



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Ecología de moluscos invasores *Corbicula fluminea* (Bivalvia) y
Melanoides tuberculata (Gastropoda) y su relación con los moluscos
nativos en el Río Máquinas, los Tuxtlas, Veracruz, México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

Karla Lorena Herrera López



DIRECTORA DE TESIS:
M. en C. Gema Yolanda Armendáriz Ortega

CIUDAD DE MÉXICO, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno

Herrera
López
Karla Lorena
309239057

2. Datos del tutor

M. en C.
Gema Yolanda
Armendáriz
Ortega

3. Datos del sinodal 1

Dra.
María Martha
Reguero
Reza

4. Datos del sinodal 2

Dr.
Fernando
Álvarez
Noguera

5. Datos del sinodal 3

Dra.
Edna
Naranjo
García

6. Datos del sinodal 4

M. en C.
Brian
Urbano
Alonso

7. Datos del trabajo escrito

Ecología de moluscos invasores *Corbicula fluminea* (Bivalvia) y *Melanooides tuberculata* (Gastropoda) y su relación con los moluscos nativos en el Río Máquinas, los Tuxtlas, Veracruz, México.

107 p.
2020

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias por brindarme los conocimientos para formarme como estudiante, persona y bióloga.

Al Instituto de Biología y al Taller de Invertebrados de la Zona Costera y Arrecifal del golfo de México de la Colección Nacional de Crustáceos por aceptarme como alumna y poder llevar a cabo este trabajo.

A la Estación de Biología Tropical de los Tuxtlas por permitirme hacer uso de sus instalaciones.

A la Bióloga Susana Guzmán Gómez por la capacitación en el uso del microscopio de capas del Laboratorio de Microscopía y Fotografía de la Biodiversidad (II).

Al Dr. Fernando Álvarez Noguera por el apoyo, consejos y las clases que impartió de Especies Invasoras para realización de este trabajo, por fomentar mi gusto por los invertebrados y las anécdotas y risas en cada práctica de campo.

A la M. en C. Gema Yolanda Armendaríz Ortega por el apoyo y tiempo brindados a lo largo de estos años, sobre todo por pasar horas revisando mi tesis. Por las tardes de comida en el laboratorio. Gracias.

A la Dra. María Martha Reguero por el tiempo y consejos que me brindó durante la revisión de la tesis.

Al M. en C. Brian Urbano por aceptar ser parte de mi jurado y por los comentarios aportados para mejorar este trabajo.

A la Dra. Edna Naranjo por brindarme los comentarios y consejos pertinentes para mejorar este trabajo.

A mis padres, Yolita y Ramón, por todo el apoyo, amor y dedicación incondicional que me han brindado. Por promover mi educación, enseñarme a esforzarme cada día y sobreponerme a las adversidades. Parte de este esfuerzo también es suyo, porque sin ustedes no hubiera llegado tan lejos.

A Bobis, por tenerme paciencia y enseñarme a que se deben de hacer las cosas al momento y hacerlas con muchas ganas. Te quiero.

A Ivanna, por estar en mi vida y querernos tanto.

A mis ratas, Jimenita y Luis, por las risas, los desayunos y los momentos que hemos compartido. Por el apoyo que me han brindado a lo largo de estos años. Gracias, los quiero mucho.

A mis bebés, Sam, Sofi y Sergio no tengo palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mi. Por los consejos, las pláticas, la amistad y el apoyo incondicional que me han brindado todo este tiempo. Por compartir agradables momentos y por seguir acompañandome hasta este momento, son personas muy valiosas en mi vida.

A mis amigos del taller Ittaí, Diana, Jasiel, David, Georgie, Deni por los buenos momentos que hemos pasado dentro y fuera de la Colección. Por acompañarme mientras realizábamos nuestras tesis y ayudarme a contar tanto bicho. Son personas muy importantes en mi vida.

A Xiuhnel, por ayudarme en la redacción de este trabajo, aportar comentarios necesarios y tener la paciencia para soportar mis días de frustración, por alentarme a seguir adelante y estar presente.

ÍNDICE

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
¿Qué son las especies invasoras?	8
Proceso de invasión de las especies	9
Phylum Mollusca	10
Clase Bivalvia	12
Clase Gastropoda	13
<i>Corbicula fluminea</i> (Müller, 1774)	15
<i>Melanooides tuberculata</i> (Müller, 1774)	17
ANTECEDENTES	20
<i>Corbicula fluminea</i> (Müller, 1774)	20
<i>Melanooides tuberculata</i> (Müller, 1774)	21
OBJETIVOS	24
Objetivo General	24
Objetivos Particulares	24
ÁREA DE ESTUDIO	25
Los Tuxtlas, Veracruz	25
Río Máquinas	26
MATERIAL Y MÉTODO	28
Trabajo de campo	28
Trabajo de laboratorio	29
Análisis de datos	29
RESULTADOS	33
Análisis taxonómico	33
Diagnóstico de las especies	34
Abundancia	37
Densidad poblacional	43

Tallas poblacionales	47
Biomasa	54
Grado de deterioro de las conchas	58
Distribución de las especies	61
DISCUSIÓN	63
Abundancia	63
Densidad poblacional	66
Tallas poblacionales	69
Biomasa	70
Deterioro de las conchas de <i>C. fluminea</i>	71
Distribución de las especies	73
Recomendaciones	75
CONCLUSIONES	77
LITERATURA CITADA	78
GLOSARIO	92
APÉNDICE	98

RESUMEN

Corbicula fluminea y *Melanooides tuberculata* son especies invasoras que se caracterizan por colonizar y establecerse fuera de su área de distribución original, además de desplazar a las especies nativas. En este estudio se estudió la relación de abundancia, densidad, tallas, biomasa y distribución de los moluscos invasores, el bivalvo *Corbicula fluminea* y el gasterópodo *Melanooides tuberculata*, respecto a las especies de moluscos nativos encontrados en el río Máquinas, localizado en Los Tuxtlas, Veracruz. Se realizaron cuatro muestreos en los meses de junio, agosto y octubre de 2017 y abril de 2018. Se muestrearon tres zonas del río Máquinas. Se colocaron tres transectos de 20 m, en cada uno se estableció un cuadrante de 20x20 cm y se recolectaron los moluscos encontrados y se obtuvieron las variables físico-químicas de la columna de agua. Posteriormente, se contaron los moluscos para determinar su abundancia y densidad. Se obtuvieron las tallas poblaciones, se pesaron y se determinó el grado de deterioro de las valvas de *C. fluminea* estableciendo tres categorías para su análisis. Además, se realizó un mapa de distribución de las especies en la República mexicana. Se obtuvo un total de 785 organismos en todo el muestreo y solo se registró una especie nativa *N. usnea*. *Corbicula fluminea* fue la especie con mayor densidad, seguida de *N. usnea*. *Corbicula fluminea* presentó un rango de tallas de 2.7-23.8 mm, *M. tuberculata* de 1.3-23.1 mm y *N. usnea* presentó un intervalo de 8.5-16.5 mm. La mayor biomasa la presentó *C. fluminea* en la zona alta, seguida por *N. usnea* y *M. tuberculata* fue la especie con menor biomasa. La categoría de deterioro de las valvas dominante fue poco deteriorado y la categoría menos dominante fue no deteriorado. De acuerdo con los datos de distribución obtenidos, *C. fluminea* se distribuye actualmente en 12 estados de la República mexicana, *M. tuberculata* en 14 estados y *Neritina usnea* solo se distribuye en tres estados hasta el momento. De acuerdo a los resultados obtenidos, es de gran importancia desarrollar un plan de manejo y control local sobre las especies invasoras reportadas para evitar el desplazamiento y extinción local de especies nativas, así como una mayor alteración de los hábitats dulceacuícolas.



INTRODUCCIÓN

¿Qué son las especies invasoras?

Las especies invasoras se definen como aquellos organismos que son transportados de su lugar de origen a otro para establecerse fuera de su área de distribución natural. Esto como consecuencia de factores naturales (huracanes, vientos, corrientes o vectores animales) o por las actividades humanas, ya sea de manera intencional por intereses económicos o sociales o bien introducidos de manera accidental o indirecta, por ejemplo, por medio del agua de lastre (Darrigan y Damborenea, 2006) así como la importación de alimentos (Mendoza y Koleff, 2014). El impacto de estas especies sobre los ecosistemas radica en el desplazamiento de las especies nativas de flora y fauna por competencia directa, depredación, transmisión de enfermedades y parásitos, modificación del hábitat, alteración de la estructura trófica y sus condiciones bióticas (Mendoza y Koleff, 2014). Por otro lado, las especies nativas son aquellas que habitan en una región de manera natural por medio de procesos de adaptación a las condiciones ambientales y presentan relaciones evolutivas y ecológicas con otras especies con las que han compartido su historia natural (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

Una especie se considera invasora cuando se reproduce y genera poblaciones viables para su establecimiento en un ecosistema no nativo, teniendo la capacidad de invadir otras partes del mundo, cruzando las barreras geográficas (Cárdenas *et al.*, 2011) por lo que son consideradas la mayor causa de pérdida de diversidad biológica y perturbación en los ecosistemas (IUCN 1999; McNeely *et al.*, 2001; Mathews, 2005; Piedad *et al.*, 2010). El éxito de las invasiones dependerá principalmente del estado de conservación del ecosistema, las características particulares de las especies y la efectividad de las rutas de introducción (Mendoza y Koleff, 2014).



Proceso de invasión de las especies

El proceso de invasión biológica inicia cuando una especie exótica se convierte en especie invasora. Para que esto ocurra es necesario que la especie exótica sea transportada de su lugar de origen a un lugar nuevo, generando poblaciones viables para poder establecerse y adaptarse. Es importante mencionar que no todas las especies exóticas se convierten en especies invasoras, ya que no todas las especies sobreviven en el nuevo ecosistema debido a que no logran adaptarse a las nuevas condiciones ambientales y, en otros casos, pueden ser desplazadas por las especies nativas (resistencia biótica) (Sahlin, 2003; Mendoza y Koleff, 2014).

El proceso de invasión consta de tres etapas: 1) introducción, 2) establecimiento y 3) dispersión. La introducción se refiere al número de organismos que se han liberado o introducido en el ecosistema nuevo, generando presión en el propágulo. La invasión de la especie comienza cuando cruza una barrera geográfica, esto puede ser provocado por la expansión de su área de distribución o por la actividad humana. La especie exótica presenta características propias para poder sobrevivir en el hábitat nuevo, como: la habilidad para competir, alta tasa de fecundidad y tolerancia ambiental. Esto le permite colonizar el nuevo nicho y establecerse en la nueva región. La etapa de establecimiento depende de la supervivencia de la especie al ecosistema, su reproducción y mantenerse en el hábitat nuevo para generar poblaciones viables, las cuales tienen interacciones dentro de la nueva comunidad. Sin embargo, no todas las especies invasoras son exitosas, esto dependerá de las características que se requieran para la introducción y las características de su establecimiento. La fase de dispersión es exitosa cuando la especie exótica se ha establecido y por lo tanto comienza a dispersarse dentro del ecosistema que ha colonizado (Mendoza y Koleff, 2014).



La dispersión se refiere al proceso de expansión del rango de distribución de la especie exótica. Se pueden presentar dos tipos de dispersión: a larga distancia y a corta distancia. La primera está mediada por el ser humano principalmente, el tiempo de dispersión es discontinuo porque la especie exótica se establece lejos de la población de origen y puede volver a migrar. Mientras que la dispersión de distancia corta se refiere al establecimiento de la especie exótica con expansiones laterales respecto a su población de origen (Davis y Thompson, 2000).

Se han registrado aproximadamente 480,000 especies invasoras en el mundo (Pimentel *et al.*, 2001; Mendoza y Koleff, 2014). El Sistema Nacional de Especies Invasoras, establecido por la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2008; López-López, 2009), ha identificado 13 especies de moluscos invasores en México, 11 son bivalvos (cuatro de agua dulce) y dos gasterópodos (uno de agua dulce). Sin embargo, Naranjo-García y Castillo-Rodríguez (2017), registraron diez especies de moluscos dulceacuícolas invasores entre los que destacan *Corbicula fluminea* y gasterópodo *Melanooides tuberculata*.

Phylum Mollusca

Los moluscos forman parte de un grupo muy antiguo y diverso dentro de los invertebrados. Existen aproximadamente 93,000 especies vivientes descritas y 70,000 especies fósiles (Brusca y Brusca, 2005) El *phylum* se divide en ocho clases: Solenogastres, Caudofoveata, Scaphopoda, Monoplacophora, Polyplacophora, Bivalvia, Gastropoda y Cephalopoda (Brusca *et al.*, 2016). El hábitat que dominan es muy diverso, desde marinos de profundidades oceánicas, hasta terrestres y de agua dulce (Ponder y Lindberg, 2008).



Las características que representan al grupo son: simetría bilateral, cuerpo blando con cabeza bien diferenciada provista de ojos o tentáculos sensoriales, la rádula que se encuentra en la región bucal permitiendo al molusco raspar y triturar el alimento, el pie utilizado como órgano de locomoción y la masa visceral que se encuentra en la parte dorsal del cuerpo (Saxena, 2005). El cuerpo está protegido por el manto o palio, capaz de secretar el esqueleto calcáreo (la concha), que puede estar presente, ausente o reducida; una gruesa capa epidérmica forma la cavidad del manto, la cual aloja los ctenidios, osfradios, nefridioporos, gonoporos y el ano (Fernández-Álamo y Rivas, 2007).

La mayoría de los moluscos tienen representantes marinos, pero también existen dulceacuícolas y terrestres (como los caracoles pulmonados). Los moluscos de ambientes dulceacuícolas y terrestres han sido poco estudiados en comparación con los moluscos de ambientes marinos. Esto se debe a que existe escasa literatura para su identificación y la descripción que se ha realizado se basa en características de la concha, lo cual puede ser muy variable y complica el estudio y reconocimiento de los individuos. También, los moluscos dulceacuícolas son de gran importancia ecológica ya que son utilizados como indicadores de la calidad del agua o pueden ser hospederos intermediarios de una gran cantidad de parásitos (Naranjo-García, 2003).

Algunas especies de moluscos pueden invadir con rapidez nuevos hábitats, mientras que otras se establecen en sitios restringidos (Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014). En este caso, los principales medios de propagación de moluscos invasores son la acuicultura, el transporte internacional de mercancías, la acuarofilia y las embarcaciones locales (Ramírez y Urbano, 2014).



Clase Bivalvia

La clase Bivalvia incluye a las almejas, mejillones y ostras. Habitan en fondos blandos o adheridos al sustrato, de agua dulce o marinos. Poseen una forma corporal bilateral y comprimida lateralmente, con dos valvas unidas por dientes y un ligamento (Brusca *et al.*, 2016) (Fig. 1). Pueden medir desde 1 mm hasta más de 1 m (Martínez y Rivas, 2009).

Las características principales que presentan son: no poseen una cabeza diferenciada, la respiración la realizan a través de las branquias y carecen de rádula y su alimentación es por filtración con la ayuda de un par de ctenidios bipectinados y los palpos bucales. Las especies excavadoras poseen dos estructuras llamadas sifones, más grandes que el animal y en forma tubular. El sifón inhalante permite la entrada de agua para bañar las branquias, después esa agua pasa por el sifón exhalante, el cual permite la salida. En la zona de la cavidad palial se encuentran las branquias, las cuales tienen dos funciones, la filtración de alimento y respiración (García-Cubas y Reguero, 2007).

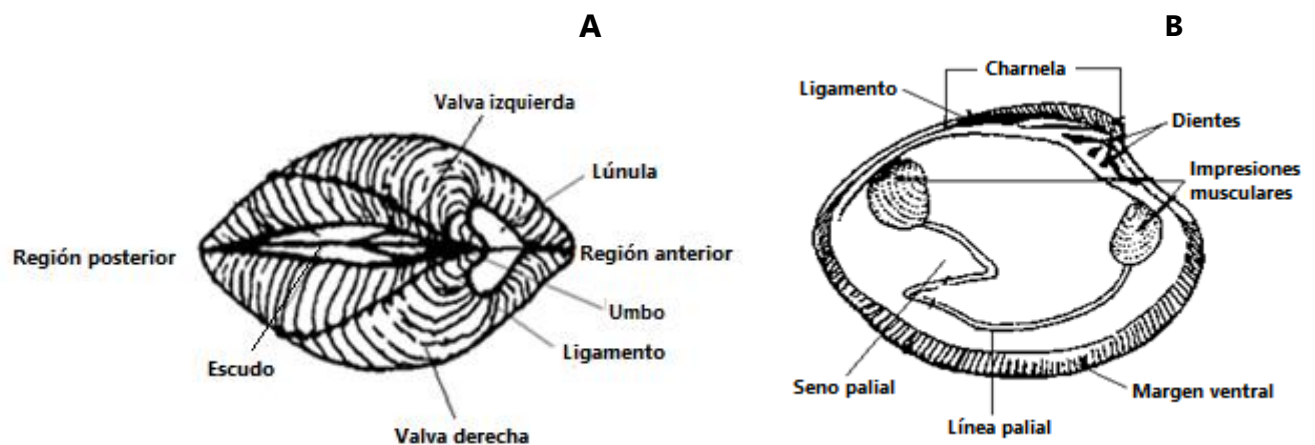


Figura 1. Morfología externa (A) e interna (B) de la concha de los bivalvos (Tomada y modificada de www.fao.org).



Clase Gastropoda

El grupo más diverso de los moluscos lo integra la clase Gastropoda (Fig. 2), se han descrito aproximadamente 70,000 especies vivientes (Brusca *et al.*, 2016) incluyendo a los caracoles y babosas. Los miembros de la clase pueden ocupar desde hábitats terrestres y dulceacuícolas, hasta marinos, incluyendo diversas profundidades, abarcando desde zonas tropicales hasta zonas árticas (Brusca y Brusca 2005).

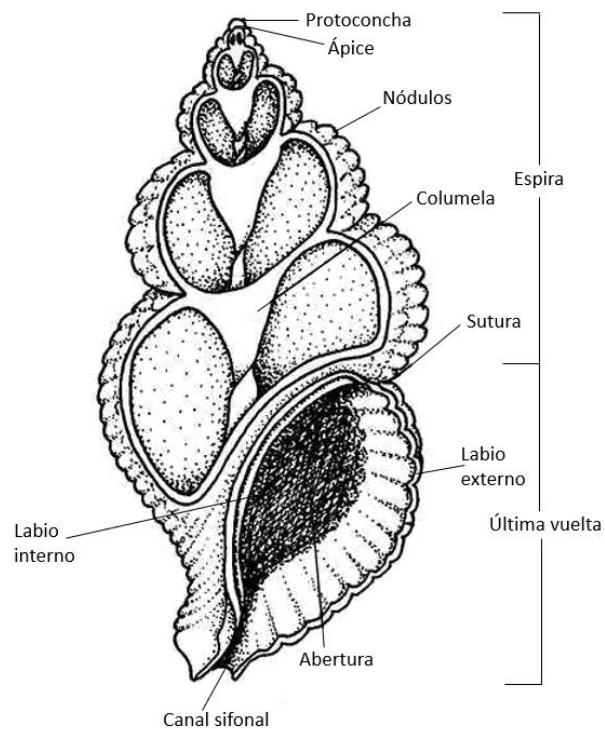


Figura 2. Principales caracteres morfológicos de la concha de los gasterópodos (Tomado y modificado www.asturnatura.com).



La clase Gastropoda presenta una concha en forma de espiral, la cual puede estar presente, ausente o reducida en algunas subclases. Posee una región cefálica bien desarrollada, con un par de tentáculos sensoriales y ojos en la base de cada tentáculo en gastropodos dulceacuícolas (Pendarvis y Crawley, 2014). El pie, es el órgano locomotor que secreta mucosa para deslizarse sobre el sustrato, puede reducirse o perderse totalmente. Pueden presentar una estructura llamada opérculo, formada por el pie, que le ayuda a cerrar la concha al contraerse el animal (Brusca *et al.*, 2016).

Durante el desarrollo embrionario se da el fenómeno de torsión, el cual consiste en la rotación de la masa visceral, el manto y la concha de 90° a 180° respecto a la cabeza y al pie. La posición de la cavidad palial y el ano quedan en la parte anterior, es decir por encima de la cabeza. Algunas estructuras como las branquias, el osfradio, la aurícula y el nefridioporo pasan del lado derecho al lado izquierdo. Las ventajas que le confiere el fenómeno de torsión al animal es la contracción total del cuerpo (Brusca *et al.*, 2016).

Los ambientes acuáticos son aproximadamente el 40% de las extinciones de especies están relacionadas con la depredación, parasitismo y competencia de especies invasoras (Pimentel *et al.*, 2001). Se estima que principalmente en los ambientes dulceacuícolas, las extinciones son cinco veces mayor que en los ambientes terrestres. Estas extinciones están relacionadas a la presencia de especies invasoras (Ricciardi y Rasmussen, 1999; Trinidad-Ocaña *et al.*, 2017).

En México se han registrado diez especies de moluscos dulceacuícolas invasores entre los que destacan el bivalvo *Corbicula fluminea* y el gastrópodo *Melanooides tuberculata* (Naranjo-García y Castillo-Rodríguez, 2017). Estas especies además son de gran importancia porque funcionan como vectores de parásitos de importancia médica y veterinaria (Barba *et al.*, 2014). *M. tuberculata* se ha registrado a nivel global con mayor distribución en países del continente Americano, se encuentra también en Colombia, Venezuela, Brasil, entre otros (Goldsmith y Heynemam, 1995; Cowie y Robinson, 2003; Facon *et al.*, 2003; Derraik, 2008; Barba *et al.*, 2014).



***Corbicula fluminea* (Müller, 1774)**

Se ha considerado una especie de importancia faunística en los ecosistemas acuáticos por su amplia distribución geográfica y principalmente por su comportamiento invasor. La distribución original de ésta especie es de Asia (McMahon, 1982; López-López *et al.*, 2009) (Fig. 3). En México, se ha reportado desde 1996 por Torres-Orozco y Revueltas-Valle en Veracruz, se ha registrado también en los cuerpos de agua de la región norte del Pacífico y del golfo de México (Naranjo-García y Olivera Carrasco, 2014). Esta dispersión se debe principalmente a las actividades humanas como el agua de lastre, acuarismo, alimento o pesca (Sousa *et al.*, 2008). En varias partes del mundo se considera una plaga porque impiden el flujo de agua en las tuberías, las vertientes de agua, canales de irrigación y abastecimiento. Sin embargo, en México no se tienen registros de este problema (Britton y Fuller, 1979; Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014).

Corbicula fluminea es un organismo filtrador que habita en aguas lóxicas y lénticas enterradas en el sustrato de sedimento suave (Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014). Posee la capacidad de reproducirse rápidamente, presenta alta tasa de fecundidad, pero madurez sexual tardía (Sousa *et al.*, 2008). Puede soportar temperaturas de 2-30° C, aunque su tolerancia a las bajas temperaturas es menor, por lo que las poblaciones de esta especie son escasas en los cuerpos de agua que se encuentran en la región norte del país. Se alimenta de la columna de agua, principalmente de zooplancton, detritus y algas (Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014).





Figura 3. Mapa de la distribución introducida y nativa del bivalvo *Corbicula fluminea* (Tomado y modificado de Global Biodiversity Information Facility).



***Melanoides tuberculata* (Müller, 1774)**

Es un molusco proveniente de África, Asia, Malasia y sur de China (Serruya, 1978) (Fig. 4). El primer reporte que se tiene de *Melanoides tuberculata* en el continente Americano fue en los años 30's, probablemente fue introducido por la actividad humana ya que es utilizado en el acuarismo (Murray, 1971; Vogler *et al.*, 2012). En México, en el estado de Veracruz se tiene registro de este molusco en la década de los 70 (Abbott, 1973). Probablemente su introducción en México se deba al acuarismo, debido a que pueden ser liberados de forma accidental en forma de huevos, juveniles o adultos en el agua de desecho (Barba-Macías *et al.*, 2014). Esta especie se ha reportado en 12 estados de la República Mexicana, invadiendo desde las costas del Pacífico, centro y golfo de México (Contreras-Arquieta *et al.*, 1995 a y b) La amplia dispersión que presenta este molusco se debe principalmente a que puede soportar altas concentraciones de salinidad y puede habitar cuerpos de agua lénticos y lóticos (Peso *et al.*, 2010; Vogler *et al.*, 2012). Además, esta especie es vector de parásitos de importancia médica y veterinaria (Barba-Macías *et al.*, 2014).





Figura 4. Mapa de la distribución introducida y nativa del caracol *Melanoides tuberculata* (Tomado y editado de Global Biodiversity Information Facility).



JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad en México es la introducción de especies invasoras. Ante esta problemática se han implementado medidas para el control, prevención y erradicación de estas especies en el mundo. Sin embargo, en México la información que se tiene acerca de las especies invasoras de moluscos en ambientes dulceacuícolas es escasa y las acciones para su monitoreo y control han sido casi nulas. Tal es el caso de *Corbicula fluminea* y *Melanooides tuberculata*, moluscos invasores que por sus características que definen su potencial como especies invasoras, desplazan a las especies de moluscos nativos. Por lo tanto, la finalidad de esta investigación es conocer la relación de abundancia, densidad, biomasa y distribución de las especies de moluscos invasores respecto a las especies de moluscos nativos en el río Máquinas, localizado en Los Tuxtlas, Veracruz, México.



