, siendo entonces la sumatoria de p_i igual a 1

Chao-1 (riqueza): $S_{est} = S_{obs} + F^2/2G$

Donde:

S_{est} = número de clases (en este caso de especies)

S_{obs} = número de especies observado en una muestra

F= número de *singletons*

G= número de *doubletons*

Se calculó la correlación de Pearson entre la frecuencia de ocurrencia (FO) y el total del número de moluscos, y entre la riqueza y la abundancia malacológica. El ANOVA fue utilizado para determinar las diferencias entre las abundancias de

las especies endémicas, locales e introducidas de moluscos en las 5 áreas de salud del municipio, para el total y para la FO de moluscos.

Para la realización de este trabajo se utilizaron las variables climáticas de la estación Yabú: Latitud: 22° 26' N, Longitud: 79° 59' W, estas fueron:

Temperatura Media (TMY)
 Temperatura Máxima (TXY)
 Temperatura mínima (TNY)
 Humedad Relativa Media (HRMY)
 Humedad Relativa Máxima (HRXY)
 Humedad Relativa Mínima (HRNY)
 Precipitación (PRECY)
 Presión Atmosférica a Nivel de estación (PATMY)

Estas variables fueron proporcionadas por el Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara, Cuba. Posteriormente fueron empleadas para determinar su posible asociación empleando la correlación lineal de Pearson con la abundancia de los moluscos.

Modelo de predicción empleado

Para el desarrollo del modelo predictivo se empleó la modelación por Regresión Objetiva Regresiva (ROR), así como en el pronóstico de las cinco áreas de muestreo (Osés & Grau, 2011), para lo cual se crearon en un primer paso, variables dicotómicas DS, DI y NoC, donde:

NoC: Número de casos de la base, $DS = 1$, si NoC es impar; $DI = 0$, si NoC es par, cuando $DI=1$, $DS=0$ y viceversa.

Posteriormente se ejecutó el módulo correspondiente al análisis de Regresión del paquete estadístico SPSS versión 19.0 (Compañía IBM, 2010), específicamente el método ENTER donde se obtiene la variable pronosticada y el ERROR.

Luego se obtuvieron los autocorrelogramas de la variable ERROR, con atención a los máximos de las autocorrelaciones parciales significativas (PACF). Se calcularon entonces las nuevas variables atendiendo al Lag significativo del PACF. Finalmente, se incluyeron en la nueva regresión estas variables regresadas en un proceso de aproximaciones sucesivas hasta la obtención de un ruido blanco en los errores de la regresión. Para el

caso de la presión atmosférica se pueden utilizar los retardos de 1 año de antelación al igual que otros autores para los índices climáticos.

Aspectos éticos

La investigación estuvo sujeta a normas éticas que posibilitaron reducir al mínimo el daño posible a los especímenes recolectados, utilizando solo los necesarios, así como al personal técnico del Laboratorio, que estuvo involucrado en el análisis e identificación de las muestras recolectadas, para de esta forma, poder generar nuevos conocimientos sin violar los principios éticos establecidos para estos casos. Por otra parte, todos los autores involucrados en la investigación, publicación y difusión de los resultados, somos responsables de la confiabilidad y exactitud de los resultados mostrados (DHAMM, 2013).

RESULTADOS

Distribución y abundancia

La mayoría de los sitios de colecta se encontraron antropizados y/o presentaron algún grado de contaminación apreciable. Esto pudiera deberse a la cercanía de áreas pobladas o agrícolas a estas y también se observó para algunas, contaminación por eutrofización. Para los sitios fluviales se observó cómo vegetación predominante la ubicada en las riberas de los estanques y arroyos y la flotante en estos. Para los sitios terrestres esta estuvo compuesta en su mayoría por los cultivos presentes en los mismos. La fauna acompañante para ambos tipos de ecosistemas (fluvial y terrestre) estuvo compuesta mayoritariamente por artrópodos, aves y reptiles.

En la tabla 2 se pueden apreciar las cantidades para cada especie de gasterópodo por área de salud del municipio Santa Clara. Se identificaron seis especies de gasterópodos fluviales en las cinco áreas de salud. De las especies identificadas, tres son locales (*Gundlachia radiata* (Guilding, 1828), *Pomacea poeyana* (Pilsbry, 1927) y *Physella acuta* (Draparnaud, 1805), de las cuales *P. poeyana* es endémica, tres introducidas (*Tarebia granifera* (Lamarck, 1816), *Marisa cornuarietis* (Linnaeus, 1758) y *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774)). En el caso de la malacofauna terrestre, se

identificaron siete especies, dos introducidas (*Praticolella griseola* (Pfeiffer, 1841) y *Subulina octona* (Bruguière, 1792)), cuatro locales (*Praticolella similis* (Férussac, 1821),

Veronicella cubensis (Pfeiffer, 1840), *Oleacina sp.* (Reeve in Pfeiffer, 1866) y *Zachrysia auricoma* (Férussac, 1822) de las cuales una es endémica (*V. cubensis*) y una incierta, *Veronicella sp.*

Tabla 2. Malacofauna fluvial y terrestre del municipio Santa Clara distribuida por área de salud.

