

Estudio ambiental en el balneario “Parque La Yeguada” (Departamento de Treinta y Tres, Uruguay) en base a una comunidad de diatomeas perifíticas mezcladas con estructuras fibrosas de incierto origen

Environmental study at the the resort “La Yeguada Park” (Treinta y Tres Department, Uruguay) based on diatoms of the perifitic community mixed with fibrous structures of uncertain origin

DOI: 10.34188/bjaerv5n5-003

Recebimento dos originais: 01/10/2022

Aceitação para publicação: 28/11/2022

Juan Ramón Cuitiño Rey

Profesor de Ciencias Geográficas

Liceo Pedro L. Ipuche, Dirección General de Educación Secundaria

25 de agosto S/N, CP 37007, Santa Clara de Olimar

E-mail: juanramonc95@gmail.com

RESUMEN

El parque y balneario La Yeguada se encuentra ubicado en el departamento de Treinta y Tres, Uruguay, sobre la ruta nacional N°7, por donde transcurre el arroyo La Yeguada, principal contribuyente del río Olimar. El arroyo es uno de los más atractivos elementos para el desarrollo del turismo en la zona, fundamentalmente en los meses de verano. Allí es posible observar una mezcla de elementos naturales y antrópicos que se conjugan revalorizando el lugar como una zona para recreación y descanso. Sin embargo, una prospección pormenorizada del lugar nos muestra la huella que ha dejado la interacción humana, impactando su fauna y flora. En oportunidad de varias visitas realizadas al balneario durante julio y agosto de 2022 se observaron masas de color marrón rojizo y aspecto muscineo en la zona marinal del arroyo, que no había detectado previamente en el lugar, a pesar de ser un asiduo visitante. Con el objeto de conocer la naturaleza de dichas estructuras y de investigar si podían estar afectando el ecosistema, se tomaron muestras de agua y de sedimento de la zona litoral del arroyo para ser analizadas con microscopio óptico y Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). En el microscopio óptico las masas sedimentadas parecían contener estructuras fibrosas no detectables a simple vista. Mientras tanto, bajo MEB se detectó la presencia de varias especies de diatomeas que son frecuentes en cuerpos de agua dulce, entremezcladas con numerosas estructuras tubulares, transparentes y huecas, muy pequeñas (0,5 a 1 nm de diámetro), que de acuerdo a lo indicado por el análisis MEB-EDS (Espectroscopía de Energía Dispersada de Rayos X) presentan una composición química que incluye un alto contenido de Carbono. Desde el punto de vista taxonómico, tales estructuras fibrosas no pudieron relacionarse con ningún microorganismo conocido de las comunidades perifíticas. La principal contribución de esta investigación es el descubrimiento de diatomeas en cuerpos de agua dulce, entre las cuales se reconocen preliminarmente los taxones cf. *Fragilaria* sp, cf. *Gomphonema* sp., cf. *Crapicula* sp. y cf. *Navicula* sp., los cuales han sido reconocidos como tolerantes al herbicida glifosato y a ambientes con fuerte grado de eutrofización. Otro de los taxones preliminarmente identificado fueron cf. *Encyonema* sp. y *Pinnularia* cf. *schweinfurthi*, pero esta última no se encontró asociada con nanotúbulos. La fuente de los eventuales estresores es discutible, podría estar asociada a la forestación artificial de campos situados a 2 km del Arroyo La Yeguada. Pero las bajas cuantificaciones de contaminantes halladas en el análisis MEB-EDS del agua sugieren que podrían existir relictos de aplicaciones previas realizadas en campos linderos privados. Una tercera fuente podrían ser los propios nanotúbulos de carbono hallados junto a las diatomeas. Es importante destacar que este es un estudio de carácter

preliminar el cual deberá ser complementado con otros análisis que permitan una identificación más fidedigna de los microorganismos observados y en especial de las nano-fibras orgánicas, cuyo origen es aún incierto. Se resalta finalmente la importancia de la Microscopía Electrónica de Barrido como aplicable en los estudios ambientales que involucran monitoreos de nuestros recursos de agua dulce.

Palabras clave: Biodiversidad, Ambiente, Cuenca Río Olimar, Turismo, Diatomeas.

ABSTRACT

La Yeguada Park and Spa is located in the department of Treinta y Tres, Uruguay, on National Route No. 7, where the La Yeguada stream, the main contributor to the Olimar River, passes. The stream is one of the most attractive elements for the development of tourism in the area, mainly in the summer months. There it is possible to observe a mixture of natural and anthropic elements that combine, revaluing the place as an area for recreation and rest. However, a detailed survey of the place shows us the footprint left by human interaction, impacting its fauna and flora. On the occasion of several visits made to the spa during July and August 2022, reddish-brown masses with a muscular appearance were observed in the marine area of the stream, which had not previously been detected in the place, despite being a regular visitor. In order to know the nature of these structures and investigate whether they could be affecting the ecosystem, water and sediment samples were taken from the coastal zone of the stream to be analyzed with an optical microscope and Scanning Electron Microscopy (MEB). In the light microscope, the sedimented masses appeared to contain fibrous structures not detectable to the naked eye. Meanwhile, under MEB was detected the presence of several species of diatoms that are frequent in freshwater bodies, intermingled with numerous tubular structures, transparent and hollow, very small (0.5 to 1 nm in diameter), which according to the analysis MEB-EDS (X-ray Dispersed Energy Spectroscopy) have a chemical composition that includes a high carbon content. From the taxonomic point of view, such fibrous structures could not be related to any known microorganism of the periphytic communities. The main contribution of this research is the discovery of diatoms in freshwater bodies, among which CF taxa are preliminarily recognized. *Fragilaria* sp., cf. *Gomphonema* sp., cf. *Crapicula* sp. and cf. *Navicula* sp., which have been recognized as tolerant to the herbicide glyphosate and to environments with a strong degree of eutrophication. Another of the taxa preliminarily identified were cf. *Encyonema* sp. and *Pinnularia* cf. *schweinfurthi*, but the latter was not found to be associated with nanotubules. The source of the eventual stressors is debatable; it could be associated with the artificial afforestation of fields located 2 km from the Arroyo La Yeguada. But the low quantifications of contaminants found in the MEB-EDS analysis of water suggest that there may be relics of previous applications in private boundary fields. A third source could be the carbon nanotubes found next to the diatoms. It is important to note that this is a preliminary study which should be complemented with other analyses to allow a more reliable identification of the microorganisms observed and especially organic nano-fibers, whose origin is still uncertain. Finally, the importance of Scanning Electron Microscopy as applicable in environmental studies involving monitoring of freshwater resources is highlighted.

Keywords: Biodiversity, Environment, Olimar River Basin, Tourism, Diatoms.

