

2021, Volumen 6, Número 1: 1-13

Tras los pasos de Frenguelli en los Esteros del Iberá: el rol de las nuevas tecnologías en la revalorización de las colecciones biológicas históricas

Anabel Alejandra Lamaro^{1,2}, Silvia Estela Sala¹, John Patrick Kociolek³, Jordan Swenson³,
Julián Simonato^{1,4}, José María Guerrero¹, Amelia Alejandra Vouilloud¹ & Michael Kociolek³

¹División Ficología, Museo de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
analamaro@fcnym.unlp.edu.ar, sesala@fcnym.unlp.edu.ar, juliánsimonato@fcnym.unlp.edu.ar, guerrero@fcnym.unlp.edu.ar, avouilloud@fcnym.unlp.edu.ar

²Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Argentina.

³Museum of Natural History and Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Colorado, USA.
patrick.kociolek@colorado.edu, Jordan.Swenson@colorado.edu, mkociolek38@gmail.com

⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina



Tras los pasos de Frenguelli en los Esteros del Iberá: el rol de las nuevas tecnologías en la revalorización de las colecciones biológicas históricas

Anabel Alejandra Lamaro^{1,2}, Silvia Estela Sala¹, John Patrick Kociolek³, Jordan Swenson³, Julián Simonato^{1,4}, José María Guerrero¹, Amelia Alejandra Vouilloud¹ & Michael Kociolek³

¹División Ficología, Museo de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
analamaro@fcnym.unlp.edu.ar, sesala@fcnym.unlp.edu.ar, juliansimonato@fcnym.unlp.edu.ar, guerrero@fcnym.unlp.edu.ar, avouilloud@fcnym.unlp.edu.ar

²Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Argentina.

³Museum of Natural History and Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Colorado, USA. patrick.kociolek@colorado.edu, Jordan.Swenson@colorado.edu, mkociolek38@gmail.com

⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

RESUMEN. Joaquín Frenguelli formó parte en 1923 de una expedición a la Región del Iberá, organizada en el marco de un proyecto nacional, conocido como Proyecto Mollard. Los pormenores del viaje fueron documentados en publicaciones, aportando descripciones técnicas y paisajísticas precisas de las localidades, especialmente de aquellas donde se recolectaron muestras. Una colaboración entre el Museo de La Plata y la Universidad de Colorado (EE.UU.), vinculada a estudiar la flora de diatomeas de agua dulce de Argentina, permitió que en mayo de 2019 se organizara una campaña a esta región, casi 100 años después de la expedición de Frenguelli, posibilitando así la experiencia única de repetir su itinerario. El objetivo principal de este trabajo fue ubicar las localidades originales visitadas por Frenguelli mediante el empleo de tecnologías modernas, tales como imágenes satelitales y sistemas de información geográfica, a fin de coleccionar en ellas nuevos materiales que servirán para evaluar los cambios ocurridos en los 97 años que median entre ambas expediciones. Para ello, se digitalizó una carta esquemática publicada en 1924 sobre la base de las descripciones en la bibliografía, se georreferenciaron de manera aproximada las localidades visitadas por Frenguelli, ajustando su ubicación a campo mediante la interpretación de las descripciones de los parajes dadas por el autor y, además, se tomaron muestras en los mismos sitios, con registro de sus coordenadas geográficas con GPS. Finalmente, se obtuvieron y procesaron imágenes satelitales cercanas a la fecha de la campaña, a fin de analizar la cobertura vegetal y uso de la tierra actual en toda el área de estudio. El análisis comparativo de todos estos materiales permitió establecer que, si bien grandes áreas se conservan en estado natural, en otras áreas de la región hubo grandes cambios vinculados con la expansión de las áreas urbanas, la disponibilidad de caminos y rutas y, principalmente, cambios significativos en el uso del suelo relacionados mayormente con la forestación. Los resultados obtenidos constituyen, en su conjunto, información de base, muy escasa hasta el presente, para llevar a cabo futuros estudios ambientales en la región.

Palabras clave: *Cambios ambientales; Diatomeas; Georreferenciación; Imágenes satelitales; SIG*

Cómo citar este artículo: Lamaro, A.A., Sala, S.E., Kociolek, J.P., Swenson, J., Simonato, J., Guerrero, J.M., Vouilloud, A.A. & Kociolek, M. (2021) "Tras los pasos de Frenguelli en los Esteros del Iberá: el rol de las nuevas tecnologías en la revalorización de las colecciones biológicas históricas", *Revista del Museo de La Plata* 6(1), pp. 1-13. <https://doi.org/10.24215/25456377e140>.