Spp moluscos	Áreas de Salud										Total
	Capitán Roberto Fleites		Santa Clara		XX Aniversario		Chiqui Gómez		Marta Abreu		
	N ₀	%	N ₀	%	N ₀	%	N ₀	%	N ₀	%	
<i>Gundlachia radiata</i> (Guilding, 1828)	9	34,6	4	15,3	13	50,0	0	0	0	0	26
<i>Tarebia granifera</i> (Lamarck, 1816)	130	58,2	88	39,4	0	0	4	1,7	1	0,4	223
<i>Pomacea poeyana</i> (Pilsbry, 1927)	6	100	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Marisa cornuarietis</i> (Linnaeus, 1758)	29	38,6	11	14,6	0	0	35	46,6	0	0	75
<i>Melanoides tuberculata</i> (Müller, 1774)	123	62,4	13	6,5	0	0	61	30,9	0	0	197
<i>Physella acuta</i> (Draparnaud, 1805)	33	60,0	3	5,4	8	14,5	2	3,6	9	16,3	55
<i>Praticolella griseola</i> (Pfeiffer, 1841)	21	11,9	41	23,2	37	21,0	36	20,4	41	23,2	176
<i>Praticolella similis</i> (Férussac, 1821)	0	0	0	0	0	0	1	100	0	0	1
<i>Veronicella cubensis</i> (Pfeiffer, 1840)	17	19,3	18	20,4	17	19,3	20	22,7	16	18,1	88
<i>Veronicella sp.</i>	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0	1
<i>Subulina octona</i> (Bruguière, 1792)	8	18,1	0	0	6	13,6	16	36,3	14	31,8	44
<i>Oleacina sp.</i>	5	71,4	1	14,2	0	0	1	14,2	0	0	7
<i>Zachrysia auricoma</i> (Férussac, 1822)	0	0	0	0	0	0	6	60	4	40	10
Total	381	474,5	179	139	82	218,4	182	336,4	85	129,8	909

En la figura 3 se plasma la cantidad de moluscos por especies por área de salud.

La media de la cantidad de moluscos fue de 17,4 organismos, con un valor mínimo de 0,25 y un valor máximo de 55,8 (Fig. 3).

Al analizar los índices de diversidad alfa, para la malacofauna fluvial y terrestre (Tabla 3) se aprecia

que el índice para la riqueza de especies (Margalef) fue mayor en el área de salud Capitán Roberto Fleites, mientras que el índice, también para la riqueza de especies, de Menhinick fue mayor en las áreas de salud XX Aniversario y Marta Abreu. Los índices de dominancia (Berger-Parker y Simpson) resultaron ser mayores para las áreas de salud Santa Clara y Marta Abreu. Para los índices de homogeneidad (Brillouin & Shannon-Weaver) las

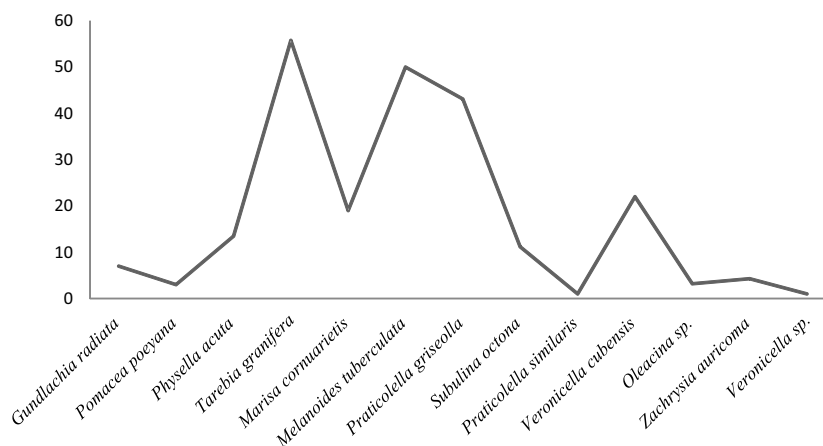


Figura 3. Malacofauna fluvial y terrestre por especies en promedio en cada municipio Santa Clara. Año 2019.

áreas de salud con mayores valores fueron Capitán Roberto Fleites y Chiqui Gómez, no siendo así para el índice de Equitabilidad, el cual es mayor para las áreas de salud Santa Clara y Marta Abreu. El índice

de Chao-1 refleja que los valores estimados de riqueza de especies fueron iguales a los colectados para las cinco áreas de salud.

Tabla 3. Variación por área de salud para los índices de diversidad alfa de la malacofauna fluvial y terrestre en Santa Clara.

Índices de diversidad alfa	Capitán Roberto Fleites	Santa Clara	XX Aniversario	Chiqui Gómez	Marta Abreu
Riqueza	10	8	6	9	5
Abundancia	0,42	0,20	0,09	0,20	0,09
Margalef (riqueza)	1,32	1,03	0,74	1,18	0,59
Menhinick (riqueza)	0,62	0,90	1,33	0,90	1,33
Berger-Parker (dominancia)	0,34	0,49	0,45	0,35	0,51
Brillouin (homogeneidad)	1,68	1,39	1,34	1,59	1,18
Equitabilidad (homogeneidad)	0,24	0,31	0,29	0,22	0,34
Simpson (dominancia)	0,24	0,31	0,29	0,22	0,34
Shannon-Weaver(homogeneidad)	1,73	1,46	1,45	1,67	1,27
Chao-1 (riqueza)	10	8	6	10	5

En las tablas 4-6 se refleja la relación entre algunas variables meteorológicas con las especies de

moluscos gasterópodos, por medio de correlaciones lineales.

