



Interacciones multitróficas en un humedal urbano artificial: La macrófita *Chara* sp. (Charophyta, Characeae) y su asociación con gasterópodos

Multitrophic interactions in an artificial urban wetland: The macrophyte *Chara* sp. (Charophyta, Characeae) and its association with gastropods

Miranda, María J.^{1*}; María de los Á. Taboada²; María S., Bustos²

¹ Facultad de Ciencias Naturales e IML, UNT. Instituto de Biodiversidad Neotropical (IBN, CONICET-UNT).

² Instituto de Ecosistemas de Aguas Continentales, Fundación Miguel Lillo (FML), Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

* Autor corresponsal: <mirandamjo@csnat.unt.edu.ar>

Resumen

El lago San Miguel es un humedal artificial ubicado en San Miguel de Tucumán. La macroalga *Chara* sp., es un componente importante entre las macrófitas de este cuerpo de agua. Su presencia aumenta la heterogeneidad del hábitat y repercute en la biodiversidad. Los moluscos utilizan a las algas como hábitat y se alimentan del perifiton asociado y *Chara* sp. se beneficia porque disminuye su competencia por la luz y nutrientes con el perifiton. Analizar esta relación contribuiría a comprender la dinámica ecosistémica del humedal. Los objetivos fueron determinar la riqueza perifítica y malacológica asociada a *Chara* sp., y establecer si existe interacción multitrófica entre ellos. Se recolectaron especímenes de *Chara* sp. en una transecta marginal, en aguas bajas y altas. Se identificaron las especies de microalgas y gasterópodos, determinándose que la composición fue similar entre estaciones. En asociación con *Chara* sp. se registraron 48 taxones algales, 4 especies de gasterópodos y masas de huevos. Entre los gasterópodos se identificó la especie exótica *Melanoides tuberculata*, predominante sobre las especies nativas,

► Ref. bibliográfica: Miranda, M.; Taboada, M. de los Á.; Bustos, M. S. 2025. Interacciones multitróficas en un humedal urbano artificial: La macrófita *Chara* sp. (Charophyta, Characeae) y su asociación con gasterópodos. *Lilloa* 62 – Suplemento N° 2: "Interacciones biológicas en un mundo cambiante": 295-315. doi: <https://doi.org/10.30550/j.lil/2145>

► Recibido: 17 de marzo 2025 – Aceptado: 19 de junio 2025 – Publicado: 27 de junio 2025.

► URL de la revista: <http://lilloa.lillo.org.ar>



► Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

siendo este su primer registro para el NOA. No se observó variación en la riqueza del ficoperifiton debida a los moluscos, sin embargo, sería importante evaluar fluctuaciones poblacionales a lo largo del año. La observación de los especímenes recolectados reveló que existen signos de alimentación por raspado en la superficie de *Chara* sp. De forma coincidente, se detectaron restos del alga en el contenido estomacal de *M. tuberculata*. Comprender los cambios en la composición de especies en los ecosistemas es vital para entender cómo podrían verse afectados su funcionamiento y servicios ecosistémicos. Estos resultados revelan la necesidad de continuar los muestreos durante al menos un ciclo anual e incorporar la medición de nuevas variables bióticas y fisicoquímicas, para profundizar el conocimiento de las interacciones entre las comunidades acuáticas.

Palabras clave: Biodiversidad; funcionamiento de los ecosistemas; *Melanooides tuberculata*; perifiton.

Abstract

Lake San Miguel is an artificial wetland located in San Miguel de Tucumán. The macroalga *Chara* sp. constitutes a significant component among the macrophytes of this water body. Its presence increases habitat heterogeneity and impacts biodiversity. Mollusks use the algae as habitat and feed on the associated periphyton, and *Chara* sp. benefits because this reduces its competition for light and nutrients with the periphyton. Analyzing this relationship will contribute to understanding the ecosystem dynamics of this wetland. Our objectives were to determine the periphytic and malacological richness associated with *Chara* sp., and to establish the presence of multitrophic interactions between them. Specimens of *Chara* sp. were collected along a marginal transect during high and low water level periods. The species of microalgae and gastropods were identified, determining that the composition was similar between both sampling periods. In association with *Chara* sp., 48 algal taxa, 4 species of gastropods, and egg masses were recorded. Among the gastropods, the exotic species *Melanooides tuberculata* was identified, with a significant predominance over the native species. This is the first record for the NOA. No variation in the richness of the periphyton was observed due to the mollusks; however, it would be important to evaluate population fluctuations throughout the hydrological year. The observation of the collected specimens revealed that there are signs of scraping feeding on the surface of *Chara* sp. Coincidentally, remnants of the algae were detected in the stomach contents of *M. tuberculata*. Understanding changes in species composition in ecosystems is vital to comprehend how their functioning and ecosystem services might be affected. These results reveal the need to continue sampling for at least one annual cycle, along with the need to incorporate the measurement of new biotic and physicochemical variables, to increase the understanding of interactions between aquatic communities.

Keywords: Biodiversity; ecosystem functioning; *Melanooides tuberculata*; periphyton.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas complejos, que incluyen una gran diversidad de formas y ambientes, y se encuentran entre los medios más productivos del mundo. Constituyen importantes reservorios de diversidad biológica y son fuente de agua y productividad primaria para la biota que los habita (Secretaría de la convención de Ramsar, 2006; Vizcardo y Gil-Kodaka, 2015). Los cuerpos de agua artificiales también se engloban dentro del concepto de humedales (Schnack *et al.*, 2000) y sus características de extensión, profundidad y ubicación, entre otras, los hacen vulnerables a las actividades antrópicas. Estas acciones provocan, con frecuencia, el crecimiento excesivo de plantas acuáticas y de algas que interfieren en el funcionamiento normal del ecosistema (Mancini *et al.*, 2012). Estos sistemas se desarrollan en suelos anegados, con el nivel freático en la superficie o cerca de ella, donde son comunes las macrófitas (Claverie *et al.*, 2021).

Las macrófitas incluyen comunidades de organismos fotosintéticos adaptados a ambientes húmedos, tales como plantas acuáticas y macroalgas, y junto a las microalgas son componentes importantes de los humedales y son responsables de la producción primaria (Medeiros y Henry-Silva, 2017; Claverie *et al.*, 2021). Asimismo, influyen en los ciclos de nutrientes, proporcionan estructura física y aumentan la complejidad y heterogeneidad del hábitat, generando la disponibilidad de refugios, sitios de alimentación y reproducción, lo cual repercute en la estructura de las poblaciones, la densidad, y composición de la biodiversidad de especies nativas y exóticas (Kraufvelin, 2009; Mormul *et al.*, 2010; Thomaz y Ribeiro da Cunha, 2010; Medeiros y Henry-Silva, 2017; Claverie *et al.*, 2021). Desempeñan además un rol clave en la composición del ecosistema al participar de las interacciones multitróficas.

Una macrófita importante en muchos ambientes es el alga *Chara* sp. (Charophyta, Characeae), que tiene una alta tasa de absorción de carbono, nitrógeno y fósforo, y ayuda a mantener las concentraciones de nutrientes en el agua en niveles bajos, evitando el crecimiento excesivo del fitoplancton (Albertoni, 1999). Las especies de *Chara* se encuentran enraizadas o ancladas en el sustrato y crecen por debajo de la superficie del agua (Denny, 1985; Chambers *et al.*, 2008). Presentan un talo rígido y áspero que se dispone en un eje dividido en nudos y entrenudos, con ramificaciones dispuestas en verticilos (Fig. 1). Dicha morfología, otorga una extensa superficie para la colonización de una gran comunidad perifítica, conformada por diversos organismos (algas, bacterias, hongos, protozoos y microcrustáceos) que constituyen un importante recurso alimentario para los invertebrados acuáticos (Albertoni, 1999; Guerrero Lizarazo *et al.*, 2021).