Recibido: mayo 2020
Aceptado: diciembre 2020
Publicado: enero 2021

ABSTRACT. Following Frenguelli's footsteps in the Iberá Wetlands: the role of new technologies in the reappraisal of historical biological collections. In 1923 Joaquín Frenguelli took part in an expedition to the Iberá Region (NE Argentina) organized within the context of a major national program known as the Mollard Project. The details of this trip were documented in several publications that provided precise technical and landscape descriptions of the localities visited, particularly those where samples were collected. A joint collaboration between the Museo de La Plata and the University of Colorado (USA), aimed at studying the freshwater diatom flora of Argentina, led to undertaking a new field trip to the region in May 2019, almost 100 years after Frenguelli's expedition, offering the unique experience of going over his itinerary. The main purpose of this work was to locate the original sites visited by Frenguelli using modern technologies, such as satellite images and geographic information systems, in order to collect new materials to serve as references to evaluate the changes occurred during the 97 years elapsed between the two expeditions. To accomplish this, a schematic map published in 1924 was digitized based on the descriptions in bibliographical sources, the locations visited by Frenguelli were georeferenced by approximation, adjusting their location to the actual terrain by interpreting the author's descriptions of those places. In addition, new samples were collected at the same sites and their geographic coordinates were recorded using GPS. Finally, satellite images captured close to the date of the field trip were obtained and processed, in order to analyze current land use and vegetation coverage throughout the study area. The comparative analysis of all these materials allowed us to establish that although large areas are still preserved in quite pristine conditions, other areas of the region have undergone marked changes associated with the expansion of urban areas, the development of roads and routes, and especially, significant changes in land use related mostly to forestry. These results represent baseline information, currently very scarce, that will enable the development of future environmental studies in the region.

Key words: *Diatoms, Environmental changes; Georeferencing; Satellite images; GIS*

RESUMO. Nos passos de Frenguelli nos Esteros del Iberá: O papel das novas tecnologias na revalorização das coleções biológicas históricas. Joaquín Frenguelli integrou em 1923 uma expedição à Região do Iberá, organizada no âmbito de um projeto nacional, conhecido como Projeto Mollard. Os detalhes da viagem foram documentados em publicações, fornecendo descrições técnicas e paisagísticas precisas das localidades, especialmente daquelas onde foram coletadas amostras. Uma colaboração entre o Museu de La Plata e a Universidade do Colorado (EUA), vinculada ao estudo da flora das diatomáceas de água doce da Argentina, permitiu que em maio de 2019 fosse organizado um trabalho de campo nesta região, quase 100 anos após a expedição de Frenguelli, possibilitando assim a experiência única de repetir o seu itinerário. O objetivo principal deste trabalho foi encontrar as localidades originais visitadas por Frenguelli através do uso de tecnologias modernas, tais como imagens de satélite e sistemas de informação geográfica, a fim de coletar nelas novos materiais que servirão para avaliar as mudanças ocorridas nos 97 anos que medeiam as duas expedições. Para isso, uma carta esquemática publicada em 1924 foi digitalizada com base nas descrições da bibliografia, as localidades visitadas por Frenguelli foram georreferenciadas de maneira aproximada, ajustando sua localização em campo por meio da interpretação das descrições dos lugares dadas pelo autor e, ademais, foram coletadas amostras nos mesmos locais, com registro de suas coordenadas geográficas com GPS. Finalmente, foram obtidas e processadas imagens de satélite próximas à data do trabalho de campo, a fim de analisar a cobertura vegetal e o uso do solo atual em toda a área de estudo. A análise comparativa de todos esses materiais permitiu estabelecer que, embora grandes áreas sejam conservadas em estado natural, em outras áreas da região ocorreram grandes mudanças relacionadas à expansão das áreas urbanas, à disponibilidade de estradas e vias e, principalmente, mudanças significativas no uso do solo relacionadas em grande medida ao florestamento. Os resultados obtidos constituem, em seu conjunto, informações de base, muito escassas até o presente, para a realização de futuros estudos ambientais na região.

