

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

TOXICITY OF THE BIOPESTICIDES *AGAVE AMERICANA*, *FURCRAEA ANDINA* (ASPARAGACEAE) AND *SAPINDUS SAPONARIA* (SAPINDACEAE) ON INVADER SNAIL *MELANOIDES TUBERCULATA* (THIARIDAE)

TOXICIDAD DE LOS BIOPLAGUICIDAS *AGAVE AMERICANA*, *FURCRAEA ANDINA* (ASPARAGACEAE) Y *SAPINDUS SAPONARIA* (SAPINDACEAE) SOBRE EL CARACOL INVASOR *MELANOIDES TUBERCULATA* (THIARIDAE)

José Iannacone^{1,2}, María Isabel La Torre¹, Lorena Alvariano¹, Carla Cepeda¹, Hildebrando Ayala¹ & George Argota³

¹ Laboratorio de Ecofisiología Animal (LEFA). Facultad de Ciencias Naturales y Matemática (FCNNM). Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). El Agustino, Lima, Perú. E-mail: joseiannacone@gmail.com

² Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Santiago de Surco, Lima, Perú.

³ Laboratorio de Ecotoxicología. Grupo de Estudios Preclínicos. Centro de Toxicología y Biomedicina. (TOXIMED). Universidad de Ciencias Médicas. Santiago de Cuba, Cuba.

Suggested citation: Iannacone, J, La Torre, MI, Alvariano, 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*, vol. 7, n^o2, jul-dec, pp. 231 - 241.

Abstract

One of the most studied plant families in the search for new therapeutic agents is the Asparagaceae, comprising 2480 species, *Agave americana* L. with the common name maguey and *Furcraea andina* Trel., named fique plant belong in this family. *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae) known as western soapberry is a widely distributed tree, whose fruit was observed to have larvicidal effects on ticks, antimicrobial activity, spermicide, fungicide and molluscicide. *Melanoides tuberculata* (Muller 1774) (Gastropoda: Thiaridae) is a snail with cosmopolitan distribution especially in tropical areas with high ecological importance. The invasive impact on the diversity of threatened native snails, or at least decrease the native shellfish populations, due to its high biotic potential and high reproductive rate. Thus, the objective of this study was to evaluate the acute toxicity of leaves of *A. americana*, *F. andina* and fruit of *S. saponaria* on *M. tuberculata*. The endpoint was mortality of the snail *M. tuberculata* to 24 hr of exposure, with recovery in clean water to 24 hr. The values of LC₅₀ (median lethal concentration), NOEC (no observable effect concentration) and LOEC (lowest concentration of observable effects) had the following sequence in order of decreasing toxicity: *A. americana* > *F. andina* > *S. saponaria*. The aqueous extract of *A. americana* molluscicides showed the best effects on *M. tuberculata* compared to the other two plants used.

Keywords: bioassay- ecotoxicology - *Melanoides* - toxicity.

Resumen

Una de las familias de plantas más estudiadas para la búsqueda de nuevos agentes terapéuticos es la Asparagaceae, la cual comprende 2480 especies, *Agave americana* L., conocida como cabuya azul y *Furcraea andina* Trel. conocida como cabuya pertenecen a esta familia. *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae) conocida como boliche o choloque, es una planta arbórea de amplia distribución, en cuyos frutos se ha observado efectos larvicidas sobre garrapatas, actividad antimicrobiana, espermicida, fungicida y molusquicida. *Melanoides tuberculata* (Muller 1774) (Gastropoda: Thiaridae) es un caracol actualmente de distribución cosmopolita, con énfasis en el ámbito tropical y que presenta una alta importancia ecológica como invasora por su impacto sobre la diversidad de caracoles nativos, ya que desplaza y amenaza con desaparecer o por lo menos decrecer las poblaciones de moluscos nativos, debido a su alto potencial biótico, ser prolífica y a su tasa reproductiva alta. De esta forma, el objetivo de este trabajo fue evaluar la toxicidad aguda de las hojas de *A. americana*, *F. andina* y frutos de *S. saponaria* sobre *M. tuberculata*. El punto final de lectura fue la mortalidad del caracol *M. tuberculata* a 24 h de exposición, con recuperación en agua limpia a 24 h. Los valores de CL₅₀ (Concentración letal media), NOEC (concentración de efectos no observables) y LOEC (concentración más baja de efectos observables) presentaron la siguiente secuencia en orden de toxicidad decreciente: *A. americana* > *F. andina* > *S. saponaria*. El extracto acuoso de *A. americana* presentó los mejores efectos molusquicidas sobre *M. tuberculata* en comparación a las otras dos plantas empleadas.

Palabras clave: bioensayo - ecotoxicología - *Melanoides* - toxicidad.

INTRODUCCIÓN

Una de las familias de plantas más estudiadas para la búsqueda de nuevos agentes terapéuticos es la Asparagaceae, la cual comprende 2480 especies (Pino, 2006; Hammuel *et al.*, 2011). *Agave americana* L. subsp. *americana* var. *expansa* (Jacobi) Gentry y *Furcraea andina* Trel., pertenecen a esta familia. La primera tiene distribución desde Estados Unidos hasta Argentina hasta cerca de 3400 msnm, con un posible centro de origen mexicano y en el caso de la segunda es una planta silvestre con distribución en Ecuador, Bolivia, Perú hasta los 2800 msnm de la (Pino, 2006).