ANTECEDENTES

***Corbicula fluminea* (Müller, 1774)**

Los primeros reportes que se tuvieron de *C. fluminea* en Estados Unidos fue en la década de 1920 por la gran influencia de los migrantes chinos que la utilizaban como parte importante en su dieta (Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014). También se registró en Argentina entre 1960-1970 (Ituarte, 1994) y en Europa se describió a principios de 1980 (Mouthon, 1981; Franco *et al.*, 2012)

Torres-Orozco y Revueltas-Valle (1996), reportaron a *C. fluminea* en la región del lago de Catemaco, Veracruz y en los cuerpos de agua aledaños, como son Las Margaritas, Ahuacapan y Cuetzalan, con agua sobre arena o tapetes de rocas, agua clara y bien oxigenada. Con este registro, su distribución se extendió 600 km de la localidad que se reportó anteriormente en el Río el Carrizal, Tamaulipas (Hillis y Mayden, 1985).

López-López *et al.* (2009) realizaron un estudio de diversidad biológica en los ríos Tecolutla y Tuxpan, Veracruz. Los resultados demostraron que el bivalvo *C. fluminea* tiene diferentes patrones de distribución y abundancia. Se encontró que en la zona estuarina de Tecolutla tiene una densidad de 1-100 ind/m², mientras que en Tuxpan tiene una densidad de 10-100, esto se debe a las diferentes características físico-químicas, el tipo de sustrato y el sistema fluvial. En Tecolutla se observó una zona con gran cantidad de nutrientes y fluctuación de agua como consecuencia de los huracanes y las lluvias torrenciales. Sin embargo, *C. fluminea* se desarrolla en zonas de baja fluctuación, por lo tanto, su abundancia en esta zona es baja.

Millán (2012) registró la presencia de *C. fluminea* en tres zonas de muestreo del río Máquinas, las cuales denominó El Puente, Lechería y Montepío. La presencia de esta especie se registró en las tres zonas de muestreo, presentando la menor abundancia en Montepío, donde las condiciones del cauce no fueron favorables para el asentamiento de la especie.



Barba-Macías y Trinidad-Ocaña (2016) realizaron muestreos durante los años 2011 al 2015 que proporcionaron nuevos registros de *C. fluminea* en las cuencas de los ríos Papaloapan, Grijalva y Usumacinta. La mayor abundancia se registró en los humedales lacustres y en la cuenca del río Usumacinta.

Jiménez (2017) realizó un estudio de la macrofauna del río Las Margaritas, Veracruz. En este estudio recolectó un total de 816 organismos, de los cuales 13% fueron moluscos. Registró seis especies: *Barynaias (Plagiola) opacata*, *Corbicula fluminea*, *Melania indiorum*, *Melanooides tuberculata*, *Pomacea catemacensis* y *Tarebia granifera*. La especie invasora *Corbicula fluminea* presentó una abundancia de solo ocho individuos.

***Melanooides tuberculata* (Müller, 1774)**

Abbott (1973) reportó por primera vez al molusco invasor *Melanooides tuberculata* en Veracruz donde se utilizaban las conchas para hacer artesanías.

Contreras-Arquieta (1998) reportó a *Melanooides tuberculata* por primera vez en Cuatro Ciénegas, Coahuila, México, en dos manantiales: Poza la Becerra y Poza Churince. También se presentó la distribución de esta especie en 12 localidades más y en El Cariño de la Montaña hasta la estación Hermanas en el Estado de Coahuila.

Pérez-Rodríguez *et al.* (2001) registraron por primera vez la presencia de *M. tuberculata* en el estado de Tlaxcala, en el manantial "El ojito" en el municipio de Apizaquito. Mencionaron las características principales del hábitat que favorece el crecimiento del molusco como es agua somera en movimiento y cristalina, sustrato de arena fina con arcilla y vegetación acuática enraizada sumergida o emergente.



Rangel-Ruíz y Gamboa (2001) realizaron un estudio taxonómico sobre los gasterópodos de la Reserva "Parque Estatal de la Sierra" ubicado en los municipios de Teapa y Tacotalpa en el estado de Tabasco, México. Se recolectaron 42 especies de caracoles y consideraron a la especie *Melanooides tuberculata* como un nuevo registro para el Parque Estatal de la Sierra y para el estado de Tabasco.

Cruz-Ascencio *et al.* (2003) registraron a la especie en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco en las lagunas de San Pedrito, Sauzo y Larga. Se recolectaron 2,595 organismos del molusco invasor *M. tuberculata*. Registraron la densidad del molusco en las tres lagunas. En la laguna de San Pedrito se registró la menor densidad con 1 ind/m², mientras que en el Sauzo registraron la mayor densidad, con 230 ind/m² y en la laguna Larga se registró una densidad de 53 ind/m².

Albarrán-Melze *et al.* (2009), registraron la distribución y abundancia en la misma zona, muestrearon 19 lagunas distribuidas dentro de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco y observaron que durante la época de lluvias existía una correlación inversa entre la abundancia y la demanda de oxígeno y nitratos. Estos registros aportan información sobre la importancia de *M. tuberculata* dentro de la Reserva, ya que es una zona de captación de carbono por la amplia cobertura vegetal.

Millán (2012) registró el patrón de distribución de *M. tuberculata* en laguna Escondida y el río Máquinas, Veracruz. En laguna Escondida, *M. tuberculata*, se distribuyó en la desembocadura de río Frío, que presentó mayor profundidad y velocidad de corriente. En el río Máquinas, solo se encuentra en la localidad de Lechería. También, se registró la presencia de *Pomacea flagellata*, *Pachychilus indiorum*, *Pachychilus turatti* y otro gasterópodo introducido *Tarebia granifera*.



Mellado-Hernández *et al.* (2015), determinaron la riqueza de los moluscos acuáticos en dos Cuencas de Tabasco, en 23 localidades. Registraron un total de 23 especies en la Cuenca Hidrológica Río Grijalva-Villahermosa y Subcuenca Río Carrizal. El porcentaje de especies dulceacuícolas y asociadas a lirio acuático fue de 52.17 %, entre ellas se registró a *M. tuberculata* en este tipo de sustrato y durante la época de lluvias.

Jiménez (2017), realizó un estudio de la macrofauna del río Las Margaritas, Veracruz. Registró la presencia del molusco invasor *M. tuberculata* y dos especies más de moluscos introducidos, *T. granífera* y *C. fluminea*, a *M. tuberculata* la registró con una abundancia de 29 organismos en total.

Tinajero *et al.* (2018), registraron por primera vez la presencia de *M. tuberculata* en San Francisco de Asis en el municipio de Rioverde perteneciente al estado de San Luis Potosí. Los autores consideraron que es una amenaza a la fauna nativa, ya que la región de Rioverde es considerada un área de importancia para la ictiofauna nativa que alberga este sitio, como el *Tampichthys dichromus* y *Nosferatus labridens*.



OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar parámetros ecológicos (abundancia, densidad, tallas, biomasa, distribución, deterioro de las conchas) de los moluscos invasores *Corbicula fluminea* y *Melanooides tuberculata* y la relación que establecen con las especies nativas de moluscos en el río Máquinas, Los Tuxtlas, Veracruz, México.

Objetivos Particulares

- Realizar una comparación entre las abundancias de moluscos invasores y las abundancias de moluscos nativos en tres zonas contrastantes del río Máquinas.
- Determinar la densidad de *C. fluminea* y *M. tuberculata* en 1 m² en el río Máquinas, Los Tuxtlas, Veracruz.
- Determinar las tallas poblacionales de cada especie, para conocer los valores mínimos y máximos, así como su variación.
- Realizar un análisis de biomasa de los moluscos invasores y los moluscos nativos.
- Determinar el deterioro de las valvas de *C. fluminea* en tres zonas contrastantes del río Máquinas.
- Generar un mapa de distribución de los moluscos invasores y nativos para México
- Analizar la relación entre especies nativas e invasoras.



ÁREA DE ESTUDIO

Los Tuxtlas, Veracruz

La región de Los Tuxtlas, Veracruz (Fig. 6), se localiza al sureste del estado de Veracruz, entre las coordenadas 18°42'36" - 18°03'00" N y 95°25'48" - 94°34'12" W. Posee una extensión de 3,484.34 km² (CONABIO, 2008). Al norte está delimitada por el volcán San Martín Tuxtla, al sur, por el volcán San Martín Pajapan y en el centro por la Sierra de Santa Marta. Los sistemas lénticos principales que lo componen son: lago de Catemaco, La Escondida, El Zacatal, La Encantada, lagunas de Sontecomapan y del Ostión y lago cráter de San Martín (Pérez-Rojas y Torrez Orozco, 1992; Millán, 2012).

Los sistemas lóticos que lo representan son: río Grande de San Andrés, de La Palma, Salto de Eyipantla, arroyos Agrío y Coyame y manantiales de aguas carbonatadas. Su clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. La temperatura mínima que presenta este sitio es de 18°C y la máxima de 35 °C. La precipitación total anual varía entre 2,000 a 4,500 mm. Se presenta épocas de secas de marzo a mayo, una de lluvias de junio a septiembre y otra de nortes o frentes fríos de octubre a febrero (Hernández *et al.*, 2010; Vital, 2013; Suárez-Caballero, 2018). Dominan los suelos ricos en arcilla Luvisol y Acrisol y en la llanura costera predominan suelos profundos en materia orgánica y fértiles (Escobedo-Morales y Mandujano, 2007).



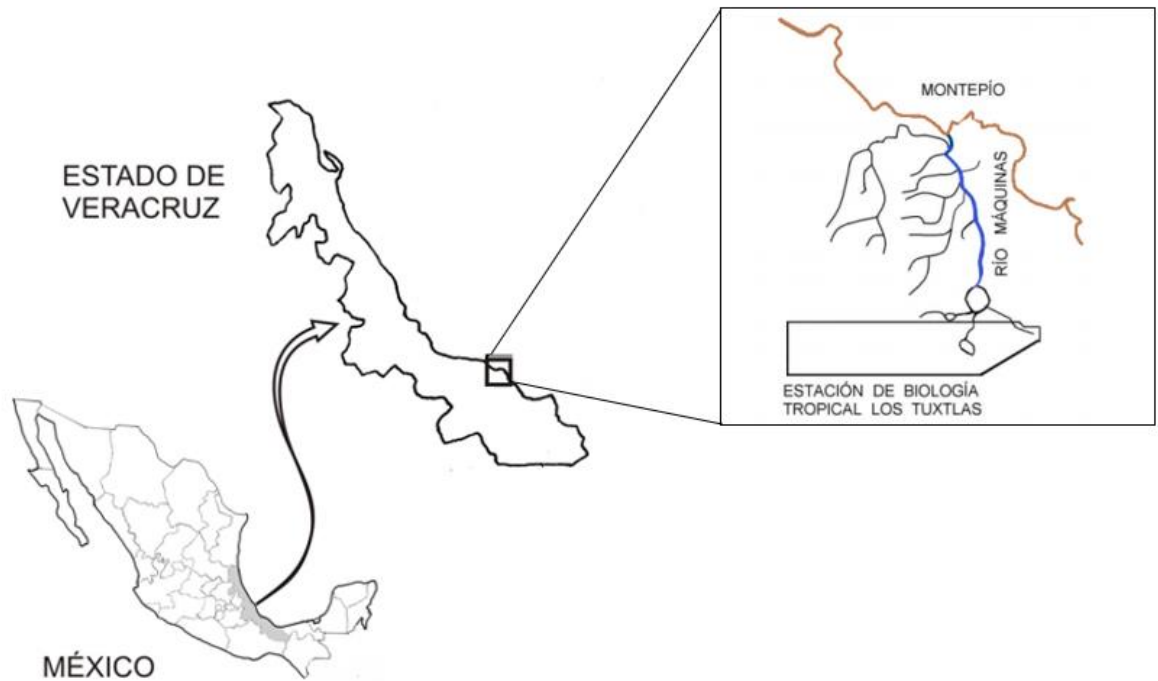


Figura 6. Ubicación del río Máquinas marcado en color verde en Los Tuxtlas, Veracruz (Tomado y modificado de Millán y Ojeda, 2007).

Río Máquinas

El río Máquinas (Fig. 7) es un río de agua dulce que presenta salinidades entre 10 a 20 ppm debido a la pendiente y la fuerza de las corrientes durante todo el año (González *et al.*, 1997, Millán 2012). Se ubica entre los $18^{\circ}35'53.32''$ N, $95^{\circ}06'01.52''$ W, en su inicio en la zona sur con una altitud de 166.42 m y su desembocadura en Montepío, $18^{\circ}38'32.8''$ N, $95^{\circ}05'49.7''$ W, en la parte norte (Millán, 2012).

A lo largo del cauce de aproximadamente 3 km, se observan variaciones topográficas y de sinuosidad. El clima es cálido-húmedo con una temperatura que oscila entre $21-24.6^{\circ}\text{C}$, con oxígeno disuelto de 61-74% de saturación, la velocidad de corriente de 0 a 26.6 km/h, su profundidad varía entre 0.30-0.50 m en las zonas someras, en las medias de 0.60 a 1.10 m y en los sitios profundos llega a rebasar los 2 m (Millán y Ojeda, 2007).



El suelo que se presenta en el cauce es rocoso, formado por grava y rocas de 30 - 80 cm de diámetro y presenta pendientes de 10-35°. La vegetación de ribera está formada de elementos de selva, cambiando en su composición rápidamente en las proximidades del mar, donde se encuentra vegetación de dunas y manglares. Se han registrado 11 especies de crustáceos, siete de moluscos y 16 especies de peces hasta la fecha. Sin embargo, su conexión al mar y la presencia de salinidad, hacen que sea un ambiente favorable para especies catádromas y anádromas (Millán y Ojeda, 2007).

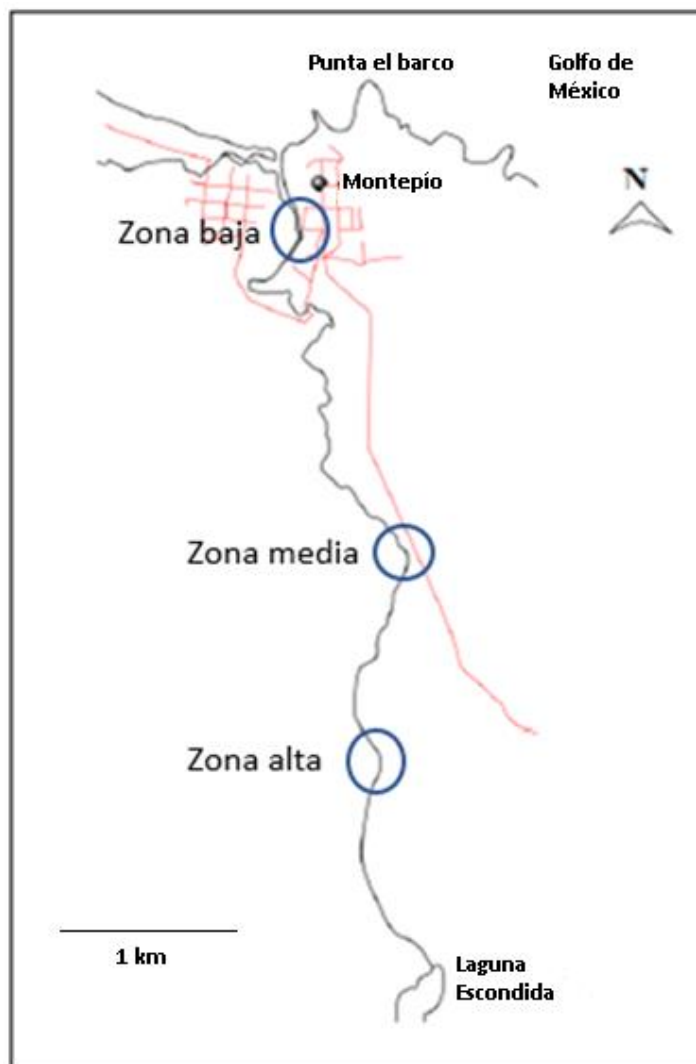


Figura 7. Río Máquinas. En color azul se muestran las localidades muestreadas.
(Tomado y modificado de Millán, 2012).



MATERIAL Y MÉTODO

Trabajo de campo

Se realizaron en total cuatro muestreos en junio, agosto y octubre del 2017 y abril del 2018 en el río Máquinas, Los Tuxtlas, Veracruz. Se muestrearon tres zonas distintas a las cuales denominamos: 1) Zona alta, caracterizada por corriente rápida y suelo de tipo rocoso (Fig. 8A), 2) Zona media, caracterizada por corriente moderada, sustrato lodoso y una mayor profundidad (Fig. 8B) y finalmente, 3) Zona baja, caracterizada por corriente lenta, profundidad de hasta 1.10 m, de sustrato arenoso (Fig. 8C).

En cada uno de los sitios, se colocaron tres transectos de 20 m, dos perpendiculares al cauce y otro paralelo al cauce del río (Fig. 9A). Cada cinco metros se situó un cuadrante de 20x20 cm con un área total de 400 cm² (Fig. 9B) y se recolectaron todos los moluscos que estuvieran dentro de este. Se fotografiaron los individuos recolectados *in situ*, con una cámara sumergible Nikon Coolpix AW110 (Fig. 9D). Se colocaron en frascos de plástico marcados con el número de cuadrante y transecto correspondiente, se llevaron posteriormente a la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas" (Fig. 9C). Se utilizó un sensor multiparámetro de calidad de agua YSI, 556 mps para obtener los parámetros fisicoquímicos como temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. La profundidad se obtuvo con una cinta métrica.



Trabajo de laboratorio

Se cuantificaron los individuos vivos que estaban dentro del cuadrante y se colocaron en frascos con alcohol etílico al 70% para su preservación. Se etiquetaron y se trasladaron a la Colección Nacional de Crustáceos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Se midió la longitud y ancho de las conchas de *C. fluminea*, *M. tuberculata* y de los moluscos nativos con la ayuda de un vernier digital marca Toolmeter (Fig 10 A, B, C). Se tomaron fotografías al microscopio de capas Leica, DFC 490 del laboratorio de Microscopía y Fotografía de la Biodiversidad II, en el Instituto de Biología, UNAM. Se obtuvieron las tallas mínimas y máximas de las especies invasoras (Fig. 9 E, F).

Se categorizaron las conchas de la especie introducida *C. fluminea*, por el grado de deterioro, y se clasificaron en: No deteriorado, poco deteriorado y muy deteriorado de acuerdo al desgaste de las valvas. Cabe señalar, que para esta especie también se registraron los individuos muertos. Se realizó una búsqueda en la base de datos de la Colección Nacional de Moluscos (CNMO) del Instituto de Biología, UNAM, de las coordenadas de las especies introducidas y nativas (Apéndice), se utilizó el programa Quantum GIS 3 (QGIS) para realizar el mapa de distribución de las especies.

Análisis de datos

Los datos obtenidos se registraron en una base en el programa Excel 2016. La densidad de los individuos y la biomasa se analizó mediante la extrapolación del área del cuadrante a 1 m² para estandarizar los datos. Se realizó un análisis de densidad (número de individuos/área de recolecta) con el fin de comparar el número de individuos recolectados en las tres zonas y durante los meses de muestreo. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía en el programa Excel 2016 y de dos vías en GraphPad Prism 8 para comparar por separado abundancia, densidad y biomasa con respecto a la fecha de recolección y zona del río.



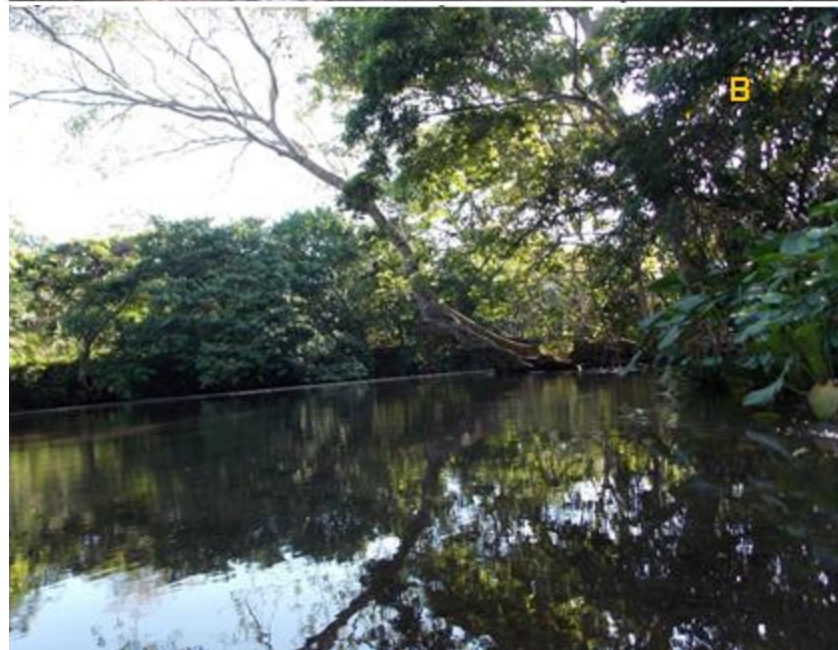


Figura 8. Río Máquinas, Los Tuxtlas, Veracruz: A) Zona alta, B) Zona media y C) Zona baja.



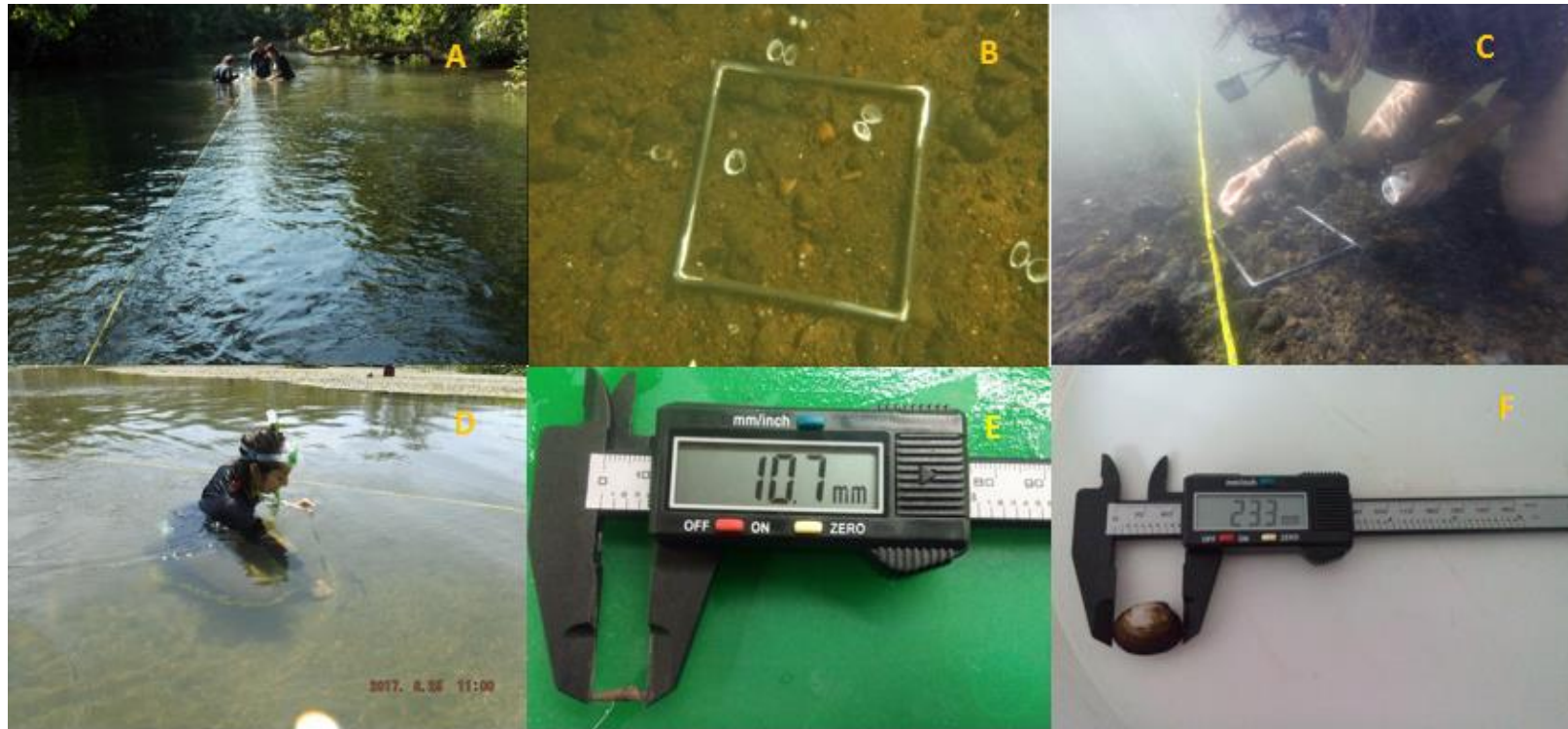


Figura 9. A y B) Transecto y cuadrante utilizados en las zonas de muestreo, C) Recolección de individuos dentro del cuadrante, D) Medición de la profundidad del río, E y F) Medición del ancho y largo de las conchas.