Palavras-chave: *Mudanças ambientais; Diatomáceas; Georreferenciamento; Imagens de satélite; SIG*

Introducción

El Iberá es un macroecosistema único en América del Sur, no sólo por su posición en el contexto biogeográfico sino también por la extensa superficie palustre que circunda a complejos lacustres considerados entre los mayores de América Neotropical (Neiff, 2004). Ocupa 12.300 km² en el NE de Argentina (provincia de Corrientes), y comprende un complejo de ecosistemas con predominio de los ambientes palustres (esteros y bañados) que interconectan extensos lagos poco profundos, unidos por cursos de agua de distinto orden cuya riqueza de especies permitiría calificarlo como un sitio clave de biodiversidad (Neiff, 2004). Esta región se considera una de las principales fuentes superficiales de agua limpia de la Argentina (Gálvez *et al.*, 2003; Lancelle, 2003; Poi de Neiff, 2003), donde viven más de 4000 especies vegetales y animales (Arbo & Tressens, 2002; Álvarez *et al.*, 2003; Frutos, 2003; Poi de Neiff, 2003; Zalocar, 2003), de linaje Brasilico y de hábito palustre-fluvial (Almirón *et al.*, 2003; Neiff, 1997).

A partir de fines de 2016, la *Conservation Land Trust* (<https://www.tompkinsconservation.org/>) y la Fundación Flora y Fauna Argentina iniciaron, a través de un proceso gradual, la donación de tierras a la Administración de Parques Nacionales. Finalmente, mediante la ley N° 27.481 sancionada el 5 de diciembre de 2018 y promulgada el 21 de diciembre del mismo año, se estableció la protección de los recursos naturales y culturales de los esteros correntinos, creando el Parque Nacional Iberá, ubicado dentro de la ecorregión de los Esteros del Iberá, con una superficie de 1835 km². En 1910, en los Anales de la Sociedad Científica Argentina, se publicaron los detalles de la organización de la primera exploración a la laguna Iberá (Sociedad Científica Argentina, 1910). Un extracto de ese texto menciona: "...Pródromos de la exploración: La junta directiva de la Sociedad Científica Argentina, en vista del alto interés que para el buen nombre del país resultaría de efectuar la exploración de la laguna Iberá, considerada como una parte desconocida de nuestro territorio y, en consecuencia, no incorporada a las actividades que se desarrollan en el resto del país, y teniendo en cuenta, por otra parte, que no se han hecho aún estudios científicos en tan vasta región, resolvió en su sesión del 11 de agosto de 1905 iniciar los trabajos necesarios para llevar á (*sic*) cabo la exploración y estudios consiguientes de la laguna Iberá...".

En el año 2020, la *National Geographic Foundation* realizó una película denominada "Last wild places", donde se muestran historias de vida en distintas partes del mundo en relación con la conservación. El Parque Nacional Iberá está incluido entre esos sitios (National Geographic, 2020). Han pasado 110 años desde la primera exploración de la región y los humedales del Iberá continúan considerándose tierras prístinas y desconocidas que es necesario conservar por ser reservorio de biodiversidad.

Nuevas tecnologías y su aporte a la biodiversidad y revalorización de colecciones biológicas históricas

Hablar de la biodiversidad es hablar del ser humano en su dimensión más amplia y profunda. Actualmente, ya no se trata únicamente de conocer y registrar especies, sino de conservar lo que heredamos y proteger el legado para las generaciones futuras (Basterra & Neiff, 2008; Funk, 2018). Las muestras obtenidas durante las expediciones científicas son registros históricos que documentan la presencia de especies particulares en un tiempo y un espacio determinados (Proctor, 2004). A medida que la tecnología avanza es posible acceder a nuevos tipos de datos sobre las especies, el ambiente y el ecosistema en un lugar y tiempo perdidos en la historia (Baker *et al.*, 1998; Beaman *et al.*, 2004; Murphey *et al.*, 2004; Crisci & Katinas, 2017).

Las nuevas herramientas tecnológicas disponibles incluyen los Sistemas de Información Geográfica (SIG), las imágenes satelitales y las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs). Los primeros constituyen una herramienta integradora que busca abarcar todas las funcionalidades que se requieren para el trabajo, con variables y elementos espacialmente localizados, incorporando para ello capacidades variadas (Olaya, 2014). Por otro lado, las IDEs pueden considerarse como soluciones tecnológicas que se basan en y aprovechan de la red internet, permitiendo la globalización e interoperabilidad entre los SIG (Bernabé-Poveda & López-Vázquez,

2012). Ambas herramientas han generado un cambio cualitativo en la gestión y análisis de la información geográfica. Su fuerza radica en la posibilidad de encadenar servicios de información geográfica, evitando la acumulación de datos y la realización de procesos en nuestro propio sistema, despejando así el camino para el acceso a los SIG y a la verdadera interoperabilidad entre ellos (Inierto *et al.*, 2014).