Agave americana L. subsp. *americana* var. *expansa* (Asparagaceae) conocida comúnmente como cabuya, maguey, cabuya azul o penca azul, es una planta grande con hojas en roseta, conocida por los antiguos habitantes del Perú (Pino, 2006). Se le puede emplear como alimento, para la elaboración de chicha de la savia del tronco, miel, vinagre, fibra, y madera para techados y leña. También se le emplea como medicinal, jabón, agujas, ornamental y

plaguicida, siendo en este último caso usado el jugo de las hojas disueltas en agua para el control de la ranca (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) y la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873)) (Guillot *et al.*, 2008).

Furcraea andina (Asparagaceae) es denominada vernacularmente como cabuya, chuchau en el Norte del Perú y chunta paqpa en la Sierra Central y Sur del Perú (Pino, 2006). Se presenta en la sierra, principalmente en las vertientes occidentales andinas y en los valles interandinos semiáridos. Existe una población significativa que se encuentra en la carretera central y en el callejón de Huaylas, Ancash, Perú. Se le usa en agroforestería por su fibra dura y fina, en artesanía, como chicha o licor de la savia fermentada, como detergente de las hojas, para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios, como molusquicida, como insecticida y en el ámbito medicinal como antiparasitario contra la sarna y los parásitos externos (Olano, 1999; Pino, 2006; Aguilar *et al.*, 2007; Quintana, 2010; Olivera *et al.*, 2011; Lozano-Rivas *et al.*, 2012).

Sapindus saponaria L. (Sapindaceae) conocida como boliche o choloque, es una planta arbórea de amplia distribución en el territorio brasileño; sus frutos son usados popularmente para combatir úlceras e inflamaciones de la piel (Pelegrini *et al.*, 2008). *Sapindus saponaria* es una especie nativa ampliamente distribuida en Colombia que crece desde el bosque húmedo tropical hasta el bosque seco tropical, incluyendo las transiciones de estas zonas de vida (Sanchez-Buitrago & Silva-Herrera, 2008). Se puede extraer aceite comestible con rendimientos cercanos al 5,6%. Son de gran utilidad para la fabricación de pinturas, fertilizantes y detergentes. Adicionalmente, está demostrado que la pulpa del fruto de *S. saponaria* contiene hederagenina con rendimientos bajos, inferiores al 2%. Sin embargo, su alto valor en la farmacia le confiere una rentabilidad atractiva para su industrialización. Se han visto efectos larvicidas sobre garrapatas (Fernandes *et al.*, 2005, 2007), actividad antimicrobiana, espermicida, insecticida, fungicida (Tsuzuki *et al.*, 2007; Porras & López-Avila, 2009) y molusquicida (Pellegrini *et al.*, 2008).

Melanoides tuberculata (Muller 1774) (Gastropoda: Thiaridae) es un gasterópodo actualmente de distribución cosmopolita y con énfasis en el ámbito tropical. Es considerada una especie partenogenética y ovovivípara (Supian & Ikhwanuddin, 2002; Pino *et al.*, 2010). *Melanoides tuberculata* proviene del sur de China, de Taiwan, Filipinas e Indias Orientales y del este de África (Derraik, 2008); debido a causas humanas, principalmente por intercambio comercial, se han establecido poblaciones en Norte América y en Sudamérica. En Sudamérica se le encuentra en cuerpos de agua en regiones tropicales, subtropicales y templadas. Esta especie presenta una alta importancia ecológica como invasora por su impacto sobre la diversidad de caracoles nativos, debido a que desplaza y amenaza con desaparecer o por lo menos decrecer las poblaciones de moluscos nativos, debido a su alto potencial biótico, ser prolífica y a su tasa reproductiva alta (Mitchell *et al.*, 2007; Pino *et al.*, 2010; Shuhaimi *et al.*, 2012).

Existen países en las regiones tropicales y subtropicales, donde las enfermedades parasitarias, los vectores y las plagas son endémicas. En estos lugares se ha probado la actividad molusquicida, insecticida e ictiocida de numerosas plantas (Marston & Hostettmann, 1985; Lima *et al.*, 2002; Ahmed & Rifaat, 2004; Ahmed & El-Hamshary, 2005).

En general se considera que los productos de estas plantas no afectan al medio ambiente, en contraste con los plaguicidas químicos sintéticos (Leyton *et al.*, 2005). Luna *et al.* (2005) evaluaron el efecto de 23 extractos de plantas medicinales para determinar la acción molusquicida sobre *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818) (Planorbidae).

Se pueden citar numerosos trabajos que muestran el interés que existe a nivel mundial por los extractos de plantas molusquicidas (Shoeb *et al.*, 1984; Hammond *et al.*, 1994; Giovanelli *et al.*, 2001; Mansour *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2006). Uno de los criterios para decidir aplicar un molusquicida para controlar un caracol plaga se sustenta en que ocasione un bajo riesgo ecológico en el medio acuático (Bakry, 2009; Hasheesh *et al.*, 2011a, b; Ming *et al.*, 2011; Rizwan *et al.*, 2012). La prueba de toxicidad es un procedimiento experimental donde se infiere la efectividad biológica de un molusquicida. Las respuestas más usadas son la CL₅₀ (concentración letal media), NOEC (Concentración de efectos no observables) y LOEC (Concentración más baja de efectos observables), cuya utilidad dependerá del procedimiento de ensayo empleado (Lagunes-Tejada *et al.*, 2009).