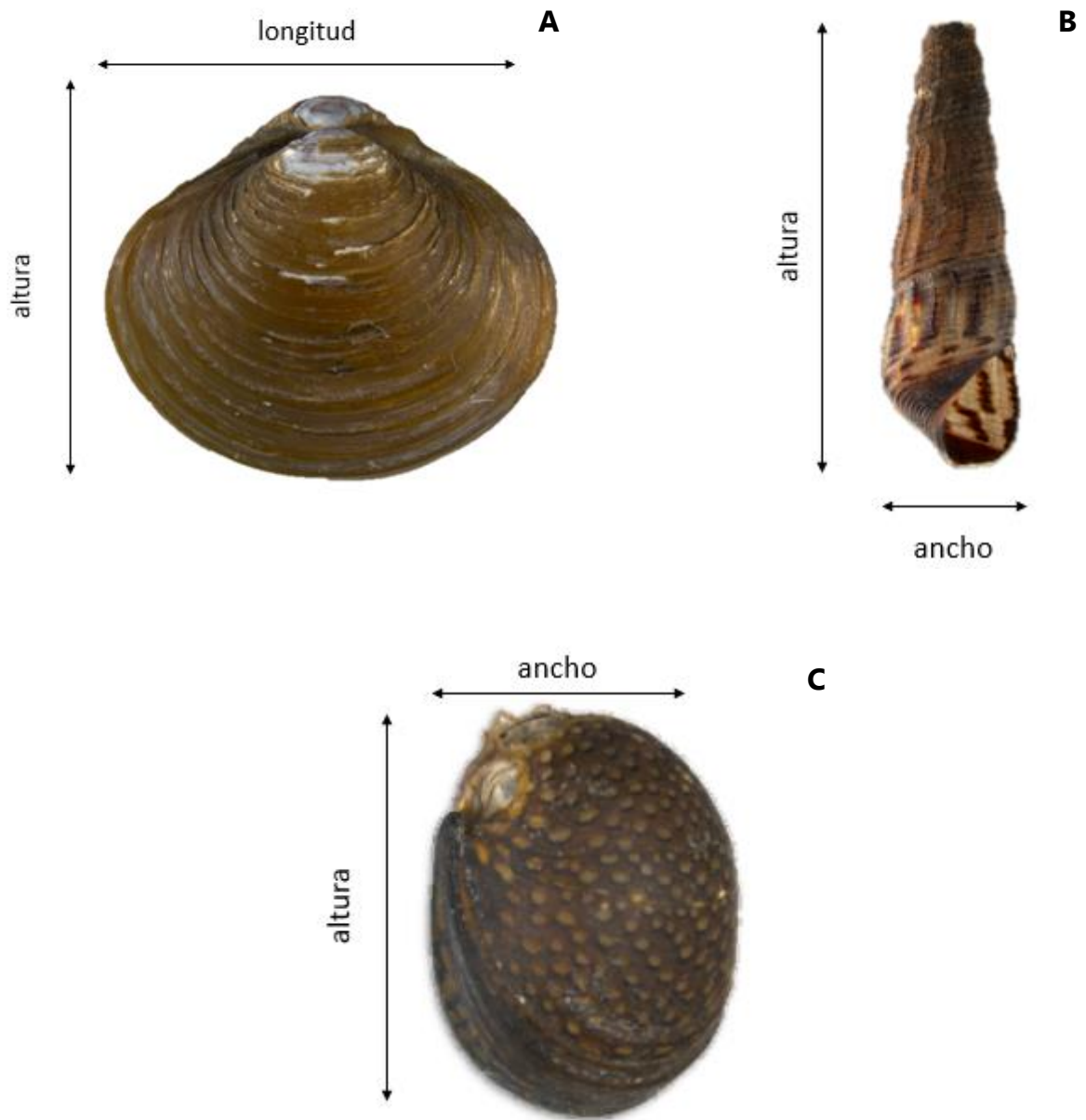


Figura 10. Mediciones de las conchas de los moluscos. **A)** *C. fluminea*, **B)** *M. tuberculata*, **C)** *N. usnea*.



RESULTADOS

Análisis taxonómico

De acuerdo con los cuatro muestreos realizados en junio, agosto y octubre de 2017 y abril de 2018, se encontraron un total de 785 individuos. Se registró la presencia de un bivalvo, *Corbicula fluminea*, un caracol, *Melanoides tuberculata* introducidos y la especie nativa *Neritina usnea*. La tabla 1 muestra la posición taxonómica de las tres especies (Bouchet *et al.*, 2017; WORMS, 2019).

Tabla 1. Listado taxonómico de las especies de moluscos del río Máquinas, Veracruz, México.

Phylum Mollusca

Clase Bivalvia Linnaeus, 1758

Orden Venerida Gray, 1854

Familia Cyrenidae Gray, 1840

Género *Corbicula* Megerle von Mühlfeld, 1811

Especie *Corbicula fluminea* (Müller, 1774)

Clase Gastropoda Cuvier, 1797

Orden Caenogastropoda

Familia Thiaridae Gill, 1871 (1823)

Género *Melanoides* Olivier, 1804

Especie *Melanoides tuberculata* (O. F Müller, 1774)

Orden Cycloneritida

Familia Neritinae Rafinesque, 1815

Género *Neritina* Lamarck, 1816

Especie *Neritina usnea* (Röding, 1798)



Diagnóstico de las especies

Corbicula fluminea (Müller, 1774) (Fig. 11)

Características: molusco bivalvo de coloración marrón, amarillo o verdoso. Posee líneas de crecimiento prominentes, con costillas concéntricas. El periostraco es de color verdoso llegando al color negro en algunas ocasiones. El interior de las valvas es lustroso, con el borde color violeta. Alcanzan tallas de 50 a 70 mm y viven de tres a siete años. Es hermafrodita, ovovivípara, de fecundación interna (Araujo *et al.*, 1993). No presenta dimorfismo sexual, vive enterrada en el sustrato filtrando el agua para alimentarse del zooplancton, detritus y algas (Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014).

Distribución original: Rusia, Tailandia, Filipinas, China, Hong-Kong, Korea, Japón y Taiwan (IUCN, 2012).

Distribución introducida: Europa, África y México (IUCN, 2012).

Hábitat: dulceacuícolas, habitan en ríos, lagos y lagunas. Enterrados en la arena o adheridos a las rocas (Torres-Orozco y Revueltas-Valle, 1996)

Zonas habitadas del río Máquinas: alta y media.

Tallas reportadas en este estudio: \bar{x} -16.62 mm, talla mínima-2.7 mm, talla máxima-28.9 mm



Figura 11. *Corbicula fluminea*.



Melanoides tuberculata

(Fig. 12)

Características: Molusco gasterópodo de color café-marrón, de concha cónica alargada, con una longitud de hasta 20-50 mm (Vogler *et al.*, 2012). La concha presenta 15 espiras delgadas y costillas transversales que generalmente forman tubérculos de color café rojizo o marrón. Presenta un opérculo oval con núcleo marginal. Es partenogénica, ovovivípara, Se alimenta de diatomeas, perifiton y detritus (Burch, 1982; Cuezco, 2009; Yousif *et al.*, 2009; Tinajero *et al.*, 2018).

Distribución original: Asia y África (Peso *et al.*, 2010).

Distribución introducida: Australia, Nueva Zelanda, Norteamérica, Sudamérica y México (

Hábitat: De aguas oligotróficas y eutróficas (Vogler *et al.*, 2012) Semienterradas en el sustrato, puede sobrevivir en agua alcalina o salina (Pérez-Rodríguez *et al.*, 2001).

Zonas habitadas del río Máquinas: alta, media y baja.

Tallas registradas en este estudio: \bar{x} : 6.57 mm, talla mínima: 1.3 mm, talla máxima: 17.7 mm



Figura 12. *Melanoides tuberculata*.



Neritina usnea (Röding, 1798)
(Fig. 13)

Características: Molusco de concha ovalada, globosa, brillante, con el ápice desgastado, puede medir hasta 12 mm. Es de color café amarillento a café con líneas radiales café oscuro, púrpura a negros o pequeños puntos blancos (Fig. 13). Abertura en forma de media luna, presenta un opérculo color café oscuro a negro (de la Lanza *et al.*, 2000).

Distribución: Campeche, laguna de Términos. Veracruz, laguna de Sontecomapan, laguna Chica, laguna Grande, laguna de Tampamachoco, laguna de Alvarado, laguna de la Mancha, río Máquinas. Tamaulipas, laguna de San Andrés. Tabasco, laguna del Carmen, laguna Pajonas, Machona y Mecoacán (de la Lanza *et al.*, 2000).

Hábitat: agua dulce y salobre, sobre la vegetación sumergida. Es buen bioindicador de la calidad del agua (de la Lanza *et al.*, 2000).

Zonas habitadas del río Máquinas: alta y media. Convive fuertemente con *C. fluminea*.

Tallas registradas en este estudio: \bar{x} :19.15 mm, talla mínima: 4.7 mm, talla máxima: 16.5 mm



Figura 13. Molusco nativo *Neritina usnea*.



Abundancia

En total se recolectaron 785 individuos en los meses de muestreo. De los cuales *C. fluminea* presentó la mayor abundancia con 562 individuos, seguido por la especie nativa *N. usnea* con un total de 182 individuos y *M. tuberculata* con 41 individuos (Tabla 2).

La tabla 2 muestra la abundancia de los moluscos encontrados en este estudio. Como se puede observar, en la zona alta siempre se presentó la mayor abundancia de individuos, mientras que en la zona baja se registraron las menores abundancias de estos moluscos en todos los meses de muestreo.

Tabla 2. Abundancia de los moluscos invasores *Corbicula fluminea* y *Melanooides tuberculata* y de la especie nativa *Neritina usnea* por cada zona y mes de muestreo.

Especie	junio			agosto			octubre			abril		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
<i>Corbicula fluminea</i>	281	106	0	25	18	0	13	21	0	72	26	0
<i>Melanooides tuberculata</i>	3	16	3	0	7	1	0	1	0	4	6	0
<i>Neritina usnea</i>	44	52	0	20	17	0	21	7	0	15	6	0
Total	328	174	3	45	42	1	34	29	0	91	38	0



De los cuatro meses de muestreo, en junio se encontraron las mayores abundancias de las tres especies de moluscos con 505 individuos, en abril se registraron 128 individuos. Por el contrario, los meses en los que se presentaron las menores abundancias fueron agosto con 88 y octubre, con 61 individuos (Fig. 14).

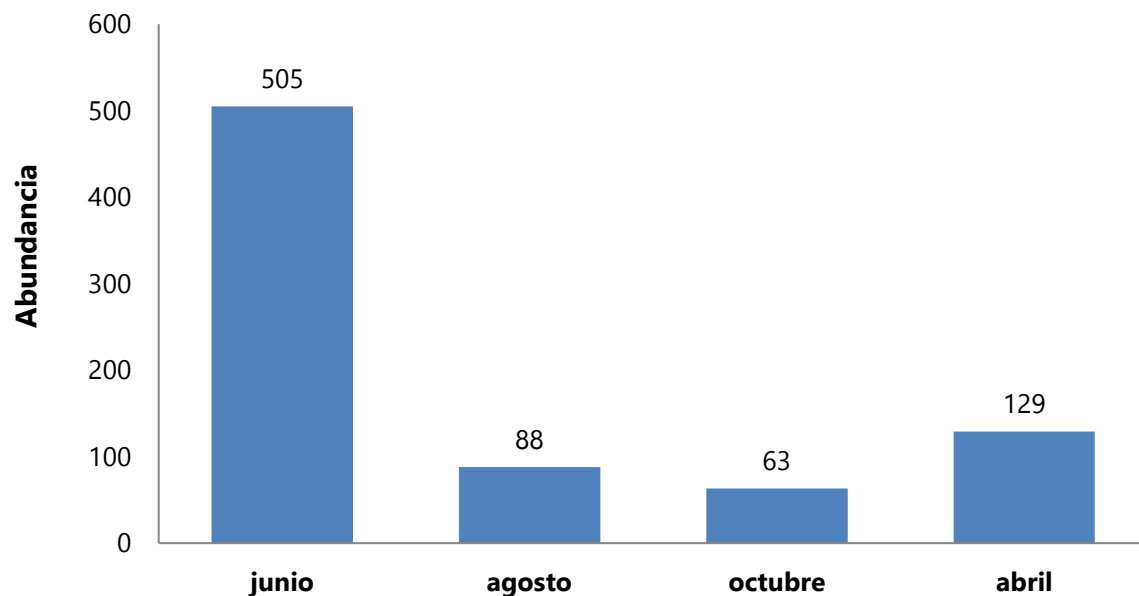


Figura 14. Abundancia de moluscos encontrados en el río Máquinas, Los Tuxtlas, Veracruz por mes de recolecta.

Un análisis de varianza de dos vías mostró que la abundancia de *C. fluminea* tuvo diferencias significativas entre los meses de muestreo, entre las zonas del río y la interacción mes*zona (ANOVA, $F_{(6,3 \text{ meses})} = 22.08$, $P < 0.0001$; $F_{(6,2 \text{ zonas})} = 28.41$, $P < 0.0001$; $F_{(\text{interacción mes}^* \text{zona})} = 13.25$, $P < 0.0001$) (Fig. 15).

Mientras que *M. tuberculata* también presentó diferencias significativas entre los meses de muestreo entre las zonas del río pero no hubo diferencias significativas en la interacción mes*zona (ANOVA, $F_{(6,3 \text{ meses})} = 4.236$, $P = 0.0098$; $F_{(6,2 \text{ zonas})} = 8.431$, $P = 0.0007$; $F_{(\text{interacción mes}^* \text{zona})} = 1.653$, $P = 0.1533$) (Fig. 16).



De igual manera, la abundancia de *N. usnea* calculada mediante un análisis de varianza de dos vías durante los meses de muestreo, las zonas del río y la interacción mes*zona fue (ANOVA, $F_{(6,3 \text{ meses})} = 11.72$, $P < 0.0001$; $F_{(6,2 \text{ zonas})} = 19.00$, $P < 0.0001$; $F_{(\text{interacción mes} \times \text{zona})} = 4.584$, $P = 0.0009$ (Fig. 17).

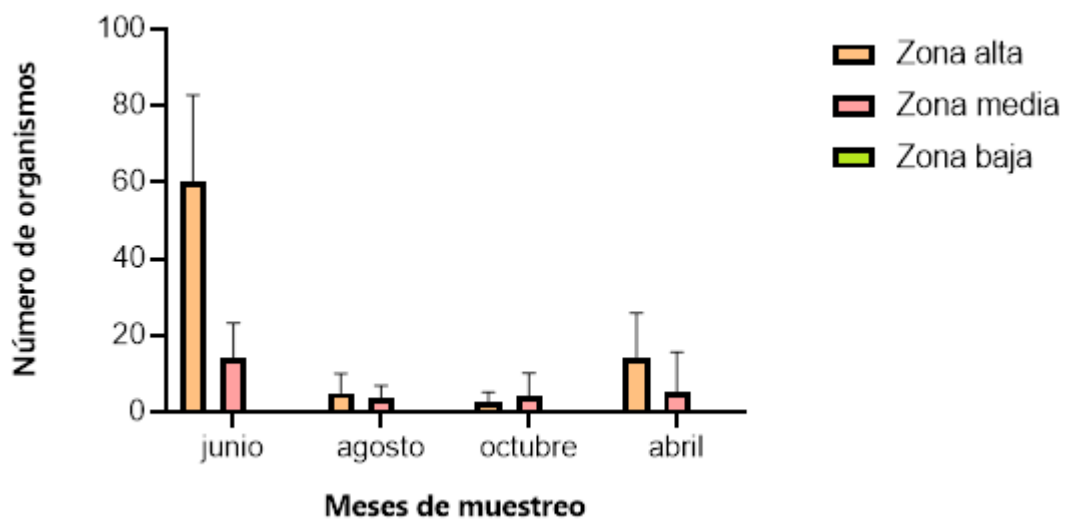


Figura 15. Promedios de *C. fluminea* en los meses y en las distintas zonas de muestreo.



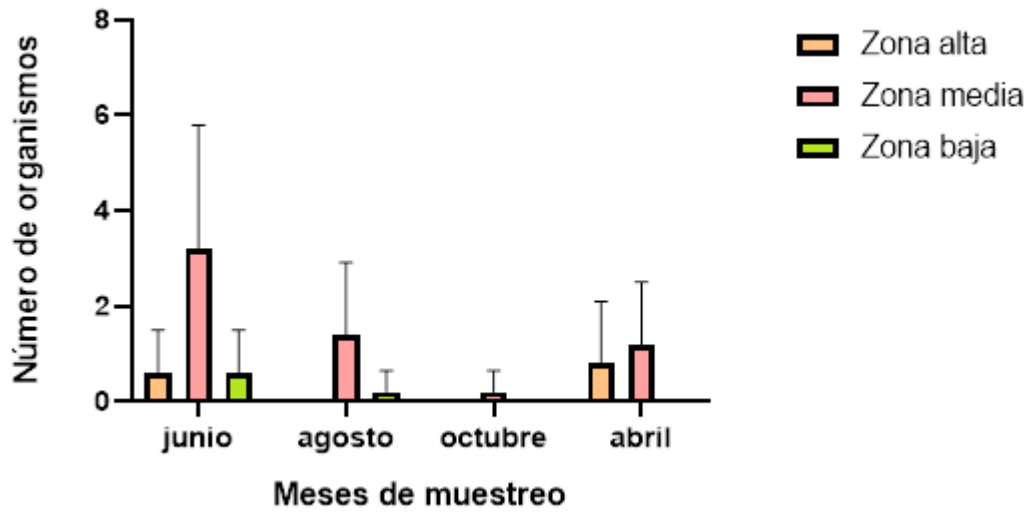


Figura 16. Promedios de *M. tuberculata* en los meses y en las distintas zonas de muestreo.

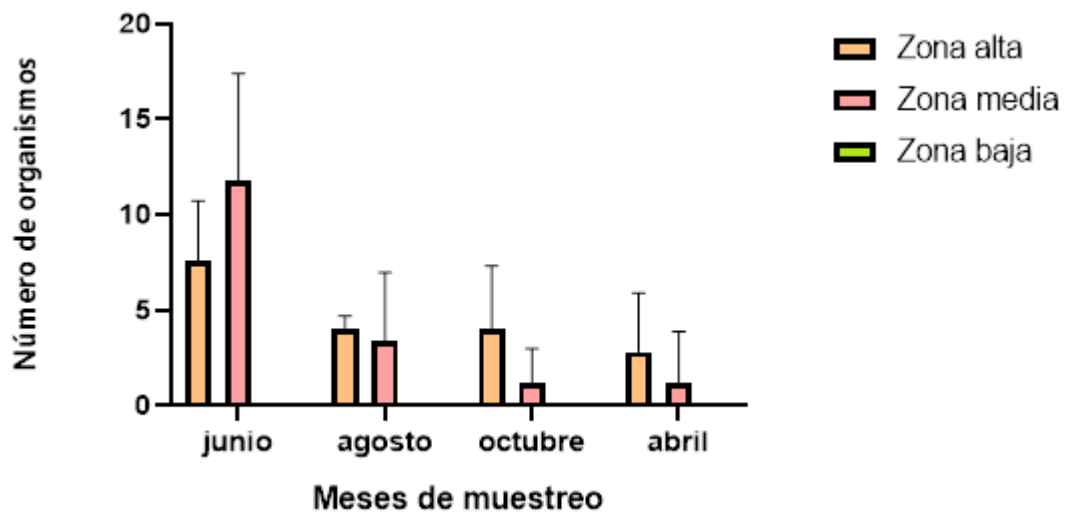


Figura 17. Promedios de *N. usnea* en los meses y en las distintas zonas de muestreo.



La distribución de las especies se analizó mediante un perfil topográfico del río Máquinas incluyendo los datos de altitud (A), profundidad promedio (P.P) y temperatura promedio (T.P), de cada zona. Se observó que en las zonas alta y en la media se registraron las tres especies encontradas, mientras que en la zona baja solo se registró la presencia de *M. tuberculata* (Fig. 18).



Figura 18. Perfil topográfico del río Máquinas, Los Tuxtlas, Veracruz. Se muestra la distribución de las especies en las zonas alta, media y baja del río.



Los valores de los factores fisicoquímicos registrados se mantienen constantes en temperatura, salinidad, oxígeno disuelto (OD) y pH durante junio, agosto, octubre del 2017 en las tres zonas de muestreo y en abril del 2018 en la zona alta y en la media. Mientras que en la zona baja, en abril la temperatura y salinidad aumentaron considerablemente y disminuyeron los valores de oxígeno disuelto (OD mg/L) (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de los valores fisicoquímicos registrados por cada zona y mes de muestreo.

Meses de muestreo		Zona alta	Zona media	Zona baja
junio 2017	T°	25.12	26.53	24.66
	Salinidad (mg/L)	0.07	0.08	0.08
	OD (mg/L)	9.82	9.82	10.09
	OD%	126.7	126.7	136.3
	pH	8.19	8.32	8.19
agosto 2017	T°	24.9	25.73	24.87
	Salinidad (mg/L)	0.07	0.07	0.08
	OD(mg/L)	10.99	9.62	10.98
	OD%	139.8	120	130.2
	pH	8.34	7.72	8.34
octubre 2017	T°	21.3	24.6	24.01
	Salinidad (mg/L)	0.07	0.07	0.07
	OD(mg/L)	10.89	112.3	10.5
	OD%	130.7	9.28	126.4
	pH	8.2	8.41	8.3
abril 2018	T°	23.5	24.3	38
	Salinidad (mg/L)	0.06	0.07	35
	OD(mg/L)	10.6	9.37	2
	OD%	128.2	142.1	8.4
	pH	7.77	7.94	11.8



Densidad poblacional

Se observó que la densidad de *C. fluminea* osciló en junio entre los 110–500 ind/m², en agosto entre los 30–45 ind/m², mientras que en octubre de 22 a 35 ind/m². Finalmente, en abril de 2018 la densidad varió entre 43–90 ind/m². *Corbicula fluminea* no se registró en la zona baja del río (Fig. 19).

Melanooides tuberculata se presentó con mayor densidad en la zona media en junio, agosto y octubre del 2017, en tanto que en abril de 2018, la zona alta fue la que presentó mayor densidad. La densidad de esta especie osciló en junio de 5–20 ind/m², en agosto fue de 2–7 ind/m² y en octubre registró solo 2 ind/m² en la zona media. En abril de 2018, se encontró una densidad de 7 a 11 ind/m² (Fig. 19). *M. tuberculata* solo se presentó en junio y agosto de 2017 en la zona baja del río.

La densidad de *Neritina usnea* en junio fue de 63–98 ind/m², en agosto de 28–33 ind/m², en octubre de 23–10 ind/m² y finalmente, abril de 2018 de 33–10 ind/m². En este caso, es importante resaltar que la densidad de *Neritina usnea* fue mayor que la del molusco invasor, *Melanooides tuberculata*, en la zona media, durante los cuatro meses de muestreo (Fig. 19).



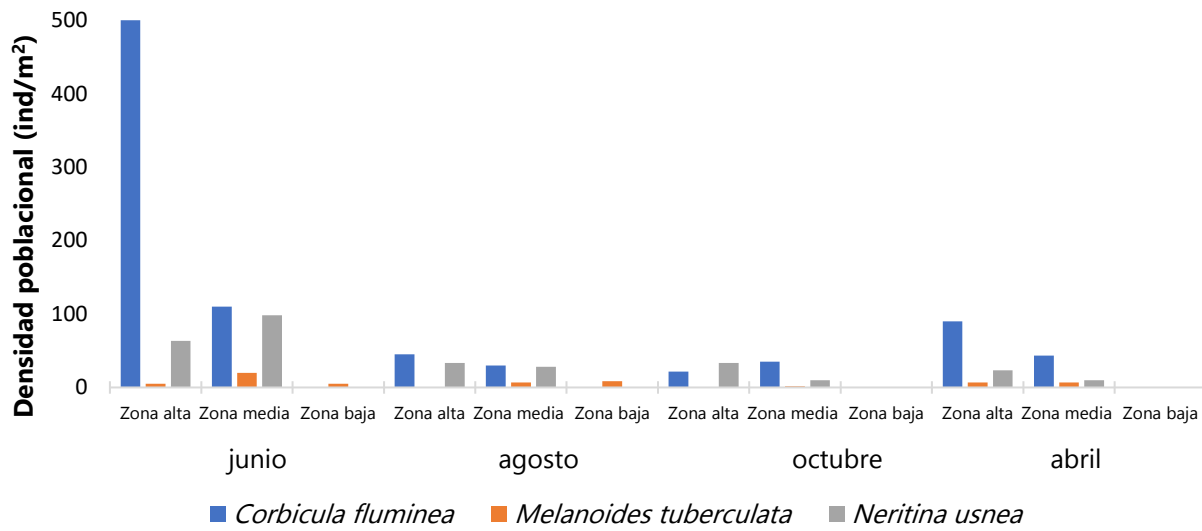


Figura 19. Densidad poblacional de *C. fluminea*, *M. tuberculata* y *N. usnea* en cada zona y meses de muestreo.