Tabla 4. Correlaciones lineales para la malacofauna fluvial y terrestre con las temperaturas.

		TXY	TNY	Abundancia
TMY	Correlación de Pearson	0,99**	0,99**	-0,28*
	Sig.	0,00	0,00	0,04
TXY	Correlación de Pearson		,98**	-0,28*
	Sig.		,00	0,04
TNY	Correlación de Pearson			-0,28*
	Sig.			0,04

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Tabla 5. Correlaciones lineales para la malacofauna fluvial y terrestre con las Humedades.

		HRNY	HRMY	Abundancia
HRXY	Correlación de Pearson	0,85**	0,73**	-0,18
	Sig.	,00	,00	,19
HRNY	Correlación de Pearson		,89**	-,13
	Sig.		,000	,33
HRMY	Correlación de Pearson			-,25
	Sig.			,07

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Tabla 6. Correlaciones lineales entre la abundancia de la malacofauna fluvial y terrestre con la precipitación (PREC Y) y la presión atmosférica (Patm Y) de la estación Yabú.

		PREC Y	Patm Y	Abundancia
PREC Y	Correlación de Pearson		-0,99**	-0,27*
	Sig.		,00	,04
Patm Y	Correlación de Pearson			0,25
	Sig.			0,06

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Modelo de Predicción

Al modelar la cantidad de moluscos utilizando la metodología ROR, el modelo explica el 92,4 % de la varianza con un error de 17 organismos; el estadístico de Durbin-Watson es cercano a 2, por lo

que puede decirse que no existe más información en los residuales (Tabla 7). El análisis de varianza (ANOVA/Tabla 8) fue significativo al 100 % con una F de Fisher de 31,6.

Tabla 7. Resumen del modelo ROR de la cantidad de moluscos en Santa Clara. Año 2019. Resumen del modelo^{c,d}

Resumen del modelo ^{c,d}					
Modelo	R	R cuadrado ^b	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	0,92 ^a	0,85	0,82	17,04	2,28

a. Predictores: PatmY, Step5, Step2, DS, NoC, PRECY, TNY, HRNY

b. Para la regresión a través del origen (el modelo sin interceptación), R cuadrado mide la proporción de la variabilidad en la variable dependiente sobre el origen explicado por la regresión. Esto no se puede comparar con el R cuadrado para los modelos que incluyen interceptación.

c. Variable dependiente: Cantidad

d. Regresión lineal a través del origen

Anova^{a,b}

Tabla 8. Análisis de Varianza (Anova) del modelo ROR.

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	73575,55	8	9196,94	31,58	,000 ^c
	Residuo	12521,44	43	291,19		
	Total	86097,00 ^d	51			

a. Variable dependiente: Cantidad.

b. Regresión lineal a través del origen.

c. Predictores: PatmY, Step5, Step2, DS, NoC, PRECY, TNY, HRNY.

d. Esta suma total de cuadrados no está corregida para la constante porque la constante es cero para la regresión a través del origen.

Para la obtención del modelo se ingresaron al unísono todas las variables climáticas estudiadas para que el mismo escogiera el modelo final por lo

que el resultado expresa el mejor modelo obtenido (Tabla 9). Esto no excluye que pudieran obtenerse otros modelos significativos con otros protocolos.

Tabla 9. Parámetros del modelo ROR de la cantidad de moluscos en Santa Clara. Año 2019.

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	DS	-,76	4,88	-,01	-,15	,87
	NoC	-,39	,671	-,29	-,58	,56
	Step2	202,14	18,54	,68	10,90	,00
	Step5	122,08	18,20	,41	6,70	,00
	TNY	4,78	3,54	2,48	1,35	,18
	HRNY	3,32	3,76	4,17	,88	,38
	PRECY	-,31	,19	-,89	-1,62	,11
	PatmY	-,21	,16	-5,28	-1,34	,18

a. Variable dependiente: Cantidad. b. Regresión lineal a través del origen

DISCUSIÓN

El área de salud con mayor densidad y representatividad fue Capitán Roberto Fleites, con un total de 381 individuos pertenecientes a diez de las 13 especies colectadas, estos resultados son proporcionales con los obtenidos por Fimia *et al.* (2018). Esta área de salud también fue estudiada de forma independiente con un método de muestreo similar (Fimia *et al.*, 2014b) con el objetivo de identificar el riesgo epidemiológico y zoonótico de su malacofauna. Estas densidad y representatividad superiores podrían deberse a la ubicación geográfica de esta área de salud, al norte de la ciudad, donde desembocan la mayor parte de las corrientes de agua que la surcan, con mayor cantidad de embalses y suelos fértiles con abundante calcio.

En base en los índices de diversidad alfa, las áreas de salud que presentaron mayor riqueza de especies fueron Capitán Roberto Fleites, XX Aniversario y Marta Abreu. Las áreas con una mayor dominancia fueron Santa Clara y Marta Abreu. En el caso de la homogeneidad, los resultados favorecen en su mayoría, a las áreas de salud Capitán Roberto Fleites y Chiqui Gómez. El resultado obtenido para el índice de Chao-1 indica que, a pesar de su existencia en las muestras, la cantidad de especies raras es demasiado pequeña para influir

directamente en la riqueza de especies de la comunidad en que se encuentran.