El presente estudio se justifica debido a que los extractos botánicos acuosos de *A. americana*, *F. andina* y *S. saponaria* con efecto sobre moluscos dulceacuícolas requieren de una idónea evaluación toxicológica empleando una especie blanco que sea abundante en el ecosistema dulceacuícola peruano, con el fin de garantizar su empleo en armonía con el desarrollo sostenible, en el ámbito económico-social, ambiental y científico - tecnológico.

En relación a su importancia económica-social, el uso de las hojas de *A. americana*, *F. andina* y del fruto de *S. saponaria* como molusquicidas, son una alternativa en salud pública a los plaguicidas sintéticos. Estos molusquicidas de origen vegetal son más económicos en su procesamiento y disponibles en el neotrópico. Es una alternativa que podría incluirse en el manejo integrado de vectores transmisores de trematodos de importancia en salud pública.

En relación a su importancia ambiental, en base a los resultados obtenidos se evalúa la toxicidad de *A. americana*, *F. andina* y *S. saponaria* en la matriz ambiental: aguas dulceacuícolas. Estos tres bioplaguicidas son una alternativa biodegradable y disponible con relación al medio ambiente.

Finalmente, su importancia científica-tecnológica, nos indica que este molusco biosensor y bioindicador ecológico podría ser empleado como un “kit” referencial para determinar la toxicidad de cualquier sustancia química orgánica y podría ofrecerse como un “servicio” en consultorías ambientales que evalúan el efecto de un molusquicida.

De esta forma, el objetivo de este trabajo fue evaluar la toxicidad aguda de los bioplaguicidas obtenidas de *A. americana*, *F. andina* y *S. saponaria* sobre el caracol invasor *M. tuberculata* (Thiaridae).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los bioensayos toxicológicos con *A. americana*, *F. andina* y *S. saponaria* sobre el caracol *M. tuberculata* se realizaron en el Laboratorio de Ecofisiología Animal (LEFA), Facultad de Ciencias Naturales y Matemática (FCNNM), Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Distrito del Agustino, Lima, Perú, en el 2013.

Diseño experimental

Las pruebas de toxicidad aguda para *M. tuberculata* emplearon para *A. americana*, *F. andina* y *S. saponaria*, seis concentraciones más

el control a base de agua destilada: 0,1 mL·L⁻¹, 0,25 mL·L⁻¹, 0,5 mL·L⁻¹, 0,75 mL·L⁻¹, 1 mL·L⁻¹ y 2 mL·L⁻¹ con cuatro repeticiones, en un diseño en bloque completamente aleatorio (DBCA) de 7 (concentraciones) x 3 (especies de plantas) x 4 (repeticiones). Los criterios de selección de las concentraciones empleadas siguieron a Iannacone & Alvariano (2002) y Iannacone *et al.* (2009).

Material biológico

Furcraea andina, *A. americana* y *S. saponaria*. Para esta investigación, se procedió a utilizar las hojas de las plantas *F. andina*, *A. americana* y los frutos de *S. saponaria*. Las muestras vegetales fueron colectadas en diversas localidades de la ciudad de Lima, Perú, principalmente asociada a parques, jardines y mercados artesanales. Para la colecta de las plantas se siguieron las técnicas de campo utilizadas por el Jardín Botánico de Missouri, EEUU (Liesner, 1996). Las especies colectadas se identificaron en el Museo de Historia Natural (MHN) “Vera Alleman Haeghebaert” de la Universidad Ricardo Palma (URP) de referencia de la ciudad de Lima, Perú (Ullrich, 1992; Gentry, 1993; Judd *et al.*, 1999).

Melanoides tuberculata: El protocolo principal es señalado entre paréntesis para esta especie de molusco acuático (Iannacone & Alvariano, 2007; Iannacone *et al.*, 2009).

Bioensayos

Se evaluó la toxicidad aguda de las tres plantas sobre el molusco acuático destinatario *M. tuberculata*.

Melanoides tuberculata: Se colectaron con la ayuda de un cucharón de las orillas arenosas de los humedales de Pantanos de Villa, Lima, Perú (Iannacone & Alvariano, 2007). Posteriormente fueron trasladados al laboratorio en recipientes plásticos de 4000 mL, con sustrato arenoso en el fondo. Los caracoles fueron criados en acuarios de vidrio de 30 × 20 × 20 cm de capacidad y aclimatados por una semana previa al bioensayo empleando agua filtrada a 0,54 mm de abertura procedentes de la laguna de colecta y agua de grifo reposada por 24 h (1:1 v/v) y alimentados con Tetramin®, disolviendo 1g en 60 mL de agua embotellada, se dejó reposar por 5 min, se filtró,

y finalmente se repartió 15 mL en cada envase de 1,5 L (Iannacone & Alvarino, 2002). Los cultivos de los caracoles se mantuvieron a una temperatura de $21 \pm 1,0$ °C, a un pH de $7,0 \pm 0,5$ y a un fotoperiodo aproximadamente de 12:12. El oxígeno disuelto determinado mediante el método estandarizado de Winkler presentó una concentración sobre 6 mg L^{-1} . En cada envase de 250 mL de capacidad se procedió a agregar 200 mL de cada una de las siete concentraciones preparadas con agua destilada de las tres sustancias botánicas empleadas y se usaron 10 individuos de *M. tuberculata* que se distribuyeron al azar en cada una de las cuatro repeticiones. Las lecturas se realizaron a las 24 h de exposición y 24 h de recuperación. Para la discriminación de la mortalidad se usó el criterio propuesto por Iannacone & Alvarino (2002). Los caracoles de *M. tuberculata* empleados presentaron un promedio de $1,9 \pm 0,5$ cm. Se consideró muerto el individuo incapaz de realizar algún tipo de movimiento en la placa de recuento, como mover el pie, la concha ó los tentáculos cefálicos durante 15 s de observación al microscopio estereoscópico. La temperatura se mantuvo a un valor fluctuante de 22 ± 2 °C.