Según Mormul *et al.* (2010) existen importantes interacciones entre macrófitas, epífitas e invertebrados. Estas interacciones pueden estar mediadas por la quimiorrecepción ya que algunas especies de macrófitas liberan compuestos químicos que los caracoles detectan.



Fig. 1. Morfología del talo de *Chara*. A) Aspecto de la planta. B) Detalle de nudos, entrenudos y ramificación en verticilos. C) Detalle de estructura reproductiva. D) Epífitas filamentosas creciendo sobre el talo.

Fig. 1. Morphology of the thallus of *Chara*. A) Plant aspect. B) Detail of nodes, internodes, and verticillate ramification. C) Detail of reproductive structure. D) Filamentous epiphytes growing on the thallus.

Ciertas sustancias actúan como inhibidores para algunas especies, y como estimulantes o atrayentes para otras, por lo cual la interacción sería especie-específica. Esta relación beneficia tanto a las macrófitas como a los moluscos, ya que los caracoles se alimentan del perifiton asociado a la macroalga y también de tejidos de las macrófitas. Los caracoles también disponen de un sustrato para oviponer y protegerse de depredadores (Li *et al.*, 2009a). Las algas por su parte pueden beneficiarse del pastoreo realizado por los caracoles, porque eliminan la cubierta epifítica, lo que disminuye su competencia por la luz solar y los nutrientes con el perifiton (Li *et al.*, 2009b; Medeiros y Henry-Silva, 2017).

El patrón alimentario de los moluscos tiende a favorecer a ciertas microalgas perifíticas de *Chara* sp. ya que promueve la regeneración de la comunidad.

Los caracoles presentan herbivoría selectiva sobre el perifiton, prefiriendo ciertas especies, además de que pueden elegir el área o microhábitat donde se alimentan (Mormul *et al.*, 2010; Medeirosa y Henry-Silva, 2017; Loo, 2021). Así, la presión de depredación sobre la comunidad perifítica puede provocar la desaparición de algunas especies, haciendo que otras se vuelvan dominantes, y de esta manera alteran la dinámica trófica en los ecosistemas acuáticos (Vasconcelos *et al.*, 2013). El incremento de las densidades poblacionales de los gasterópodos puede afectar negativamente el crecimiento de las macrófitas, dado que son capaces de modificar sus hábitos alimentarios al reemplazar el consumo del perifiton por el tejido vegetal (Li *et al.*, 2009a; Medeirosa y Henry-Silva, 2017).

Los lagos urbanos son humedales artificiales de importancia como fuentes de biodiversidad, sumideros de carbono y por su valor paisajístico (World Water Quality Alliance [WWQA Ecosystems], 2023). Sufren el impacto del uso intensivo, el vertido de aguas residuales, la eutrofización, entre otros, que afectan su biodiversidad (Mancini *et al.*, 2012; Chaves Ramírez, 2022). Resulta necesario abordar el análisis de la biodiversidad de estos ambientes y de las interacciones multitróficas que en ellos se dan. El Lago San Miguel, en la provincia de Tucumán, es un ecosistema de origen antrópico, en el que estudios previos describieron su comunidad fitoplanctónica (Taboada y Bustos, 2021, 2022a, 2022b; Taboada *et al.*, 2021). Recientemente, se identificaron algunas especies de macrófitas y de moluscos asociadas a la macroalga *Chara* sp. en dicho cuerpo de agua (Miranda *et al.*, 2024; Taboada *et al.*, 2024). Analizar la relación entre *Chara* sp., el perifiton y los gasterópodos puede contribuir a comprender de qué manera esta macroalga influye en el establecimiento, diversidad y densidad poblacional de estos grupos lo que afectaría la dinámica ecosistémica de este humedal urbano.

Los objetivos de este estudio fueron determinar la composición en la riqueza perifítica y de moluscos asociada a *Chara* sp., y determinar si existe interacción multitrófica entre el alga y su biota asociada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El lago San Miguel es un humedal artificial ubicado a los 26° 49' 58,29" S y 65° 11' 20,80" W, en el Parque 9 de Julio de la ciudad de San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina (Fig. 2). Tiene una superficie aproximada de 3 hectáreas y una profundidad máxima de 1,5 m. El suministro de agua proviene de un sistema de bombeo de agua subterránea y drena hacia un canal urbano que aporta agua al río Salí. Su principal uso es recreativo y por estar inmerso en la ciudad, su presencia contribuye a disminuir contaminantes de la escorrentía a través de la sedimentación, la absorción biológica y la filtración por las macrófitas (Persson, 2012).

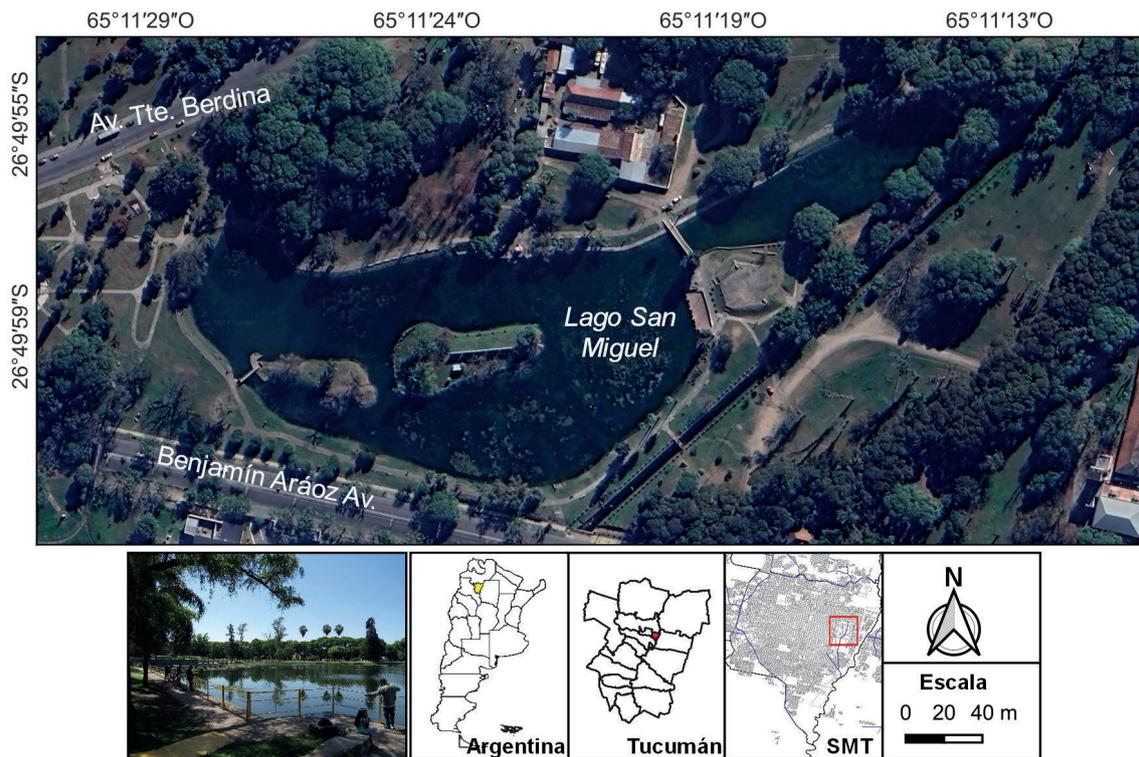


Fig. 2. Área de estudio. Ubicación del Lago San Miguel en el Parque 9 de Julio de la ciudad de San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. Fuente: Google Earth.