1 INTRODUCCIÓN

El balneario y parque La Yeguada se encuentra ubicado en el departamento de Treinta y Tres a la altura del kilómetro 274 sobre la Ruta Nacional N° 7, “General Aparicio Saravia”. A 223 metros sobre el nivel del mar se encuentra el arroyo La Yeguada, el cual constituye uno de los principales afluentes del río Olimar. Según Praderi & Vivo (1969), en el arroyo La Yeguada tiene su origen el propio río Olimar (Fig. 1).

El arroyo y el parque La Yeguada ocupan un predio de 2,33 hectáreas y se encuentra localizado entre 32°57'34.2"S y 54°59'12.5"W, a escasos seis kilómetros de Santa Clara del Olimar, que es la localidad más próxima. En el sitio se puede observar cómo confluyen elementos naturales y antrópicos, donde la sociedad ha modificado el ambiente para satisfacer sus necesidades, en este caso de socialización y esparcimiento (Fig. 2).

El proceso de creación del predio para ser convertido en parque se inició con el dragado y concomitante profundización del lecho del arroyo La Yeguada. A esto se le agrega que, en el año 2017 se construyeron dos calzadas cuya función principal ha sido la de represar y mantener el nivel de agua. Anteriormente, el curso del arroyo en esta zona resultaba poco caudaloso por encontrarse en un área de gran pendiente y si bien allí el agua se encuentra en movimiento, es evidente que no lo hace en forma natural.

Los objetivos del presente trabajo apuntan hacia un relevamiento general de la fauna y flora presente en el Balneario y parque La Yeguada, incluyendo la calidad del agua del arroyo que lo atraviesa, en pos de identificar y exponer eventuales transformaciones que han experimentado los ecosistemas luego de la construcción del parque, asociado al desarrollo de actividades socio-económicas como el turismo, y el crecimiento de actividades agropecuarias en predios aledaños, particularmente ganadería y producción forestal. Se evalúan además las diferentes capacidades de adaptación que han adquirido algunos integrantes de la fauna y flora nativas, en respuesta a las modificaciones del paisaje natural.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de los ecosistemas presentes en el balneario La Yeguada se realizó por medio de la observación directa (“in situ”) de los distintos elementos que lo componen y fue complementado con información proporcionada por vecinos de Santa Clara que frecuentan el lugar desde mucho tiempo atrás. Se relevaron las 2,33 hectáreas que componen el parque, con especial énfasis en la zona litoral del arroyo La Yeguada, con el objetivo de identificar la presencia de especies autóctonas y/o de especies introducidas, en los alrededores de las edificaciones inmobiliarias que ocuparon su área natural de distribución. El estudio se complementó con la colecta de muestras de agua y

sedimento del fondo del arroyo para ser estudiadas tanto bajo microscopio óptico como también aplicando Microscopía Electrónica de Barrido y Espectroscopia de Energía Dispersada de Rayos X (SEM/EDS).

Figura 1. Imagen satelital extraída de Google Maps mostrando la ubicación del sitio de estudio sobre la Ruta Nacional N° 7. El mismo se ubica a tan solo 10 km al SW del poblado de Santa Clara de Olimar en el departamento de Treinta y Tres, Uruguay.



El lugar ha sido visitado en reiteradas ocasiones, en las cuales se han tomado fotografías para mostrar las condiciones del suelo y su vegetación, la presencia de yacimientos rocosos y los encuentros casuales con representantes de la fauna y la flora presentes. También se tomaron fotografías del arroyo La Yeguada, verificándose una importante variabilidad estacional del caudal de agua dependiendo de la mayor o menor frecuencia e intensidad de las precipitaciones, cambios que son más evidentes por estar su cabecera muy cercana al espacio del parque. Durante los días 16 y 17 de julio, se produjo un evento de fuertes precipitaciones y tormentas en la zona por lo cual el día de la primera colecta de muestras (23-07), el arroyo se mostraba con un alto caudal de agua. Mientras tanto, no hubo otros eventos de tormentas y/o precipitaciones posteriores al 16-17 de julio sino hasta el 22 de setiembre, con lo cual para la segunda jornada de colecta de muestras efectuada el 5 de agosto, el arroyo se observó con caudales algo más bajos.

2.1 RELEVAMIENTO DE ELEMENTOS BIÓTICOS Y ABIÓTICOS EN EL ARROYO LA YEGUADA

A los efectos de evaluar la caracterización general del sitio de estudio se recopilaron datos para conocer la variabilidad hidrológica actual del arroyo La Yeguada (e.g., períodos de crecidas y de sequía asociados a la presencia de precipitaciones o a la falta de ellas) en los meses previos a nuestro estudio. También se realizó un seguimiento de los eventos y esa variabilidad por al menos un mes luego de haber completado la toma de las muestras. Por otra parte, también se realizó un

estudio del agua del arroyo para conocer las variables de carácter ambiental que pudieran evidenciar un impacto antrópico del sitio.

Para analizar la calidad del agua del arroyo La Yeguada se tomaron dos muestras durante la primera visita al sitio en el mes de julio. Una de ellas fue recogida de la zona central del cauce del arroyo sobre la “calzada 1” (Fig. 2 B) y la “calzada 2” (Fig. 2C) que denominamos como “muestra de agua 1” de color celeste en Fig. 3. No se observó coloración ni tampoco olor inusuales en estas muestras. El siguiente muestreo se realizó en la zona marginal del arroyo (“muestra de agua 2”, de color rojo en Fig. 3), donde se percibió el agua con cierta turbidez y un fuerte olor nauseabundo que sugería descomposición de materia orgánica. Posteriormente, en el mes de agosto de 2022, se tomaron dos muestras de agua adicionales de las mismas zonas del arroyo muestreadas en julio. Considerando que las primeras muestras fueron colectadas al mediodía, con una temperatura ambiente de 17°C, el agua del arroyo se notó muy fría. Lo mismo ocurrió durante el segundo día de muestreo en agosto, pero la temperatura ambiente fue de 11°C.

Para la extracción y almacenamiento de las muestras se emplearon frascos estériles con cierre hermético de 120 cc. Para análisis de la calidad del agua se utilizaron las muestras extraídas desde las calzadas (1 y 2, Fig. 2B y C respectivamente) en el centro del cauce, mientras que las colectadas en la orilla fueron analizadas para conocer la naturaleza de una serie de masas de aspecto fibroso y color marrón rojizo que proliferaban sobre el sedimento del fondo (Fig. 4A). En una primera percepción visual y física, las fibras eran muy delgadas y al momento de realizar el muestreo se desintegraban en el agua. Varias horas después de estar dentro del recipiente, volvieron a sedimentar en el fondo, desde donde tomamos pequeños trozos (entre 0.3 y 0.5 gr) en el laboratorio con una pinza. Para el estudio de esas masas realizaron dos análisis: uno de carácter primario mediante la observación de las fibras con un microscópico óptico propiedad del laboratorio del liceo Esc. Enrique Alzugaray de Cerro Chato (Depto. de Treinta y Tres) a cargo Atarina Blanco. El segundo estudio que aportaría datos decisivos para esta investigación, se ha realizado en la Facultad de Ciencias usando un Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) marca JEOL modelo JSM-900LV y la herramienta de Espectroscopia de Energía Dispersada de Rayos X (EDS). Dicho estudio, coordinado por Graciela Piñeiro y ejecutado en el Departamento de Microscopía Electrónica de Barrido de la Facultad de Ciencias por Ana Laura Reyes.