Gasterópodos fluviales

La especie fluvial que presentó una mayor distribución espacial fue *P. acuta*, presente en todas las áreas de salud estudiadas, este resultado coincide con estudios anteriores Fimia *et al.* (2015a) y Vázquez *et al.* (2015), en cuanto a este indicador. Esta especie está considerada como la más ampliamente distribuida de Cuba (Pointier *et al.*, 2005), no se conoce que sea vector de ninguna entidad parasitaria y podría actuar como controlador de especies e indicador de contaminación (Yong, 1998; Fimia *et al.*, 2012; Iannacone *et al.*, 2013; Fimia *et al.*, 2016ab).

En cuanto a la distribución más restringida, la especie fluvial más notable fue *P. poeyana*, encontrándose en solo un área de salud. Estos resultados no coinciden con los obtenidos por (Fimia *et al.*, 2014a; Fimia *et al.*, 2015a; Fimia *et al.*, 2018), respecto a los cuales se observa una notable disminución. Esto podría deberse a la destrucción de su hábitat o a la interacción con especies introducidas, ya que los representantes de su familia son muy resistentes a la contaminación o a la desecación.

Tarebia granifera resultó ser la especie más abundante entre las fluviales, con 55,8 como valor

máximo medio, esto coincide con los resultados obtenidos por Fimia *et al.* (2015a) y Fimia *et al.* (2018). Este no es el caso de *P. acuta* y *P. poeyana*, para las cuales se observa una notable disminución en sus densidades respecto a estos estudios. Es también notable el aumento en proporción de la abundancia de *M. tuberculata*, con 50 como valor máximo medio.

Tarebia granifera y *M. tuberculata* (pertenecientes a la familia Thiaridae) son originarias de Asia y África respectivamente (Lutfi *et al.*, 2020). Fueron observados por primera vez en Cuba a finales del siglo pasado (Gutiérrez *et al.*, 1997) y desde entonces han sufrido una amplia expansión en ríos y estanques de todo el país. Esta dispersión podría deberse a causas naturales como inundaciones o arrastre de plantas acuáticas (Blanco, 2013), lo cual coincidiría con lo dicho por Rangel *et al.* (2011), o a la introducción directa por el hombre (Lagos *et al.*, 2017; Albarrán-Mélzer *et al.*, 2019). Estas especies poseen potencial como controladores biológicos de los hospedantes intermedios de *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907, como son los representantes del género *Biomphalaria* Preston, 1910 (Vázquez & Sánchez, 2015).

A pesar del importante servicio ambiental que representa el control de especies portadoras de tal enfermedad, deben evaluarse los posibles problemas que pudieran traer la introducción descontrolada de estas especies, por su alta resistencia a condiciones ambientales adversas, adaptabilidad y alta tasa de reproducción (partenogénica y vivípara), estas especies son eficientes invasoras con el potencial de desplazar especies nativas del área donde se encuentran. Ejemplo de esto, es la especie endémica local *Pachychilus nigratus* (Poey, 1858). Según Vázquez & Perera (2010), individuos de esta especie pueden ser encontrados solamente en pequeños ríos en las cercanías de la ciudad de Santa Clara, debido a la presión ejercida por miembros de la familia Thiaridae. Sin embargo, en el presente estudio no se encontraron tales individuos en las áreas analizadas, resultado que difiere con lo obtenido por Fimia *et al.* (2018), donde sí fueron vistos y colectados ejemplares en estas corrientes. La ausencia de individuos de la especie endémica en las colectas del presente estudio podría estar relacionada con el aumento en las densidades de *T. granifera* y *M. tuberculata* o podría deberse a una

limitación en la amplitud del área analizada, en cualquiera de los casos, se debe profundizar en el estudio del estado de esta especie.

Gasterópodos terrestres

Las especies terrestres con una mayor distribución fueron *P. griseola* y *V. cubensis*, encontrándose en todas las áreas de salud del municipio. La primera es una especie introducida, común en los ambientes antropizados del occidente de Cuba, mientras que la otra, aunque comparte su amplia distribución, es una especie local del país (Espinosa & Ortea, 2009).

P. griseola resultó ser la más abundante de las especies terrestres, con 43,1 como valor máximo medio, resultado que coincide con lo obtenido por Fimia *et al.* (2015a) y Fimia *et al.* (2018). Esta especie es hospedante intermedio del parásito que causa la angistrongilosis (Fimia *et al.*, 2014b). Además, en conjunto con *V. cubensis*, constituye una plaga para los cultivos de huertos y organopónicos con capacidad destructora de follaje, por lo cual los trabajadores de estos emplean pesticidas y molusquicidas para su eliminación y control, tal y como sucede en otras latitudes (Iannacone & Alvaríño, 2002; Iannacone *et al.*, 2013).

Las especies terrestres con menores distribución y abundancia fueron *P. similaris* y *Veronicella* sp., observándose solo un ejemplar para cada una. Es notable la aparición de estos ejemplares, ya que no han sido reportados en estudios anteriores realizados en la provincia.

Relación entre variables meteorológicas y moluscos gasterópodos

Como se puede apreciar en la tabla 5 las tres temperaturas fueron significativas al 95 %, a medida que aumentan las temperaturas, disminuye la cantidad de moluscos, siendo su relación inversamente proporcional, esto concuerda con trabajos anteriores realizados en la provincia Villa Clara y otras provincias del país (Fimia *et al.*, 2012; Vázquez *et al.*, 2015; Fimia *et al.*, 2016a, b; Osés *et al.*, 2017). En otros trabajos (Fimia *et al.*, 2012; Fimia *et al.*, 2016b; Osés *et al.*, 2017), se observó que la tendencia de la temperatura para la estación del Yabú fue al aumento.