Un análisis de varianza de dos vías de la densidad de los individuos de *C. fluminea* mostró que hubo diferencias significativas durante los meses de muestreo, las zonas del río y la interacción mes*zona (ANOVA, $F_{(6,3 \text{ meses})} = 21.07$, $P < 0.0001$; $F_{(6,2 \text{ zonas})} = 26.96$, $P < 0.0001$; $F_{(\text{interacción mes*zona})} = 12.53$, $P < 0.0001$ (Fig. 20).



Un análisis de varianza de dos vías de la densidad de los individuos de *M. tuberculata* mostró que hubo diferencias significativas durante los meses de muestreo y las zonas del río. Sin embargo, en la interacción mes*zona no se observaron diferencias significativas (ANOVA, $F_{(6,3 \text{ meses})} = 2.801$, $P = 0.0498$; $F_{(6,2 \text{ zonas})} = 3.252$, $P = 0.0474$; $F_{(\text{interacción mes}^*\text{zona})} = 1.146$, $P = 0.3509$ (Fig. 21).

Un análisis de varianza de dos vías de la densidad de los individuos de *N. usnea* mostró que hubo diferencias significativas durante los meses de muestreo, las zonas del río y la interacción mes*zona (ANOVA, $F_{(6,3 \text{ meses})} = 11.93$, $P < 0.0001$; $F_{(6,2 \text{ zonas})} = 19.34$, $P = 0.0001$; $F_{(\text{interacción mes}^*\text{zona})} = 4.666$, $P = 0.0008$ (Fig. 22).

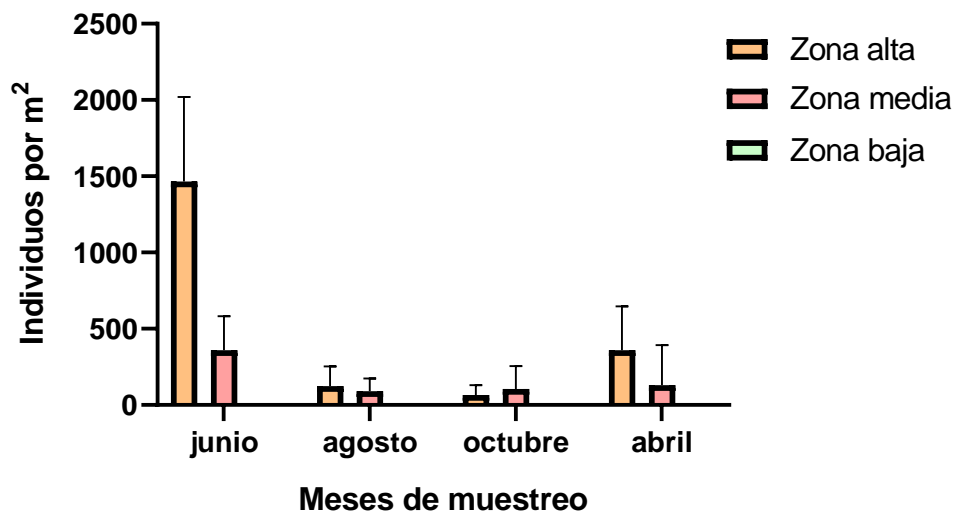


Figura 20. Promedios de *C. fluminea* en los meses y en las distintas zonas de muestreo.



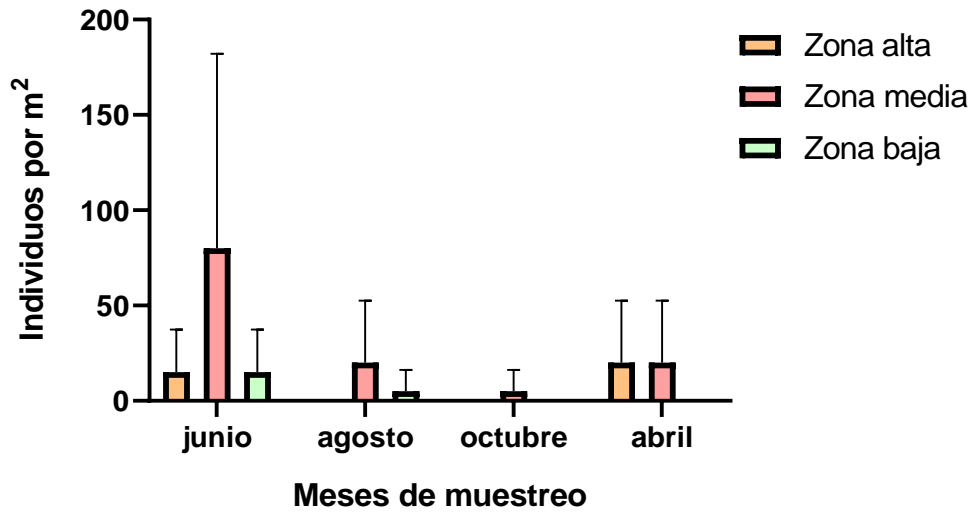


Figura 21. Promedios de *M. tuberculata* en los meses y en las distintas zonas de muestreo.

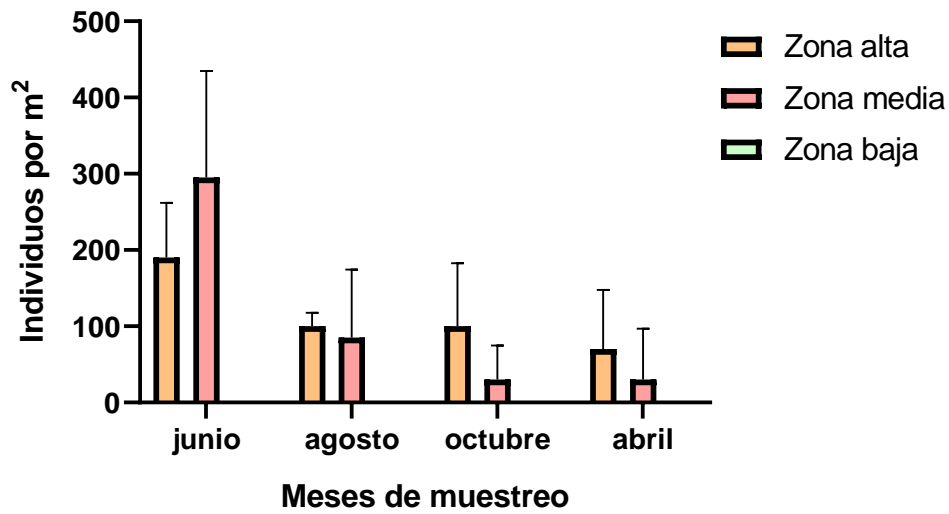


Figura 22. Promedios de *N. usnea* en los meses y en las distintas zonas de muestreo.



Tallas poblacionales

Zona alta

La altura mínima de *C. fluminea* fue de 2.7 mm y se encontró en abril, y la altura máxima fue de 23.8 mm en agosto de 2017. En junio de 2017 se presentó el menor intervalo de tallas (13.6 a 23.2 mm), por el contrario en abril de 2018 se observó la mayor diferencia en el intervalo de tallas (2.7 a 22.4 mm), seguido de octubre de 2017 con un intervalo de altura que fue desde los 3.9 a los 17.9 mm (Fig. 23A).

La longitud mínima de *C. fluminea* fue de 3.5 mm, registrada en abril de 2018, mes en que se presentó la mayor amplitud en el intervalo de tallas que fue de 3.5 a 26 mm; mientras que la longitud máxima se observó en agosto de 2017 con 28.9 mm. En junio de 2017, esta especie de bivalvo presentó el intervalo de longitud más corto que fue de 15.4 a 27.5 mm (Fig. 23B).

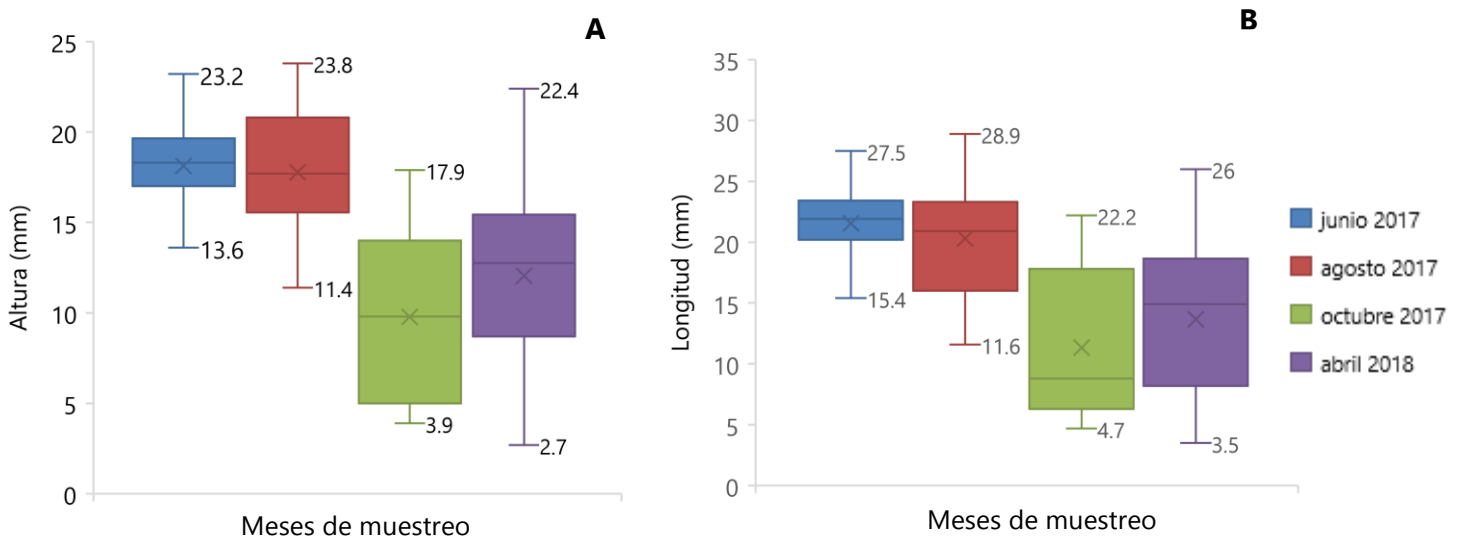


Figura 23. Comparación de las tallas mínimas y máximas (mm) de las valvas de *C. fluminea* en la zona alta y meses de muestreo. **A.** Altura, **B.** Longitud.



En el caso de *M. tuberculata* no se elaboró una gráfica de caja y bigote porque la población fue menor a 10 individuos (Tabla 2). En cuanto a la altura, en junio de 2017 se presentó la menor diferencia entre los valores del intervalo de tallas que fue de 9.6 a 11.2 mm, mientras que en abril de 2018 se presentó un mayor intervalo de tallas que fue de 11.8-14.7 mm (Tabla 4A).

El ancho mínimo se presentó en junio con 2.7 mm mientras que el ancho máximo se observó en abril con 5.6 mm. Los intervalos de tallas fueron muy cortos debido a la escasa abundancia de los individuos en los meses de muestreo, el mayor intervalo que se presentó fue en abril de 2018 (3.5-5.6 mm), mientras que en junio de 2017 solo se registraron tallas entre (2.7-3.9 mm de anchura) (Tabla 4B).

Tabla 4. Comparación de las tallas mínimas y máximas (mm) de las conchas de *M. tuberculata* en la zona alta y meses de muestreo. **A.** Altura. **B.** Ancho.

A				
<i>Melanooides tuberculata</i>	junio	agosto	octubre	abril
	9.8			14
	11.2			11.8
	9.6			14.7
				13

B				
<i>Melanooides tuberculata</i>	junio	agosto	octubre	abril
	2.7			3.5
	3.9			3.5
	3.5			4.9
				5.6



En *N. usnea* se puede observar que la altura mínima que presentó la concha fue de 8.5 mm en junio de 2017, mientras que la altura máxima fue de 15.6 mm y se presentó en junio y octubre de ese mismo año. El menor intervalo de tallas se observó en el mes de abril de 2018 que fue de 12.8-15.5 mm y el mayor intervalo para la concha de *N. usnea* se observó en junio de 2017, con valores de altura de 8.5-15.6 mm (Fig. 24A).

El ancho mínimo de *N. usnea* que se observó fue de 8.5 mm encontrada en el mes de agosto de 2017, seguida por el registro de junio del mismo con 8.6 mm. En junio se presentó el intervalo de anchura mayor que va de 8.6 a 13 mm, seguida de octubre de 2017 que presentó tallas de 9.3 a 12.7 mm. Por otro lado, el mes que presentó la talla máxima de ancho fue junio con 13 mm, seguida de octubre con 12.7 mm. Abril de 2018 presentó el intervalo de la anchura de la concha más corto, que fue de 9.2 a 12.3 mm (Fig. 24B).

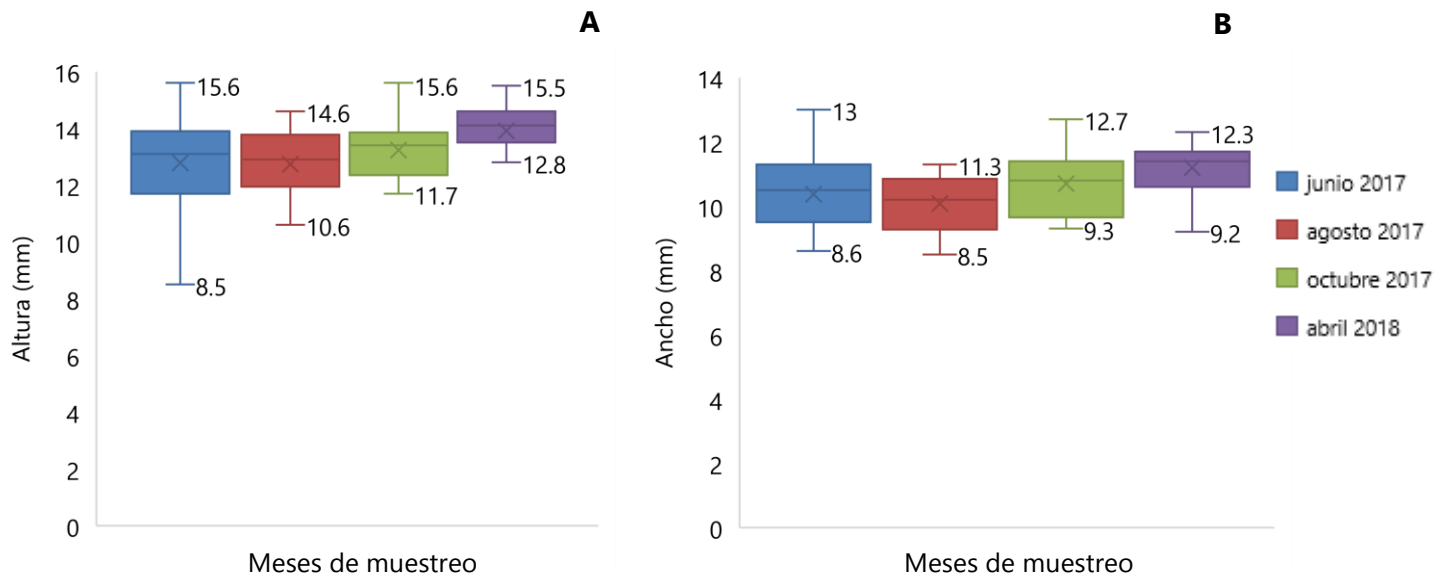


Figura 24. Comparación de las tallas mínimas y máximas de la concha de *N. usnea* en la zona alta y meses de muestreo. **A.** Altura. **B.** Ancho.



Zona media

La altura mínima de *C. fluminea* se presentó en abril de 2018 (2.2 mm), la altura máxima se presentó en agosto de 2017 con 23.4 mm (Fig. 25). El menor intervalo de tallas para los ejemplares de esta especie, se presentó en agosto de 2017 (10.5 a 23.4 mm), mientras que el mayor intervalo de altura de la concha se presentó en abril de 2018 (2.2 a 21.6 mm) (Fig. 25A).

En cuanto a la longitud, el valor mínimo se registró en abril de 2018 (3 mm) y el mayor intervalo de esta variable fue de 3 a 25.4 mm. La longitud máxima de los individuos de esta especie se presentó en el mes de agosto de 2017 con 28 mm. En Octubre se presentó el intervalo más corto de longitud que fue de 9.6 a 22.1 mm (Fig. 25B).

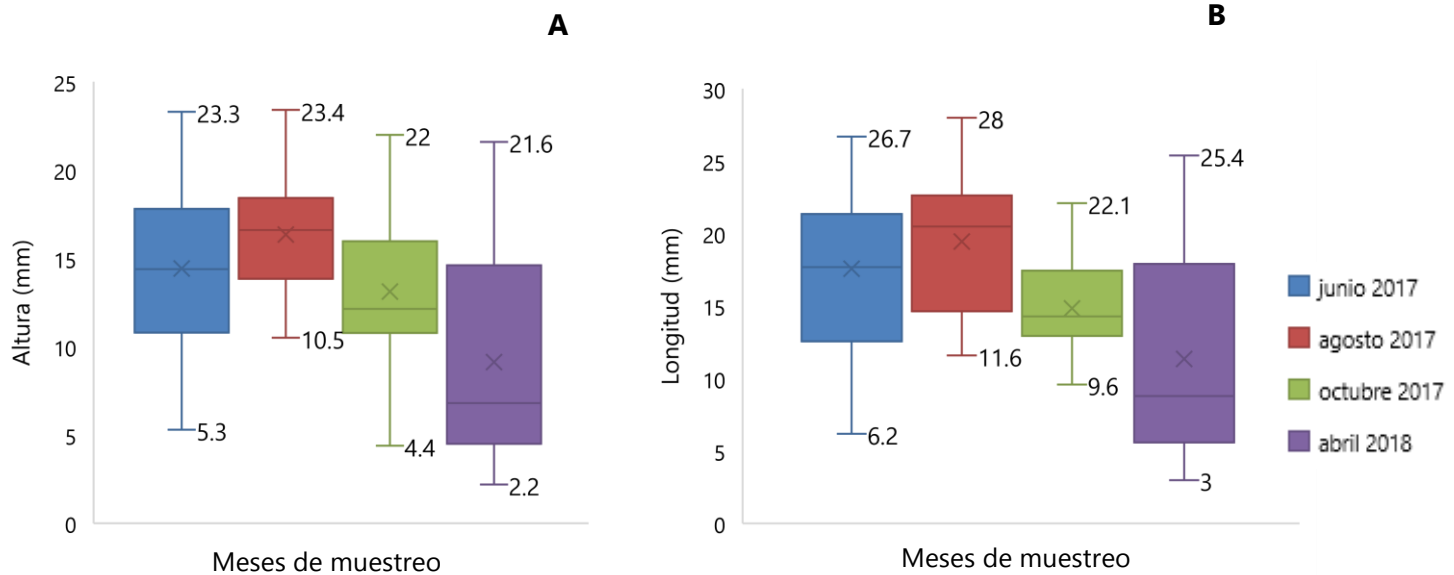


Figura 25. Comparación de las tallas mínima y máxima (mm) de *C. fluminea* en la zona media durante los meses de muestreo. **A.** Altura. **B.** Longitud.



La altura mínima de *M. tuberculata* se presentó en octubre (5.5 mm), seguida por la registrada en agosto (8.8 mm). La altura máxima se presentó en el mes de abril de 2018 con 23.1 mm, seguida por la de junio, con 18 mm. La altura menor de *M. tuberculata* se presentó en octubre (5.5 mm), en el cual solo se recolectó un individuo, mientras que el mayor intervalo de altura se presentó en los especímenes encontrados en abril de 2018 (12.6-23.1 mm) (Fig. 26A).

El ancho mínimo que se observó fue de 2 mm en octubre, seguido del registro efectuado en agosto, con 2.2 mm. El intervalo de tallas mayor, se presentó en abril (3.9-7.5 mm de anchura), en el mismo mes se presentó la mayor talla que fue de 7.5 mm. En octubre solo se presentó una talla, por lo tanto, representa el mes con el ancho menor (Fig. 26B).

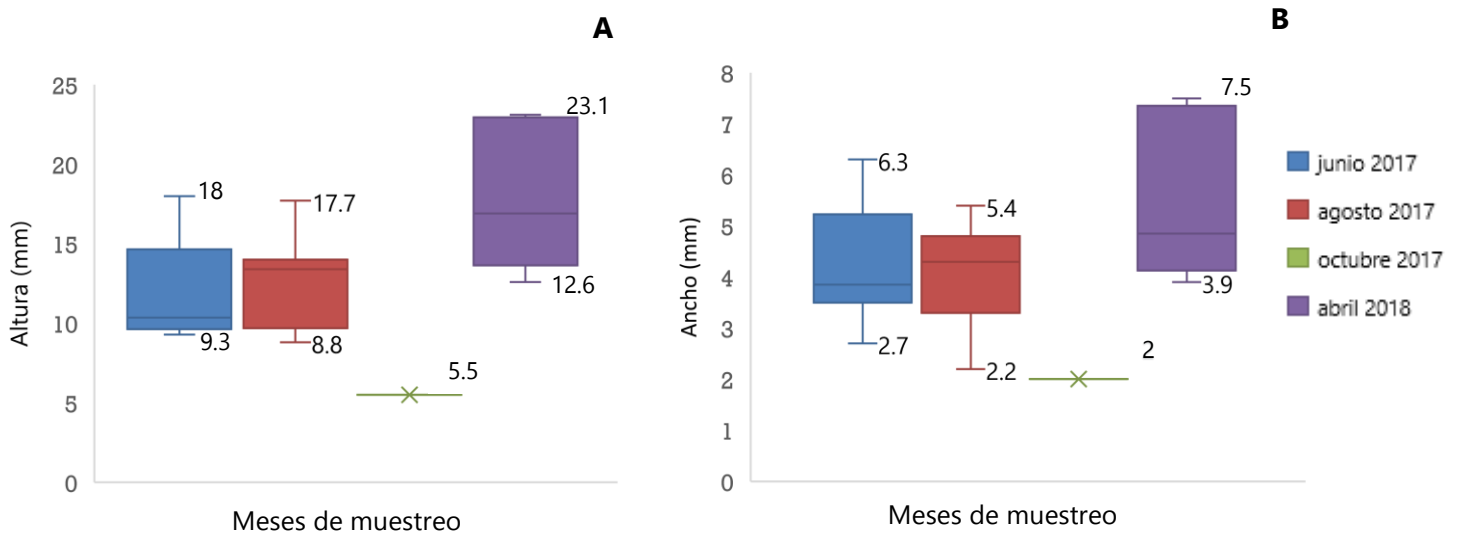


Figura 26. Comparación de las tallas mínima y máxima (mm) *M. tuberculata* en la zona media de durante los meses de muestreo. **A)** Altura **B)** Ancho.



Se observó que la altura mínima que presentaron las conchas de *N. usnea* fue de 5.4 mm encontrada en junio, mientras que la talla máxima se presentó en agosto, con 16.5 mm. Agosto presentó el intervalo de tallas (altura) más amplio (6.9 a 16.5 mm). En octubre se presentó el intervalo de altura más corto que fue de 8.5 a 14.3 mm, seguido por el registrado en abril (8.7 a 15.9 mm) (Fig. 27A).

En el caso del ancho de las conchas, el mes en el que se presentó la talla mínima para esta especie fue junio con 4.7 mm, seguida de la registrada en abril, con 5.7 mm. En este mes se presentó el intervalo de tallas más amplio, con anchuras de 5.7 a 13.4 mm. La talla máxima (ancho) se registró en abril, con 13.5 mm (Fig. 27B).

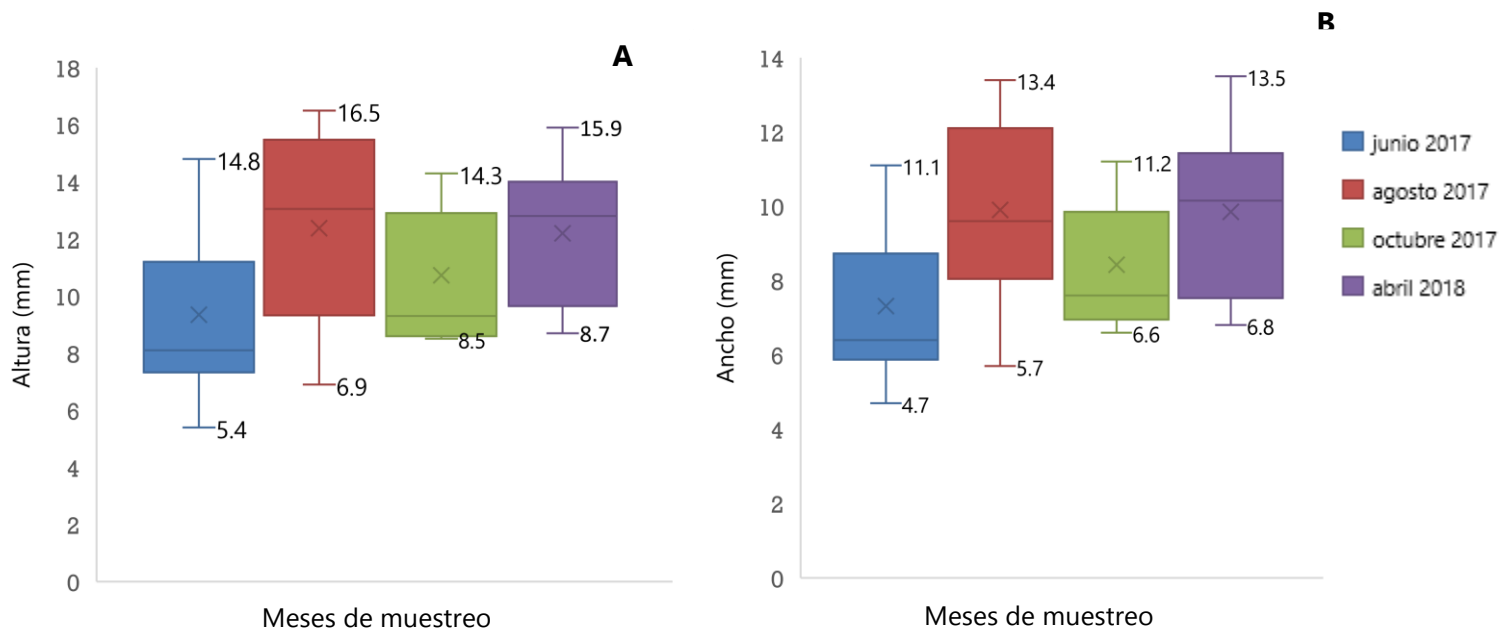


Figura 27. Comparación de las tallas mínimas y máximas del molusco nativo *N. usnea* en la zona media en los cuatro meses de muestreo. **A)** Altura. **B)** Ancho.