Para el estudio de las muestras de agua con el propósito de identificar la presencia de contaminantes en la misma, se siguió la metodología usada por Piñeiro et al. (2021). Dicho análisis consiste en sumergir durante al menos 24 horas, hojas previamente lavadas con agua destilada, de una planta cuya composición química es conocida. Luego se secan en una estufa y se introduce un trozo de la hoja en la platina del microscopio para analizar su textura y visualizar daños en la

cutícula, además de analizar su composición química mediante la aplicación de la técnica de EDS. En este caso se utilizaron hojas de *Ligustrum obtusifolium* y una hoja sin procesar tomada de la misma planta, fue utilizada como muestra de control.

3 RESULTADOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA TERRESTRE: CALIDAD DEL SUELO Y PRESENCIA DE ESTRATOS ROCOSOS

Mientras que en algunos sectores es posible observar un suelo oscuro, cuya profundidad es de 30 a 50cm, bien aireado y con presencia de abundante materia orgánica; en otras zonas se percibe una coloración más rojiza y un suelo de menor espesor que oscila entre los 20 y 30 cm. En ambos casos la cobertura vegetal está compuesta por gramíneas, con presencia de cactáceas y musgos. Es posible detectar algunos afloramientos rocosos pertenecientes al Granito de Santa Clara (basamento cristalino de edad Proterozoico, perteneciente al Terreno Nico Pérez); este granito es muy común en la zona.

Fort (2020, p. 55) lo describe como “(...) afloramientos de colores rosados a naranjas.” A esta descripción Fort (op. cit.) agrega que el granito de Santa Clara “Se caracteriza por presentar una textura isótropa, fanerítica, holocristalina, equigranular, de tamaño medio (...), compuesta principalmente por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y biotita.”

En la zona correspondiente a las barrancas, se observa parte de la Formación Valentines, una secuencia vulcanoclástica de 2.6 Ga (Precámbrico), descrita por Preciozzi et al. (1985) y posteriormente por otros autores. Bossi & Gaucher (2014, p.171) la describen como formada por “gneisses oligoclásicos, piroxenitas, granitos a pertitas cordadas (mesopertitas) y cuarcitas magnetito-augíticas (valentinesitas).” En el área circundante al sitio de estudio se percibe la presencia de gneisses oligoclásicos de textura “gneissosa granítica”.

Figura 2. Fotografías que muestran el ambiente natural del paraje sobre el Arroyo La Yeguada en el Departamento de Treinta y Tres (Uruguay) y las intervenciones antrópicas que lo transformaron en un balneario para descanso y recreamiento. A. Vista general de la entrada y las viviendas. B. Vista de la calzada 1 sobre el A° La Yeguada. C. Vista de la calzada 2 sobre el A° La Yeguada, donde también se puede observar parcialmente el área del parque y de los predios aledaños.



3.2 DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA TERRESTRE: FAUNA Y FLORA

En general los vertebrados más abundantes y diversificados en el Balneario La Yeguada son las aves. Durante mis visitas al sitio he podido observar: teros (*Vanellus chilensis*), horneros (*Furnarius rufus*), el conocido “Martín Pescador” mediano (*Alcedo atthis*), perdices (*Perdix perdix*), bandurria mora (*Harpiprion caerulescens*), palomas de ala manchada (*Patagioenas maculosa*), paloma torcaza (*Columba palumbus*), cotorras (*Myiopsitta monachus monachus*), pirincho común (*Guira guira*), benteveo común (*Pitangus sulphuratus*), zorzal común (*Turdus philomelos*), sabiá (*Turdus rufiventris*), ratoneras (*Troglodytes aedon*), chingolo común (*Zonotrichia capensis*), cardenales copete rojo (*Paroaria coronata*), tordo común (*Turdus merula*), halconcitos (*Falco sparverius*) y gallineta común (*Pardirallus (Ortygonax)*, (*Rallus sanguinolentus*).

También es común encontrar cuevas con abundante tierra recientemente removida, lo que indica la presencia de mamíferos excavadores como mulitas (*Dasypus septemcinctus*) y tatúes (*Chaetophractus villosus* o tatú peludo), cuyas poblaciones han disminuido sustancialmente en los últimos años en el Uruguay debido a la pérdida de habitats y aplicación excesiva de agroquímicos (Dallegrave et al., 2003; Ríos et al., 2010; Paganelli et al., 2010; Sauders et al., 2012; Bernardes et al., 2015, entre otros). Lamentablemente esta problemática ha sido poco estudiada en Uruguay, particularmente para las faunas de mamíferos terrestres, pero recientemente se ha encontrado acumulación de diversos pesticidas en el tejido muscular de peces en el Río Uruguay y Río Negro (Ernst et al., 2018).

Respecto de los reptiles y anfibios, no se ha observado su presencia durante las visitas que realizamos al sitio en 2022. En estaciones de primavera próximas al comienzo del verano, se han visto lagartos overos (*Tupinambis merianae*) y algunas serpientes como por ejemplo cruceras (*Bothrops alternatus*), yaras (*Bothrops pubescens*) y corales (*Micrurus altirostris*). Las culebras estuvieron mayormente representadas por culebras de Peñarol (*Lyophis poecilogyrus*) y parejeras (*Clelia rustica*), entre otras menos frecuentes.

En cuanto a las especies arbóreas y arbustivas se pudo observar la presencia de: coronillas (*Scutia buxifolia*), molles (*Schinus molle*), chircas (*Baccharis dracunculifolia*), carqueja (*Baccharis trímera*), arueras (*Lithraea brasiliensis*), higuerón (*Ficus luschnathiana*), palo de fierro (*Olneya tesota*), sauces (*Salix babylonica*) y álamos (*Populus alba*). En el caso de los sauces, se considera pertinente y relevante mencionar que estos no han nacido allí de modo aleatorio, sino que han sido producto de la intervención humana, cumpliendo la función de sombra del parque. En los troncos y ramas de los distintos árboles antes mencionados se puede apreciar el crecimiento de algunos helechos así como también la proliferación de líquenes y claveles del aire (*Tillandsia aeranthos*).