Fig. 2. Study area. Location of San Miguel Lake in Parque 9 de Julio, San Miguel de Tucumán city, Tucumán, Argentina. Data source: Google Earth.

El clima regional es subtropical con estación seca en el período de marzo a octubre. Las temperaturas medias varían de 18 a 20 °C y la precipitación anual entre 900 y 1.000 mm (Guido y Sesma, 2014).

Se llevaron a cabo relevamientos en aguas altas (verano/2024), y aguas bajas (invierno/2024). Los muestreos de macrófitas se realizaron en el área litoral del cuerpo de agua, debido a la presencia de especies arraigadas y a la posibilidad de acceso. Se recolectaron muestras de 10 a 30 especímenes de *Chara* sp. en puntos distribuidos aleatoriamente a lo largo de una transecta marginal. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio en bolsas plásticas con agua destilada, para poder determinar la presencia de microalgas perifíticas como así también de gasterópodos.

Para la estimación de la abundancia-cobertura de *Chara* sp. se empleó el método de Braun-Blanquet que permite estimar la abundancia-cobertura de las especies.

Los valores de la escala de Braun-Blanquet (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974) son los siguientes:

- r* uno a tres individuos con cobertura menor a 5 %
- + pocos individuos con cobertura menor a 5 %
- 1* abundantes individuos con cobertura menor a 5 %
- 2* cobertura del 5 al 25 %
- 3* cobertura del 25 al 50 %
- 4* cobertura del 50 al 75 %
- 5* cobertura del 75 al 100 %

De los ejemplares recolectados se seleccionaron aleatoriamente 15 que fueron seccionados en varias partes de entre 5-7 cm y se procedió a lavarlos y agitarlos (aproximadamente 2 minutos) en un vaso de precipitado con agua destilada, para extraer la taxocenosis perifítica. Otra técnica empleada fue el raspado con pincel, cepillo y bisturí para remover las microalgas. El material extraído fue conservado en agua destilada y fijado con solución de formaldehído al 4%, en frascos herméticos. Para el análisis cualitativo de los taxones algales se realizaron preparados mediante alícuotas de las muestras. Para la identificación de las especies se utilizó un microscopio binocular Zeiss, los taxones fueron medidos y fotografiados con un software incorporado al microscopio. Los géneros y especies se determinaron según bibliografía específica y se actualizaron con la base de datos AlgaeBase (Guiry y Guiry, 2025). De esta manera se obtuvo la información para la lista de riqueza. El resto de los ejemplares de *Chara* sp., fueron inspeccionados minuciosamente bajo lupa estereoscópica Nikon SMZ745, para detectar y separar manualmente los especímenes de gasterópodos. Las conchillas vacías obtenidas fueron fotografiadas en vistas dorsal, ventral y lateral y conservadas en seco, mientras que los especímenes vivos fueron fotografiados a fin de conservar registros de la coloración natural del cuerpo y posteriormente conservados en alcohol absoluto. La identificación taxonómica de los moluscos se llevó a cabo sobre la base de caracteres conquiológicos. Se seleccionaron especímenes de *Melanoides tuberculata* Müller, por ser la especie más abundante y de mayor tamaño, para la realización de disecciones anatómicas a fin de constatar la presencia de restos de algas en su interior. Una vez identificados todos los especímenes registrados, se elaboró un listado taxonómico y se realizó el conteo de los mismos, a fin de determinar su abundancia.

RESULTADOS

Según la escala de Braun-Blanquet el porcentaje abundancia/cobertura de *Chara* sp. en el lago fue del 50-55% (nivel 3 de cobertura) en ambos periodos de estudio.

En la superficie de *Chara* sp. se determinaron un total de 48 especies de microalgas: Heterokontophyta-Bacillariophyceae (17), Charophyta (12), Cyanobacteria (10) y Chlorophyta (9). Algunos ejemplos de las especies identificadas se muestran en las figuras 3 y 4.

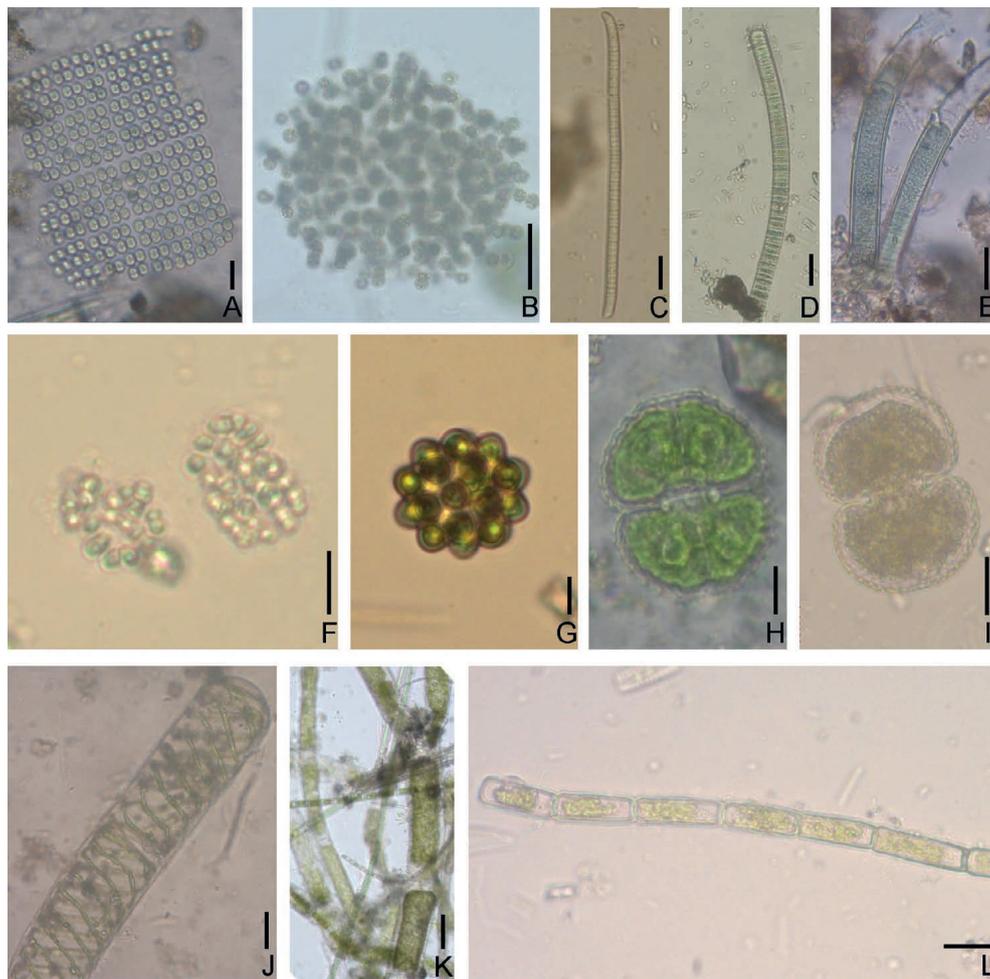


Fig. 3. Algunas especies de Cyanobacteria, Charophyta y Chlorophyta presentes en el lago San Miguel. A) *Merismopedia* sp. B) *Microcystis* sp. C) *Oscillatoria jasarvensis*. D) *O. limosa*. E) *Planktolynbya* sp. F) *Gomphosphaeria* sp. G) *Coelastrum* sp. H) *Cosmarium* sp. 1. I) *Cosmarium* sp. 2. J) *Spirogyra* sp. 3. K) *Cladophora* sp. L) *Oedogonium* sp. 1. Escala: 10 μ m (A, B, C, D, E, H, L); 2 μ m (F, G); 5 μ m (I); 20 μ m (J); 50 μ m (K).