Tratamiento de datos. La catalogación toxicológica de los extractos acuosos de *A. americana*, *F. andina* y *S. saponaria* en el caracol *M. tuberculata* en base a las pruebas de

laboratorio de toxicidad aguda. En todos los casos, la eficacia de los tratamientos y las repeticiones se evaluó a través de un análisis de varianza (ANDEVA) de dos vías con prueba complementaria de significancia de Tukey. Los datos fueron previamente normalizados (transformación de los datos a raíz cuadrada del arcoseno). Las CL_{50} , NOEC y LOEC se calcularon usando el programa computarizado EPA Probit versión 1,5. El modelo de regresión fue verificado usando el estadístico Chi-cuadrado y se comparó con un valor de tabla de 9,48. Se empleó el paquete estadístico SPSS, versión 21 para Windows XP para el cálculo de los estadísticos descriptivos e inferenciales a un nivel de significancia de $p = 0,05$.

RESULTADOS

La Tabla 1 nos muestra el efecto tóxico agudo de tres extractos acuosos de *F. andina*, *A. americana* y *S. saponaria* sobre la mortalidad del caracol *M. tuberculata* a 24 h de exposición. Los valores de CL_{50} , de LOEC y NOEC presentaron la siguiente secuencia en orden de toxicidad decreciente: *A. americana* > *F. andina* > *S. saponaria*. Para los tres extractos acuosos botánicos se observó según los valores obtenidos en el ANOVA y la prueba a posteriori de Tukey para calcular las diferencias entre las concentraciones y el control.

Tabla 1. Efecto tóxico agudo de *Furcraea andina*, *Agave americana* y *Sapinus saponaria* sobre la mortalidad del caracol *Melanoides tuberculata* a 24 h de exposición y 24 h de recuperación.

Concentración ($\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$)	% mortalidad (<i>Furcraea andina</i>)	Sig.	% mortalidad (<i>Agave americana</i>)	Sig.	% mortalidad (<i>Sapinus saponaria</i>)	Sig.
0	0	a	0	a	0	a
0,1	0	a	5	a	0	a
0,25	5	a	10	a	0	a
0,5	15	ab	35	b	5	a
0,75	20	ab	40	b	10	a
1	30	ab	55	bc	30	b
2	60	b	65	c	55	c
CL_{50} ($\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,62		1,01		1,72	
CL_{50} inferior ($\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,38		0,86		1,51	
CL_{50} superior ($\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$)	2,01		1,23		2,04	
NOEC ($\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$)	1		0,25		0,75	
LOEC ($\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$)	2		0,5		1	
X^2 regresión	2,12		5,29		4,31	
F Anova	0,009		0,000		0,000	

Letras minúsculas iguales para los valores de significancia para los porcentajes de mortalidad de *M. tuberculata* por los tres extractos botánicos acuosos indican que los promedios son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey a un $p < 0,05$.

DISCUSIÓN

En la familia Asparagaceae se ha observado que existen varias especies con actividad molusquicida (Famsworth *et al.*, 1987; Debnath *et al.*, 2010). En esta familia se ha estudiado a *Agave wightii* Drumm. & Prain in Beng y a *Agave sisalana* Perrine, de donde se extrajeron saponinas esteroides (Sharma, 1989; Debnath *et al.*, 2010). Shoeb & El-Sayed (1985) encontraron actividad molusquicida en *Agave filifera* (Salm-Dyck) Baker, y *Agave lechugilla* Torr, 1859. Ferrer *et al.* (1993) y Díaz & Ferrer (1996) observaron efectos molusquicidas en *Agave legrelliana* Jacobi. H, *Agave fourcroydes* Lem. y *Agave beauleriana* Jacobi sobre el caracol *Biomphalaria havanensis* (L. Pfeiffer, 1839). El-Eman *et al.* (1989) demostraron que el polvo seco de *A. filifera* disminuyó la capacidad de puestas de huevos de *Biomphalaria alexandrina* Ehrenberg, 1831. Extractos acuosos de *Agave attenuata* Salm-Dyck, 1834 presentaron toxicidad contra *Bulinus africanus* (Krauss, 1848), *Daphnia pulex* (Linnaeus, 1758), *Anopheles arabiensis* Patton, 1905 y *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852), demostrando propiedades molusquicidas, larvicidas y piscicidas, respectivamente (Debnath *et al.*, 2010). De igual forma en nuestra investigación, los mayores efectos molusquicidas se vieron en *A. americana* y en *F. andina*, ambas pertenecientes a la familia Asparagaceae.