3.3 ESTUDIO DEL ECOSISTEMA ACUÁTICO: ARROYO LA YEGUADA

El arroyo La Yeguada, en el sector que nos convoca, presenta de 18 a 22 metros de ancho y hasta 2 metros de profundidad. Entre la biota que posee este arroyo se puede mencionar a los gasterópodos del género *Pomacea* y también se observaron hongos, algas, plantas acuáticas (e.g., *Echinodorus grandiflorus*) y algunos peces como mojarra de especies no determinadas y castañetas (posiblemente de la especie *Australoheros facetus*) (Fig. 4B). Respecto a los gasterópodos presentes en el Arroyo La Yeguada, no se observaron individuos vivos ni en la visita de julio ni en la de agosto, sino algunas caparazones vacías asignables a la familia Ampullaridae (ver Scarabino, 2004), lo cual podría indicar que hay algunos representantes vivos en el ecosistema. Mientras tanto, las castañetas solo fueron observadas en aguas claras, despojadas de las masas fibrosas que se notaron en el primer muestreo (ver Fig. 4 A-B).

3.3.1 Estudio de las muestras de agua del Arroyo La Yeguada

Tres días después de la colecta de las muestras se observó que la masa fibrosa, de coloración marrón rojiza, que se había detectado en la orilla del arroyo como un evento inusual, se ha sedimentado de forma que se vuelve muy notoria en el fondo del recipiente. Por otro lado, el agua perdió turbidez, pero mantenía un fuerte olor desagradable. En las muestras de agua de la orilla tomadas en agosto, la sedimentación de la masa fibrosa en el fondo del recipiente, fue de menor volumen.

Aunque las fibras a simple vista parecían endebles y poco diferenciadas, ellas se vuelven evidentes bajo el microscopio óptico. No obstante, el análisis realizado en la Facultad de Ciencias, utilizando microscopía electrónica de barrido arrojó datos sumamente interesantes. Las masas fibrosas sedimentadas en las dos muestras extraídas de la zona marginal del arroyo contenían diatomeas integrantes de la comunidad perifítica, mezcladas con material orgánico indeterminado, sedimento y estructuras tubulares huecas, de aspecto fibroso, cuya naturaleza y origen no fue posible determinar. El tamaño de estas fibras osciló entre 0,5 a 1 μm de diámetro (Fig. 5A, B, D, E). El análisis de su composición química reveló que estos pequeños tubos contienen gran cantidad de C, O, y posiblemente algo de Fe y Si (Fig. 6).

Las diatomeas fueron identificadas en base a la consulta de bibliografía específica (e.g., Metzeltin & García-Rodríguez, 2012; Picardo 2020; Van de Vijver et al., 2022), reconociéndose de manera tentativa la presencia de los taxones *Encyonema* sp., *Fragilaria* sp., (Fig. 5C) cf. *Gomphonema* sp., (Fig. 5D, F), cf. *Craticula* sp., cf. *Navicula* sp. y *Pinnularia* cf. *schweinfurthi*.

4 DISCUSIÓN

El estudio ambiental realizado en el balneario La Yeguada en el departamento de Treinta y Tres estuvo inicialmente enfocado en los aspectos ecológicos y de preservación de los ecosistemas naturales asociados al arroyo La Yeguada.

Figura 3. Imagen satelital de Google Maps mostrando la ubicación del Parque La Yeguada y la distribución espacial del sitio de estudio, incluyendo las zonas donde fueron tomadas las muestras para el análisis SEM. La “Muestra de agua 1” corresponde a la toma realizada en el centro del río, mientras que la “Muestra de agua 2” fue tomada en la orilla e incluyó sedimento y estructuras de color marrón rojizo luego identificadas como conteniendo diatomeas y túbulos huecos y transparentes de origen hasta ahora desconocido.



Dada la influencia de la actividad antrópica en los ambientes naturales, se realizó un relevamiento, tanto de la fauna como de la flora presente en el lugar, detectándose una gran diversidad de aves que incluyen especies que son características en general de nuestra campaña. También se encontraron algunas evidencias de la presencia de mamíferos, a pesar de que sus poblaciones se han visto reducidas en los últimos años. No se observaron anfibios ni reptiles durante las visitas al lugar en los meses de julio y agosto, posiblemente debidos a las bajas temperaturas, ni tampoco moluscos en el agua del arroyo. Este último dato podría ser relevante y pasible de un estudio adicional, dado que recientemente se ha advertido una reducción de las poblaciones de gasterópodos de agua dulce en el país y la región (e.g., Torres-Cevallos et al., 2020), en especial del gasterópodo nativo *Cyanocyclas* spp., confirmándose una reducción de más del 90% de su presencia en ríos y arroyos de Uruguay (Clavijo & Carranza, 2018), adjudicándose esta disminución al deterioro de las condiciones ambientales y/o a la competencia interespecífica con gasterópodos oportunistas como *Corbicula* sp. y *Limnoperna fortunei*, introducidos desde Asia hace ya muchos años y con pocas perspectivas de ser erradicados. Es así que Clavijo & Carranza (2018) destacan que las especies del complejo *Cyanocyclas* habían sido incluidas por Clavijo & Scarabino (2013) en la Lista Nacional de Especies de Prioridad de Conservación, pero desde ese momento hasta la

actualidad, no se han coordinado acciones específicas en pos de detener la disminución de las poblaciones de estos moluscos invasores. Asimismo, otros estudios han notado el impacto provocado por la interacción de la especie exótica *Limnopena fortunei* con especies de gasterópodos nativos de la familia Ampullaridae, incrustándose en la zona de la apertura de la caparazón e impidiendo el cierre del opérculo en temporadas de sequías y de otros fenómenos ambientales adversos (ver Röhrdanz Rosa, 2017).

Lamentablemente, este ecosistema se ha visto amenazado por múltiples factores. Uno de ellos es la caza, tanto de especies exóticas como nativas. Aunque la cacería parece haber sido una actividad común en la zona a juzgar por las palabras de Medina Soca (1978, p. 236) que apunta a que “... no solo las perdices eran las víctimas preferidas, sino también las palomas, las gallinetas, los patos y cuanto bicho volara, además de correr y a veces capturar alguna mulita, tatú o zorro viejo”, estas actividades hoy en día contribuyen a disminuir una ya afectada diversidad y abundancia por otros factores. Uno de ellos es la matanza de animales considerados un potencial peligro para las personas que visitan el balneario con fines recreativos. Los más afectados por estas conductas son los reptiles, particularmente las serpientes venenosas y también las culebras que no lo son, pero por ignorancia son asimismo eliminadas, teniendo como resultado un descenso de sus poblaciones.

Otro factor que contribuyó a la desaparición de especies por modificación antrópica de sus hábitats naturales ha sido la tala de árboles nativos para alimentar sistemas de calefacción. En su defecto ha proliferado en los últimos años la forestación de especies exóticas como eucaliptus y pinos en predios linderos, considerados poderosos agentes de alteración de los ecosistemas naturales. Los árboles presentes en el parque representan solo un vestigio de lo que alguna vez ha sido un frondoso monte ribereño.