En estudios anteriores (Perera, 1996; Perera, 2006;

Fimia *et al.*, 2015a) se encontró que a altas temperatura los moluscos sufren castración térmica, la que se manifiesta en la segunda generación, con una imposibilidad de lograr descendencia. Este resultado fue especialmente visto en individuos del género *Biomphalaria*, los cuales no fueron encontrados en el presente estudio y cuya ausencia podría tener relación con la tendencia al aumento de las temperaturas en conjunto con su interacción con otras especies. Dada la relación inversamente proporcional de la temperatura con la cantidad de moluscos, este fenómeno podría estar incidiendo en otros géneros de gasterópodos.

Se evidencia que estamos ante la presencia de un cambio climático, donde aumentará la temperatura y disminuirá su desviación estándar, obteniéndose una distribución más centrada alrededor de 23,63 °C, la cual presentará menor dispersión. La tendencia al aumento de aproximadamente 0,3 °C observada para esta estación meteorológica representa un grave problema ambiental para la región (Osés *et al.*, 2016). El tema del cambio climático y el aumento de la temperatura y la tendencia de las mismas ha sido tratado también en investigaciones realizadas en la provincia (Osés *et al.*, 2010; Osés *et al.*, 2016). Según los resultados obtenidos, es de esperar que el número de especies de moluscos, así como su densidad poblacional tienda a disminuir para el municipio Santa Clara.

Respecto a las humedades relativas (Tabla 5) se observa que ninguna presenta correlación significativa con la cantidad de moluscos; trabajos anteriores (Fimia *et al.*, 2014a, b; Fimia *et al.*, 2016a,b), a medida que se observaba una mayor humedad relativa máxima se favorecía el desarrollo y crecimiento de las poblaciones de moluscos fluviales. Quizás nuestro resultado se deba al tamaño de la muestra, que es de solamente un año y debido a que los datos están tomados solo de 4 meses, por lo que un análisis más exhaustivo se pudiera tener con una base de datos de mayor tamaño.

En la tabla 6 se observan las correlaciones de las precipitaciones y la presión atmosférica con la cantidad de gasterópodos y entre ellas, siendo la precipitación altamente significativa al 95 %, a medida que aumenta la precipitación disminuye la cantidad de moluscos. Estos resultados difieren

con los obtenidos por Fimia *et al.* (2012) y Fimia *et al.* (2014a, b), para los cuales no se observó una correlación significativa entre esta variable y la cantidad de moluscos. Esta relación inversamente proporcional entre las precipitaciones y la cantidad de moluscos podría deberse al arrastre de los mismos que pueden provocar el aumento de intensidad de las corrientes, ya sea de forma directa o en la vegetación, a la que pueden encontrarse asociados en el caso de los fluviales y a las inundaciones, que podrían provocar las precipitaciones en las tierras cultivadas en el caso de los terrestres. Aunque la presión atmosférica no es significativa, aparentemente, los parámetros estadísticos quedan muy cercanos a ser significativos (90 %).

Modelo de predicción

Como puede observarse en la tabla 9, el modelo introdujo a TNY, HRNY, PRECY y PATMY. A medida que aumentan la temperatura y la humedad relativa mínima, aumenta la cantidad de moluscos. En cuanto a la precipitación y la presión atmosférica, a medida que estas aumentan, disminuye la cantidad de moluscos. La cantidad de moluscos posee una tendencia (NoC) a la disminución, aunque esta no es significativa.

Entre los trabajos con la metodología ROR involucrados gasterópodos, ya que analizan enfermedades transmitidas por estos, se encuentran (Fimia *et al.*, 2016a, b; Osés *et al.*, 2017). En el mismo se establece que la fasciolosis y la temperatura mínima de la estación Yabú, regresadas en dos bimestres, fueron parámetros significativos en el modelo, ya que, al aumentar la temperatura mínima, disminuye la fasciolosis. La tendencia de la fasciolosis en la provincia Villa Clara es positiva, o sea, al aumento con el tiempo.

En otros estudios, se plantea que la angiostrongilosis y la temperatura media de la estación Yabú regresadas en tres bimestres fueron parámetros significativos en el modelo, al aumentar estas variables, aumenta la angiostrongilosis y la tendencia de la angiostrongilosis en la provincia Villa Clara fue positiva; o sea, al aumento con el tiempo (García *et al.*, 2012; González *et al.*, 2014; Fimia *et al.*, 2016a, b). Por lo que se pronostica un aumento en la incidencia de estas enfermedades con el tiempo, estos resultados se contradicen con los obtenidos

en el presente estudio, ya que la tendencia de la cantidad de moluscos predicha por este es a la disminución. Entre estos gasterópodos se encuentran las especies capaces de transmitir tales enfermedades, por esto se debe de profundizar en este aspecto en el futuro.

Este modelo ha sido utilizado anteriormente en la predicción del comportamiento de otros vectores y enfermedades, tal es el caso de los culícidos (Fimia et al., 2012; Fimia et al., 2014a; Fimia et al., 2015b). En este se plantea, que a medida que aumenta la presión atmosférica, aumenta la densidad larval de mosquitos *Anopheles* (Osés et al., 2012), luego queda demostrado también el impacto de la presión atmosférica y por ende la actuación del anticiclón del atlántico norte dictando el estado de la presión en nuestra isla de Cuba y el condicionamiento del comportamiento de la densidad de mosquitos.