Los mayores efectos sobre *M. tuberculata* se observaron en el extracto acuoso de las hojas de *A. americana* (Asparagaceae). El género *Agave* comprende cerca de 166 especies monocotiledoneas americanas, siendo México el centro de origen de este género, pero con una distribución actualmente cosmopolita (Almaraz-Abarca *et al.*, 2013). Los tamizajes fitoquímicos demuestran en el género *Agave*, la presencia de algunos metabolitos secundarios como saponinas, glicósidos cardiacos, esteroides, taninos y flavonoides (Hammuel *et al.*, 2011; Kadam *et al.*, 2012; Rizwan *et al.*, 2012; Almaraz-Abarca *et al.*, 2013). Las saponinas esteroidales en los extractos acuosos en el género *Agave*, principalmente pertenecen

al grupo de las hecogeninas. Las hecogeninas muestran concentraciones bastante altas y son las más estudiadas, presentando actividad molusquicida bien documentada (Debnath *et al.*, 2010; Hammuel *et al.*, 2011; Osman *et al.*, 2011; Almaraz-Abarca *et al.*, 2013). Las hecogeninas son consideradas en la biogénesis de las saponinas como de tercera generación, obtenidas a partir de las gitogeninas y tigogeninas, de primera y segunda generación, respectivamente. Se ha demostrado que las hecogeninas son más abundantes en las hojas maduras de *Agave* (Debnath *et al.*, 2010).

Los extractos del género *Agave* son considerados un buen sustituto para el molusquicida niclosamida, disponible comercialmente, y que pueden ser empleados en forma segura para el control de caracoles vectores-transmisores de trematodos de importancia médica y veterinaria como *M. tuberculata* (Ojewole, 2004; Rizwan *et al.*, 2012).

Furcraea andina fue la segunda planta más tóxica con actividad molusquicida contra *M. tuberculata*. Osman *et al.* (2011) encontraron que en *Furcraea selloa* K. Koch., se presentó una alta actividad molusquicida sobre el caracol *B. alexandrina*, debido a que los componentes del grupo de las saponinas esteroidales, forman complejos con el colesterol y disminuyen sus niveles en el plasma y así reducen la actividad colinesterásica o decrecen la frecuencia cardiaca, afectando significativamente la mortalidad del caracol (Osman *et al.*, 2011). Los extractos etanólicos-acuosos de *Furcraea hexapetala* (Jacq.) presentan actividad insecticida sobre el áfido *Myzus persicae* Sulzer, 1766, debido a la presencia de saponinas (González *et al.*, 2011). Posiblemente las saponinas de las hojas del extracto acuoso de *F. andina* serían las responsables del efecto molusquicida en *M. tuberculata*.

Sapindus saponaria mostró efecto molusquicida sobre *M. tuberculata*. Se atribuyen las propiedades molusquicidas a las saponinas triterpenoides que poseen ácido oleico y hederagenina del pericarpo del fruto y de las semillas, y también a sesquiterpenos acíclicos oligoglicósidos (Rouquayrol, 1984;

Ribeiro *et al.*, 1995; Alfonso *et al.*, 2000; Ojewole, 2004; Herrera *et al.*, 2007; Tsuzuki *et al.*, 2007; Pellegrini *et al.*, 2008). *Sapindus saponaria* presentó actividad molusquicida sobre el caracol *Biomphalaria glabrata* Say, 1818 (Ribeiro *et al.*, 1995). Los extractos de *Sapindus trifoliatus* Linnaeus presentaron un efecto en la producción de huevos del caracol *Radix luteola* (Lamarck, 1822) (Salawu & Odaibo, 2011). Extractos de *Sapindus mukorossi* Gaertn. tuvieron actividad molusquicida sobre *Lymnaea acuminata* Lamarck, 1822 (Upadhyay & Singh, 2011).

Melanoides tuberculata es un caracol mayormente primer hospedero intermediario de por lo menos 14 especies de trematodos de importancia en la salud y que pudieran causar infecciones humanas como *Paragonimus kellicotti* Ward, 1908 (Troglotrematidae), *Paragonimus westermani* Kerbert, 1878 (Troglotrematidae), *Clonorchis sinensis* Looss, 1907 (Opisthorchiidae), *Loxogenoides bicolor* (Krull, 1933) (Lecithodendriidae), *Transversotrema laruei* Velásquez, 1958 (Transversotrematidae), *Stictodora tridactyla* Martin and Kuntz, 1955 (Heterophyidae), *Gastrodiscus aegyptiacus* Cobbold, 1876 (Paramphistomidae), *Philopthalmus gralli* Mathis & Leger, 1910 (Philopthalmidae), *P. distomatosa* (Looss, 1896) (Philopthalmidae), *Haplorchis pumilio* (Looss, 1896) (Heterophyidae), *Haplorchis* sp. (Heterophyidae), *Centrocestus formosus* (Nishigori, 1924) (Heterophyidae) y *Centrocestus* sp. (Heterophyidae). También es hospedero del nemátodo *Angiostrongylus cantonensis* (Chen, 1935) (Metastrongylidae) (Derraik, 2008).

El caracol dulceacuícola *M. tuberculata* según Peso *et al.* (2010) presenta cinco características que lo catalogan como un excelente invasor a nivel mundial: (1) partenogénesis, (2) viviparidad, (3) capacidad de dispersarse ampliamente a través de los cursos de agua, (4) buena adaptación a ambientes antrópicos urbanos, y (5) alto éxito reproductivo. Se ha indicado que un solo individuo bastaría para el establecimiento de una población viable (Peso *et*