Zona baja

En cuanto a la zona baja, solo se observó la presencia de *M. tuberculata* (Tabla 5). La menor altura se presentó en junio con 3.5 mm y la talla mayor se presentó en agosto con 12.8 mm de altura. El ancho menor registrado fue de 1.3 mm, que se presentó en junio de 2017, mientras que la talla mayor se presentó en agosto con 4.2 mm de ancho.

Tabla 5. Comparación de las tallas mínimas y máximas (mm) de las conchas de *M. tuberculata* en los meses de muestreo, en la zona baja. **A)** Altura, **B)** Ancho.

				A
<i>Melanooides tuberculata</i>	junio 2017	agosto 2017	octubre 2017	abril 2018
	3.5	12.8		
	4.5			
	5.5			

				B
<i>Melanooides tuberculata</i>	junio 2017	agosto 2017	octubre 2017	abril 2018
	1.3	4.2		
	1.7			
	2			



Biomasa

La mayor cantidad de biomasa de moluscos en el río Máquinas estuvo representada por *C. fluminea*, en la zona alta y media. Analizando la zona alta, en junio de 2017, *C. fluminea* presentó la mayor cantidad de biomasa (1 009 g), seguido de agosto (457 g), octubre (405 g) y finalmente abril de 2018 (130 g). Se observó que esta especie fue reduciendo su biomasa en la zona alta, desde el primer mes de recolección, hasta el último. En cuanto a la zona media, octubre ocupó el primer lugar en biomasa (303 g), seguido de agosto (227 g), junio (102 g) y abril de 2018 con solo 42 g (Fig. 28).

La segunda especie más abundante en el río Máquinas fue *N. usnea*, la cual se presentó en la zona alta y en la zona media. En la zona alta se encontró la mayor biomasa, particularmente en junio con 27 g, agosto y octubre con 12 g cada uno y abril con 9 g. En la zona media, la mayor biomasa de *N. usnea* se registró en junio (16 g) y en agosto (4 g), en octubre y abril la biomasa de la especie fue de un gramo.

En cuanto a *M. tuberculata*, ésta fue la especie con menor biomasa en el río Máquinas, tanto por zonas como por meses de muestreo. En junio se registraron 6 g en la zona media, en agosto 4 g y en abril 3 g. La menor densidad se registró en junio y abril en la zona alta con 2 g.



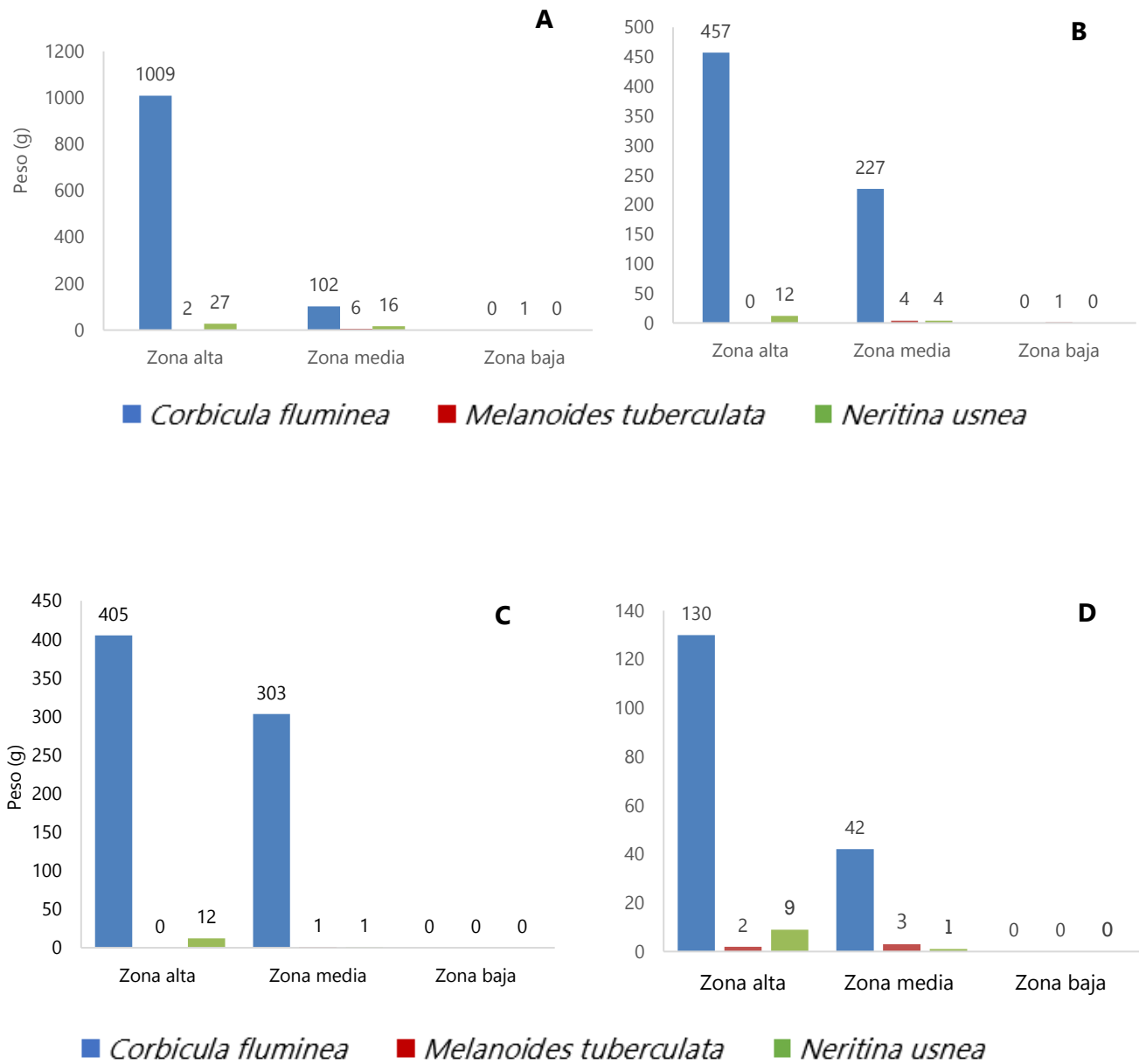


Figura 28. Biomasa de los moluscos *C. fluminea*, *M. tuberculata* y *N. usnea* por zona y mes de muestreo. **A)** junio 2017, **B)** agosto 2017, **C)** octubre 2017, **D)** abril 2018.



Un análisis de varianza de la biomasa de *C. fluminea* de dos vías mostró que hubo diferencias significativas entre meses de muestreo, entre las zonas del río muestreadas y en la interacción mes*zona (ANOVA, $F_{(6,3, \text{meses})} = 4.678$ $P = 0.0064$; $F_{(6, 2, \text{zonas})} = 24.60$, $P = <0.0001$; $F_{(\text{interacción mes*zona})} = 5.020$, $P = 0.0005$ (Fig. 29).

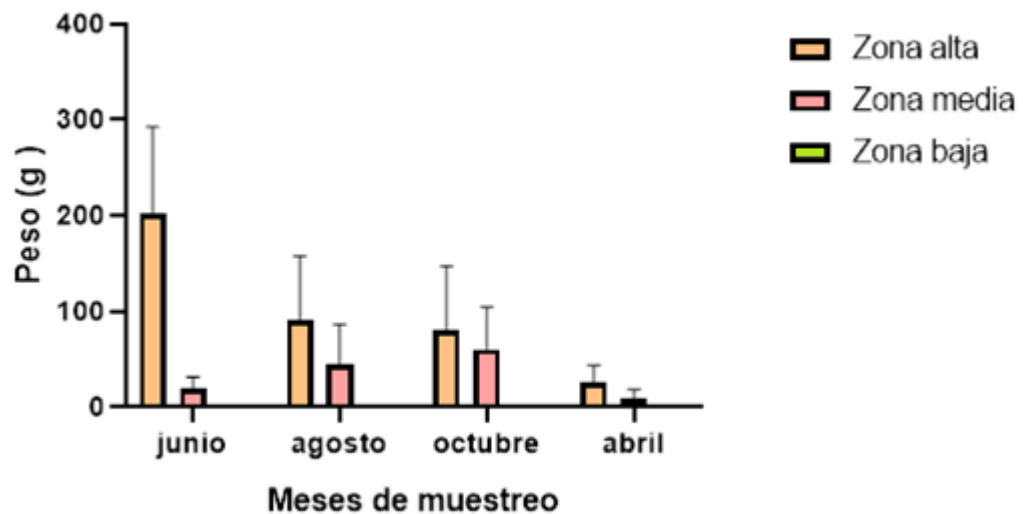


Figura 29. Promedio del peso (g) de *C. fluminea* por meses y zonas de muestreo.

Un análisis de varianza dos vías de la biomasa de *M. tuberculata*, mostró que no hubo diferencias significativas durante los meses y la interacción mes*zona. Sin embargo, en las zonas de muestreo sí se observaron diferencias significativas. (ANOVA $F_{(6,3 \text{ meses})} = 1.238$, $P = 0.3066$; $F_{(6,2 \text{ zonas})} = 3.257$, $P = 0.0474$; $F_{(\text{interacción mes*zona})} = 0.5511$, $P = 0.7666$. (Fig. 30).



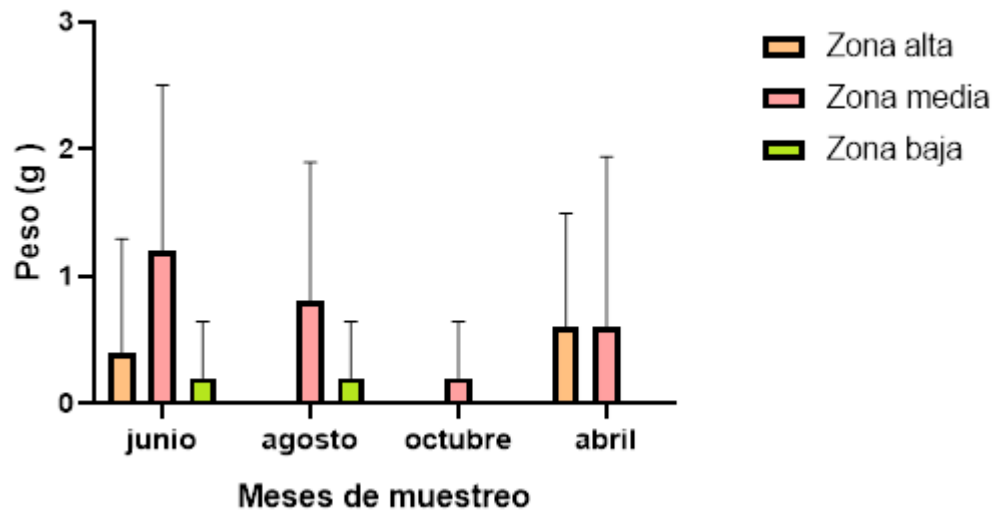


Figura 30. Promedio del peso (g) de *M. tuberculata* por meses y zonas de muestreo.

Un análisis de varianza de dos vías de la biomasa de *N. usnea* mostró que hubo diferencias significativas durante los meses, zonas de muestreo del río y la interacción mes*zona. (ANOVA, $F_{(6,3 \text{ meses})}=42.25$, $P<0.0001$; $F_{(6,2 \text{ zonas})}=35.19$, $P<0.0001$; $F_{(\text{interacción mes}^*\text{zona})}=18.25$, $P<0.0001$ (Fig. 31).

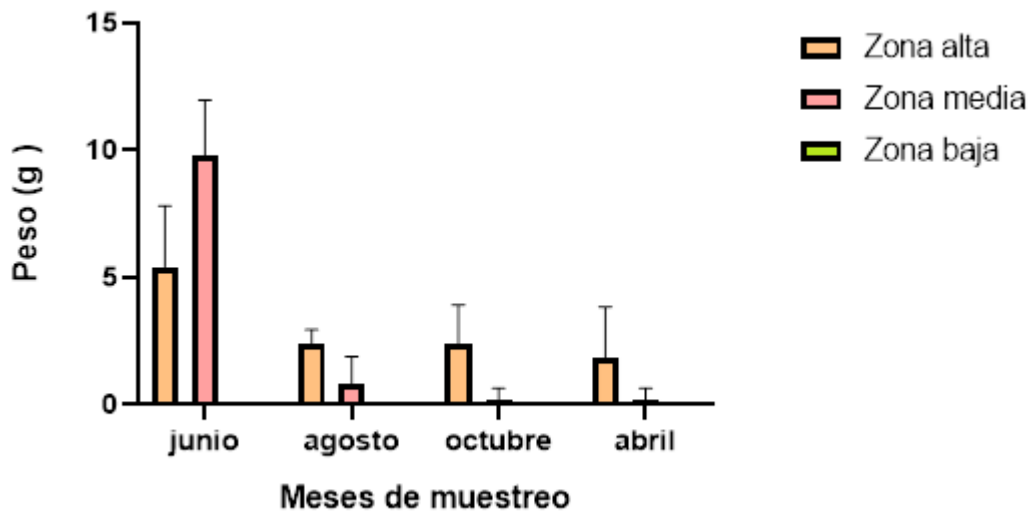


Figura 31. Promedio del peso (g) de *N. usnea* en los meses y zonas de muestreo.



Grado de deterioro de las conchas

Se categorizó el grado de deterioro de las valvas de *C. fluminea* (Figura 32) en no deteriorado (<5% del periostraco desgastado), poco deteriorado (>5%-30% del periostraco desgastado) y muy deteriorado (>30% del periostraco desgastado de la concha). Debido a que esto puede indicar en qué zona del río existe mayor grado de deterioro de la especie invasora y si las condiciones son favorables para su establecimiento. Para éste caso se contaron también los individuos muertos.

A continuación se presentan los criterios empleados para la categorización del grado de deterioro de las valvas, además de los porcentajes ya mencionados de desgaste del periostraco.

No deteriorado: Valvas completas, sin maltrato evidente. **Poco deteriorado:** Valvas con el umbo desgastado y parcialmente roto. **Muy deteriorado:** Valvas con el umbo evidentemente roto, perforado y con desgaste en las paredes (Fig. 32).



Figura 32. Categorización del deterioro de las valvas de *C. fluminea*.

De las 387 conchas recolectadas en junio de 2017, 327 (89%) se categorizaron como poco deterioradas, 26 (7%) presentaron conchas muy deterioradas y 13 conchas (4%) se catalogaron como no deterioradas (Fig. 33A). En agosto de 2017 se observó que 241 conchas (79%) se catalogaron como poco deterioradas y solo siete (2%) fueron conchas no deterioradas. Esto indica que si se toman 10 individuos del río, ocho de ellos tendrían una condición de concha poco deteriorada (Fig. 33B).



En octubre de 2017, de los 361 ejemplares recolectados, 63% pertenecieron a la categoría de poco deteriorado, 35% fueron individuos con conchas muy deterioradas y 2% conchas no deterioradas (Fig. 33C).

Finalmente, en abril de 2018 se recolectaron 142 ejemplares, de los cuales 65 conchas pertenecieron a la categoría de poco deterioradas (46%), esto indica que casi la mitad de la población pertenecieron a esta categoría, casi un tercio tuvo conchas no deterioradas, representado por 33% de los individuos y 21% de la población presentó la condición de valvas muy deterioradas (Fig. 33D).

M. tuberculata y *N. usnea* no presentaban las conchas desgastadas como en el caso de *C. fluminea*, sobre todo en la parte apical de la concha, por lo tanto, se descartaron de este análisis.



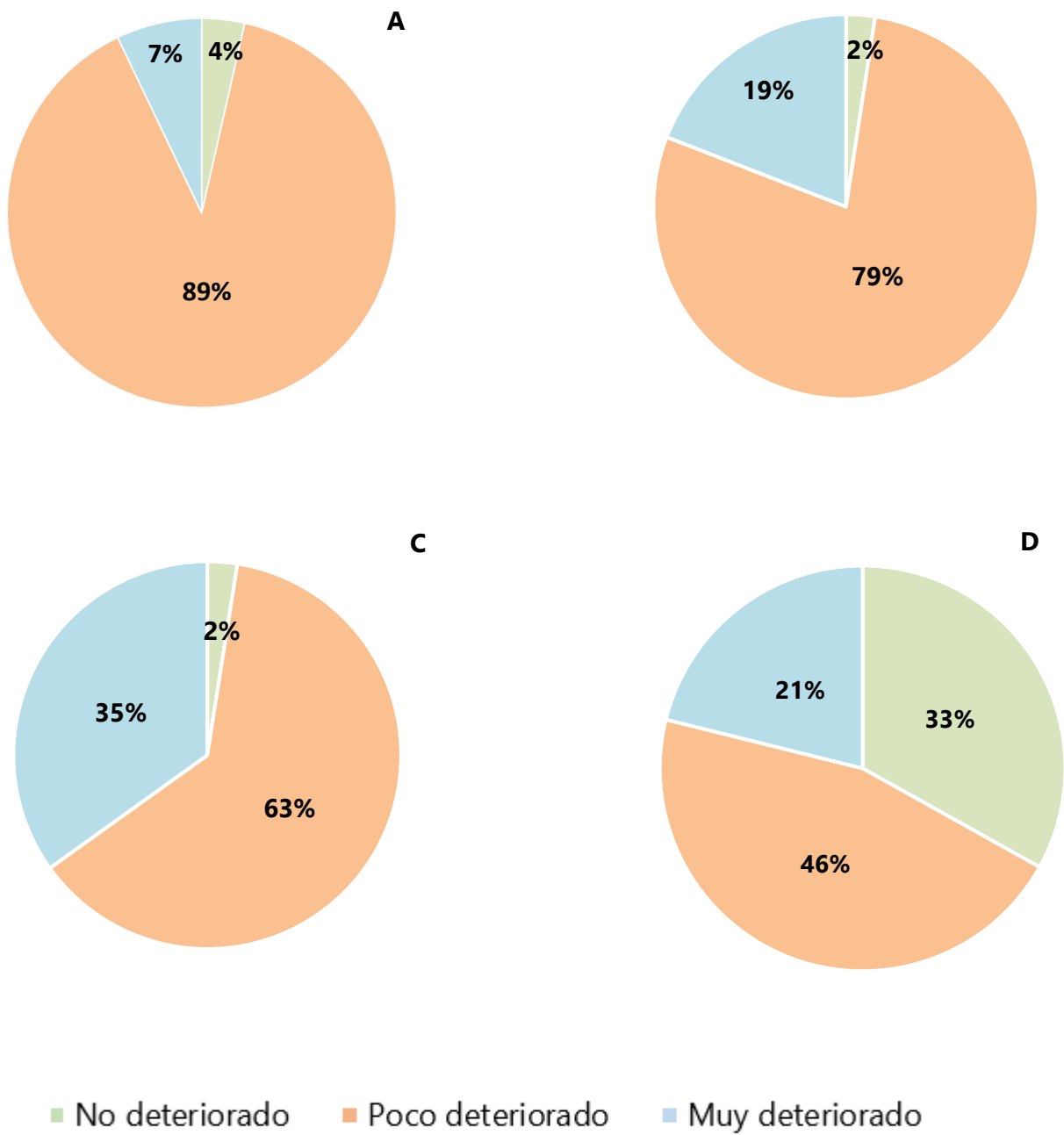


Figura 33. Porcentaje del grado de deterioro de las valvas de *C. fluminea* en los cuatro meses de muestreo. **A)** junio 2017, **B)** agosto 2017, **C)** octubre 2017, **D)** abril 2018.



Distribución de las especies

Para construir el mapa de distribución de las especies, se revisó la base de datos de la Colección Nacional de Moluscos (CNMO) del Instituto de Biología de la UNAM (Apéndice) y se obtuvieron los registros de los moluscos invasores *C. fluminea* y *M. tuberculata* y de la especie nativa *N. usnea* dentro de la República mexicana.

De *Corbicula fluminea* se tienen registros de 12 Estados: Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, San Luis Potosí, Veracruz, Oaxaca y Chiapas.. *Melanooides tuberculata* está reportada para 14 Estados: Baja California Sur, Coahuila, Tamaulipas, Jalisco, Colima, Querétaro, Morelos, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Tabasco. Ambas especies habitan en Colima, Jalisco, Veracruz, Oaxaca y Chiapas. Sin embargo, son solo los datos registrados por la Colección Nacional de Moluscos (Fig. 34).

Por otro lado, se ha reportado la distribución para *Neritina usnea* en solo tres Estados: Tamaulipas, Veracruz y Tabasco (de la Lanza *et al.*, 2000) (Fig. 34). Mostrando una distribución restringida en comparación con las otras dos especies invasoras.



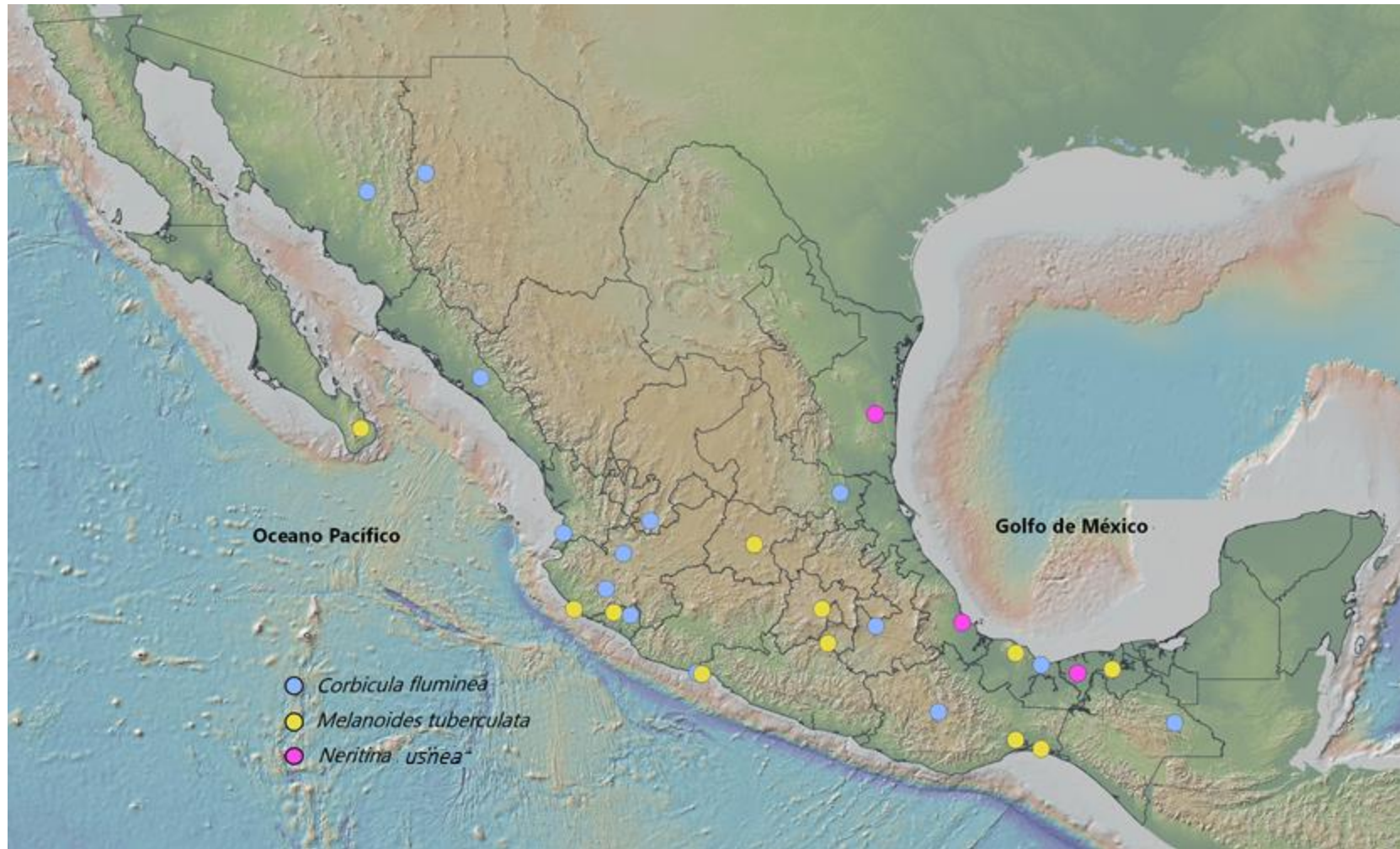


Figura 34. Registro de los moluscos invasores *C. fluminea* y *M. tuberculata* y la especie nativa *N. usnea* en la República Mexicana (Realizado con el programa QGIS).