Fig. 3. Some species of Cyanobacteria, Charophyta and Chlorophyta present in Lake San Miguel. A) *Merismopedia* sp. B) *Microcystis* sp. C) *Oscillatoria jasarvensis* D) *O. limosa*. E) *Planktolynbya* sp. F) *Gomphosphaeria* sp. G) *Coelastrum* sp. H) *Cosmarium* sp. 1. I) *Cosmarium* sp. 2. J) *Spirogyra* sp. 3. K) *Cladophora* sp. L) *Oedogonium* sp. 1. Scale: 10 μ m (A, B, C, D, E, H, L); 2 μ m (F, G); 5 μ m (I); 20 μ m (J); 50 μ m (K).

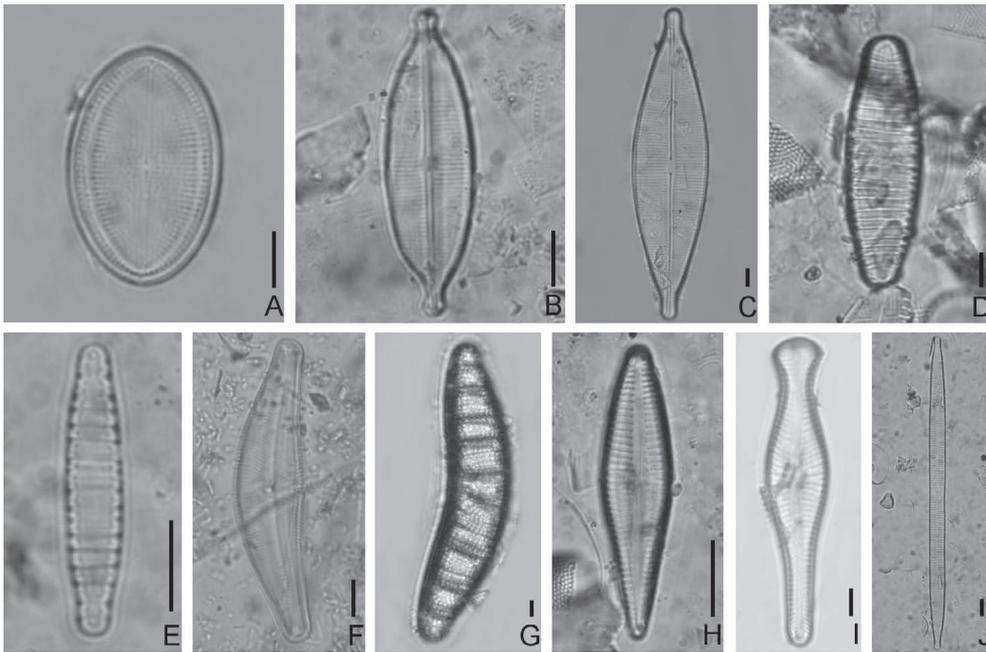


Fig. 4. Algunas especies de Heterokontophyta (Bacillariophyceae) identificadas en el lago San Miguel. A) *Cocconeis placentula*. B) *Craticula ambigua*. C) *Craticula cuspidata*. D) *Diatoma vulgare*. E) *Diatoma* sp. F) *Ephitemia* sp. G) *Encyonema silesiacum*. H) *Gomphonema affine*. I) *Gomphonema capitatum*. J) *Ulnaria ulna*. Escala 10 μ m.

Fig. 4. Some species of Heterokontophyta (Bacillariophyceae) identified in Lake San Miguel. A) *Cocconeis placentula*. B) *Craticula ambigua*. C) *Craticula cuspidata*. D) *Diatoma vulgare*. E) *Diatoma* sp. F) *Ephitemia* sp. G) *Encyonema silesiacum*. H) *Gomphonema affine*. I) *Gomphonema capitatum*. J) *Ulnaria ulna*. Scale 10 μ m.

La riqueza específica por grupo algal, en las diferentes épocas se representa en la Fig. 5. En relación al hábito, las formas unicelulares (22 especies) predominaron sobre las filamentosas (14 especies) y las coloniales (12 especies). Algunas de las especies de diatomeas identificadas (*Gomphonema* sp., *Cocconeis* sp., *Encyonema* sp. y *Diatoma* sp.) se caracterizan por la producción de mucílago que les permite la fijación al talo de *Chara* sp.

En asociación con *Chara* sp. se registraron un total de 233 especímenes de gasterópodos en el invierno de 2024, identificados como *Melanoides tuberculata* (115 especímenes), *Heleobia* sp. (99), Physidae (10) y *Biomphalaria* sp. (9) (Fig. 6). En verano se registraron 177 especímenes de las mismas especies con los siguientes valores de abundancia: *M. tuberculata* (110), *Heleobia* sp. (60), Physidae (2) y *Biomphalaria* sp. (5). Cabe destacar que este es el primer registro de *M. tuberculata* para el Noroeste Argentino.

La mayor parte de los especímenes de gasterópodos recolectados en ambas estaciones corresponden a conchillas vacías, a excepción de *M. tuberculata*, especie en la cual se registraron todos los especímenes vivos y en diferentes etapas de desarrollo (Fig. 7). Asimismo, se registraron masas de huevos, no identificadas (Fig. 8).

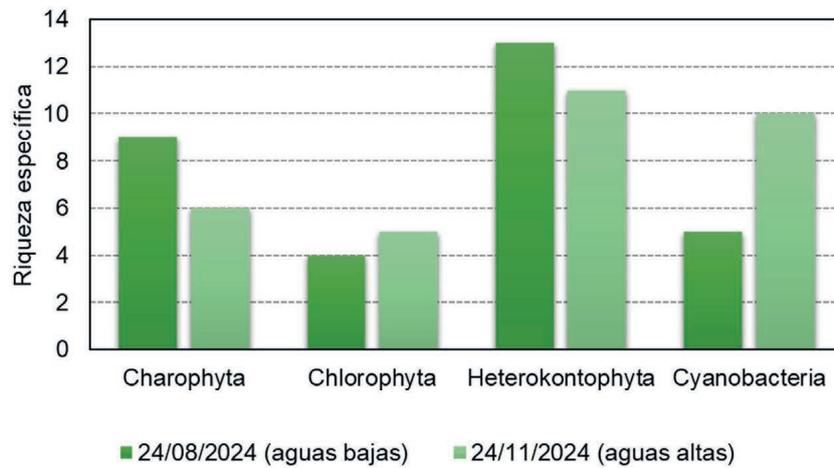


Fig. 5. Riqueza específica por grupo algal para las dos épocas de muestreo.

Fig. 5. Specific richness for each algal group in both sampling periods.