Existen diversos portales con información de biodiversidad, fomentados por instituciones gubernamentales, universidades, fundaciones, etc. Entre estos, el portal de la GBIF (Global Biodiversity Information Facility) constituye la infraestructura más masiva que integra información cartográfica con datos de biodiversidad a nivel mundial, formada por 58 países, 38 organizaciones y 1339 proveedores de datos (datos de enero de 2019). A mediados de 2018 se llegó al hito de los mil millones de registros de biodiversidad, lo que representa el 62 % del total de seres vivos conocidos y revisados, suministrando una base empírica inigualable para la investigación y la toma de decisiones basados en el análisis de datos masivos (*big data*) (GBIF, 2020). Los datos abiertos sobre biodiversidad hacen posible la repatriación de datos de especies recolectadas en expediciones de campo y mantenidas en colecciones de historia natural, liberándolas mediante el acceso digital para su uso por parte de investigadores y ciudadanos de todo el mundo, incluyendo los de sus países de origen (Beaman *et al.*, 2004; Guralnick & Neufeld, 2005; Escobar *et al.*, 2015). La libre disponibilidad de información ha abierto la necesidad de contar con datos de calidad, y es allí donde la georreferenciación juega un papel preponderante.

En las colecciones históricas en particular, este proceso de interpretación puede considerarse como una georreferenciación retrospectiva (Murphey *et al.*, 2004; Proctor, 2004), dado que no se cuenta con coordenadas tomadas en campo sino mediante un desarrollo posterior. La unidad o punto de partida para este proceso es la localidad, de ahí la importancia de tener clara su definición. En este contexto, una localidad puede ser definida como la representación verbal de su posición, esto es, el espacio físico que se puede ubicar y orientar en base a una referencia y una descripción (Chapman & Wieczorek, 2020). El rastreo cartográfico de las localidades descritas puede verse limitado; cuanto más antigua sea la cita de la localidad, más difícil será encontrar los insumos cartográficos e identificar el cambio político-administrativo ocurrido, por lo que requieren un mayor esfuerzo en la georreferenciación (Rojas-Soto *et al.*, 2002). El mayor aporte de las colecciones históricas es que ponen en evidencia la biodiversidad del pasado, incluso de ecosistemas que ya no existen. Contar con información adicional, tal como el historial del colector, cartografía de la época y bitácoras, es de suma importancia para la georreferenciación de estas localidades (Escobar *et al.*, 2015).

Las colecciones de la División Ficología “Dr. Sebastián A. Guarrera” del Museo de la Plata alojan en conjunto alrededor de 17.000 muestras de macro y microalgas, inventariadas a partir de 1969. Entre sus colecciones históricas se destaca la Colección de Diatomeas del Dr. Joaquín Frenguelli, conformada en la primera mitad del siglo XX con materiales provenientes de Argentina, Antártida, Bolivia, Uruguay, Chile, Perú, Egipto, Italia y Somalia. Contiene 2435 preparados microscópicos y materiales asociados e incluye el material tipo de 421 taxones. Actualmente esta colección, de consulta frecuente por parte de diatomólogos de todo el mundo, está siendo revisada y digitalizada en forma conjunta con personal del Archivo Histórico del Museo de La Plata.

Expedición de Frenguelli a los Esteros del Iberá en 1923. Extractos de sus relatos.

Relata Frenguelli que “...durante los meses de noviembre y diciembre del año que acaba de terminar (1923) tuve oportunidad de acompañar a la *Mission d'Étude pour l'Aménagement du Río Uruguay*, que se había propuesto estudiar la realización práctica del conocido Proyecto Mollard...”. “...El senador Mollard, en su grandioso proyecto, con el fin de asegurar y aumentar el caudal del río Uruguay, había admitido la posibilidad de canalizar la laguna Iberá y desaguarla en aquel río...”. “...A pesar de que una simple inspección cartográfica podía fácilmente descartar tal posibilidad, era necesario un reconocimiento de las condiciones geológicas y geográficas de las márgenes del amplio estero, para ver si, de cualquier modo, hubiese sido posible el proyectado desagüe...” (Frenguelli, 1924).