al., 2010). Por lo que dentro de la estrategia de control integrado y reducción de poblaciones de *M. tuberculata*, el empleo de plantas molusquicidas como *A. americana*, *F. andina* y *S. saponaria* podría constituirse en un anillo clave o medular para el control poblacional de este caracol dulceacuícola, debido a que pueden ser usadas localmente con participación comunitaria (Ojewole, 2004).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, S, Ramírez, J & Malagón, O. 2007. *Extracción de fibras leñosas: Cabuya (Furcraea andina Trel.) y banano (Musa paradisiaca L.) para estandarizar un proceso tecnológico destinado a la elaboración de pulpa y papel.* Revista Iberoamericana de polímeros, vol. 8, pp. 89-98.
- Ahmed, AH & Rifaat, MMA. 2004. *Molluscicidal and cercaricidal efficacy of Acanthus mollis and its binary and tertiary combinations with Solanum nigrum and Iris pseudacorus against Biomphalaria alexandrina.* Journal of the Egyptian Society of Parasitology, vol. 34, pp. 1041-1050.
- Ahmed, AH & El-Hamshary, EM. 2005. *Larvicidal, miracidicidal and cercaricidal activities of the Egyptian plant Iris pseudacorus.* Journal of the Egyptian Society of Parasitology, vol. 35, pp. 41-48.
- Alfonso, M, Fuentes, V, Avilés, R, González, N, Villasana, R, Hernández, M, González, T, Álvarez, ME, Pérez, D, Ruiz, M, Lorenzo, Y & González, A. 2000. *Plantas molusquicidas de Cuba y su utilización.* Revista de Protección Vegetal, vol. 15, pp. 118-124.
- Almaraz-Abarca, N, Delgado-Alvarado, EA, Ávila-Reyes, JA, Uribe-Soto, JN & González-Valdez, LS. 2013. *The phenols of the genus Agave (Agavaceae).* Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology, vol. 4, pp. 9-16.
- Bakry, FA. 2009. *Impact of some plant extracts on histological structure and protein*

- patterns of Biomphalaria alexandrina snails*. Global Journal of Molecular Sciences, vol. 4, pp. 34-41.
- Debnath, M, Pandey, M, Sharma, R, Thakur, GS & Lal, P. 2010. *Biotechnological intervention of Agave sisalana: A unique fiber yielding plant with medicinal property*. Journal of Medicinal Plants Research, vol. 4, pp. 177-187.
- Derraik, JGB. 2008. *The potential significance to human health associated with the establishment of the snail Melanoides tuberculata in New Zealand*. The New Zealand Medical Journal, vol. 121, pp. 25-32.
- Diaz, R & Ferrer, J. 1996. *Efecto de las dosis letales de plantas de la familia Agavaceae sobre la actividad cardiaca y la oviposición de Biomphalaria havanensis (Mollusca: Planorbidae)*. Revista Cubana de Medicina Tropical, vol. 48, pp. 21-24.
- El-Eman, MA, Shueb, HA, Mohamed, AM & Saad, AM. 1989. *Agave filifera (Family Agavaceae) as a molluscicidal agent*. Abstract 10th International Malacological Congress, Tubingen. p. 64.
- Farnsworth, NR, Henderson, TO & Soejarto, DD. 1987. *Plants with potential molluscicidal activity*. In: Mott, KE (Ed). *Plant molluscicides*. New York, Wiley. pp. 131-204.
- Fernandes, FF, Freitas, EP, Costa, AC & Silva, IG. 2005. *Larvicidal potential of Sapindus saponaria to control the cattle tick Boophilus microplus*. Pesquisa agropecuaria brasileira, vol. 40, pp. 1243-1245.
- Fernandes, FF, Leles, RN, Silva, IG & Freitas, EPS. 2007. *Larvicidal potencial of Sapindus saponaria (Sapindaceae) against Rhipicephalus sanguineus (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae)*. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, vol. 59, pp. 145-149.
- Ferrer, J, Sanchez, R, Perera, G, Yong, M & Sanchez, J. 1993. *Estudios de la acción molusquicida en el laboratorio del maguey Agave legreliana, sobre Biomphalaria havanensis*. Revista Cubana de Medicina Tropical, vol. 45, pp.118-121.
- Gentry, AH. 1993. *A field guide to the families and genera of woody plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa*. Conservation International. Washington, DC. USA.
- Giovanelli, A, Silva, CLP, Medeiros, L & Vasconcellos, MC. 2001. *The molluscicidal activity of the latex of Euphorbia splendens var. hislopilii on Melanoides tuberculata (Thiaridae), a snail associated with habitats of Biomphalaria glabrata (Planorbidae)*. Memorias do Institute Oswaldo Cruz, vol. 96, pp. 123-125.
- González, LC, Valero, AF, Meseguer, IO & León, JOG. 2011. *Effectiveness of Furcraea hexapetala (Jacq.) Urban extract on Myzus persicae Zulzer*. Journal of Animal & Plant Sciences, vol. 10, pp. 1300-1305.
- Guillot, OD, der Meer, PV, Lumbreras, EL & Picornell, AR. 2008. *El género Agave L. en la flora alóctona valenciana*. Monografías de la revista Bouteloua, vol.3, pp. 1-93.
- Hammond, A, Fielding, D & Nuru, H. 1994. *Eucalyptus: A sustainable self-delivery molluscicide?*. Veterinary Research Communications, vol. 18, pp. 359-365.
- Hammuel, C, Yebpella, GG, Shallangwa, GA, Asabe, M, Magomya, AM & Agbaji, AS. *Phytochemical and antimicrobial screening of methanol and aqueous extracts of Agave sisilana*. Acta Poloniae Pharmaceutica - Drug Research, vol. 68, pp. 535-539.
- Hasheesh, WS, Mohamed-Assem, SM, El-Deed, FAA & Sayed, SSM. 2011a. *Impact of Asparagus densiflorus and Oreopanax guatemalensis plants and Difenoconazole fungicide on biochemical parameters of Biomphalaria alexandrina snails*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, vol. 5, pp. 366-378.
- Hasheesh, WS, Mohamed, RT & El-Monem, SA. 2011b. *Biological and physiological parameters of Bulinus truncatus snails*