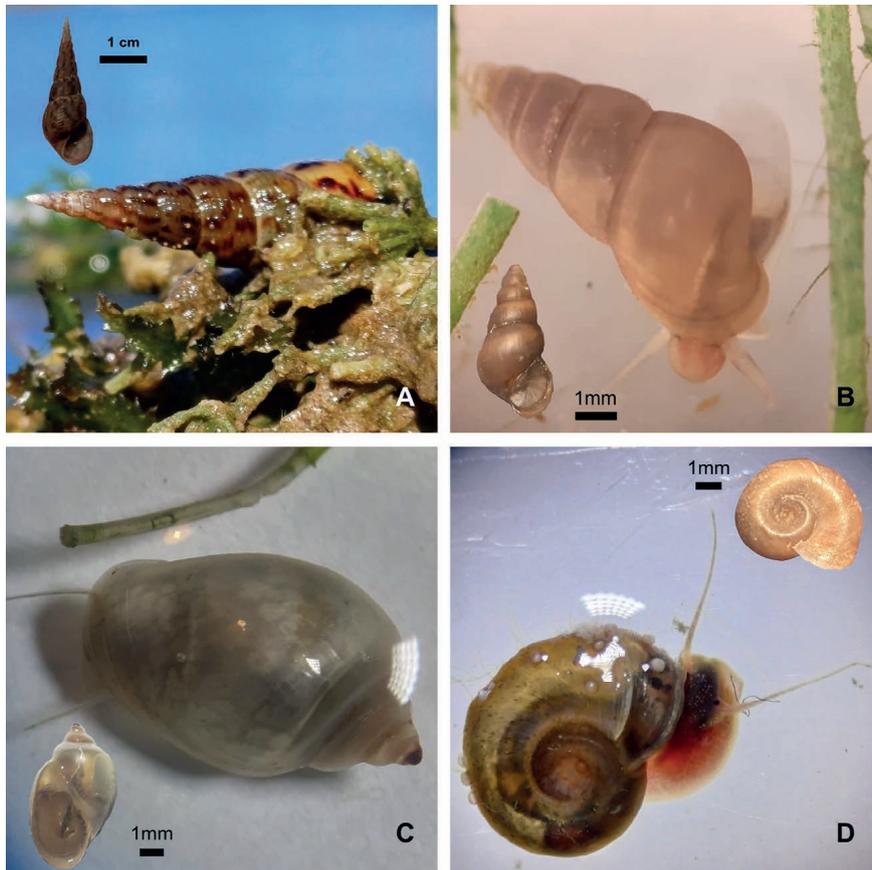


Fig. 6. Gasterópodos asociados a *Chara* sp. A) *Melanoides tuberculata*. B) *Heleobia* sp. C) Physidae. D) *Biomphalaria* sp. Cada espécimen vivo se acompaña de una imagen correspondiente a su conchilla en vista ventral.

Fig. 6. Gastropods associated with *Chara* sp. A) *Melanoides tuberculata*. B) *Heleobia* sp. C) Physidae. D) *Biomphalaria* sp. Each live specimen is accompanied by an image of its shell in ventral view.



Fig. 7. Especímenes de *Melanoides tuberculata* hallados en asociación con *Chara* sp.

Fig. 7. Specimens of *Melanoides tuberculata* found in association with *Chara* sp.

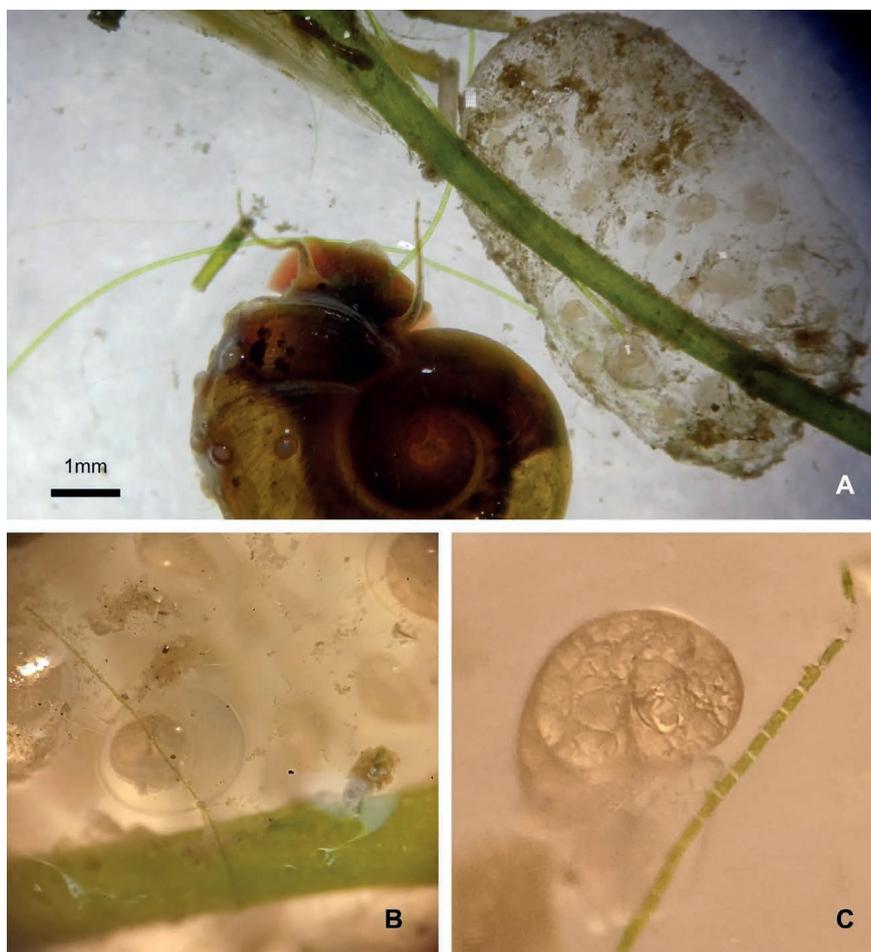


Fig. 8. Masa de huevos registrada junto a *Chara* sp. A) Masa de huevos completa con un espécimen de *Biomphalaria* sp. como referencia de tamaño (diámetro de conchilla de 4 mm). B) Detalle del embrión contenido en uno de los huevos. C) Especimen juvenil de gasterópodo.

Fig. 8. Egg mass observed with *Chara* sp. A) Egg mass with a specimen of *Biomphalaria* sp. as size reference (shell diameter 4 mm). B) Detail of the embryo contained in one of the eggs. C) Juvenile gastropod specimen.



Fig. 9. A-C) Diferentes segmentos del talo de *Chara* sp. con evidentes signos de raspado y consumo de tejido vegetal. D) Restos de *Chara* sp. hallados durante las disecciones de *Melanoïdes tuberculata*.

Fig. 9. A-C) Different segments of the *Chara* sp. thallus with evident signs of scraping and consumption of plant tissue are shown. D) Remains of *Chara* sp. found during the dissections of *Melanoïdes tuberculata*.

La observación bajo microscopio estereoscópico indicó que existen signos de raspado y alimentación en la superficie de *Chara* sp. (Fig. 9). En concordancia con esto, las disecciones de los especímenes de *M. tuberculata* revelaron que también presentaban restos del alga.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los cuerpos lénticos suelen presentar un mosaico estructural determinado principalmente por macrófitas acuáticas que, según su morfología, presentan diferencias en la composición y abundancia de perifiton y macroinvertebrados asociados, debido a las distintas opciones de refugio y alimento que ofrecen a estos (Oertli, 1995).

El porcentaje de cobertura de *Chara* sp. registrado para ambas estaciones fue similar, lo que estaría asociado al nivel hidrométrico constante del lago ocasionado por su suministro mediante el bombeo de agua subterránea. Asimismo, el perillago no presenta árboles que ocasionen sombreado, lo que favorece el ingreso de energía lumínica continua facilitando el desarrollo óptimo de las macrófitas y del perifiton.

Las microalgas del perifiton se encuentran en una posición estratégica para asimilar los nutrientes disponibles en la columna de agua, así como los liberados por el macrófito (Burkholder, 1996). Debido a que *Chara* sp. puede capturar y almacenar grandes cantidades de fósforo disponible en la columna de agua, estos macrófitos pueden favorecer el aumento de la biomasa y riqueza epifítica a través del intercambio de nutrientes, lo que da soporte a la notable interacción entre ellas (Blindow *et al.*, 2014).