Los pormenores de ese viaje fueron documentados por Frenguelli en 1924 en el trabajo: “Apuntes geomorfológicos sobre el interior de la provincia de Corrientes”, publicado por el Instituto de Investigaciones Geográficas de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Este trabajo es de gran riqueza y valor ya que aporta descripciones técnicas precisas de los sitios, de las dificultades que se presentaron, combinados con detalles del viaje que dan cuenta del aislamiento de la región. Algunos extractos de su texto permitirán contextualizar estas palabras:

“...un reconocimiento metódico y completo de las orillas occidentales del Iberá es posible sólo disponiendo de mucho tiempo, de medios adecuados y de un personal práctico de la región, así como también dispuesto a los sacrificios que tal empresa requiere...”

“...estas dificultades tal vez sean las que, exageradas por la distancia, han dado lugar a las numerosas leyendas que envuelven de misterio la gran Iberá. Estas leyendas, acercándose al estero, van poco a poco esfumándose y, de cierto, no quedan más que los obstáculos opuestos por las condiciones geográficas locales...”.

“...la venta de los productos (pieles y plumas) obtenidos por tales cazadores, por lo común se efectúa por intermedio de los «baquianos» locales, buenos conocedores de los «pasos» que permiten el acceso a las islas y lagunas. En nuestra rápida excursión aprovechamos de los mismos «pasos» para intentar pequeñas entradas en el verdadero Iberá, sin lograrlo; debido a la falta de embarcaciones adecuadas y a la imposibilidad de cruzar con caballos algunos pasos, que, en épocas de menores lluvias, se pueden vadear, nuestras intentonas quedaron frustradas en las orillas del estero Cambá...”.

“...el único medio de transporte desde Chavarría a Concepción es un autobús que, semanalmente, hace el servicio de correo; a partir de allí el viaje continuó en un coche de dos ruedas y una buena reserva de caballos”.

Esta publicación es un documento invaluable del estado de la región en las primeras décadas del siglo XX, sobre todo considerando que incluye una carta esquemática a escala indicando el itinerario. Posteriormente, como resultado del examen de las muestras recolectadas durante la expedición, Frenguelli publicó dos trabajos, focalizados principalmente en dos grupos de microalgas: euglenófitas del género *Trachelomonas* (Frenguelli, 1929) y diatomeas (Frenguelli, 1933). Sorprendentemente, los trabajos de Frenguelli sobre Iberá apenas han sido citados a pesar de tratarse de un área de muchísimo interés, estudiada con diferentes objetivos.

El proyecto actual

Desde 2015 se lleva a cabo un programa de colaboración entre investigadores del Museo de La Plata y la Universidad de Colorado (EE.UU.), que incluye trabajos de campo e investigaciones en conjunto, así como el intercambio de estudiantes de posgrado entre ambas instituciones. Entre los primeros resultados obtenidos por el equipo de trabajo puede mencionarse la descripción de un nuevo género y nuevas especies de diatomeas (Kociolek *et al.*, 2017; Guerrero *et al.*, 2018; Kociolek & Vouilloud, 2020), lo que permitió ampliar el conocimiento de la flora diatomológica de agua dulce de Argentina. Otro de los aspectos abordados es la revisión de las diatomeas del Iberá, sobre la base de la publicación de Frenguelli (1933), en la cual se registraron 243 taxones, de los cuales 46 eran nuevos para la ciencia (Sala *et al.* 2018, Vouilloud *et al.* 2018; Vouilloud *et al.* 2021). Los materiales allí colectados son parte de la Colección de Diatomeas Argentinas del autor, depositada en la División Ficología del Museo de La Plata. En el marco de la mencionada colaboración se planificó una visita a la zona casi 100 años después de la expedición de Frenguelli, posibilitando así la experiencia única de repetir su itinerario y de coleccionar materiales en los mismos sitios.

El objetivo de este trabajo es ubicar las localidades originales visitadas por Frenguelli con la mayor precisión posible mediante el empleo de tecnologías modernas, a fin de coleccionar en ellas nuevos materiales. Estos servirán como información de base para futuros estudios taxonómicos, florísticos y ambientales que permitan evaluar los cambios ocurridos en los 97 años que median entre ambas expediciones.