Según Pérez et al. (2017) las correlaciones de los casos de leptospirosis con las variables climáticas no resultaron ser significativas, por lo que se hace necesario en posteriores trabajos, buscar si existe alguna variable climática que pueda ser significativa para usarla en el pronóstico de esta enfermedad. La única variable ausente en este estudio y presente en el nuestro fue la presión atmosférica, la cual podría ser significativa. Esta variable no fue significativa en nuestros resultados, pero quedó muy cercana a serlo, pudiendo arrojar más resultados de encontrarse en una muestra más amplia. En nuestro caso, el impacto del anticiclón del atlántico es inversamente proporcional a la cantidad de gasterópodos. Esto se evidencia, ya que a medida que aumenta la presión atmosférica, disminuye la cantidad de gasterópodos, al menos para la muestra analizada.

Se concluye, que la malacofauna fluvial y terrestre del municipio Santa Clara está representada y distribuida prácticamente en todas las áreas de salud estudiadas, excepto en Nazareno, con un relativo predominio para las especies terrestres. Existió una relación inversamente proporcional entre la distribución y abundancia de los gastrópodos con las variables temperatura y precipitación, no viéndose una relación manifiesta con otras variables analizadas. Es factible la modelación matemática en la predicción de la distribución y abundancia de los gastrópodos

fluviales y terrestres, observándose en ella variables que no fueron consideradas significativas en el análisis estadístico debido a las limitaciones del presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarrán-Mélzer, NC, Rangel, RLJ, Benítez, HA & Lagos, ME. 2019. *Can temperature shift morphological changes of invasive species?. A morphometric approach on the shells of two tropical freshwater snail species*. Hydrobiologia, vol. 847, pp.1-9.
- Armiñana, R, Olivera, D, Fimia, R, Expósito, M, Moreno, M & Barreno, WI. 2018. *Contribución al estudio de la malacofauna terrestre de la loma «El Miradero», San Diego del Valle, Villa Clara, Cuba*. REDVET, vol. 19, pp. 1-11.
- Armiñana, GR & Fimia, DR. 2019. *Pequeño catálogo ilustrado de los moluscos gastrópodos dulceacuícolas de Cuba*. Proyecto: PNUD/GEF. La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-287-079-9. 64 p. Disponible en: <http://www.snap.cu/>
- Barker, GM. 2001. *The biology of terrestrial molluscs*. Hamilton: CABI Publishing. Trownbridge, UK, pp. 1-6.
- Blanco, JA. 2013. *Modelos ecológicos: descripción, explicación y predicción*. Ecosistemas, vol. 22, pp.1-5.
- Cañete, R, Yong, M, Sánchez, J, Wong, L & Gutiérrez, A. 2004. *Population dynamics of intermediate snails host of Fasciola hepatica and some environmental factors in San Juan y Martinez Municipality, Cuba*. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, vol. 99, pp. 257-262.
- Castillo, CJC, Iannacone, J, Fimia, DR, Quiñones, PMC, Cepero, RO, Yhanes, SCA & Campos, CLM. 2016. *Comportamiento epidemiológico de la fasciolosis en la provincia de Villa Clara, Cuba*. Neotropical Helminthology, vol. 10, pp. 23-31.
- Chistulo, L. 2000. *The global status of schistosomiasis and its control*. Acta Tropica, vol. 77, pp. 41-51.
- Darrigran, G, Agudo, P, Baez, I, Belz, P, Cardoso,