El ficoperifiton estuvo representado por taxones cosmopolitas y de alta frecuencia en aguas continentales los que fueron mencionados para otros lagos urbanos del país (Ehrenhaus y Vigna, 2006; Daga y Pierotto, 2011; Mancini *et al.*, 2012; Cano *et al.*, 2012, 2013; Leyes *et al.*, 2018; Borja *et al.*, 2023). Entre las especies identificadas se encuentran mejor representadas las formas unicelulares y las filamentosas, y en menor medida las formas coloniales. Estudios previos revelaron la predominancia de estos tipos morfológicos en lagos tropicales, y reconocen que características como la presencia de mucílago resultan ventajosas para las algas al favorecer la fijación al sustrato (ej. cianobacterias). Además, se ha reconocido que algas filamentosas (como *Oedogonium*) poseen mejores capacidades para el aprovechamiento de la luz, el espacio y altas concentraciones de nutrientes. Grupos de carofitas presentes en el lago, como *Cosmarium*, también fueron reconocidas por ser típicamente perifíticas y representativas en el perifiton de lagos tropicales. Especies de diatomeas de los géneros *Encyonema*, *Gomphonema* y *Navicula* también fueron registradas como abundantes en el perifiton de lagos y otros cuerpos de agua (Moreno y Aguirre, 2013).

La escasa profundidad del lago favorece la mezcla permanente entre comunidades, ya que los organismos fitoplanctónicos pueden ocupar zonas subsuperficiales con adecuadas condiciones lumínicas (Martínez Martínez *et al.*, 2018).

La composición de especies de algas entre estaciones fue similar, en aguas bajas se registraron 31 taxones y en aguas altas 35. Lo que podría relacionarse con la poca variabilidad hidrométrica del lago, lo que otorga cierta estabilidad en la columna de agua y tiende a favorecer una comunidad perifítica constante entre estaciones.

Respecto a los gasterópodos identificados, *Melanoides tuberculata* y *Heleobia* sp., fueron las dos especies más importantes en cuanto a abundancia de especímenes registrados, en ambas estaciones, indicando una estrecha relación con el alga. Existe escasa información disponible sobre las estrategias alimenticias del género *Heleobia* siendo básicamente detritívoros (Pereira *et al.*, 2011).

Albertoni (1999) sugiere que las mayores densidades de las comunidades de raspadores y detritívoros, como algunas especies de *Heleobia*, se relacionan con una mayor abundancia de perifiton (cianobacterias filamentosas) sobre *Chara* sp., en algunas épocas del año. El hábitat provisto por *Chara* sp. es favorable para el desarrollo de los gasterópodos especialmente de *Heleobia*. Relevamientos previos realizados en el lago registraron cinco especies de gasterópodos (Taboada *et al.*, 2024) de los cuales únicamente *Pomacea canaliculata* Lamarck no fue encontrada asociada a *Chara* sp. Esto puede deberse a que, si bien la especie suele alimentarse de macrófitas o de material adherido a sustratos duros sumergidos, tiene otras estrategias alimenticias, como la recolección de materiales en la superficie del agua (Martín *et al.*, 2017). Asimismo, las hembras suelen depositar masas de huevos sobre cualquier sustrato firme, por encima del nivel del agua, donde pueden recibir humedad.

Entre los principales factores que regulan la fauna malacológica dulceacuícola pueden mencionarse, el sustrato, el movimiento de las aguas, la temperatura, el contenido de carbonato de calcio, la disponibilidad de nutrientes y otras variables físicoquímicas (Darrigran *et al.*, 2014). Según Vázquez Perera y Gutiérrez Amador (2007) tanto la presencia de plantas acuáticas como las relaciones interespecíficas entre poblaciones de moluscos constituyen los principales factores bióticos que afectan a estos organismos. Las carofitas tienen una alta capacidad de asimilar bicarbonato para la fotosíntesis lo que se traduce en la producción de incrustaciones de carbonato de calcio (calcita) en la superficie de sus talos. Estas incrustaciones pueden representar el 86% del peso seco de la masa algal (McCourt *et al.*, 2017; Strzałek *et al.*, 2024). Este podría ser uno de los factores que determinan la preferencia alimenticia por los moluscos, que requieren del calcio para la elaboración de sus conchillas. Además, las carofitas proporcionan una densa cobertura que redundan en gran disponibilidad de perifiton para alimento y de refugio contra predadores para los gasterópodos (van den Berg *et al.*, 1997). Esto pudo constatararse a través de la presencia de masas de huevos en desarrollo sobre el alga.

Es importante destacar la presencia de *M. tuberculata*, una especie exótica, nativa de Asia y África oriental que ha invadido las áreas tropicales y subtropicales del mundo, con pocos registros actuales en Argentina desde 1999, cuya introducción en el país podría haber ocurrido por transporte a través de vegetación flotante (Peso y Quintana, 1999; Gutiérrez Gregoric *et al.*, 2007; Peso *et al.*, 2011). A partir de este nuevo registro se amplía el área de distribución conocida para esta especie en el país. Se pudo observar que la población de *M. tuberculata*, se encuentra bien establecida en el lago San Miguel, ya que todos los especímenes fueron recolectados vivos y es evidente el predominio de ejemplares juveniles en diferentes etapas de desarrollo, sobre los adultos, demostrando su reproducción exitosa. *M. tuberculata* posee características que la convierten en una invasora exitosa, como ser su reproducción por partenogénesis, su rápido crecimiento y baja

tasa de mortalidad, lo que le permite mantener densidades poblacionales altas (Vasconcelos *et al.*, 2013; Raw *et al.*, 2016). Asimismo, respecto a sus características ecológicas, toleran altas amplitudes de temperatura, salinidad y pH (Hiba y Zainab, 2022). En cuanto a la alimentación, es un depredador generalista que consume indiscriminadamente microalgas, perifiton y detritos finos de superficies sólidas, bacterias, partículas orgánicas depositadas en el sedimento y plantas en descomposición (Vogler *et al.*, 2012; Vasconcelos *et al.*, 2013; Vizcardo y Gil-Kodaka, 2015). De acuerdo a Oliveira y Oliveira (2019), la presencia y abundancia de esta especie está asociada con la presencia de macrófitas acuáticas. Vasconcelos *et al.* (2013) demostraron que existe una disminución de la diversidad y riqueza del perifiton dada por la presión de depredación ejercida por esta especie, lo que sugiere que, en el medio natural, la presencia de *M. tuberculata* disminuye la calidad ecológica, por la desaparición de algunas especies y el fomento de la dominancia de otras. Estos resultados no son coincidentes con lo registrado en el lago San Miguel donde no se ha observado una variación en la riqueza del ficope-rifiton atribuible al molusco, sin embargo, sería importante incluir datos de abundancia en trabajos posteriores a fin de evaluar el efecto de posibles fluctuaciones poblacionales.

Los resultados obtenidos permitieron detectar el amplio predominio en cuanto a abundancia de especímenes de *M. tuberculata* sobre las especies nativas de gasterópodos. En concordancia con nuestros resultados, varios estudios demuestran que en los lugares donde esta especie exótica se ha establecido y se ha vuelto abundante, se registró una disminución significativa de la densidad de gasterópodos nativos (Peso *et al.*, 2011; Vasconcelos *et al.*, 2013; Vizcardo y Gil-Kodaka, 2015; Barros *et al.*, 2020). De acuerdo a este estudio, por cada espécimen de *Biomphalaria* sp. pueden hallarse aproximadamente catorce de *M. tuberculata*, en coincidencia con Pointier (1993) quien indicó que cuando existen densas poblaciones de la especie exótica, las poblaciones de *Biomphalaria* sp. se ven afectadas reduciendo drásticamente su número quedando restringido su hábitat a refugios sumergidos, como el representado por *Chara* sp. Las especies exóticas invasoras son consideradas a nivel global como una de las principales amenazas a la biodiversidad (Pyšek *et al.*, 2020). Esto repercute en las poblaciones de niveles tróficos superiores, como ser crustáceos y peces, que dependen de ellos para su alimentación.