Materiales y métodos

En la publicación de Frenguelli de 1924 se incluye una carta esquemática con información del itinerario recorrido, detalles del terreno y locaciones, contando además con una escala gráfica y una grilla de coordenadas. Esta carta fue digitalizada y luego georreferenciada utilizando un software de SIG de acceso libre y código abierto (Quantum GIS, 2020) (Fig. 1). Las localidades que figuran en la publicación de Frenguelli de 1933, referidas originalmente como Series, fueron georreferenciadas sobre la base de las descripciones del autor, siguiendo el método del punto-radio (Wieczorek *et al.*, 2004; Chapman & Wieczorek, 2020). En este proceso de georreferenciación retrospectiva se describe el sitio de colecta con un punto georreferenciado y a su alrededor se calcula una circunferencia que define el sitio probable de colecta que integra la descripción de la localidad e incertidumbres asociadas (Wieczorek, 2001). Con el fin de valorar la confiabilidad de la localidad georreferenciada, es fundamental asegurarse la exactitud de la ubicación del registro sin incrementar el error (Escobar *et al.*, 2015). En la Tabla 1 se muestran las descripciones textuales de las localidades, así como las coordenadas geográficas estimadas obtenidas en el proceso de georreferenciación.

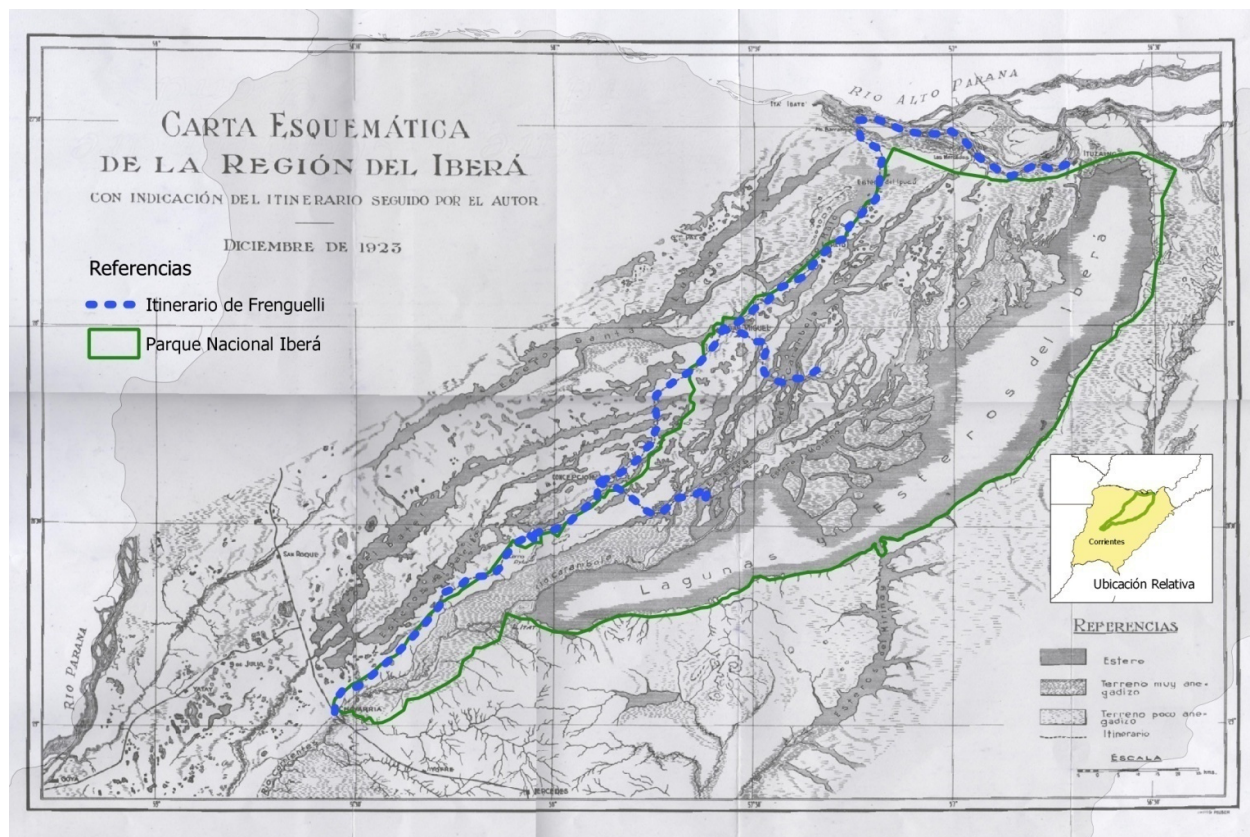


Figura 1. Carta esquemática de la región del Iberá. Publicada por Frenguelli en 1924. En línea punteada se muestra el itinerario seguido por el autor. Escala 1:1.000.000.