- C, Carranza, FA & Damborenea, C. 2020. *Non-native mollusks throughout South America: emergent patterns in an understudied continent*. Biological Invasions, vol. 2178, pp.19.
- Dayrat, B, Conrad, M, Balayan, S, White, TR, Albrecht, C, Golding, R, Gomes, SR, Harasewych, MG & de Frias Martins, AM. 2011. *Phylogenetic relationships and evolution of pulmonate gastropods (Mollusca): new insights from increased taxon sampling*. Molecular Phylogenetics and Evolution, vol. 59, pp. 425-437.
- DHAMM (Declaración de Helsinki de la AMM). 2013. *Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. 64ª Asamblea General, Fortaleza, Brazil, octubre. World Medical Association, Inc. – All Rights reserved. pp. 9.
- Espinosa, J & Ortea J. 2009. *Moluscos terrestres de Cuba*. Impreso por UPC Print, Vasa, Finlandia. 196 pp.
- Fimia, DR, González, GR, Cepero, RO, Valdés, AM, Osés, RR, Corona, SE & Argota, PG. 2012. *Influencia de algunas variables climáticas sobre la malacofauna fluvial con importancia zoonótica en la provincia Villa Clara*. REDVET, vol. 13 (7). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070312.html>
- Fimia, DR, Iannacone, J, Roche, FD, Cruz, CL & López, GE. 2014a. *Epidemiological risk and zoonotic diseases in urban communities from the municipality of Santa Clara, Cuba*. The Biologist (Lima), vol. 12, pp. 225-239.
- Fimia, DR, Argota, PG, Osés, RR, Cepero, RO & González, GR. 2014b. *Influencia climatológica en el comportamiento de taxones de moluscos fluviales y terrestres. Villa Clara, Cuba*. Cátedra Villarreal, vol. 2, pp. 21-28.
- Fimia, DR, Iannacone, J, González, R, Argota, PG, Osés, R & de Armas, B. 2015a. *Aspectos ecológicos de los moluscos de importancia médico-veterinaria en Villa Clara, Cuba*. Revista de patología tropical, vol. 44, pp. 323-336.
- Fimia, DR, Marquetti, FM, Iannacone, J, Hernández, CN, González, MG, Poso del Sol, M & Cruz, RG. 2015b. *Factores antropogénicos y ambientales sobre la fauna de culicidos (Diptera: Culicidae) de la provincia Sancti Spiritus, Cuba*. The Biologist (Lima), vol. 13, pp. 41-51.
- Fimia, DR, Osés, RR, Carmenate, RA, Iannacone, OJ, González, GR, Gómez, CL, Cepero, RO & Cabrera, GAM. 2016a. *Modelación y predicción para moluscos con angiostrongilosis en la provincia Villa Clara, Cuba utilizando la Regresión Objetiva Regresiva (ROR)*. Neotropical Helminthology, vol. 10, pp. 61-71.
- Fimia, DR, Iannacone, J, Osés, RR, González, GR, Armiñana, GR, Gómez, CL, García, CB & Zaita, FY. 2016b. *Asociación de algunas variables climáticas con la fasciolosis, angiostrongilosis y la malacofauna fluvial de la provincia Villa Clara, Cuba*. Neotropical Helminthology, vol. 10, 259-273.
- Fimia, DR, Aldaz, CJW, Aldaz, CNG, Segura, OJJ, Segura, OJJ, Cepero, RO, Figueroa, CY & González, GR. 2017. *Incidence on human and animal health of the fluvial and terrestrial malacofauna of the municipality of Santa Clara, province of Villa Clara, Cuba*. Asian Journal of Science and Technology, vol. 08, pp. 4099-4105.
- Fimia, DR, Iannacone, J, Molina, LOA, Armiñana, GR, Cepero, RO, Aldaz, CJW, Pérez, BJA, Roig, BBV & Pavón, TRJ. 2018. *Variación interanual y grado de repercusión de la malacofauna fluvial y terrestre en la salud humana y animal del municipio Santa Clara, Cuba*. Neotropical Helminthology, vol. 12, 71-78.
- García, GS, Pérez, BJ, Fimia, DR, Osés, RR, Garín, LG & González, GR. 2012. *Malacofauna de interés médico y su relación con el ecosistema Área de Salud Capitán Roberto Fleites 2009-2010*. REDVET, vol. 13 (05). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>
- González, GR, Fimia, DR, Cepero, RO, Osés, RR, Espinosa, SY & González, RY. 2014. *Impacto de algunas variables climatológicas en el desarrollo y reproducción de moluscos fluviales y terrestres con importancia epidemiológica. Villa Clara: 2008-2010*. REDVET, vol. 15 (8 B) . <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>
- Gutiérrez, A, Perera, G, Yong, M & Fernández, J. 1997. *Relationships of the prosobranch snail Pomacea paludosa, Tarebia granifera*