Hoy, dentro del parque se plantan especies como sauces y álamos que no pertenecen a la flora natural de este ambiente.

La construcción de dos calzadas y un puente impide la circulación natural del curso fluvial Arroyo La Yeguada y genera zonas donde el agua se mantiene estancada o fluye con dificultad, propiciando la reproducción de algas, hongos y diatomeas.

En cuanto a las muestras que se tomaron para analizar el estado del agua del arroyo La Yeguada, los resultados fueron bastante inesperados. En realidad, lo que motivó la decisión de realizar este tipo de estudios, fue el hallazgo de unas masas gelatinosas en el agua de la orilla del arroyo, que no las había observado antes, a pesar de mis frecuentes visitas al sitio durante los últimos años. El análisis SEM-EDS de los nanotúbulos que sedimentaron en el fondo de los frascos usados para tomar las muestras, indicó en general la presencia de importantes cuantificaciones de O y C y en menor medida también de hierro, sodio, magnesio, aluminio, silicio, fósforo, azufre, cloro,

potasio, calcio, manganeso y titanio (Fig. 6). Esto sugeriría que la contaminación del ambiente es actualmente baja o nula. No obstante, el contenido de esas masas detectado mediante microscopía electrónica incluyendo diatomeas y un volumen importante de nanotubos huecos podría sugerir cierto grado de degradación acumulativa del ecosistema, tal cual lo sugeriría la composición de la comunidad de diatomeas preliminarmente identificada. De acuerdo a un estudio realizado recientemente, los taxones *Gomphonema*, *Navicula* y *Craticula* han sido considerados como tolerantes a la exposición de ciertos contaminantes ambientales estresores como por ejemplo el glifosato, uno de los herbicidas más utilizados en la agricultura (Corrales Martín, 2018). Sin embargo, *Fragilaria* ha sido considerada en el mencionado trabajo como sensible a medias y altas concentraciones del herbicida aunque también se indica que su presencia se reduce en ambientes con alto grado de eutrofización (Corrales Martín, 2018).

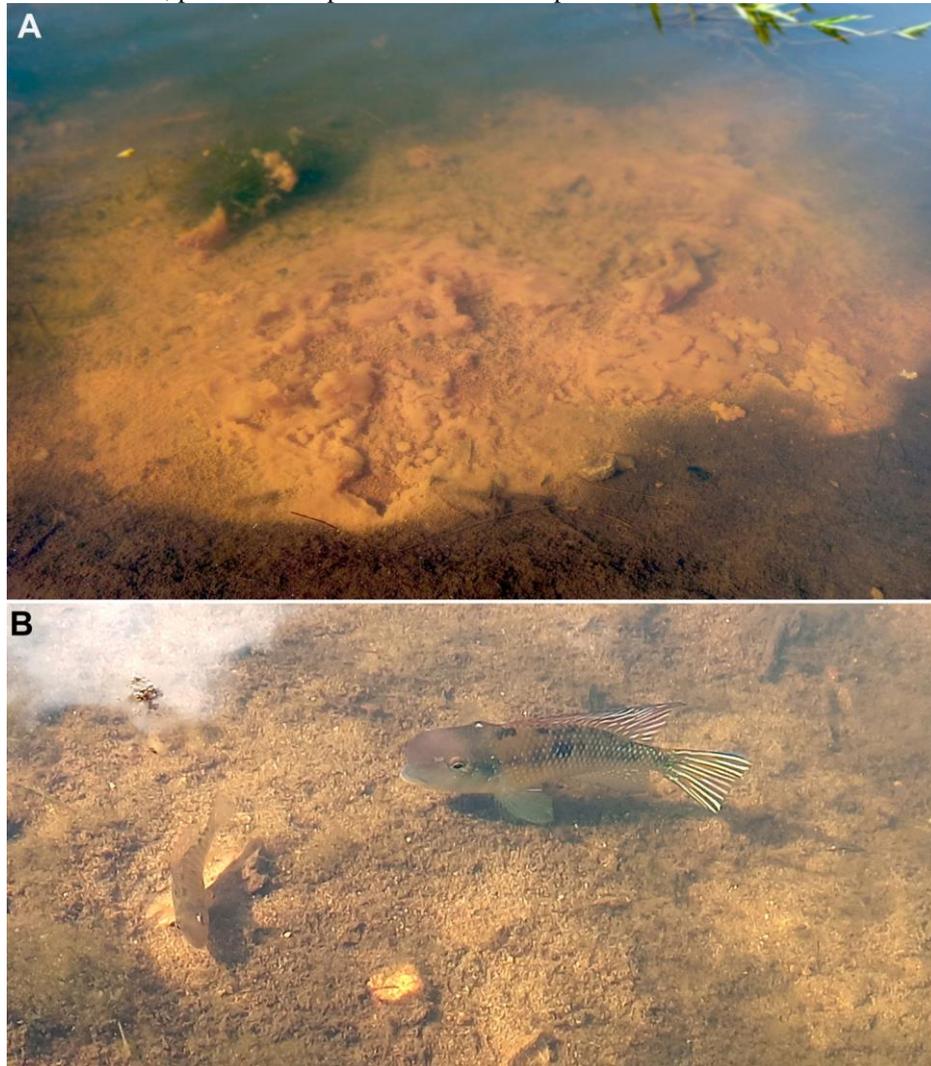
Por otro lado, la proporción relativamente importante de especies tolerantes a los pesticidas estaría al menos sustentando condiciones estresantes en el medio.

Curiosamente, al igual que en el estudio de Piñeiro et al. (2021), se encontró la misma asociación de elementos exógenos, posiblemente contaminantes (P, S, Cl) en el análisis de la composición química de las hojas de ligustro que fueron sumergidas en la muestra del agua del arroyo, aunque se destaca que su cuantificación fue muy menor (por debajo de 1). En el caso referido por Piñeiro et al. (2021), el origen de los tres elementos considerados como contaminantes fue preliminarmente asociado con la presencia de un plaguicida organofosforado utilizado en la producción de soja, maíz y arroz.

No obstante, en el caso del presente estudio la constatación de esos tres elementos es más difícil de explicar dado que su cuantificación es mucho menor y no se han observado actividades agrícolas del tipo de cultivos de secano en predios aledaños al parque. Igualmente, esta clase de pesticidas es considerada muy persistente (Piñeiro et al., 2021) y por tanto no se descarta la posibilidad de que su presencia pueda constituir un efecto residual de aplicaciones efectuadas en la zona para el desarrollo de otros emprendimientos como la mencionada forestación de algunos predios cercanos con especies exóticas de eucaliptos y pinos.