Entre el 15 y el 18 de mayo de 2019 se realizó una campaña siguiendo el recorrido de Frenguelli. Las localidades fueron alcanzadas utilizando las coordenadas estimadas cargadas en un dispositivo GPS Garmin ETREX 20 X e interpretando las descripciones de los parajes dadas por el autor. La mención de puestos y estancias, y otros detalles y el itinerario volcado en la carta esquemática, fueron de suma utilidad para la planificación de la expedición y ajuste de las localidades estimadas. Fue posible arribar a la mayoría de las localidades descritas por Frenguelli, a excepción de la Serie 268 debido a las dificultades del terreno. En cada localidad alcanzada se tomaron muestras de perifiton y bentos, datos ambientales como temperatura del agua,

pH, conductividad y concentración de sólidos disueltos (Swenson, 2020) y se registraron sus coordenadas geográficas, el datum y la precisión de las coordenadas.

A fin de analizar la cobertura y uso de la tierra actual en toda el área de estudio, se obtuvieron y procesaron imágenes satelitales ópticas pertenecientes al satélite Sentinel 2A (S2A) de 10 metros de resolución espacial. Este satélite forma parte de *Copernicus*, el Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea, gestionado principalmente por la Agencia Espacial Europea (ESA), de acceso gratuito y abierto para todos los usuarios (Copernicus, 2020).

Se utilizaron seis imágenes que cubren el área, en el período de la campaña y con la menor cobertura nubosa posible. A fin de interpretar aspectos diferentes de la vegetación, los usos del suelo y las masas de agua, se combinaron distintas bandas multispectrales. Las imágenes obtenidas fueron incorporadas al SIG en una combinación falso color RGB (*Red Green Blue*) 843, la que se establece ubicando la banda espectral correspondiente al infrarrojo cercano (banda 8 en el S2A) en el canal rojo (R), la banda espectral del rojo (Banda 4) en el canal verde (G) y la banda espectral del verde en el canal azul (B). De este modo, la vegetación en general y la más vigorosa en particular, se verá de color rojo, dada su mayor reflexión en el infrarrojo cercano.

Tabla 1. Descripciones textuales de las localidades obtenidas de Frenguelli (1933) y coordenadas geográficas estimadas.

Serie	Descripción de la localidad, tal como está citada en Frenguelli (1933)	Latitud	Longitud
260	Estero de Concepción, pequeño estero situado a orillas del pueblo; sobre plantas acuáticas vivientes; 6-XII-1923.	-28.39	-57.82
261	Estero del Carambola, a la altura del pueblo de Concepción; en la zona interior de este amplio estero que acompaña, en todo su recorrido, al río Carambola; sobre plantas vivas; 8-XII-1923.	-28.47	-57.82
262	Estero del Carambola, a la altura del pueblo de San Miguel; sobre plantas vivientes en las orillas sumergidas del río Carambola; 12-XII-1923.	-28.07	-57.41
263	Estero Cambá; pequeño estero cerca de la estancia del Guayaibí, situada en la zona insular al este de San Miguel, entre los grandes esteros del Carambola y de San Marcos; sobre plantas acuáticas vivas y muertas de las orillas; 12-XII-1923.	-27.97	-57.43
264	Estero del Carambola, a la altura de San Miguel; en la zona media de este amplio estero, entre sus bordes occidentales y las orillas derechas del río Carambola; sobre plantas acuáticas vivientes; 12-XII-1923.	-28.07	-57.41
265	Estero de Carambola, a la altura de Concepción; sobre plantas acuáticas vivientes en proximidad de las orillas occidentales de este amplio estero; 8-XII-1923.	-28.45	-57.82
266	Estero de San Juan, pequeño estero sobre el camino entre Chavarría y Concepción, en la gran depresión del arroyo Tajibo; 5-XII-1923.	-28.78	-58.21
268	Laguna de Itatí Rincón; limo de rastreo de fondo; recogido por el Ing. T. Zanni, en noviembre de 1922.	-28.70	-58.11

Resultados y discusión

La metodología elegida para la georreferenciación de las localidades originales descritas por Frenguelli resultó adecuada, ya que mediante la técnica del punto-radio (Wieczorek *et al.*, 2004; Chapman & Wieczorek, 2020) fue posible obtener las coordenadas aproximadas y un área de incertidumbre ajustable a campo siguiendo las descripciones originales. Las localidades originales ajustadas fueron incorporadas a un SIG junto con las localidades originales estimadas (Fig. 2). Es posible observar que en la mayoría de las localidades fue necesario ajustar su ubicación considerando las descripciones del paisaje.