- and *Melanoides tuberculata* with the abiotic environment and freshwater snail diversity in the central region of Cuba. *Malacological Review*, vol. 30, pp. 39-44.
- Iannacone, J & Alvarino, L. 2002. Efectos del detergente doméstico alquil aril sulfonato de sodio lineal (LSA) sobre la mortalidad de tres caracoles dulceacuicolas en el Perú. *Ecología Aplicada*, vol. 1, pp. 81-87.
- Iannacone, J & Alvarino, L. 2007. Diversidad y abundancia de comunidades zooplactónicas litorales del humedal Pantanos de Villa. *Gayana*, vol. 71, pp. 49-65.
- Iannacone, J, La Torre, MI, Alvarino, L, Cepeda, C, Ayala, H & Argota, G. 2013. Toxicity of biopesticides *Agave americana*, *Furcraea andina* (*Asparagaceae*) and *Sapindus saponaria* (*Sapindaceae*) on invader snail *Melanoides tuberculata* (*Thiaridae*). *Neotropical Helminthology* (aphia), vol. 7, pp. 231-241.
- Lagos, ME, White, CR & Marshall, DJ. 2017. Do invasive species live faster? Mass-specific metabolic rate depends on growth form and invasion status. *Functional Ecology*, vol. 31, pp. 2321-2330.
- Lutfi, M, Nurruhwati, I, Hassan, Z & Herawati, H. 2020. Macrozoobenthos spatial distribution as the indicator of Cikeruh river pollution in Sumedang Regency, West Java. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, vol. 6, pp. 18-26.
- Mas-Coma, S, Bargues, MD & Valero, MA. 2005. Fascioliasis and other plant-borne trematode zoonoses. *International Journal for Parasitology*, vol. 35, pp. 1255-1278.
- ONEI (Oficina Nacional de Estadística e Información). 2016. *Anuario estadístico de Santa Clara*. Villa Clara, Cuba.
- Osés, R, Saura, G & Pedraza, A. 2010. *Impacto Climático hasta el 2020 en la temperatura de la Provincia de Villa Clara, Cuba* (Editorial.). Villa Clara: VI Conferencia Científica Internacional de Ingeniería Mecánica.
- Osés, R & Grau, R. 2011. Modelación regresiva (ROR), versus modelación ARIMA, usando variables dicotómicas en mutaciones del VIH. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Ed. Feijóo.
- Osés, RR, Fimia, DR, Silveira, PE, Hernández, VW, Saura, GG, Pedraza, MA & González, GR. 2012. Modelación matemática hasta el año 2020 de la densidad larvaria anofelinica de mosquitos (*Diptera: Culicidae*) en Caibarién, provincia Villa Clara, Cuba. *REDVET*, vol. 13(3). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>
- Osés, RR, Fimia, DR, Iannacone, OJ, Saura, GG, Gómez, CL & Ruiz, CN. 2016. Modelación de la temperatura efectiva equivalente para la estación del Yabú y para la densidad larval total de mosquitos en Caibarién, provincia Villa Clara, Cuba. *Revista Peruana de Entomología*, vol. 51, pp. 1-7.
- Osés, RR, Fimia, DR, Iannacone, J, Carmenate, RA, González, GR, Gómez, CL, Figueroa, CY & Cabrera, SME. 2017. Modelación y predicción de la fasciolosis en Villa Clara, Cuba. *Biotempo*, vol. 14, pp. 27-34.
- Perera, G. 1996. *Ecologie des mollusques d' eau douce d'intérêt médical et vétérinaire á Cuba* [tesis]. Perpignan, France: Université de Perpignan.
- Perera, G. 2006. *Ecological structures and factors regulating the population dynamics of the freshwater snail in Hanabanilla lake Cuba*. *Malacological Review*, vol. 28, pp. 63-69.
- Pérez, JA, Osés, R, Fimia, R, Cepero, O, Iannacone, J, Pérez, BE & Pérez, B. 2017. *Leptospirosis y su relación con algunas variables climáticas en el municipio de Santa Clara, Villa Clara, Cuba*. *Biotempo*, vol. 14, 57-69.
- Pointier, JP, Yong, M & Gutiérrez, A. 2005. *Guide to the freshwater Molluscs of Cuba*. Hackenheim: Conchbook.
- Rangel, LJ, Gamboa, J, García, M & Ortiz, ÓM. 2011. *Tarebia granifera* (Lamarck, 1822) en la región hidrológica Grijalva-Usumacinta en Tabasco, México. *Acta zoológica mexicana*, vol. 27, pp. 103-114.
- Río, CJ & Camacho, HH. 2017. *Gastropoda*. En: *Los invertebrados fósiles*. pp. 323-376. Uruguay.
- Saliez, F, Atencio, FL, Ramos, EM & Izaguirre, IS. 2008. *GEO Santa Clara*. La Habana, Cuba.
- Spyra, A, Cieplik, A, Strzelec, M & Babczyńska, A. 2019. *Freshwater alien species Physella acuta* (Dreparnaud, 1805) – A possible model for bioaccumulation on heavy metals. *Ecotoxicology and Environmental*

- Safety, 185, 109703.
- Sun, M, Quaigrane, DR, Gillissen, F, Van den Brink, PJ, Focks, A & Rico, A. 2020. *Influence of pH on the toxicity of ionizable pharmaceuticals and personal care products to freshwater invertebrates*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 191, 110172.
- Vázquez, AA & Gutiérrez, A. 2007. *Ecología de Moluscos fluviales de importancia médica y veterinaria en tres localidades de La Habana*. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, vol. 59, pp. 149-153.
- Vázquez, AA & Perera, S. 2010. *Endemic Freshwater molluscs of Cuba and their conservation status*. *Tropical Conservation Science*, vol. 3, pp. 190-199.
- Vázquez, AA & Sánchez, J. 2010. *Manual de malacología médica*. IPK.
- Vázquez, AA & Cobian, RD. 2014. *Guía ilustrada de los moluscos fluviales de la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba*. *CubaZoo*, vol. 25, pp. 11-15.
- Vázquez, PA & Sánchez, NJ. 2015. *Clave ilustrada y comentada para la identificación de moluscos gastrópodos fluviales de Cuba*. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, vol. 67, pp. 231-243.
- Vázquez, R, Diéguez, L, Fimia, R & Iannacone, J. 2015. *Influencia ambiental en la abundancia de dos poblaciones de Physella acuta (Pulmonata: Physidae) de Camaguey (Cuba)*. *Neotropical Helminthology*, vol. 9, pp. 1-10.
- Vázquez, PAA, Sánchez, J, Martínez, E & Alba, A. 2016. *Facilitated invasion of an overseas invader: human mediated settlement and expansion of the giant African snail, Lissachatina fulica, in Cuba*. *Biological Invasions*, vol. 19, pp. 1-4.
- Wong, YM & Lim, SSL. 2017. *Influence of shell morphometry, microstructure, and thermal conductivity on thermoregulation in two tropical intertidal snails*. *Invertebrate Biology*, vol. 136, pp. 228-238.
- Yong, M. 1998. *Biosystème des Mollusques d' Eau Douce d' Intérêt Medical et Vétérinaire à Cuba*, PhD Thesis, Université de Perpignan, France, 104 pp.
- Zdelar, M, Mullin, F, Cheung, C, Yousif, M, Baltaretu, B & Stone, JR. 2018. *Pollution, temperature and predator induced responses in phenotypically plastic gastropod shell traits*. *Molluscan Research*, vol. 38, pp. 34-40.

Received June 2, 2020.
Accepted July 29, 2020.