DISCUSIÓN

El río Máquinas ha sufrido el impacto de diversas actividades antropogénicas, principalmente por la deforestación y el cambio de uso del suelo para la ganadería, sin contar el grado de contaminación. En los alrededores de la zona alta, se pueden observar diversas áreas donde el bosque se cambió por pastizal para la actividad ganadera, en la zona media se realizan actividades recreativas dentro del cauce del río y en la zona baja, existen asentamientos urbanos muy cercanos a la desembocadura, lo cual implica la presencia de embarcaciones pesqueras locales (lanchas de motor fuera de borda), que a su paso, remueven el sedimento arenoso de manera constante. La perturbación que provocan, favorece el incremento de sedimentos suspendidos y de nutrientes, promoviendo directamente la eutrofización del río Máquinas (Margalef, 1938; Vázquez *et al.*, 2004). Por lo tanto, el río ha sido perturbado en diversas zonas, donde también se observa la presencia de parches de vegetación introducida por la presencia humana, lo cual favorece las condiciones necesarias para el establecimiento de especies invasoras (Picket y White, 1985; Macdonald *et al.*, 1988; Kalesnik y Malvarez, 2004), como es el caso de *Corbicula fluminea* y *Melanooides tuberculata*.

Abundancia

Corbicula fluminea

En el presente estudio se encontró que *Corbicula fluminea* fue la especie invasora con mayor abundancia en el río Máquinas durante todo el muestreo, ya que presentó un total de 562 individuos recolectados en las zonas alta y media. Mientras que en la zona baja, donde el sedimento es principalmente arena, no se encontró individuo alguno. Esta especie puede adaptarse a diversas condiciones del hábitat para su enterramiento, desde sedimentos suaves, ricos en materia orgánica y con velocidad de corriente moderada, hasta sustratos de suelo rocoso y velocidad de corriente rápida (López-López *et al.*, 2009; Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014; Bódis *et al.*, 2015).



En este sentido, aunque el sustrato presente en la zona baja del río pudiera ser el adecuado para el establecimiento de *C. fluminea*, las condiciones que presentó la desembocadura, como mayor profundidad, mayor turbidez en la columna de agua y menor cantidad de oxígeno en comparación con las zonas alta y media, pudieran ser factores que no permitieron el establecimiento de esta especie. Esto difiere con el estudio de Millán (2012), que registró la presencia de individuos de *C. fluminea* en la zona baja del río Máquinas, aunque dicho resultado pudiera deberse al arrastre del río desde la zona alta hasta la desembocadura o por el transporte intencional de los organismos.

Cabe mencionar que la influencia de la actividad antropogénica en la zona baja puede ser un factor determinante para el establecimiento exitoso de *C. fluminea*, pues ciertos factores como la incidencia solar, la disponibilidad de nutrientes, oxígeno disuelto, la temperatura y el pH, disminuyen en relación a la cantidad de sustancias contaminantes en la columna de agua.

Melanoides tuberculata

Melanoides tuberculata se registró en las tres zonas del río, aunque con menor abundancia, 41 individuos en total, en comparación con las otras dos poblaciones de moluscos. Sin embargo, la escasa abundancia de este molusco en este estudio, pudiera estar relacionado con la presencia del caracol *Tarebia granifera*, con el cual compite por los mismos recursos como, el espacio y alimento (Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014). Aunque ambas especies comparten las mismas estrategias reproductivas, es decir, son partenogénicas, ovovivíparas y poseen un desarrollo y maduración sexual rápido (Trinidad-Ocaña *et al.*, 2016), *M. tuberculata* cuenta con un ritmo más rápido de crecimiento y maduración sexual (Dudgeon, 1989; Gutiérrez *et al.*, 1995). Sin embargo, se conoce que al estar en un mismo cuerpo de agua y requerir recursos similares, ambas especies entran en competencia interespecífica, siendo *T. granifera* la especie favorecida (Gutiérrez *et al.*, 1995)



El registro de ambas especies en el presente estudio, coincide con Millán (2012), quien también reportó a *T. granifera* con mayor abundancia respecto a *M. tuberculata*, pero en menor abundancia en la desembocadura del río Máquinas. También coincide con lo reportado por Trinidad-Ocaña *et al.* (2016), donde *M. tuberculata* se registró con menor abundancia en ríos y con mayor abundancia en cuerpos de agua lagunares con un sustrato compuesto por lodo y limo.

La distribución de *M. tuberculata* en las tres zonas del río pudiera atribuirse al arrastre de los juveniles de la zona alta hacia la parte media y baja del río, y también a su gran capacidad para colonizar, ya que un solo organismo establecido puede iniciar la dispersión (Mendoza y Koleff, 2014). Se sabe que los juveniles de esta especie logran adherirse a las patas de las aves y hay otros organismos que pueden ingerir los juveniles, actuando como vectores (Pérez-Rodríguez *et al.*, 2001).

Neritina usnea

Por otra parte, se registró la presencia de *N. usnea* en la zona alta y con mayor abundancia en la zona media. No se registró a esta especie en la zona baja. Este molusco se caracteriza por preferir sustratos rocosos en lugar de sustratos de lodo (Lehman y Hamilton, 1980; Cebrian *et al.*, 2012) y se encuentra frecuentemente sobre vegetación sumergida, debido a sus hábitos alimenticios micrófagos (García-Cubas *et al.*, 1992). Dichas condiciones se presentan en la zona alta y media del río, donde el sustrato es principalmente rocoso con presencia de vegetación sumergida, mientras que estas condiciones no se observaron en la zona baja, lo cual pudiera explicar su ausencia en esta parte del río.



Las especies recolectadas con mayor abundancia en las zonas alta y media del río, *C. fluminea* y *N. usnea*, cuentan con distintos hábitos alimenticios, siendo la primera una especie filtradora y la segunda una especie micrófaga. Por lo tanto, la competencia por alimento se puede descartar. Esto sugiere que el principal recurso por el cual compiten es por el espacio para su propio establecimiento. Hasta el momento y con los datos obtenidos de abundancia y biomasa se puede descartar una exclusión competitiva por parte de la especie invasora (*C. fluminea*) a la especie nativa (*N. usnea*). Sin embargo, esta relación podría cambiar con el paso del tiempo si es que *C. fluminea* aumenta drásticamente el tamaño poblacional, fragmentando el equilibrio en el ecosistema.

Densidad poblacional

En cuanto a la densidad poblacional, se registró que *C. fluminea* presentó mayor número de individuos en la zona alta (500 ind/m²) y en la zona media (110 ind/m²) durante junio en la época de lluvias. Esto puede atribuirse principalmente al tipo de sustrato que se encuentra en estas dos zonas del río, el cual está formado por gránulos, matatenas y arenas muy gruesas (zona alta) y arenas de grano medio y fino (zona media) (Millán, 2012), donde esta especie puede enterrarse y encontrar alimento.

Sin embargo, se observó una disminución significativa de la densidad poblacional durante agosto y octubre (temporada de nortes) y abril (temporada de sequía). La temporada de nortes en la región de Los Tuxtlas genera precipitación pluvial abundante y, por lo tanto, mayor corriente en el cauce del río provocando un lavado de nutrientes, lo cual ocasiona que el establecimiento de organismos sea menor (Estrada *et al.*, 1985; Torres-Orozco *et al.*, 1994). Mientras que en la temporada de sequía (abril), se puede observar un aumento en la temperatura y concentraciones de nutrientes.



Se ha reportado que la presencia de *C. fluminea* en el cuerpo de agua donde se distribuye, altera significativamente su composición provocando resuspensión de sedimentos por la actividad que realiza al remover el sustrato con el pie para buscar alimento y poder desplazarse (Andersen, 2001; Orvain *et al.*, 2004; Miranda *et al.*, 2010). De esta manera, produce bajas concentraciones de nutrientes y alimento no solo para las especies de moluscos nativas sino también para otras especies de invertebrados que habitan en el río Máquinas (Atkinson *et al.*, 2010; Patrick *et al.*, 2017).

Por otra parte, *Melanooides tuberculata* presentó su mayor densidad en junio en la zona media (20 ind/m²) y en abril, en la zona alta del río (11 ind/m²). Comparado con el estudio de Millán (2012) que registró 4 ind/m², este molusco ha aumentado considerablemente su densidad con el paso del tiempo. Sin embargo, las densidades registradas en este estudio fueron bajas en comparación con otros estudios como el de Cruz-Asencio *et al.* (2003) donde registró la mayor densidad en Tabasco en la laguna el Sauzo (230 ind/m²), Trinidad-Ocaña *et al.* (2016) lo registró en el río Tacubaya (4 733 ind/m²) y en Florida, Estados Unidos se han registrado densidades de 2,200 ind/m² (Work y Mills, 2013). La baja densidad de *M. tuberculata* observada en este estudio pudiera estar relacionada con la presencia de *T. granifera* en las tres zonas de muestreo, siendo *M. tuberculata* la especie más afectada por esta interacción.

Aunado a esto, la densidad de *M. tuberculata* también está asociada a los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua, entre los cuales destaca la temperatura. En este estudio se registraron valores de temperatura en un rango de 23.5-38 °C en las tres zonas del río, lo cual coincide con el rango de tolerancia reportado para su distribución, ya que se ha registrado en cuerpos de agua con temperaturas de entre 26-30 °C (Appleton, 1978; Sturrock, 1993; Oyebayo *et al.*, 2016). Sin embargo, en el muestreo realizado durante abril no se registró algún individuo en la zona baja del río, donde también se obtuvo la temperatura máxima para este estudio de 38°C, lo cual sobrepasa el rango de tolerancia reportado para esta especie. Además, también se observó que los valores obtenidos sobre el oxígeno disuelto (2 mg/L) y la salinidad (35 ppm) (Tabla 3), variaron significativamente en comparación con los demás meses de muestreo.



Esto pudiera explicarse debido al aumento drástico en la afluencia de personas que visitaban esta zona del río para su uso recreativo, lo cual pudo favorecer la resuspensión de sedimentos, elevación de la temperatura y la salinidad, así como la disminución del oxígeno disuelto, por lo tanto, probablemente las condiciones fisicoquímicas durante este periodo tuvieron un efecto perjudicial sobre la capacidad de establecimiento de este molusco invasor.

Es importante resaltar que *M. tuberculata* se encontró en sitios del río donde la cobertura del dosel era mayor, siendo en la zona media donde se registró la mayor densidad de organismos. En la parte media del río, el suelo es limoso con presencia de arenas de grano medio y fino (Millán, 2012), además de restos vegetales sumergidos, lo cual coincide con los tipos de suelo que requiere para establecerse, es decir de tipo lodoso, fangoso o rocoso. Sin embargo, también se ha registrado su presencia en sitios donde existe total incidencia de luz, lo cual beneficia el crecimiento de vegetación sumergida o materia orgánica, que puede utilizar para obtener alimento o refugio (Dundee y Paine, 1977; Pérez-Rodríguez, 2001) y que a su vez permite la formación de microambientes favorables para su establecimiento. En la zona baja se observó total incidencia de luz sobre el cauce del río, además se registró la menor densidad de organismos, lo cual pudiera estar relacionado con el aumento de la profundidad, la presencia de suelo arenoso y la ausencia de restos vegetales sumergidos en esta zona del río.

Por otra parte, la baja densidad observada de *M. tuberculata* pudiera atribuirse a su comportamiento crepuscular, lo cual dificulta su captura y muestreo. Durante el día, la mayoría de los individuos permanecen enterrados en el sustrato, la vegetación sumergida o en las rocas y durante la noche se desplaza hacia la superficie para buscar alimento como el detritus y algas, siendo que en la zona media se observó mayor cantidad de vegetación sumergida en el río, cuando baja la temperatura, las poblaciones de *M. tuberculata*, inician la hibernación enterrándose en el sustrato suave (Livshits y Fishelson, 2013).



Tallas poblacionales

De acuerdo con Sousa *et al.* (2008), el periodo de maduración de los miembros de la especie *C. fluminea*, ocurre durante los primeros tres a seis meses de desarrollo, cuando la longitud de las conchas alcanza de 6 a 10 mm, dependiendo de la disponibilidad de recursos en el cuerpo de agua, principalmente fitoplancton. *C. fluminea* presenta dos periodos reproductivos en el año, primavera y otoño, correspondientes a junio y octubre, en donde la incubación de las larvas y su liberación se da a temperaturas entre los 10° y 15°C (McDowell *et al.*, 2014; Crespo *et al.*, 2015). Por lo tanto, esta especie requiere menos de un año para alcanzar la longitud máxima y el estado de madurez sexual.

Con respecto a *M. tuberculata*, la mayor altura que se reportó fue en el mes de abril (23.1 mm) y junio (18 mm) en la zona media, esto pudiera indicar que las condiciones en el río como la temperatura y la abundancia de alimento son favorables en esta zona para alcanzar estas tallas (Elkarmi y Ismail, 2007). Vogler *et al.* (2012) mencionan que los organismos que presentan tallas de 1.5-2 mm son organismos recién nacidos y que a partir de los 8.3 mm empieza la reproducción, por lo tanto, en las tres zonas del río probablemente hubo periodos reproductivos durante los meses de muestreo.

En relación con las tallas de *N. usnea* de la Lanza *et al.* (2010) mencionan que pueden tener una talla de hasta 12 mm. Sin embargo, en este estudio se registró una talla mayor (16.5 mm) y Millán (2012) registró una talla máxima de 17.8 mm en el río Máquinas y en Florida se han registrado tallas menores de 10-12 mm (Lehman y Hamilton, 1980).



Biomasa

En este estudio, se registró la mayor biomasa de *C. fluminea* en la zona alta del río, en junio de 2017 (1009 g), mientras que la mínima se registró en abril de 2018 (130 g), lo cual coincide con los valores de abundancia y densidad registrados para esta zona en la misma temporada (primavera). Esto probablemente esté asociado a los factores abióticos que influyen sobre la biomasa de la población, como lo es la temperatura del agua. Ya se mencionó antes, que la temperatura influye en el proceso reproductivo de *C. fluminea* durante primavera y otoño, requiriendo rangos entre los 10-15 °C para poder desovar. Sin embargo, los valores de temperatura obtenidos en este estudio fueron de 23-38 °C, lo que podría indicar que *C. fluminea* es tolerante a rangos de temperatura más elevados y las condiciones fueron las adecuadas para el desove. Por otra parte, las altas concentraciones de fosfatos presentes en la columna de agua promueven la productividad del fitoplancton que requiere *C. fluminea* como alimento (Majdi *et al.*, 2014), así como también, la cantidad de carbonatos que estén contenidos en el agua influye en la biomasa (Modesto *et al.*, 2013), ya que requieren de concentraciones altas para desarrollar sus valvas y esto hace que los valores de biomasa aumenten. Por esta razón, es que el bivalvo representa la mayor biomasa dentro de la comunidad de moluscos, además que alcanza tallas superiores a las de las otras dos especies.



Respecto a *M. tuberculata* se registró la menor biomasa en junio (6 g) y agosto (4 g), en la zona media, lo cual coincide con los valores de densidad reportados en los mismos meses. Aunque la biomasa también pudiera estar relacionada con las tallas poblacionales, ya que *M. tuberculata* tiende a una madurez sexual y periodo reproductivo cuando alcanzan tallas de 25 mm. Sin embargo, aún no alcanza su periodo reproductivo tomando en cuenta que los valores en este estudio, se registró correspondientes a junio y los embriones que pueden variar en número de uno a 91 (Berry y Kadri, 1974; Subda Rao y Mitra, 1982; Pointer *et al.*, 1993; Bader *et al.*, 2003), por lo que permanecen dentro de la bolsa de cría de tres a cinco meses antes de ser liberados, por lo tanto los organismos tienden a pesar más durante este periodo (Silva *et al.*, 2010).

Deterioro de las conchas de *C. fluminea*

La principal característica que define al phylum Mollusca es la presencia de una concha compuesta de carbonato de calcio (CaCO_3) para poder proteger su cuerpo blando. Durante la formación del cuerpo necesitan un aporte de nutrientes constante en la dieta, principalmente calcio para la formación de la concha y la contracción muscular (Machado y Lopez-Lima, 2010). Los moluscos dulceacuícolas y marinos, obtienen el calcio (Ca) del cuerpo de agua donde habitan o por la ingesta del alimento (Marin *et al.*, 2012). Es por esto que resulta importante estudiar el nivel de deterioro de la concha en *C. fluminea*, ya que habita en un cuerpo de agua lótico y la abundancia de los individuos es alta, por lo tanto, el requerimiento de nutrientes es mayor.

La concha de los moluscos presenta tres capas importantes. La primera capa externa, es el periostraco, que protege a la concha de la disolución, es propensa al deterioro y las fracturas por ser la capa más expuesta al medio exterior, seguida de la capa prismática compuesta por cristales en forma alargada, esta capa es moderadamente propensa al desgaste y fracturas. Finalmente, se encuentra la capa nacarada que contiene una sustancia llamada nácar, protege al cuerpo blando y es más resistente a las fracturas de la concha por ser la capa más rígida.



Estas capas poseen minerales principalmente compuestas por calcio, bicarbonato, sodio, potasio, magnesio, cloro y sulfatos, que los moluscos dulceacuícolas obtienen por absorción del medio externo a través del agua o la comida, absorbiendo los minerales por el manto, las branquias y el sistema digestivo (Marin *et al.*, 2012). En este sentido, el río Máquinas es rico en sales minerales como fosfatos y nitratos por la reciente actividad geológica del volcán San Martín Tuxtla, dejando a su paso suelos ricos en nutrimentos inorgánicos como son las rocas piroclásticas y derrames lávicos (Torres-Orozco *et al.*, 1994). El desgaste que se origina por el deslave de las rocas alcalinas favorece la liberación de sodio, calcio, magnesio y potasio, de manera constante (Vázquez *et al.*, 2004), lo cual permite que los individuos presentes en este estudio puedan secretar sus conchas eficientemente, aún y cuando su crecimiento poblacional sea elevado y su densidad supere los 1 009 ind/m².

De las tres categorías propuestas, la categoría de poco deteriorado resultó ser más abundante en junio con 89%, lo cual puede atribuirse a que también se consideraron los individuos muertos, los cuales presentaban las conchas vacías con el umbo desgastado y parcialmente roto, debido a que, al enterrarse en el sustrato con el pie, la región del umbo queda completamente expuesta a la corriente. Estos resultados también pueden estar asociados a la corriente rápida del río y al tamaño de las conchas, ya que los individuos de menor talla pertenecieron a la categoría de no deteriorado que representó el mayor porcentaje en abril de 2018 con 33%, mientras que las conchas con mayor desgaste (poco deteriorado o muy deteriorado) presentaron tallas más grandes, ya que han pasado más tiempo sometidas al flujo de la corriente.

Es importante resaltar que en la categoría de muy deteriorado el porcentaje aumentó significativamente de junio a octubre de 2017 dicho aumento, pudiera atribuirse a la temporalidad, ya que la época de lluvias (junio) y de nortes (octubre) ocasionan un incremento en la precipitación pluvial, causando un aumento del cauce del río y de la velocidad de la corriente, generando que el arrastre de sedimentos sea mayor. Ante este fenómeno las valvas de *C. fluminea* pudieran estar más expuestas al desgaste del periostraco durante estas dos



épocas del año Sin embargo, el daño observado también pudiera atribuirse a otros factores bióticos, como bacterias u hongos parásitos (Paganelli *et al.*, 2018). Por otra parte, en abril de 2018 se observó un decremento del 14% sobre esta categoría, lo cual pudiera estar relacionado a la disminución o falta de precipitación por la temporada de secas que se presenta durante este periodo, causando que el cauce del río y su velocidad de corriente disminuyan considerablemente.

Distribución de las especies

Respecto a la distribución de *C. fluminea*, se tiene registro en 14 estados de la República mexicana, mientras que *M. tuberculata* se ha registrado en 12 hasta el momento. Ambas se distribuyen principalmente dentro de la región centro-norte y del Pacífico, reflejo de su gran capacidad de invasión y dispersión. Su amplia distribución geográfica en los cuerpos de agua del país pudiera explicarse, de forma general por el alto grado de deterioro que presentan los ecosistemas donde se han registrado; como es la selva alta, la selva baja, humedales y cuencas (Torres-Orozco y Revueltas-Valle, 1996; Barba-Macías y Trinidad-Ocaña, 2016). Además, también se han registrado en ambientes artificiales lacustres como presas y canales (Dinger *et al.*, 2005).

Las características de ambas especies como agentes invasores exitosos, les confiere la capacidad para desplazar e incluso desaparecer a las poblaciones nativas de moluscos, principalmente en ambientes donde la riqueza, el ensamblaje de la comunidad y la complejidad de sus interacciones han sido alteradas o desaparecido a causa de las perturbaciones ecológicas inducidas por el hombre. Las perturbaciones ocasionan que la resistencia ecológica por parte de las comunidades locales hacia la invasión de especies introducidas disminuya, lo cual promueve la disponibilidad de nichos vacíos en relación a la disminución o desaparición de las poblaciones nativas (Elton, 1958; Mendoza y Koleff, 2014). Por ejemplo, se ha reportado que *M. tuberculata* puede disminuir las poblaciones del molusco nativo *Helisoma anceps* en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila (Contreras-Arquieta, 1998).



La resistencia ecológica consiste en tres elementos principales: la resistencia ambiental, biótica y demográfica. La resistencia ambiental, se refiere a la tolerancia que la especie invasora pueda tener ante los factores abióticos en el nuevo ecosistema. La resistencia biótica, se refiere al efecto de las interacciones interespecíficas sobre la especie invasora, en particular la depredación y la competencia que pudiera experimentar dentro del nuevo ambiente. Finalmente, la resistencia demográfica se refiere al número de introducciones y a la estrategia de reproducción que la especie invasora pueda tener, ya que si presenta alta tasa de fecundidad tiene mayor probabilidad de generar poblaciones viables que pudieran establecerse en el ecosistema invadido (Moyle y Light, 1996).

Aunado a lo anterior, es importante destacar que el rango de distribución de ambas especies pudiera incrementar en nuestro país en los próximos años, pues su principal agente dispersor está constituido por la actividad humana (acuacultura, acuarismo y pesca). Por ejemplo, por el transporte accidental durante las actividades pesqueras ya que los caracoles se adhieren a las redes o lanchas de pesca (Albarrán-Melze *et al.*, 2009). Aunque también se ha reportado que pueden quedar adheridas a las patas de las aves acuáticas o las heces fecales de las mismas (Contreras-Arquieta *et al.*, 1995a; Albarrán-Melze *et al.*, 2009), funcionando estas como agentes dispersores naturales.

Por otro lado, *Neritina usnea* al ser una especie nativa tiene una distribución para el golfo de México (Tamaulipas, Veracruz y Tabasco). Siendo en particular el río Máquinas donde aparentemente compite con *C. fluminea*. Aunque es menor que la de *C. fluminea* podría todavía incrementarse (Schlaepfer *et al.*, 2005), ya que existe poca información de la distribución de esta especie en México, probablemente los datos esten subestimados.

Además, la falta de estudios acerca del efecto particular de *C. fluminea* y *M. tuberculata* que tienen sobre la comunidad nativa origina que no existan planes de control o manejo para evitar los efectos potenciales que pudieran generar dentro de los ecosistemas invadidos.



Recomendaciones

En este contexto, es de gran importancia llevar a cabo acciones para el control de *C. fluminea* y *M. tuberculata*, ya que son organismos que ya se establecieron en el río Máquinas. Es posible utilizar métodos de control físicos, químicos o biológicos, tomando en cuenta que estos no deben dañar aún más el ecosistema en donde habitan (Schlaepfer *et al.*, 2005).

Los métodos de control que se han utilizado en moluscos dulceacuícolas pueden ser sustancias obtenidas a base de plantas con propiedades molusquicidas, por ejemplo, la sustancia más efectiva se extrae de la planta *Phytolacca dodecandra* utilizada en Etiopía (Naranjo-García y Olivera Carrasco, 2014). En México, se ha probado la planta *Piqueria trinervia* (Naranjo-García, 2003) y tiene un 60-100% de efectividad de mortalidad. Otros métodos que se han utilizado con otras poblaciones introducidas de caracoles es el método manual de recolección de moluscos o la destrucción de las masas ovíferas. Sin embargo, el control manual de estos moluscos puede ser muy costoso y poco funcional ya que las densidades de *C. fluminea* pueden llegar hasta los 500 ind/m² (Cowie, 2005; Naranjo-García y Olivera Carrasco, 2014).