Dadas las amenazas a la biodiversidad, impulsadas por los cambios antropogénicos, comprender los cambios en la composición de las especies en los ecosistemas es vital para entender cómo podrían verse afectados el funcionamiento y los servicios ecosistémicos futuros (Loo, 2021; Santamarina *et al.*, 2023). Los resultados obtenidos en este trabajo revelan la necesidad de continuar los muestreos sistemáticos en este humedal urbano, junto con la medición de variables fisicoquímicas y ambientales para profundizar el conocimiento de las interacciones entre las comunidades acuáticas.

Asimismo, resulta relevante el monitoreo de *M. tuberculata* en este y otros ambientes acuáticos de la provincia, aún no detectada, ya que este lago drena hacia un canal que aporta agua al río Salí y dadas las características reproductivas y la alta adaptabilidad ecológica de esta especie, podría representar un severo problema en un futuro próximo. Esto permitirá tener una visión holística de la dinámica ecológica de este lago urbano.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Sr. Rodrigo Delgado, Técnico del Instituto de Ecología, Comportamiento y Ambiente del Área de Biología Integrativa de la Fundación Lillo por su colaboración en los muestreos del lago. A las autoridades del Municipio de San Miguel de Tucumán por su autorización para la realización de este trabajo. A los revisores anónimos que con sus aportes enriquecieron este trabajo.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Las autoras declaran que no existen conflictos de interés.

BIBLIOGRAFÍA

- Albertoni, E. F. (1999). Aspectos de Crescimento, Reprodução e Alimentação de Peneídeos e Paleomonídeos em Lagoas Costeiras do Norte do Estado do Rio de Janeiro. (Tesis doctoral) UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. 200 pp.
- Barros, M. R. F., Chagas, R. A., Herrmann, M. y Bezerra, A. M. (2020). New record of the invasive snail *Melanooides tuberculata* (Gastropoda, Thiariidae) - Ceará State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 80 (2): 368-372.
- Blindow, I., Hargeby, A. y Hilt, S. (2014). Facilitation of clear-water conditions in shallow lakes by macrophytes: differences between charophyte and angiosperm dominance. *Hydrobiologia* 737 (1): 99-110.
- Borja, C. N., Alvarez Dalinger, F., Lozano, V., Muñoz, C. y Moraña, L. (2023). Calidad de agua y fitoplancton del lago del Parque San Martín (Salta, Argentina). *Lhawet* 9 (9): 35-43. Recuperado a partir de <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/Lhawet/article/view/4726>
- Burkholder, J. M. (1996). Interactions of benthic algae with their substrata. En: R. J. Stevenson, M. L. Bothwell, R. L. Lowe (Eds.), *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems* (pp. 253-297). San Diego (CA): Academic Press.

- Cano, M. G., Casco, M. A. y Claps, M. C. (2012). Effect of environmental variables on epiphyton in a pampean lake with stable turbid- and clear-water states. *Aquatic Biology* 15: 47-59. <https://doi.org/10.3354/ab00409>
- Cano, M. G., Casco, M. A. y Claps, M. C. (2013). Vertical distribution of epiphyton biomass and diversity in a shallow lake during contrasting ecosystem regimes. *Aquatic Botany* 110: 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2013.05.007>
- Chambers, P. A., Lacoul, P., Murphy, K. J. y Thomaz, S. M. (2008). Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 9-26.
- Chaves Ramírez, C. (2022). Evaluación del estado ambiental del lago en el Parque Metropolitano La Sabana, San José, Costa Rica, para la implementación de medidas de rehabilitación ecológica. *Biocenosis* 33(2): 35-42.
- Claverie, A. Ñ., Epele, L., Kutschker, A., Grech, M., Manzo, L. y Miserendino, L. (2021). Variabilidad estructural de la comunidad de macrófitas en un gradiente pluviométrico en la provincia de Chubut. *Ecología Austral* 31 (3): 431-443. <https://doi.org/10.25260/EA.21.31.3.0.1217>
- Daga, I. C. y Pierotto, M. J. (2011). Cianobacterias del embalse San Roque (Córdoba, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 46 (3-4): 227-234.
- Darrigran, G., Nuñez, V. y Torres, S. (2014). Los moluscos del Delta Bonaerense. En: J. Athor (Ed.), *El Delta Bonaerense y su Conservación* (pp. 230-245). Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Denny, P. (1985). *The Ecology and Management of African Wetland Vegetation*. Dr WJunk Publishers.
- Ehrenhaus, C. y Vigna, M. S. (2006). Changes in the phytoplankton of Lake Planetario after a restoration process. *Darwiniana* 44 (2): 319-328.
- Guerrero Lizarazo, M. C., Pinilla-Agudelo, G. y Estrada Galindo, I. J. (2021). Ecología funcional de las algas perifíticas en el Chocó colombiano: limitación de recursos, competencia y variables ambientales. *Revista de Biología Tropical* 69 (1): 331-351. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42042>
- Guido E. Y. y Sesma, P. J. (2014). Geografía física. En: Moyano, S., Puchulu, M. E., Fernández, D., Aceñolaza, G., Vides, M. E., Nieva, S. (Eds.), *Geología de Tucumán*. Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán, pp. 29-48.
- Guiry, M. D. y Guiry, G. M. (2025). AlgaeBase. World-wide electronic publication, University of Galway. Recuperado de <https://www.algaebase.org>
- Gutiérrez Gregoric, D. E., Núñez, V., Ferrando, N. S. y Rumi, A. (2007). First record of invasive snail *Melanoides tuberculatus* (Müller) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiariidae) for the Iguazú River basin, Argentina – Brazil. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay* 9: 109-112.

- Hiba, M. J. y Zainab, A. M. (2022). Review of the freshwater snail *Melanoides tuberculata* (O. F. Müller, 1774) (Gastropoda, Thiaridae). *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences* 20: 336-339. 10.30574/gsc-cbps.2022.20.1.0303.
- Kraufvelin, P. (2009). Responses to nutrient enrichment, wave action and disturbance in rocky shore communities. *Aquatic Botany* 87: 262-274.
- Leyes, C., Falco, C. P. y Daga, C. (2018). Aporte al conocimiento de la ficoflora del lago del Parque Sarmiento (Córdoba, Argentina). *Revista Facultad De Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 5 (1): 45-50.
- Li, K. Y., Liu, Z. W., Hu, Y. H. y Yang, H. W. (2009a). Snail herbivory on submerged macrophytes and nutrient release: Implications for macrophyte management. *Ecological Engineering* 35 (11): 1664-1667. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.05.009>
- Li, K. Y., Liu, Z. y Gu, B. (2009b). Density-Dependent Effects of Snail Grazing on the Growth of a Submerged *Macrophyte*, *Vallisneria spiralis*. *Ecological Complexity* 6: 438-442. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.08.001>
- Loo, J. W. (2021). Does rocky shore macro algal diversity affect grazing gastropod diversity: an observational study on Mount Batten rocky shore. (BSc Thesis), Imperial College London, UK.
- Mancini, M., Crichigno, S., Ortiz, M. y Haro, J. G. (2012) Lagos urbanos: importancia, dinamismo y multiplicidad de usos. El caso del lago Villa Dalcar. (Córdoba, Argentina). *Biología Acuática* 27: 175-189.
- Martín, P. R., Seuffert, M. E., Tambur, N. E., Burela, S. y Saveanu, L. (2017). Behaviour and ecology of *Pomacea canaliculata* from Southern Pampas (Argentina), En: R.C. Joshi, R.H. Cowie y L. S. Sebastian (Eds). *Biology and management of invasive apple snails*. (pp 406). Muñoz: Philippine Rice Research Institute.
- Martínez Martínez, M., Medina Nava, M. y Hernández Morales, R. (2018). Interacciones ecológicas entre el fitoplancton y el perifiton en el Lago de Cuitzeo. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias* 9 (21): 757-773.
- McCourt, R. M., Karol, K. G., Hall, J. D., Casanova, M. T. y Grant, M. C. (2017). Charophyceae (Charales). En: J. M. Archibald et al. (Eds.), *Handbook of the Protists* (pp 165-179). Springer Cham.
- Medeiros, E. L. y Henry Silva, G. G. (2017). Evaluation of the feeding preference between the aquatic macrophytes *Egeria densa* and *Chara indica* by the invasive mollusk *Melanoides tuberculata*. *Braz. J. Biol.* 77 (2): 234-239: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.08415>
- Miranda, M. J., Taboada, M. de los Á. y Bustos, M. S. (2024). Presencia de un gasterópodo exótico invasor en asociación estrecha con una carofita en un lago urbano artificial (Tucumán, Argentina). VIII Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida.
- Moreno, Y. M. y Aguirre, N. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Gestion y ambiente* 16 (3): 91-117.