En cuanto a las estructuras fibrosas halladas en asociación con las diatomeas, es pertinente indicar que dado que su naturaleza no ha podido ser aún determinada, su presencia en la comunidad periférica del Arroyo La Yeguada es de difícil interpretación. Inclusive, la disminución y posterior ausencia de las masas de color marrón rojizo constatada en nuevas visitas realizadas al sitio a finales del mes de agosto y durante los meses de setiembre y octubre, se podría inferir que su presencia constituyó un evento puntual, aunque esta hipótesis deberá ser confirmada con un seguimiento más prolongado.

Figura 4. A. Fotografía tomada durante el primer muestreo, donde pueden observarse las masas marrón rojizo conteniendo las estructuras fibrosas y las diatomeas que cubren los sedimentos del fondo. Nótese la turbidez del agua del arroyo y la proliferación de algas, elementos que desaparecen completamente durante las visitas que se realizaron en setiembre y octubre de 2022, durante las cuales el agua estaba cristalina como habitualmente, permitiendo fotografiar dos especímenes de castañetas, posiblemente pertenecientes a la especie *Australoheros facetus*.



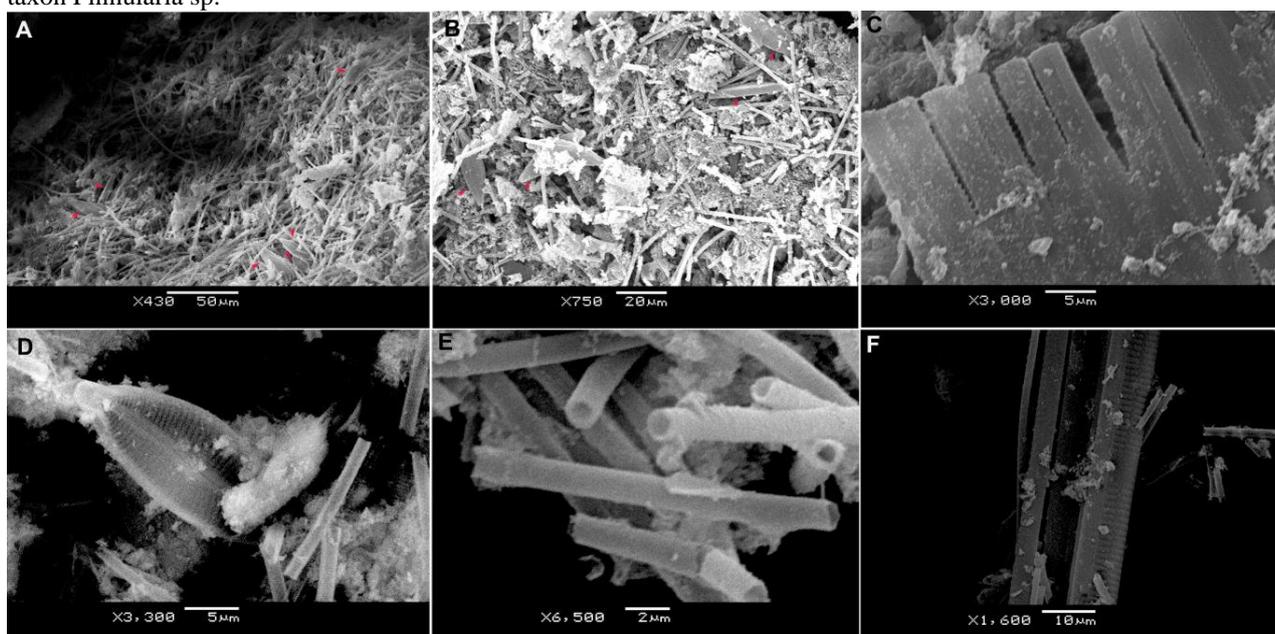
Por tanto, el presente trabajo se plantea como una contribución de carácter preliminar que deberá ser complementada con nuevas investigaciones que permitan la identificación de las estructuras halladas en el arroyo La Yeguada y en particular dirigidas a continuar el monitoreo sobre éste y otros cursos de agua de la zona, de manera de poder establecer si existe una interacción con las microbiotas perifíticas características de esos ecosistemas.

5 CONCLUSIONES

A través de su historia, el ser humano ha sido considerado una de las especies más transformadora del entorno natural, ya sea impactando los ecosistemas o generando otros nuevos y también provocando que las especies deban adaptarse, migrar o extinguirse (Pena Rodrigues & Lira, 2019). El parque y balneario La Yeguada al parecer, no escapa a esa realidad.

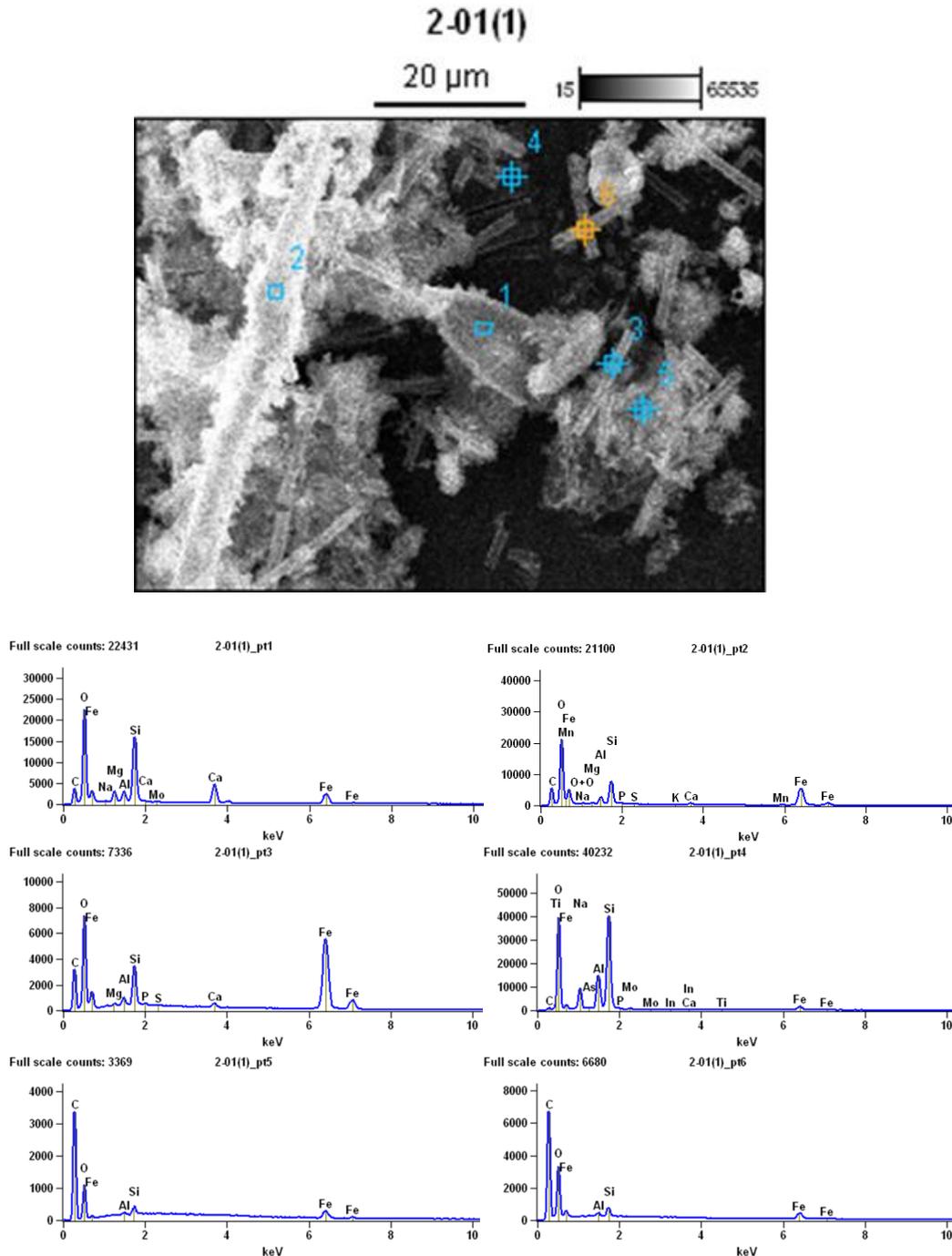
El arroyo La Yeguada es uno de los principales afluentes del río Olimar y ha representado un sustento para el desarrollo de una reserva natural de fauna y flora autóctona de gran variedad e importancia para el equilibrio ambiental, que actualmente debería ser considerado un candidato para su inclusión en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) o como un sitio a proteger en el futuro. De acuerdo a observaciones personales y de testimonios de asiduos visitantes al balneario, se ha detectado una reducción de las poblaciones de algunos representantes de la fauna característica del lugar, en particular de especies de mamíferos, reptiles y anfibios.