Se ha demostrado que un método de control y erradicación para *C. fluminea*, es el empleo de hielo seco directamente sobre los organismos, este método sugiere una mortalidad del 100%. No obstante, cuando el hielo seco se pone indirectamente sobre los organismos, es decir sobre la columna de agua, la mortalidad de los organismos se reduce (Coughlan *et al.*, 2018). Otro método de control de esta especie, es el uso de cloro, pero la aplicación en bajas concentraciones de este producto es ineficaz debido a la regulación federal de descarga (Mattice *et al.*, 1982; Bidwell *et al.*, 1995; Wittmann *et al.*, 2012).

Los métodos de control biológicos que pueden ser utilizados con *M. tuberculata* incluyen la introducción de la carpa negra *Mylopharyngodon piceus*, la cual puede deshacer la concha de *M. tuberculata* con sus dientes faríngeos (Huanliang *et al.*, 1990; Ben-Ami y Heller, 2005). Sin embargo, la carpa negra es una especie introducida en México ya que su distribución original son los ríos de China, Taiwan y Siberia (Ben-Ami y Heller, 2005), por lo tanto, podría afectar aún



más a las especies nativas dentro del río Máquinas. Asimismo, otra especie utilizada como control biológico de *M. tuberculata* es *Anentome helena*, un gasterópodo que se alimenta de otros gasterópodos y se ha utilizado eficazmente en Malasia, Indonesia y Laos (Schiffbauer, 2009; Yakovenko *et al.*, 2018). Las soluciones no son fáciles ni totalmente efectivas, pues pueden causar más daño que el que tratan de aliviar.

Otra opción viable para el control de las poblaciones de *C. fluminea* y *M. tuberculata*, es el uso con fines gastronómicos u ornamentales, por ejemplo, *C. fluminea* es utilizado en Asia como alimento (López-López *et al.*, 2009). Por otro lado, *M. tuberculata* es hospedero intermediario de tremátodos perjudiciales para el humano como son *Clonorchis sinensis*, *Paragonimus westermani* y *Centrocestus formosanus* (Barba *et al.*, 2015) el cual es un parásito de peces de importancia comercial, afectando la pesquería y acuicultura, teniendo pérdidas económicas (Albarrán-Melze *et al.*, 2009).

El Programa Global sobre Especies Invasoras (Global Invasive Species Program, GISP), tiene como objetivo promover la educación y elaboración de programas específicos para cada región sobre las especies invasoras y las posibles técnicas de prevención, control y erradicación (Programa Mundial sobre Especies Invasoras, 2005). Por lo tanto, es esencial la divulgación de información sobre *C. fluminea* y *M. tuberculata*, principalmente a la población local, con el objetivo de concientizar a la sociedad sobre la problemática que crean estas especies dentro del ecosistema, debido a que estos moluscos invasores fueron introducidos probablemente por la actividad humana. Aunado a esto, por su alta capacidad para establecerse y desplazar a las especies nativas, también es recomendable desarrollar un plan de monitoreo a largo plazo, no solo en el río Máquinas, sino también en los cuerpos de agua dulceacuícolas aledaños.



CONCLUSIONES

- *Corbicula fluminea* presentó la mayor abundancia, *Melanooides tuberculata* presentó la menor abundancia y solo se encontró una especie nativa, *Neritina usnea*.
- *Corbicula fluminea* y *N. usnea* se distribuyen en la zona alta y media del río, mientras que *M. tuberculata* se distribuye en las tres zonas del río Máquinas.
- La especie con mayor densidad fue *C. fluminea*, seguida de *N. usnea*, mientras que *M. tuberculata* se encontró en menor densidad.
- La talla promedio que presentó *C. fluminea* fue de 16.62 mm, *M. tuberculata* 6.57 mm y *N. usnea* presentó una talla promedio de 19.15 mm.
- *Corbicula fluminea* presentó mayor biomasa (1,009 g), seguida de *N. usnea* (27 g) y finalmente *M. tuberculata* (6 g).
- La categoría dominante del deterioro de las valvas de *C. fluminea* fue poco deteriorado con 89% y la menos dominante fue no deteriorado con 33%.
- Los moluscos introducidos (*C. fluminea* y *M. tuberculata*) tienen una amplia distribución en México y *N. usnea* presentó una distribución restringida.
- Los datos obtenidos de abundancia y densidad sugieren que *C. fluminea* es la mejor competidora de las dos especies invasoras.



LITERATURA CITADA

- Abbott, R. 1973. Spread of *Melanooides tuberculata*. *Nautilus*, **87**(1):29.
- Aguirre-Muñoz, A., R. Mendoza, H. A. Ponce, L. Arriaga, E. Campos, S. Contreras-Balderas, M. E. Gutiérrez, F. J. Espinosa, I. Fernández, L. Galaviz, F. J. García, D. Lazcano, M. Martínez, M. E. Meave, R. A. Medellín, E. Naranjo, M. T. Olivera, M. Pérez, G. Rodríguez, G. Salgado, A. Samaniego, E. Suárez, H. Vibrans, J. A. Zertuche, V. C. Porfirio, L. Luna, A. Aguirre, A. Samaniego, M. Rodríguez, R. Mendoza. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. *Capital natural de México, vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio/Sarukhán, J. (Coord. gen.)* 277-318 pp.
- Albarrán-Melzer, N. C., L. Rangel-Ruiz y J. Gamboa-Aguilar. 2009. Distribución y abundancia de *Melanooides tuberculata* (Gastropoda:Thiaridae) en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s)*, **25**(1): 93-104.
- Andersen, T. J. 2001. Seasonal variation in erodibility of two temperate, microtidal mudflats. *Coastal and Shelf Science*, **53**: 1-12.
- Appleton, C. 1978. Review of literature on abiotic factors influencing the distribution and life cycles of bilharzias intermediate host snails. *Malacological Review*, **11**: 1-25.
- Araujo, R., D. Moreno y M. A. Ramos. 1993. The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Europe. *American Malacological Bulletin*, **10**(1): 39-49.
- Atkinson, C., S. Opsahl, A. Covich y S. Conner. 2010. Stable isotopic signatures, tissue stoichiometry, nutrient cycling (C and N) of native and invasive freshwater bivalves. *Journal of North American Benthological Society*, **29**: 496-505.
- Bader, R., M. Belk y M. J. Keleher. 2003. The introduction of an invasive snail (*Melanooides tuberculata*) to spring ecosystems of the Bonneville Basin, Utah. *Journal of Freshwater Ecology*, **18** (4): 647-657.



- Barba Macías, E. y C. Trinidad-Ocaña. Nuevos registros de la almeja asiática invasora *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Veneroidea: Cyrenidae) en humedales de las cuencas Papaloapan, Grijalva y Usumacinta. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **88**(2): 450-453.
- Barba-Macías, E., M. Magaña-Vázquez. y J. Juárez-Flores. 2014. Nuevos registros de los gasterópodos *Melanoides tuberculata* (Muller, 1974) y *Tarebia granifera* (Lamarck, 1822) en las cuencas Grijalva, Usumacinta y Tonalá, Pajonal-Machona, Tabasco. Distribución de especies invasoras: casos de estudio en ecosistemas de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) University of Prince Edward Island (UPEI) (eds). Cd. Mx, México. 359-379 pp.
- Ben-Ami, F. y J. Heller. 2005. Spatial and temporal patterns of parthenogenesis and parasitism in the freshwater snail. *Biological Journal of the Linnean Society*, **91**:711-718.
- Ben-Ami, F. y A. Hodgson. 2005. Ovoviviparity and the structure of the brood pouch in *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Prosobranchia: Thiariidae). *Journal of Morphology*, **263**(3): 322-329.
- Berry, A.J., y A. B. Haji Kadri. 1974. Reproduction in the Malayan freshwater cerithiacean gastropod *Melanoides tuberculata*. *Journal of Zoology*, **172**: 369-381.
- Bidwell J.R., J. L. Farris, D. S. Cherry. 1995. Comparative response of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, and the Asian clam, *Corbicula fluminea* to DGH/QUAT, a nonoxidizing molluscicide. *Aquatic Toxicology*, **33**:183-200.
- Bódis, E., B. Tóth y R. Sousa. 2015. Freshwater mollusk assemblages and habitat associations in the Danube River drainage, Hungary. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **26**(2): 319-332.
- Bouchet, P., J.P. Rocroi, B. Hausdorf, A. Kaim, Y. Kano, A. Nützel, P. Parkhaev, M. Schrödl y E. E. Strong. 2017. Revised classification, nomenclator and typification of gastropod and monoplacophoran families *Malacologia*, **61**(1-2): 1-526.
- Britton, J. y S. Fuller. 1979. The freshwater bivalve Molluscs (Unionidae: Sphaeriidae: Corbiculidae) of the Savannah River Plant. South Carolina. The Savannah River Plant Publication. SROH-NERP-3. 43 pp.



- Brusca, R. C y G. J. Brusca. 2005. Invertebrados. Segunda Edición. McGraw Hill. Interamericana de España, S. A. 701-761 p.
- Brusca R. C., W. Moore y S. M. Shuster. 2016. Invertebrates. Sinauer, 500 p.
- Burch, J. B. 1982. Freshwater snails (Mollusca: Gastropoda) of North America. Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati, Ohio. 293 p
- Callisto, M., P. Moreno., J. Goncalves Jr., W. Ferreira y C. Gomes. 2005. Malacological assessment and natural infestation of *Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848) by *Schistosoma mansoni* (Sambo, 1907) and *Chaetogaster limnaei* (K. von Baer, 1827) in an urban eutrophic watershed. *Brazilian Journal of Biology*, **65** (2): 1-12.
- Cárdenas, D., N. Castaño-Arboleda y J. Cárdenas-Toro. 2011. Plantas introducidas, establecidas e invasoras en Amazonia colombiana. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. 6 pp.
- Cebrian, J., A. Stutes., S. Phipps., J. Stutes., B. Christiaen y J. R. Pennock. 2012. Effects of short-term sediment nutrient enrichment and grazer (*Neritina reclinata*) removal on sediment microalgae in shallow eutrophic estuary (Alabama, USA). *Revista de Biología Tropical*, **60** (4): 1578-1706.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- CONABIO. 2008. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (web en línea). Disponible desde Internet en: <<https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/invasoras.html>> [Con acceso el: 31 marzo de 2017.
- Contreras-Arquieta, A., G. Guajardo-Martínez y S. Contreras-Balderas. 1995a. Redescipción del caracol exógeno *Thiara (Melanooides) tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae) y su distribución en México. *Publicaciones biológicas*, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, **8**(1 y 2): 1-16.
- Contreras-Arquieta, A., G. Guajardo-Martínez y S. Contreras-Balderas. 1995b. *Thiara (Melanooides) tuberculata* Müller, 1774 (Gastropoda:Thiaridae) su probable impacto ecológico en México. *Publicaciones Biológicas*, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, **8**(1 y 2):17-24.



- Contreras-Arquieta, A., y S. Contreras-Balderas. 1999. Description, biology and ecological impact of the screw snail, *Thiara tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae) in México. En: R. Claudi y J.H. Leach (eds.) Nonindigenous freshwater organisms: Vectors, biology and impacts. Lewis Publishers, Boca Ratón, 151-160 pp.
- Contreras-Arquieta, A. 1998. New records of the snail *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda:Thiaridae) in the Cuatrociénegas basin, and its distribution in the state of Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, **43**(2): 283-286.
- Coughlan, N., D. Walsh, J. Caffrey, E. Davis, F. Lucy, R. Cuthbert y J. Dick. 2018. Cold as ice: a novel eradication and control method for invasive Asian clam, *Corbicula fluminea*, using pellet dry ice. *Managment of Biological Invasions*, **9**(4): 463-474.
- Cowie, R. y D. Robinson. 2003. Pathways of introduction of nonindigenous land and freshwater snails and slugs. En: Ruiz, G y J. Carlton. Invasive species: Vectors and management strategies. Island press. Washington, D. C. 93-122 pp.
- Cowie, R.H. 2005. *Pomacea canaliculata* (Mollusca). ISSG Data-base-IUNC-Ecology of *Pomacea canaliculata*. (web en línea). Disponible desde Internet en: <<http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Pomacea+canaliculata>> [con acceso el 15 de marzo de 2019].
- Crespo, D., M. Dolbeth, S. Leston, R. Sousa y M. A. Pardal. 2015. Distribution of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the invaded range: a geographic approach with notes on species traits variability. *Biological Invasions*, **17**: 2087-2101.
- Cruz-Asencio, M., R. Florido, A. Contreras-Arquieta y A. J. Sánchez. 2003. Registro del caracol exótico *Thiara (Melanooides) Tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae) en La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. *Universidad y Ciencia*, **19**(38): 101-103.
- Cuezzo, M. G. 2009. Mollusca Gastropoda. In: Domínguez, E. y H.R. Fernández (eds). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 596-629 pp.
- Darrigran, G. y M. Lagreca. 2005. Moluscos Litorales del Estuario del río de la Plata-Argentina. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Disponible en: www.malacología.com.ar.



- Davis, M., y K. Thompson. 2000. Eight ways to be colonizer; two ways to be invader: A proposed nomenclatura scheme for invasion ecology. *Bulletin of the Geological Society of America*, **81**: 226-230.
- De la Hoz Aristizabal, M. 2008. Primer registro en Colombia de *Corbicula fluminea* (Mollusca: Bivalvia: Corbiculidae), una especie invasora. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, **37**(1): 197-102.
- De la Lanza, G., S. Hernández y J.L. Carbajal. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Comisión Nacional del Agua. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México. 339 p.
- Derraik, J. 2008. The potential significance to human health associated with the establishment of the snail *Melanooides tuberculata* in the New Zealand. *New Zealand Medical Journal*, **121**: 25-32.
- Dinger, E., A. E. Cohen, A. Hendrickson y J. C. Marks. 2005. Aquatic invertebrates of Cuatro Ciénegas, Coahuila, México: Natives and exotics. *The Southwestern Naturalist*, **50**(2): 237-246.
- Dudgeon, D. 1986. The life cycle, population dynamics and productivity of *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda, Prosobranchia, Thiaridae) in Hong Kong. *Journal of Zoology*, **208**: 37-53.
- Dudgeon, D. 1989. Ecological strategies of Hong Kong Thiaridae (Gastropoda: Prosobranchia). *Malacological Review*, **22**: 39-53.
- Dundee, D.S., y A. Paine. 1977. Ecology of the snail *Melanooides tuberculata* (Müller), intermediate host of the human liver fluke (*Opisthorchis sinensis*) in New Orleans, Louisiana. *The Nautilus*, **91**(1): 17-20.
- Elkarmi, A.Z y N.S. Ismail. 2007. Growth models and Shell morphometrics of two populations of *Melanooides tuberculata* (Thiaridae) living in hot springs and freshwater pools. *Journal of Limnology*, **66**(2): 90-96.
- Elton, C. 1958. The ecology of invasions by animals and plants. Methuen, Londres. 175 p.
- Escobedo-Morales, L y S. Mandujano. 2007. Viabilidad metapoblacional del mono aullador (*Alouatta palliata mexicana*) en un paisaje altamente fragmentado de Los Tuxtlas,



- Veracruz. *En: Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Instituto Nacional de Biodiversidad. 421-442 pp.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada y M. Martínez-Ramos. 1985. La estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas: un recurso para el estudio y la conservación de las selvas del trópico húmedo. *En: A. Gómez-Pompa y S. Del Amo. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. INIREB-Alhambra Mexicana, 2: 379-393.*
- Facon, B, J. Pointier, M. Glaubrecht, C. Poux, P. Jarne y P. David. 2003. A molecular phyllogeography approach to biological invasions of the New World by parthenogenetic Thiarid snails. *Molecular ecology, 12:3027-2039.*
- Fernández-Álamo, M y G. Rivas. 2007. Niveles de organización en animales. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 254- 267pp.
- Franco, J. N., F. R. Ceia, J. Patricio, V. Modesto, J. Thompson, J.C. Marques y J.M. Neto. 2012. Population dynamics of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in mesohaline and oligohaline habitats: invasion success in a Southern Europe estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 112: 31-39.*
- García-Cubas, A. y M. Reguero. 2007. Catálogo ilustrado de moluscos bivalvos del Golfo de México y Mar Caribe. Universidad Autónoma de México. México, DF. 11-14pp.
- García-Cubas, A., M. Reguero y R. Elizarrarás. 1992. Moluscos del sistema lagunar Chica-Grande, Veracruz, México: sistemática y ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.*
- Goldsmith, R. y D. Heyneman. 1995. Parasitología y medicina tropical. Editorial Manuel Moderno. México. 599 pp.
- González, S, R. Dirzo y R. Vogt. 1997. Historia Natural de Los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 647 p.
- Gutiérrez, A., G. Perera de Puga, M. Yong Cong, J.R. Ferrer y J. Sánchez. 1995. Distribución y posible competencia entre *Melanoides tuberculata* y *Tarebia granifera* (Prosobranchia: Thiaridae) en el lago Habanilla, Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical, 47(2): 93-99.*



- Gutiérrez, D y R. Vogler. 2010. Colonization risks of the invading freshwater gastropod *Melanooides tuberculatus* (Thiaridae) in Río de la Plata (Argentina-Uruguay). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **81**: 537-577.
- Hernández, C., F. Álvarez y J. LA. Villalobos. 2010. Crustáceos asociados a sustrato duro en la zona intermarriage de Montepío, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **81**: S141-S151.
- Hillis, D y R.L. Mayden. 1985. Spread of the Asiatic clam *Corbicula* (Bivalvia: Corbiculacea) into the New World tropics. *Southwestern Naturalist*, **30**(3): 454-456.
- Huanliang, L., L. Hua, Z. Baoxiabg y L. Wei. 1990. Post-larval development of the masticating apparatus of black carp *Mylopharyngodon piceus* (Richardson). *Acta Hydrobiologica Sinica*, **14**: 311-320.
- Huerto, R., S. Vargas Velázquez y C. F. Ortiz Paniagua. 2011. Estudio Ecosistémico del lago de Pátzcuaro: aportes en gestión ambiental para el fomento del desarrollo sustentable. México. Instituto de Tecnología del Agua. Hidalgo. 28p.
- IUCN Red List of Threatened Species. *Corbicula fluminea*. 2012. En: <<http://www.iucnredlist.org/details/155736/0>>. Con acceso el: 3 de agosto de 2018.
- IUNC. 1999. Especies Invasoras exóticas. Cuarta reunión de Organo Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico. Montreal, Canadá del 21 al 25 de junio.
- Ituarte, 1994 *Corbicula* and *Neocorbicula* (Bivalvia: Corbiculidae) in the Paraná, Uruguay, and Río de la Plata Basins. *The Nautilus*, **107**: 129-135.
- Jiménez, B. 2017. Evaluación del índice de integridad biótica (IIB), en el río Las Margaritas, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 73 p.
- Kalesnik, F y A. Malvarez. 2004. Las especies exóticas invasoras en los sistemas de humedales. El caso del Delta inferior del Río Paraná. *Temas de la biodiversidad del litoral fluvial argentino*, **12**:131-138.
- Karatayev, A., L. Burlakova, T. Kesterson y D. Padilla. 2003. Dominance of the Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller) in the benthic community of a reservoir. *Journal of Shellfish Research*, **22**(2):487-493.



- Lehman, H. y P. Hamilton. 1980. Some factors influencing the distribution of the snail *Neritina reclinata*. Northeast Gulf. *Science*, **4**: 67-72.
- Livshits, G., y L. Fishelson. 1983. Biology and reproduction of the freshwater snail *Melanooides tuberculata* (Gastropoda: Prosobranchia) in Israel. *Israel Journal of Zoology*, **32**:21-35.
- López-López, E., J. Sedeño-Díaz, P. Tapia Vega y E. Oliveros. 2009. Invasive mollusks *Tarebia granifera* Lamarck, 1822 and *Corbicula fluminea* Müller, 1774 in the Tuxpan and Tecolutla rivers, México: spatial and sea distribution patterns. *Aquatic Invasions*, **4**(3): 435-450.
- Macdonald, I. A., D. M. Graber, S. De Benedetti y E.R. Fuentes. 1988. Introduced species in nature reserves in mediterranean- type climatic regions of the world. *Biological Conservation*, **44**: 37-66.
- Machado, J y Lopes-Lima. 2011. Calcification mechanism in freshwater mussels: potential targets for cadmium. *Toxicological and Environmental Chemistry*, **93**(9): 1778-1787.
- Majdi, N., L. Bardon y F. Gilbert. 2014. Quantification of sediment reworking by the Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774). *Hydrobiologia*, **732**(1): 85-92.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega. 1010 p.
- Marin, F., N. Le Roy y B. Marie. 2012. The formation and mineralization of mollusk Shell. *Frontiers in Bioscience*, **54**: 1099-1125.
- Martínez Chacon, M. y P. Rivas. 2009. *Paleontología de invertebrados*. Sociedad Española de Paleontología. Universidad de Oviedo. Instituto Geológico y Minero de España. Universidad de Granada. 235p.
- Mathews, S. 2005. Sudamérica invadida. Programa Mundial Sobre Especies Invasoras (GISP). El creciente peligro de las especies exóticas invasoras. Primera edición. Secretaría del GISP. 80 p.
- Mattice, J. S., R. B. McClean y M. B. Burch. 1982. Evaluation of short-term exposure to heated water and chlorine for control of the Asiatic clam (*Corbicula fluminea*). Oak Ridge National Laboratory, Environmental Science Division. Publication No. 1748. U.S. National Technical Information Service, Department of Commerce, Springfield, 33 p.
- McDowell, W.G., A.J. Benson y J.E. Byers. 2014. Climate controls the distribution of a widespread invasive species: implications for future range expansion. *Freshwater Biology*, **59**:847-857



- McMahon, R. 1982. The occurrence and spread of the introduced Asiatic freshwater clam, *Corbicula fluminea* (Müller), in North America: 1924-1982. *The Nautilus*, **96**(4): 134-139.
- McNeely, J., H. Money, L. Neville, P. Scchei y J. Waage. 2001. A global strategy on invasive alien species. IUNC. Gland, Switzerland y Cambridge, UK. En colaboración con Global Invasive Species Programme. 62 p.
- Mellado-Hernández, S., L. J. Rangel-Ruíz, J. Gamboa-Aguilar, J. A. Arévalo de la Cruz, J. Montiel-Moreno, M. García-Morales, S. Arias-García, R. M. Padrón-López, C. J. Pacheco-Figueroa y L. Gama-Campillo. 2015. Riqueza de moluscos acuáticos en las Cuencas Hidrológicas Río Grijalva-Villahermosa y Río Tonalá, Lagunas del Carmen-Machonca en Tabasco, México. *Hidrobiológica*, **25**(2): 239-247.
- Mendoza, R. y P. Koleff. 2014. Introducción de especies exóticas acuáticas en México y en el mundo en R. Mendoza y P. Koleff (coords). Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 17-41 pp.
- Millán, L y J. Ojeda. 2007. Distribución de macroinvertebrados y peces del Río Máquinas, Los Tuxtlas, Veracruz, como información base para la creación de un índice de integridad biótico, Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 79 p.
- Millán, L. A. 2012. Patrón de distribución de los moluscos dulceacuícolas de los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Maestría, Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 125 p.
- Miranda, N. A. F., R. Perissinotto y C. C. Appleton. 2010. Salinity and temperatura tolerance of the invasive freshwater gastropod *Tarebia granifera*. *South African Journal of Science*, **106**(3/4): 1-7.
- Mitchell, A., M. Salmon, D. Huffman, A. Goodwin y T. Brandt. 2000. Prevalence and pathogenicity of heterophyid trematode infecting the gills of an endangered fish, the fountain darter, in two central Texas spring-fed rivers. *Journal of Aquatic Animal Health*, **12**: 283-289.
- Modesto, V., J. Franco, R. Sousa, J. Patricio, J. Marques y J.M. Neto. 2013. Spatial and temporal dynamics of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in relation to environmental variables in the Mondego estuary (Portugal). *Journal of Molluscan Studies*, **79**: 302-309.



- Mouthon, J. 1981. Sur la présence en France et au Portugal de *Corbicula* (Bivalvia: Corbiculidae) originaire D'Itri, F.M. (Ed.), Zebra Mussel and Aquatic Nuisance Species. Ann Arbor Press, Florida. 1-54 pp.
- Moyle, P. y T. Light. 1996. Biological invasions of fresh water: empirical rules and assembly theory. *Biological Conservation*, **78**: 149-161.
- Murray, H. D. 1971. The introduction and spread of thiarids in the United States. *The Biologist*, **53**: 1333-1335.
- Naranjo-García, E. 2003. Moluscos continentales de México: Dulceacuícolas. *Revista de Biología Tropical*, **52**: 495-505.
- Naranjo-García, E. y M.T. Olivera-Carrasco. 2014. Moluscos dulceacuícolas introducidos e invasores, *lrx*. R. Mendoza y P. Koleff (coords.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 337-345 pp.
- Naranjo-García, E. y Z.G. Castillo-Rodríguez. 2017. First inventory of the introduced and invasive mollusks in México. *The Nautilus*, **131**(2): 107-126.
- Orvain, F., P. Saurin, A. Sygut, L. Joassard y P. Le Hir. 2004. Interacting effects of *Hydrobia ulvae* bioturbation and mycophytobenthos on the erodibility of muddat sediments. *Marine Ecology Progress Series*. **27B**: 205-223.
- Oyebayo, O., B. Otarigho y O. Morenikeji. 2016. Conditions of Eyele dam in Ibadan Nigeria inhabited by *Melanooides tuberculata*. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, **7**: 22-31.
- Paganelli, D., G. Sapienza y R. Sconfiatti. 2018. What is the matter with *Corbicula fluminea* (Mollusca: Bivalvia: Cyrenidae)? Occurrence of unusual shell erosion in Northern Italy. *Journal of Natural History*, **52**(41-42): 2665-2676.
- Patrick, H.C., M. N. Waters y S. W. Golladay. 2017. The distribution and ecological role of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in a large and shallow reservoir. *BioInvasion Records*, **6**(1): 39-48.
- Pendarvis, P, y J. L. Crawley. 2014. Exploring Biology in the Laboratory. Segunda edición. Morton Publishing. USA. 541-544 pp.
- Pérez-Rodríguez, R., A. Saldaña-Arias., V. Vicente y A. Badillo-Solís. 2001. Hábitat y presencia de *Thiara (Melanooides) tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae),



en la Presa de Apizaquito, Tlaxcala. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, **1**:15-23.