- exposed to methanol extract of the plant *Sesbania sesban* plant. *Advances in Biological Chemistry*, vol. 1, pp. 65-73.
- Herrera, NL, Correa, E, Cardona, D, Archbold, R, Torres, F, Quiñones, W, Velez, ID, Robledo, S & Echeverri, F. 2007. *Estructura y actividad de sapogeninas triterpénicas*. *Scientia et Technica*, vol. 13, pp. 87-89.
- Iannacone, J & Alvarino, L. 2002. *Efecto del detergente doméstico alquil aril sulfonato de sodio lineal (LAS) sobre la mortalidad de tres caracoles dulceacuícolas en el Perú*. *Ecología Aplicada*, vol. 1, pp. 81-87.
- Iannacone, J & Alvarino, L. 2007. Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Gayana*, vol. 71, pp. 49-65.
- Iannacone, J, Alvarino, L & Paredes, C. 2009. *Evaluación del riesgo ambiental del arseniato de plomo en bioensayos con ocho organismos no destinatarios*. *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology*, vol. 4, pp. 73-82.
- Judd, WS, Campbell, CS, Kellogg, EA & Stevens, PF. 1999. *Plant Systematic. A phylogenetic approach*. Sinauer Associates, Inc. MA, USA.
- Kadam, PV, Yadav, KN, Deoda, RS, Narappanawar, NS, Shivatare, RS & Patil, MJ. 2012. *Pharmacognostic and phytochemical studies on roots of Agave americana*. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, vol. 4, pp. 92-96.
- Lagunes-Tejeda, A, Rodríguez-Maciel, JC & De Loera-Barocio, JC. 2009. *Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de México*. *Agrociencia*, vol. 43, pp. 173-196.
- Leyton, V, Henderson, TO, Mascara, D & Kawano, T. 2005. *Atividade moluscicida de principios ativos de folhas de Lycopersicon esculentum (Solanales, Solanaceae) em Biomphalaria glabrata (Gastropoda, Planorbidae)*. *Iheringia, Serie Zoologia*, vol. 95, pp. 213-216.
- Liesner, R. 1996. *Técnicas de campo utilizadas por el Jardín Botánico de Missouri*. En <http://www.mobot.org/mobot/research/library/Fieldtechbook/spanish/tpage.html> leído el 15 de octubre del 2012.
- Lima, NMF, Dos Santos, AF, Porfirio, Z, Goulart, MOF & Sant'Ana, AE. 2002. *Toxicity of lapachol and isolapachol and their potassium salts against Biomphalaria glabrata, Schistosoma mansoni cercariae, Artemia salina and Tilapia nilotica*. *Acta Tropica*, vol. 83, pp. 43-47.
- Lozano-Rivas, WA. 2012. *Uso del extracto de fique (Furcraea sp.) como coadyuvante de coagulación en tratamiento de lixiviados*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 28, pp. 219-227.
- Luna, JDeS, Dos Santos, AF, De Lima, MRF, Omena, MC, De Mendoca, FAC, Bieber, LW & Sant'Ana, AEG. 2005. A study of the larvicidal and molluscicidal activities of some medicinal plants from northeast Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 97, pp. 199-206.
- Mansour, SA, El-Khrisy, EA & Abdel-Hamid, HF. 2003. *Botanical biocides. 11. Molluscicidal, miracicidal and cercaricidal activities of Ammi majus constituents*. *Egyptian Journal of Schistosomiasis and Endemic infectious Diseases*, vol. 25 (Suppl.), pp. 41-60.
- Marston, A & Hostettmann, K. 1985. *Review article number 6: Plant molluscicides*. *Phytochemistry*, vol. 24, pp. 639-652.
- Ming, Z, Gui-Yin, L, Jian-Guo, Z, Ke-Long, H, Jin-Ming, S, Xiao, L & Wang-Yuan, W. 2011. *Evaluation of molluscicidal activities of benzo[c]phenanthridine alkaloids from Macleaya cordata (Willd) R. Br. on snail hosts of Schistosoma japonicum*. *Journal of Medicinal Plants Research*, vol. 5, pp. 521-526.
- Mitchell, AJ, Hobbs, MS & Brandt, TM. 2007. *The effect of chemical treatments on red-rim Melania Melanoides tuberculata, an exocytic aquatic snail that serves as a vector of trematodes to fish and other species in the USA*. *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 27, pp. 1287-1293.