Figura 5. Fotografías SEM de las estructuras tubulares y huecas halladas en masas de aspecto gelatinoso a lo largo de las márgenes del Arroyo La Yeguada, cuya naturaleza no ha podido ser identificada. (A), masa fibrosa observada en baja magnificación, conteniendo algunas diatomeas (flechas rojas) que apenas pueden diferenciarse entre las fibras. (B), las mismas fibras observadas en (A), pero con una mayor magnificación. Las flechas rojas señalan las diatomeas entremezcladas con fibras y parte del sedimento. (C), diatomeas asignadas preliminarmente a *Fragilaria* sp. (D) Una diatomea preliminarmente asignada a *Gomphonema* sp, mezclada con túbulos y restos vegetales del fondo del arroyo. (E) Imagen SEM a mayor magnificación que muestra las estructuras tubulares huecas aún no identificadas y su pared lisa, carente de ornamentación alguna. F. Vista lateral de parte del frústulo de una diatomea asignable preliminarmente al taxón *Pinnularia* sp.



En contrapartida, los avistamientos de aves se han mantenido, quizás por la mayor adaptabilidad de algunas especies a convivir en espacios ocupados por seres humanos, siendo incluso posible encontrarlas en centros poblados. El aumento de las actividades de caza y la matanza de serpientes y culebras consideradas peligrosas para las personas que visitan el parque con fines recreativos ha provocado un descenso observable (pero que debe ser mejor cuantificado) de sus poblaciones.

Figura 6. Estudio SEM-EDS de la composición química de las fibras, diatomeas y sustancias circundantes halladas en la muestra 2. El EDS correspondiente a una de las fibras huecas (pt3) muestra la presencia de un pico de carbono y otro de hierro, sugiriendo que son estructuras orgánicas.



La tala de árboles para alimentar sistemas de calefacción ha contribuido con la modificación antrópica del ambiente asociado al arroyo La Yeguada, impactando la biota por pérdida de hábitats. La forestación de especies exóticas, considerada como un importante agente de alteración de los ecosistemas naturales puede también ser una potencial fuente de contaminación y eutrofización del agua del arroyo como se infiere preliminarmente del estudio de la composición química del agua realizado y de la presencia de especies tolerantes a pesticidas en la comunidad perifítica.

La composición taxonómica se ha considerado en forma preliminar dada la complejidad que presenta la Se ha registrado por primera vez para la zona del balneario, la presencia de una asociación de diatomeas de agua dulce, cuya clasificación de estos organismos a partir de muestras que no fueron preparadas para tales fines. No obstante, la comunidad representada es similar a las estudiadas para otros cuerpos de agua lóticos de Uruguay, que fueron consideradas tolerantes a medianas y altas concentraciones de herbicidas, así como también a cuerpos de agua con alto grado de eutrofización. Es posible que los estresores tengan su origen en el manejo de predios forestales que se ubican a poco más de dos kilómetros del balneario La Yeguada estudiado o en su defecto, representan relictos de aplicaciones de pesticidas persistentes realizadas previamente en campos aledaños.

Mezcladas entre las diatomeas se observaron unas estructuras tubulares, transparentes y huecas, que de acuerdo a lo indicado por el análisis MEB-EDS (Electroscopía de Energía Dispersada de Rayos X) presentaron una composición química que incluye alto contenido de Carbono. El origen de estas estructuras no pudo ser identificado, a pesar de haber solicitado la asistencia de especialistas en microbiología, tanto del ámbito nacional como internacional. Su naturaleza debe ser más detalladamente estudiada y evaluada su importancia para el ecosistema.

Por tanto, consideramos que la principal contribución de esta investigación es el descubrimiento de diatomeas en cuerpos de agua dulce, las cuales han sido poco estudiadas en Uruguay, particularmente respecto de su potencial como indicadores ambientales. Asimismo, se destaca la relevancia de la aplicación de la Microscopía Electrónica de Barrido y la Espectroscopia de Energía Dispersada de Rayos X en estudios de carácter ambiental que tienen como objetivo una evaluación de la calidad de nuestros recursos naturales, en particular del agua dulce.

AGRADECIMIENTOS

A Jorge Chiappe por facilitar materiales y testimonios para la elaboración del trabajo, así como también a Carlos Vázquez, quien ha contribuido con la identificación de unidades geológicas en la zona. Atarina Blanco, encargada de laboratorio en el Liceo “Enrique Alzugaray”, colaboró en el primer análisis de las muestras extraídas. Destaco la labor de la técnica Ana Laura Reyes para llevar a cabo los análisis de las muestras mediante Microscopía Electrónica de Barrido y por las excelentes fotografías de los materiales que propiciaron este estudio. Sylvia Bonilla y Cristhian Clavijo proporcionaron valiosos comentarios y sugerencias que mejoraron sustancialmente la primera versión de este artículo. Felipe García Rodríguez colaboró en la determinación de alguna de las diatomeas halladas. Graciela Piñeiro facilitó multitud de materiales específicos, así como el estudio de las muestras, este trabajo no hubiera sido posible sin su apoyo, motivación y dedicación. Gracias por contagiar las ganas de investigar. Agradezco también a los profesores que colaboraron en el Curso “Evolución Paleoclimática y Paleoambiental de Uruguay”, por la presentación de contenidos de gran pertinencia y necesarios para entender el Uruguay actual.