Pérez-Rojas, A y R. Torres-Orozco. 1992. Geomorfología y batimetría del Lago de Catemaco, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México*, **19**: 19-24.

Peso, J.G., R. E. Vogler y N. D. Pividori. 2010. Primer registro del gasterópodo invasor *Melanooides tuberculata* (Gastropoda, Thiaridae) en el río Uruguay (Argentina-Brasil). *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay*, **9**(93): 231-236.

Pickett, S. y P. S White. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press. New York. 472p.

Piedad, B. M., N. Castaño, D. Cárdenas López, F. de Paula Gutiérrez, D. L. Gil y C. A. Lasso. 2010. Análisis de Riesgo y Propuesta de Categorización de Especies Introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. 17p.

Pimentel, D., S. McNair, J. Janecka, J. Wightman, C. Simmonds, C. O'Connell, E. Wong, L. Russell, J. Zern, T. Aquino y T. Tsomondo. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, **84**: 1-20.

Pointer, J.P., A. Theron y G. Borel. 1993. Ecology of the introduced snail, *Melanooides tuberculata* (Gastropoda: Thiaridae) in the relation to *Biomphalaria glabrata* in the marshy forest zone of Guadeloupe, French west Indies. *Journal of Molluscan Studies*, **59**: 421-428.

Ponder, W y D. R Lindberg. 2008. Phylogeny and Evolution of the Mollusca. University of California Press. 105-201 pp.

Ramírez, M. y B. Urbano. 2014. Moluscos invasores de México. CONABIO. *Biodiversitas*, **112**:6-9.

Rangel-Ruíz, L. J. y J. Gamboa. 2001. Diversidad malacológica en la region maya I. "Parque estatal de la Sierra", Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana*. **82**: 1-12.



- Rangel-Ruiz, L. J., J. Gamboa, M. García y O. M. Ortiz. 2011. *Tarebia granifera* (Lamarck, 1822) en la región hidrológica Grijalva-Usumacinta en Tabasco, México. *Acta Zoologica Mexicana (n. s.)*, **27**(1): 103-114.
- Ricciardi, A y J.B. Rasmussen. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conservation Biology*, 13(5): 1220-1222.
- Sahlin, U. 2003. Risk analysis of alien species. Introductory paper 152. Lund University, Department of Ecology, Chemical Ecology and Ecotoxicology, Lund, Suecia.
- Saxena, A. 2005. The Book of Mollusca. Discovery Publishing house. New Dheli. 1- 20 pp.
- Scheller, J. 1997. The effect of dieoffs of Asian clams (*Corbicula fluminea*) on native freshwater mussels (Unionidae). Thesis Master of Science in Biology. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and Virginia State University. EUA. 100 p.
- Schiffbauer, J. 2009. *Anentome helena* (Meder, 1847) the assassin snail. *Arthropoda*, **17** (1): 60-65.
- Schlaepfer, M., P. Sherman, B. Blossey y M.C. Runge. 2005. Introduced species as evolutionary traps. *Ecology Letters*, **8**: 241-246.
- Serruya, C. 1978. Lake kinneret. Publishers The Hague. Londres. 383-384 pp.
- Silva, E. C., J. Malozzi y M. Callisto. Size-mass relationships of *Melanooides tuberculatus* (Thiariadae: Gastropoda) in a eutrophic reservoir. *Zoología*, **27** (5): 691-695.
- Sousa, R., C. Antunes y L. Guilhermino. 2008. Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, **44**(2): 85-94.
- Sturrock, R. 1993. The intermediate host and host parasite relationships. En: Jordan, P., G. Webbe, G, R. Sturrock (Eds.). Human Schistosomiasis. CAB International, Wallingford. 33-85 p.
- Suárez-Caballero, J.L. 2018. Análisis de diversidad de moluscos y crustáceos en la playa de Balzapote, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 98 p.



- Subda-Rao, N., y S. C. Mitra. 1982. Bioecology of two melania snails (Mollusca: Gastropoda) in ponds near Calcutta. *Journal of the Zoological Society of India*, **34** (1/2): 21-32.
- Tapia, M y L. Zambrano. 2003. From aquaculture goals to real social and ecological impacts: carp introduction in rural central Mexico. *Ambio*, **32**:252-257.
- Tinajero, R., A. Partida-Pérez y M. P. Bermúdez-González. 2018. Primer registro del caracol viajero invasor *Melanooides tuberculata* (Gastropoda:Thiaridae) en San Luis Potosí, México. *Hidrobiológica*, **28**(3): 349-351.
- Torres-Orozco, B., y E. Revueltas-Valle. 1996. New southernmost record of the Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae), in México. *The Southwestern Naturalists*, **41** (1): 60-98.
- Torres-Orozco, R., C. Jiménez-Sierra y J.L. Buen-Abad. 1994. Caracterización limnológica de dos cuerpos de agua tropicales de Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, **21**(1/2): 107-117.
- Trinidad-Ocaña, J., J. F. Miranda-Vidal., J. Juárez-Flores y E. Barba-Macías. 2016. Distribución y densidad de moluscos invasores de la familia Thiaridae en diferentes ambientes dulceacuícolas de Tabasco, México. *Hidrobiológica*, **26** (3): 59-68.
- Vital, X. G. 2013. Diversidad y distribución de los opistobranquios bénticos (Mollusca: Gastropoda) de Montepío, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 57 pp.
- Vázquez, G., E. Díaz-Pardo, A. Gutiérrez-Hernández., I. Doadrio y A. de Sosta. 2004. Los ríos y los lagos. En: Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. Los Tuxtlas. El paisaje de la Sierra. Instituto de Ecología. 201-226 p.
- Vogler, R., V. Núñez, D. Gutiérrez-Gregoric, A. Beltamiro y J. G. Peso. 2012. *Melanooides tuberculata*: The history of an Invader. En: Hämäläinen, I. y S. Järvinen. Snail. Biology, Ecology and Conservation. 105 pp.
- Wittmann, M., S. Chandra, J. E. Reuter, A. Caires, S. G. Schladow y M. Denton. 2012. Harvesting an invasive bivalve in a large natural lake: species recovery and impacts on native benthic macroinvertebrate community structure in Lake Tahoe, USA. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **22**: 588-597.



Work, K., y C. Mills. 2013. Rapid population growth countered high mortality in a demographic study of the invasive snail, *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774), in Florida. *Aquatic Invasions*, **8**(4): 417-425.

Yakovenko, V., O. Fedonenko, O. Klimenko y O. Petrovsky. 2018. Biological control of the invasive snail species *Melanooides tuberculata* and *Tarebia granifera* in Zaporizka Nuclear Power Plant cooling pond. *Ukrainian Journal of Ecology*, **8**(1): 975-982.

Yousif, F., A. Ibrahim, S. Sleem, S. El-Bardicy y M. Ayoub. 2009. Morphological and genetic analyses of *Melanooides tuberculata* populations in Egypt. *Global Journal of Molecular Science*, **4**:112-117.



GLOSARIO

A

Abertura de la concha: Orificio de la concha que se presenta en la última vuelta y da salida al pie y la cabeza. En los gasterópodos de concha en forma de espiral, el borde cercano al eje de enrollamiento da lugar al labio interno y externo.

Acuarofilia: Es la afición por la cría de organismos acuáticos en acuarios, bajo condiciones controladas principalmente de organismos exóticos.

Acuicultura: Técnica controlada del cultivo de especies acuáticas vegetales y animales.

Agua de lastre: Agua de carga y descarga que contiene organismos en suspensión que es utilizada para estabilizar los buques en el mar.

Agua léntica: Cuerpo de agua en donde, el agua se encuentra estancada y es de movimiento lento. Ejemplo: lagunas, charcas y humedales.

Agua lótica: Cuerpo de agua en el cual el movimiento del agua va en una sola dirección impulsado por la gravedad. Ejemplo: ríos, manantiales y arroyos.

Ápice: Parte superior de la concha de los gasterópodos que se forma primero y generalmente es de forma puntiaguda.

Aurícula: Extensión anterior o posterior de las valvas de los bivalvos a lo largo de la línea paleal.

B

Bipectinado: Se refiere a las branquias bipectinadas de los moluscos que tienen forma de peine triangular y están acomodados alternamente.

Branquia: Órgano respiratorio que poseen algunos invertebrados, en los moluscos se llama ctenidio.



C

Canal sifonal: Extensión anterior de forma tubular que se encuentra en la apertura de la concha y da lugar al sifón.

Cavidad paleal: Cavidad formada por el manto que protege a los órganos sensoriales.

Charnela: Articulación de las dos valvas compuesta por los dientes, foseas y el ligamento.

Columela: Eje central por el cual se enrolla la concha de los gasterópodos, constituye la parte inferior del labio interno.

Concha: Estructura calcárea que protege el cuerpo de la mayoría de los moluscos secretada por el manto. Se compone de tres capas: capa nacarada (capa interna), capa prismática y el periostraco (capa externa).

Condición abiótica: Factores físicos o químicos que se encuentran en el ecosistema para la sobrevivencia de los organismos

Ctenidios: Órgano respiratorio en forma de láminas, también son utilizados para la recolección de alimentos en moluscos filtradores (Bivalvos).

D

Detorsión: Fenómeno que se da en la mayoría de los gasterópodos opistobranquios en donde la torsión original se invierte y como consecuencia, la cavidad paleal gira 90° de nuevo a la derecha o regresan a la parte posterior del animal.

Detritus: Partículas de materia orgánica muerta como hojas, corteza de los árboles, fragmentos del cuerpo y desechos de animales.

Dispersión: Distribución de los organismos de una población de su área original a otra, que permite a los organismos poder establecerse en áreas nuevas.

Diversidad biológica: Variedad y variabilidad de los seres vivos y de los complejos ecológicos que integran todos los niveles de organización biológica.



E

Especie anádroma: Especie que vive en el mar y viaja a agua dulce para desovar.

Especie catádroma: Especie que vive en agua dulce, pero se traslada al mar para desovar.

Especie invasora: Especie exótica que se ha establecido en ecosistemas en los cuales no es su distribución original y amenaza la biodiversidad nativa.

Especie exótica: Especie que se encuentra fuera de su área de distribución natural.

Especie nativa: También llamadas especies autóctonas o indígenas. Especies que ocupan su área de distribución natural sin la intervención del hombre, es decir por procesos de adaptación a las condiciones del ambiente.

Espira: Conjunto de vueltas en la concha de los gasterópodos.

Etapas de dispersión: Proceso de expansión del rango de distribución de la especie exótica.

Etapas de establecimiento: Fase de la invasión en la cual las especies exóticas sobreviven, se reproducen y mantiene poblaciones en la región receptora.

Etapas de introducción: proceso mediante el cual una especie cruza una barrera geográfica ya sea por la expansión de su área de distribución o por la actividad humana.

Eutroficación: Proceso natural o antropogénico en la cual los cuerpos de agua como lagos, lagunas o ríos aumentan en materia orgánica (algas y plantas) y nutrientes, provocando la disminución en la diversidad de especies.

F

Filtración: Modo de alimentación en el cuál, algunos organismos separan los sólidos del agua.



Fosetas: Cavidades de la charnela que corresponden a los dientes de la valva opuesta.

G

Gonoporo: Apertura genital que se encuentra en la mayoría de los invertebrados.

H

Hermafrodita: Organismo que posee los dos órganos sexuales, tanto masculino como femenino.

Hábitat: Espacio donde se conjuntan factores bióticos y abióticos que influyen en el desarrollo de los organismos.

I

Introducción: Actividad causada por la acción humana o de manera natural de una especie fuera de su área de distribución nativa.

Invasión: Proceso mediante el cual una especie exótica se convierte en especie invasora.

L

Larva pediveliger: Etapa de transición de la larva véliger que se caracteriza por tener un pie para poder tener una vida natatoria.

Larva trocófora: Primer estadio larval de los moluscos en el cual se empieza a formar la concha, se desplaza utilizando una corona de cilios y se alimenta de las reservas del huevo.

Larva véliger: Estado larvario exclusivo de los moluscos de vida libre que presenta órganos como el pie, manto, concha larvaria y un órgano nadador llamado velum con lobulos ciliados que le permiten desplazarse.

Ligamento: Estructura calcificada que mantiene las valvas de los bivalvos unidas internamente.



M

Manto: Estructura de los moluscos que cubre la masa visceral. El epitelio superior secreta la concha.

Masa visceral: Tejido que protege los órganos de los moluscos.

N

Nefridio: Órgano excretor de los invertebrados.

Nefridióporo: Abertura excretora del nefridio.

Nicho: Espacio n-dimensional que ocupa una población en el ecosistema.

O

Oligotrófico: Cuerpo de agua con baja producción primaria y de nutrientes especialmente nitrógeno y fósforo.

Opérculo: placa calcárea que tiene origen sobre la región dorsal posterior del pie de los gasterópodos. Tiene como función el cierre de la abertura cuándo el caracol se contrae.

Osfradio: Órgano sensorial de los moluscos destinado a captar estímulos químicos olfativos.

Ovovivíparo: Desarrollo embrionario que se produce dentro del huevo.

P

Palpos bucales: Estructura bucal de los bivalvos capaz de seleccionar el alimento para conducirlo posteriormente a la boca.

Partenogénesis: Capacidad del óvulo de desarrollarse sin que haya sido fecundado.

Pie: Órgano locomotor característico del phylum Molusca que les permite desplazarse.

Presión del propágulo: Medida compuesta que se refiere al número de individuos que se han liberado en una región en la cual no son nativos.



Propagación: Capacidad que tiene una especie invasora para poder dispersarse.

Protoconcha: Concha embrionaria, situada en el ápice dirigida hacia la región anterior de la concha.

R

Rádula: Región bucal exclusiva de los moluscos compuesta por una banda de dientes empleada para poder raspar y triturar el alimento.

Reproducción partenogénica: Tipo de reproducción asexual en donde el óvulo se desarrolla sin que se produzca la fecundación.

S

Sifón: Estructura en forma de tubo que sirve para la entrada de agua con alimento y oxígeno, y de salida a los productos de desecho.

Sifón exhalante: Abertura en posición lateral por el que sale agua, los productos de desecho y los gametos.

Sifón inhalante: Abertura branquial en posición superior, por el que entra agua y alimento. Desemboca en la cámara faríngea.

T

Tentáculos sensoriales: Prolongaciones cefálicas presentes en gasterópodos.

Torsión: Fenómeno que se da en la concha de los gasterópodos. Consiste en un giro de 180° de la masa visceral, el manto y la concha con respecto al cefalón y el pie. Va ocurriendo durante el desarrollo larval del molusco, el resultado de éste fenómeno es que las visceras se desplazan a la izquierda, el ano y la cavidad del manto se posicionan sobre la boca y la cabeza.



U

Umbo: Vértice de las valvas en gasterópodos.

Unionidae: Familia de moluscos bivalvos de agua dulce que carecen de cabeza, la forma de las valvas es puntiaguda y poseen un pie. Los adultos llegan a medir entre 30 a 250 mm. Se distribuyen en Norte América, Asia y África.

V

Valva: Cubierta calcárea rígida, secretada por el manto de algunos moluscos.

Vector: Agente que transmite o propaga un patógeno a otro ser vivo.

Z

Zooplankton: Organismos de vida libre que viven suspendidos en la columna de agua compuestos por crustáceos, rotíferos, larvas de insectos, etc.

APÉNDICE

Especie	Localidad	Coordenadas	Fuente
<i>Corbicula fluminea</i>	Nacimiento del Río Atoyac, Veracruz, México	-96.876300817, 18.9270843	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Coatzacoalcos, Veracruz, México	-95.35179039, 17.7768919	Portal de Datos Abiertos,



			UNAM, Colecciones Biológicas.
	Rancho Mota, Atoyac, Veracruz, México	-96.79310933, 18.910022	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Zona alta, Río Máquinas, Veracruz, México	-95.089763, 18.612561	Este estudio
	Zona media, Río Máquinas, Veracruz, México	-95.095641, 18.635689	Este estudio
	Ayuquila, Jalisco	-104.2789451, 19.8414876	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Presas La Vega, Teuchitlán, Jalisco, México	-103.883245, 20.6379428	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Ameca, Puente de la Esperanza, Jalisco, México	-104.02399843, 20.5430892	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Lago de Chapala en San Juan Cosala, Jalisco, México	-103.3579615, 20.2895719	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Sierra Vainilla, Jalisco, México	-104.3145881, 19.7930752	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Ameca, 100 m río arriba del puente San Antonio de la Vega, Jalisco, México	-103.9028172, 20.5899488	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Ameca, Jayamitla, Jalisco, México	-104.1791377, 20.5904596	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.



	Reserva de los Montes Azules, Brazo del Río Lacantún, Chiapas, México	-91.5000369, 16.8333137	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Reserva de los Montes Azules, Río Lacantún, Chiapas, México	-91.5000369, 16.8333137	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Chajul, Chiapas, México	-91.0577776, 16.1071412	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Reserva de Los Montes Azules, Arroyo Lagarto, Chiapas, México	-91.5020385, 16.8333334	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Reserva de Los Montes Azules, Río Chajul, Chiapas, México	-91.0199312, 16.0994086	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Huapoca (Oeste de Madera), Chihuahua, México	-108.3225628, 29.1790383	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Arroyo en Padre Jesús Maldonado, bajo puente Km 46 autopista Cuatemoc-Chihuahua, Chihuahua, México	-106.355, 28.33422	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Conchos, Chihuahua, México	-104.7436037, 29.5410177	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Ojinga, Río Bravo en la brecha de Puliques, Chihuahua, México	-104.39458, 29.55367	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Durango, México	-107.0860264, 24.5833429	Portal de Datos Abiertos,



			UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Tural, El Saltito, Durango, México	-104.31708, 23.94603	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Poblado "En el Nombre de Dios", Río El Tunal, Durango, México	-104.6080365, 23.846333	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Poblado "En el Nombre de Dios", Río Durango, Durango, México	-104.6080365, 23.846333	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Ciudad Valles, Río Valles Los Napoles, San Luis Potosí, México	-99.0191622, 21.9803372	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Ciudad Valles, Río Valles Los Napoles, San Luis Potosí, México	-99.0191622, 21.9803372	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Axtla de Terrazas, Río Axtlas, San Luis Potosí, México	-98.881837, 21.4378899	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Ciudad Valles, Río Valles Los Napoles, San Luis Potosí, México	-99.0191622, 21.9803372	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Las Adjuntas, Río Santiago y Huayamola, Nayarit, México	-105.2280243, 21.0883448	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Las Adjuntas, Río Huaynamota y Río Santiago, Nayarit, México	-105.2280243, 21.0883448	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Punta Mita, Nayarit, México	-105.536033, 20.7809168	Portal de Datos Abiertos,



			UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Juchipala, Zacatecas, México	-103.1405938, 21.371715	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	La Mesa, Colima, México	-103.7704053, 19.3196398	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Lázaro Cárdenas, Michoacán, México	-102.13833, 17.95861	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Oaxaca, México	-96.8057725, 17.0814502	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Yaqui, Soyopa, Sonora, México	-109.6346496, 28.7630272	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.

Especie	Localidad	Coordenadas	Fuente
<i>Melanooides tuberculata</i>	Lago de Catemaco, Veracruz, México	-95.1063295, 18.4074756	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Papaloapan, Veracruz, México	-95.9419164, 18.35894	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.



	Poza Rica, Veracruz, México	-97.4655429, 20.5261813,	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Rancho Mota, Atoyac, Veracruz, México	-96.7931093, 18.910022	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Apazapan, Veracruz, México	-96.7199927, 19.3158032	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Zona alta, Río Máquinas, Veracruz, México	-95.089763, 18.612561	Este estudio
	Zona media, Río Máquinas, Veracruz, México	-95.095641, 18.635689	Este estudio
	Zona baja, Río Máquinas, Veracruz, México	-95.0947, 18.6421116	Este estudio
	Laguna Potrero Grande, Colima, México	-104.1047306, 19.3135983	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Madrid, Colima, México	-103.8794232, 19.0848552	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Periquillos, Cofradía y Arroyo Verde, Colima, México	-103.8420984, 19.046618	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Cuitzamala, La Huerta, Jalisco, México	-104.9895881, 19.3839085	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Las Juntas, Jalisco, México	-105.2685989, 20.6706897	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.



	Río Ameca, Jalisco, México	-104.6439606, 20.8687927	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Los Perros, Oaxaca, México	-95.0339154, 16.4474616	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Playa Miguel Alemán, Oaxaca, México	-96.5091173, 18.2435901	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Presa Miguel Alemán, Temascal, Oaxaca, México	-96.5073755, 18.2292215	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Presa de Temascal, Oaxaca, México	-96.4142285, 18.2330329	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Arroyo, Oaxaca, México	-96.7113644, 17.2496122	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Santo Domingo, Oaxaca, México	-96.6389908, 18.0270746	
	Cascadas de Copolitilla, Oaxaca, México	-96.1343512, 15.9086074	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Zimatán bajo, Oaxaca, México	-96.0261855, 15.9398355	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Coyula, Oaxaca, México	-96.3146648, 15.7036372	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Copalito, Puente Copalita, Oaxaca, México	-96.706659, 17.0828711	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.



	Puente Petatengo, San Miguel del Puerto, Oaxaca, México	-96.1729261, 15.9202909	Portal de Datos Abiertos, UNAM,Colecciones Biológicas.
	Lago de Tequesquitengo, Morelos, México	-99.2867545, 18.6202404	Portal de Datos Abiertos, UNAM,Colecciones Biológicas.
	Tetecatitla, Morelos, México	-99.1854331, 18.7688927	Portal de Datos Abiertos, UNAM,Colecciones Biológicas.
	Tetecala, Morelos, México	-99.3975379, 18.7271299	Portal de Datos Abiertos, UNAM,Colecciones Biológicas.
	Acuario, Ciudad de México	Sin datos	Portal de Datos Abiertos, UNAM,Colecciones Biológicas.
	Laguna La Mona, Tabasco, México	-92.82444, 18.2425	Portal de Datos Abiertos, UNAM,Colecciones Biológicas.
	Teapa, Piscifactoría, Tabasco, México	Sin datos	Portal de Datos Abiertos, UNAM,Colecciones Biológicas.
	Río Chancalapa, Chiapas, México		Portal de Datos Abiertos, UNAM,Colecciones Biológicas.
	Presa Chicoasen, Usumacinta, Chiapas, México	-93.1027447, 16.9416721	Portal de Datos Abiertos, UNAM,Colecciones Biológicas.
	Arroyo en carretera Paraíso, Chiapas, Arriaga, México	-93.8505, 16.40256	Portal de Datos Abiertos, UNAM,Colecciones Biológicas.



	Arroyo Pato-Pique, Cintalapa, Chiapas, México	Sin datos	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Agua caliente, Baja California Sur, México	-109.7788104, 23.4404616	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	La Unión de Isidoro Montes de Oca, Riachuelo por la carretera federal Zihuatanejo-Cátedenas, Guerrero, México	-101.8153863, 17.9836735	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.

Especie	Localidad	Coordenadas	Fuente
<i>Neritina usnea</i>	Laguna de Mandinga, Laguna Grande, Veracruz, México	-96.1710491, 19.0788868	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Tecolutla cerca de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México	-97.1442973, 20.3937117	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Laguna de Alvarado, Veracruz, México	-95.8268257, 18.7451979	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Coatzacoalcos, Cerca del poblado de Barrangatitlán, Veracruz, México	-94.464, 18.023	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Coatzacoalcos, Río Coatzacoalcos, Arroyo Playón, Veracruz, México	-94.4595459, 18.1103231	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Coatzacoalcos, Arroyo El Prieto, Veracruz, México	-94.7790291, 17.7788802	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.



	Río Coatzacoalcos, Arroyo San Regino, Veracruz, México	-94.4193082, 18.051775	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Coatzacoalcos, Arroyo de la Chiva, Veracruz, México	-94.7824583, 17.7799025	Portal de Datos Abiertos, UNAM, Colecciones Biológicas.
	Río Máquinas, Zona alta, Veracruz, México	-95.089763, 18.612561	Este estudio
	Río Máquinas, Zona media, Veracruz, México	-95.095641, 18.635689	Este estudio