- Ojewole, JAO. 2004. *Indigenous plants and schistosomiasis control in South Africa. Molluscicidal activity of some Zulu medicinal plants*. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, vol. 3, pp. 8-22.
- Olano, SP. 1999. *Acción Molusquicida de Furcraea andina Trel. (Agavaceae) sobre Fossaria viatrix (Orbigny, 1835) y sus componentes fitoquímicos*. Tesis para optar el título profesional de Biólogo, Mención en Microbiología y Parasitología, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 86 p.
- Olivera, GP, Tamariz, AC, Castillo, PF & Choy, WM. 2011. *Características de suelo y usos tradicionales de especies vegetales en la Provincia de Huaraz, Ancash, Perú*. Revista ECI-Perú, vol. 8, pp. 44-47.
- Osman, GY, Mohamed, AM, Kader, AA & Mohamed, AA. 2011. *Biological studies on Biomphalaria alexandrina snails treated with Furcraea selloa marginata plant (Family: Agavaceae) and Bacillus thuringiensis kurstaki (Dipel-2x)*. Journal of Applied Pharmaceutical science, vol. 1, pp. 47-55.
- Pellegrini, DD, Tsuzuki, JK, Amado, CAB, Cortez, DAG & Ferreira, ICP. 2008. *Biological activity and isolated compounds in Sapindus saponaria L. and other plants of the genus Sapindus*. Latin American Journal of Pharmacy, vol. 27, pp. 922-927.
- Peso, JG, Vogler, RE & Pividori, ND. 2010. *Primer registro del gasterópodo invasor Melanoides tuberculata (Gastropoda, Thiaridae) en el río Uruguay (Argentina-Brasil)*. Comunicaciones de la Sociedad Malacologica del Uruguay, vol. 9, pp. 231-236.
- Pino, GI. 2006. *Estado actual de las suculentas en el Perú*. Zonas Áridas, vol. 10, pp. 155-173.
- Pino, J, López, F & Iannacone, J. 2010. *Impacto ambiental en la proporción de especímenes machos en poblaciones partenogénéticas de Melanoides tuberculata (Muller 1774) (Prosobranchia: Thiaridae) en el Perú*. The Biologist (Lima), vol. 8, pp. 139-149.
- Porras, MF & López-Ávila, A. 2009. *Effect of extracts from Sapindus saponaria on the glasshouse whitefly Trialeurodes vaporariorum (Hemiptera: Aleyrodidae)*. Revista Colombiana de Entomología, vol. 35, pp. 7-11.
- Quintana, C. 2010. *Adaptaciones de las plantas a la sequía*. Nuestra Ciencia, vol. 12, pp. 12-14.
- Ribeiro, A, Zani, CL, De Almeida Alves, TM, Mendez, NM, Hamburger, M & Hostettmann, K. 1995. *Molluscicidal saponins from the pericarp of Sapindus saponaria*. International Journal of Pharmacognosy, vol. 33, pp. 177-180.
- Rizwan, K, Zubair, M, Rasool, N, Riaz, M, Zia-Ul-Haq, M & Feo, V. 2012. *Phytochemical and biological studies of Agave attenuata*. International Journal of Molecular Sciences, vol. 13, pp. 6440-6451.
- Rouquayrol, MZ. 1984. *Atividade moluscicida de plantas do Nordeste Brasileiro*. Revista do Centro do Ciências da Saúde, vol. 1, pp. 24-31.
- Salawu, OT & Odaibo, AB. 2011. *The molluscicidal effects of Hyptis suaveolens on different stages of Bulinus globosus in the laboratory*. African Journal of Biotechnology, vol. 10, pp. 10241-10247.
- Sanchez-Buitrago, JA & Silva-Herrera, LJ. 2008. *Estudio silvicultural de la especie Sapindus saponaria L. (Jaboncillo) como base para su aprovechamiento silvoindustrial*. Revista Colombia forestal, vol. 11, pp. 71-81.
- Sharma, OP. 1989. *Steriodal saponins of Agave wightii Dr. and Prain: a systematic study in vivo and in vitro*. Phitol Research, vol. 2, pp. 151-154.
- Shoeb, HA, Hassan, AA, El-Sayed, MM & Refahy, L. 1984. *The molluscicidal properties of Agave decepiens and Agave americana var. marginata*. Journal of Egypt Society of Parasitology, vol. 14, pp. 265-73.
- Shoeb, HA & El-Sayed, MM. 1985. *The*

- molluscicidal properties of Agavaceae Agave filifera and Agave lophantha (Egypt)*. Egyptian Journal of Veterinary Science, vol. 22, pp. 73-80.
- Shuhaimi-Othman, M, Nur-Amalina, R & Nadzifah, Y. 2012. *Toxicity of metals to freshwater snail, Melanoides tuberculata*. The Scientific World Journal, Article ID 125785, 10 p.
- Silva, TMS, Cámara, CA, Agra, MF, Carvalho, G, Frana, MT, Brandoline, VPB, Paschoal, SL & Braz-Filho, R. 2006. *Molluscicidal activity of Solanum species of the Northeast of Brazil on Biomphalaria glabrata*. Fitoterapia, vol. 77, pp. 449-452.
- Supian, Z & Ikhwanuddin, AM. 2002. *Population dynamics of freshwater mollusks (Gastropod: Melanoides tuberculata) in Crocker Range Park, Sabah*. ASEAN Review of Biodiversity and Environmental Conservation, vol 13, pp. 1-9.
- Tsuzuki, JK, Svidzinski, TIE, Shinobu, CS, Silva, LFA, Rodrigues-Filho, E, Cortez, DAG & Ferreira, ICP. 2007. *Antifungal activity of the extracts and saponins from Sapindus saponaria L*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, vol. 79, pp. 577-583.
- Ullrich, B. 1992. *Furcraea (Agavaceae) en Sudamerica*. Quepo, Revista Anual-Sociedad Peruana de Cactus y suculentas, vol. 6, pp. 67-75.
- Upadhyay, A & Singh, DK. 2011. *Molluscicidal activity of Sapindus mukorossi and Terminalia chebula against the freshwater snail Lymnaea acuminata*. Chemosphere, vol. 83, pp. 468-474.

Received March 16, 2013.
Accepted June 15, 2013.

Correspondence to author/ Autor para correspondencia:

Laboratorio de Ecofisiología Animal (LEFA).
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática (FCNNM). Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). El Agustino, Lima, Perú.

E-mail / Correo electrónico:
joseiannacone@gmail.com