REFERENCIAS

Bernardes, M.F.F., Pazin, M. & Dorta, L.C.P.D.J. 2015. Impact of Pesticides on Environmental and Human Health. In: Andreazza, A.C. & Scola, G. (Eds.), *Toxicology Studies - Cells, Drugs and Environment*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/59710>. 244 p.

Bossi, J. & Gaucher, C. 2014. Formación Valientes. En: *Geología del Uruguay-Tomo 1: Predevónico*. Montevideo UdelaR pp. 171–189
https://www.academia.edu/44893246/Formaci%C3%B3n_Valientes

Clavijo, C., & Scarabino, F. 2013. Moluscos continentales. In: Soutullo, A. Clavijo, C. & Martínez-Lanfranco, J. A. (Eds.), *Especies prioritarias para la conservación en Uruguay. Vertebrados, moluscos continentales y plantas vasculares*. pp. 73–90. Montevideo, Uruguay: SNAP/DINAMA/MVOTMA y DICYT/MEC.

Clavijo, C. & Carranza, A. 2018. Critical reduction of the geographic distribution of *Cyanocyclas* (Cyrenidae: Bivalvia) in Uruguay. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*: 1–4. <https://doi.org/10.1002/aqc.2941>

Corrales Martín, N. 2018. Efectos del glifosato en sistemas acuáticos: análisis experimental de las respuestas de la comunidad de diatomeas perifíticas (Laguna del Cisne, Canelones). Tesis de Maestría. Inédito. Universidad de la República, PEDECIBA Biología, Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay. 123 p.

Dallegrave, E., Mantese, F.D., Coelho, R.S., Pereira, J.D., Dalsenter, P.R. & Langeloh, A. 2003. The teratogenic potential of the herbicide glyphosate-Roundup in Wistar rats. *Toxicology Letters*. 142(1–2): 45–52. doi: 10.1016/s0378-4274(02)00483-6. PMID: 12765238.

Ernst F, Alonso B, Colazzo M, Pareja L, Cesio V, Pereira A, Márquez A, Errico E, Segura AM, Heinzen H, Pérez-Parada A. 2018. Occurrence of pesticide residues in fish from South American rainfed agroecosystems. *Science Total Environments*, 631–632: 169-179. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.320.

Fort, S. 2020. Petrografía, Geoquímica, e Isotopía del magmatismo granítico neoproterozoico del centro-noreste de Uruguay. [Tesis de Maestría]. Facultad de Ciencias - PEDECIBA Geociencias. pp. 55–57.

Medina Soca, O. 1978. *Santa Clara Del Olimar Grande 1878–1978*. Montevideo. Shera'a S.R.L. 238 p.

Metzeltin, D. & García-Rodríguez, F. 2012. *Las diatomeas uruguayas*. Montevideo. DIRAC. pp. 6–10. https://www.researchgate.net/publication/286335495_Las_Diatomeas_Uruguayas.

Paganelli, A., Gnazzo, V., Acosta, H., López, S.L., & Carrasco, A.E. 2010. Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. *Chemical Research in Toxicology*, 23(10): 1586–1595.

Picardo Antunez A. 2020. Diatomeas bentónicas como indicadores de gradientes ambientales asociados a actividades antrópicas en arroyos de la cuenca del Río Negro. [Tesis de Maestría en Geociencias] Facultad de Ciencias - PEDECIBA Geociencias. pp 93.

Piñeiro, G., Meroni, E., Da Fonseca, W., Márquez, A. 2020. Aplicación de la Microscopía Electrónica de Barrido y la Espectroscopía de Energía Dispersiva de Rayos X (SEM-EDS) en evento de mortalidad masiva de *Apis mellifera* registrado en colonia del norte de Uruguay. *Brazilian Journal of Animal and Environment Research*, p. 1095 (23) DOI: 10.34188/bajaerv4n1-088

Praderi, R. & Vivo, J. 1969. Ríos y Lagunas. *Nuestra Tierra* 36. pp. 60–63. <http://www.periodicas.edu.uy/v2/minisites/nuestra-tierra/indice-de-numeros.htm>

Preciozzi, F., Sportuno, J., Heizen, W. & Rossi, P. 1985. Carta Geológica del Uruguay a escala 1/500.000. Dirección Nacional de Minería y Geología, 90 pp.

Ríos, M., Zaldúa, N. & Cupeiro, S. 2010. Evaluación participativa de plaguicidas en el sitio RAMSAR, Parque Nacional Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay. Montevideo, Uruguay: Vida Silvestre Uruguay.

Rodrigues, P. J. F. Pena; Lira, C.F. 2019. The Bio-Evolutionary Anthropocene Hypothesis: Rethinking the role of Human-Induced Novel Organisms in Evolution. *Biological Theory: Integrating development, evolution & cognition*, 15: 1–10.

Röhrdanz Rosa, A.E. 2017. Los caracoles manzana (Ampullariidae; Gastropoda; Mollusca) en Uruguay: revisión y actualización de su distribución. Tesina de grado para la obtención del título de Licenciado en Ciencias Biológicas, opción Ecología (inédita). Universidad de la República, Facultad de Ciencias, Uruguay. 42 p.

Saunders, M., Magnanti, B.L., Carreira, S.C., Yang, A., Alamo-Hernández, U., Riojas-Rodriguez, Calamandrei, H., Koppe, J.G., Von Krauss, M.K. Keune, H. & Bartonova, A. 2012. Chlorpyrifos and neurodevelopmental effects: a literature review and expert elicitation on research and policy. *Environmental Health*, 11: 1–11.

Scarabino, F. 2004. Conservación de la malacofauna uruguaya. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay* (82–83): 267–273.

Torres-Zevallos, U., Llontop, C., Alvariño, L. & Iannacone, J. 2020. Drástica disminución de la comunidad de gasterópodos en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa, Lima, Perú, 17(2): 245-258. doi:10.31381/biotempo.v17i2.3319

Van de Vijver, B. Williams, D.M., Schuster, T.M., Kusber, W.H., Cantonati, M., Wetzel, C.E. & Ector, L. 2022. Analysis of the *Fragilaria rumpens* complex (Fragilariaceae, Bacillariophyta) with the description of two new species. *Fottea, Olomouc*, 22(1): 93–121. DOI: 10.5507/fot.2021.018