- Mormul, R. P., Thomaz, S. M., da Silveira M. J. y Rodrigues, L. (2010). Epiphyton or macrophyte: Which primary producer attracts the snail *Hebetancylus moricandi*? *American Malacological Bulletin* 28: 127-133.
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1974). Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Wiley.
- Oertli, B. (1995). Spatial and temporal distribution of the zoobenthos community in a woodland pond (Switzerland). *Hydrobiologia* 300/301: 195-204.
- Oliveira, C. D. L. y Oliveira, C. Y. B. (2019). Growth parameters of the invasive gastropod *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda, Thiariidae) in a semi-arid region, Northeastern Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 41 (1): e45720. <https://doi.org/10.4025/actasciabiolsci.v41i1.45720>
- Pereira, D., Oliveira Arruda, J., Menegat, R. Porto, M. L., Schwarzbald, A. y Hartz, S. M. (2011). Guildas tróficas, composição e distribuição de espécies de moluscos límnicos no gradiente fluvial de um riacho subtropical brasileiro. *Biotemas* 24 (1): 21-36.
- Persson, J. (2012). Urban Lakes And Ponds. En: L. Bengtsson, R. W. Herschy, R. W. Fairbridge, (Eds.) *Encyclopedia of Lakes and Reservoirs. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4410-6_15
- Peso, J. G. y Quintana, M. G. (1999). Otro molusco de origen asiático introducido en la Cuenca del Plata: *Melanoides tuberculata* en el embalse de Yacretá, Argentina/Paraguay (Prosobranchiata: Thiariidae). IV Congreso Latinoamericano Malacología, Coquimbo, Chile.
- Peso, J. G., Pérez, D. C. y Vogler R. E. (2011). The invasive snail *Melanoides tuberculata* in Argentina and Paraguay. *Limnologica* 41 (4): 281-284.
- Pointier, J. P. (1993). The introduction of *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiariidae) to the island of Saint Lucia (West Indies) and its role in the decline of *Biomphalaria glabrata*, the snail intermediate host of *Schistosoma mansoni*. *Acta Tropica* 54: 13-18.
- Pyšek, P., Hulme P. E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T. M., Carlton, J. T., Dawson, W., Essl, F., Foxcroft, L. C., Genovesi, P., Jeschke, J. M., Kühn, I., Liebhold, A. M., Mandrak, N. E., Meyerson, L. A., Pauchard, A., Pergl, J., Roy, H. E., Seebens, H., van Kleunen, M., Vilà, M., Wingfield, M. J. y Richardson, D. M. (2020). Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews* 95 (6): 1511-1534. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>
- Raw, J. L., Perissinotto, R., Miranda, N. A. F. y Peer, N. (2016). Diet of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) from subtropical coastal lakes: Evidence from stable isotope (¹³C and ¹⁵N) analyses. *Limnologica* 59: 116-123.
- Santamarina, S., Mateo, R. G., Alfaro-Saiz, E. y Acedo, C. (2023). On the importance of invasive species niche dynamics in plant conservation management at large and local scale. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10: 1049142.

- Schnack, J. A., De Francesco, F. O., Colado, U. R., Novoa, M. L. y Schnack, E. J. (2000). Humedales antrópicos: su contribución para la conservación de la biodiversidad en los dominios subtropical y pampásico de la Argentina. *Ecología Austral* 10 (1): 63-80. Recuperado a partir de https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1599
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2006). Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). 4^o edición. Secretaría de la Convención de Ramsar. Gland, Suiza.
- Strzałek, M., Kufel, L., Apolinarska, K., Becher, M., Biardzka, E., Brzozowski, M., Kielczewski, R., Kowalewski, G., Pukacz, A., Woszczyk, M. y Pelechaty, M. (2024). Recycling and deposition of inorganic carbon from calcium carbonate encrustations of charophytes. *Limnology and Oceanography* 69: 279-289. <https://doi.org/10.1002/lno.12479>
- Taboada, M. de los Á., Bustos, M. S., Martínez De Marco, S. N. y Mirande, V. (2021). *Informe: Fitoplancton del Lago San Miguel - Otoño 2021*. 15 pp.
- Taboada, M. de los Á. y Bustos, M. S. (2021). *Informe: Fitoplancton del Lago San Miguel - Primavera 2021*. 9 pp.
- Taboada, M. de los Á. y Bustos, M. S. (2022a). *Fitoplancton del Lago San Miguel - Verano 2022*. 8 pp.
- Taboada, M. de los Á. y Bustos, M. S. (2022b). *Fitoplancton del Lago San Miguel - Informe final*. 16 pp.
- Taboada, M. de los Á., Miranda, M. J., Bustos, M. S. (2024). *Chara* sp. un alga verde con un importante rol como soporte de la biodiversidad de un lago urbano artificial. XLI Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán. 32 pp.
- Thomaz, S. M. y Ribeiro da Cunha, E. (2010). The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22 (2): 218-236.
- van den Berg, M.S., Coops, H., Noordhuis, R., van Schie, J. y Simon, J. (1997). Macroinvertebrate communities in relation to submerged vegetation in two *Chara*-dominated lakes. *Hydrobiologia* 342: 143-150.
- Vasconcelos, J. F., de Lucena Barbosa, J. E., de Lira Azevêdo, E., da Silva Azevêdo D. J. y Pinheiro Anacleto, M. J. (2013). Predation effects of *Melanoides tuberculatus* (Müller 1774) on periphytic biofilm colonization: an experimental approach. *Biota Neotropica* 13 (2): 96-101. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000200010>
- Vázquez Perera, A. A. y Gutiérrez Amador, A. (2007). Ecología de moluscos fluviales de importancia médica y veterinaria en 3 localidades de La Habana. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 59 (2): 149-53.
- Vizcardo, C. y Gil-Kodaka, P. (2015). Estructura de las comunidades macrozoobentónicas de los humedales de Ventanilla, Callao, Perú. *Anales Científicos* 76 (1): 1-11.

Vogler, R. E., Núñez, V., Gutiérrez Gregoric, D. E., Beltramino A. A. y Peso J. G. (2012). *Melanooides tuberculata*: The History of an Invader. En: E. M. Hämäläinen y S. Järvinen (Eds.) *Snails: Biology, Ecology and Conservation Chapter: Melanooides tuberculata: The history of an invader*. Nueva York: Nova Science Publishers.

World Water Quality Alliance [WWQA Ecosystems]. (22nd March 2023). *White Paper – Embedding Lakes into the Global Sustainability Agenda*. ISBN: 978-1-906698-82-9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7752982>