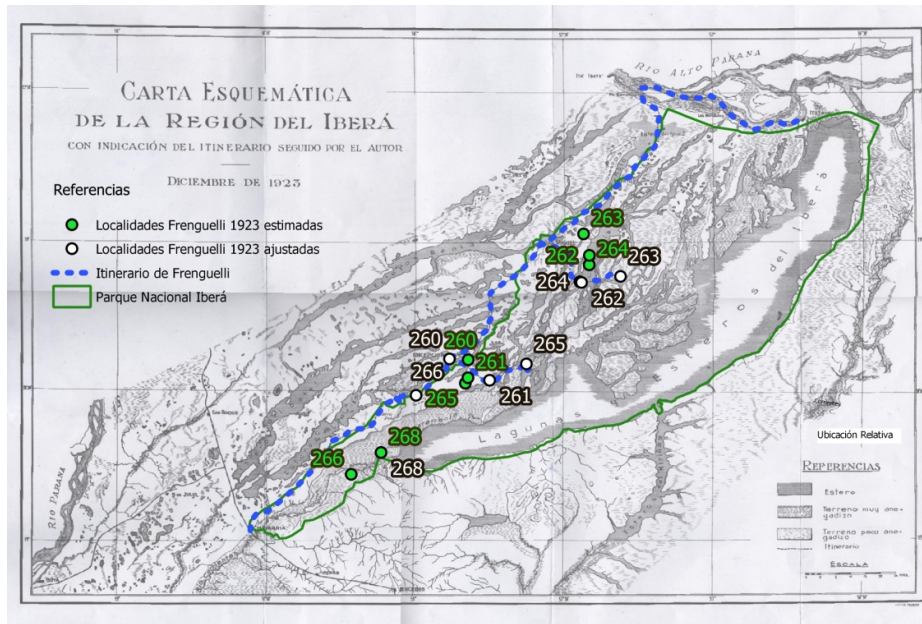


Figura 2. Carta esquemática de la región del Iberá, indicando la ubicación de las localidades de Frenguelli estimadas y ajustadas. Escala 1:1.000.000.

El análisis comparativo de las descripciones de la región publicadas por Frenguelli en 1924, las observaciones realizadas en el campo en 2019 y las imágenes satelitales permitió evidenciar grandes cambios en la región, como por ejemplo el incremento poblacional que devino en un aumento de las áreas urbanas. De acuerdo con Frenguelli, en 1923 el poblado de Concepción, con 500 habitantes, era el que tenía mayor población de la región oeste de Iberá; sin embargo, según datos de la Municipalidad de Concepción, actualmente su población es de 5316 habitantes mientras que, de acuerdo con el último censo, otras localidades de la región como, Chavarría y San Miguel, tienen 2010 y 4700 habitantes, respectivamente (INDEC, 2010).

Respecto de las rutas y caminos, Frenguelli (1924) menciona que se trasladó desde Chavarría a Concepción en el autobús que realizaba semanalmente el servicio de correo y posteriormente continuó en un coche de dos ruedas y con caballos. Destaca la precariedad de los caminos y considera que la despoblación y la pobreza de ese amplio territorio son debidas, únicamente, a la dificultad y lentitud de los medios de transporte. Actualmente, las localidades de Chavarría y Concepción están conectadas por la ruta nacional 118 y la ruta provincial 22. Esta última continúa siendo de ripio con dificultades para ser transitada, aunque posee un tráfico intenso de camiones transportadores de madera. Además, es posible deducir cambios significativos en el uso del suelo relacionados principalmente con la forestación, ya que se trata de uno de los polos madereros más importantes de la provincia, y con el incremento de la ganadería y la actividad agrícola (cultivo de maíz, arroz, algodón, caña de azúcar y hortalizas (véase Morales Yokobori, 2016).

La ubicación ajustada de las localidades descritas por Frenguelli y su análisis visual mediante las imágenes satelitales permitió establecer dos grupos (Tabla 2). El Grupo I está conformado por las muestras colectadas en las localidades 1 a 3. Su análisis visual muestra coloraciones intensas (tonalidades rojizas) con textura rugosa y trama particular distinguible y diferenciable de su entorno con patrones geométricos regulares. Estas zonas se interpretan como áreas de cultivo o forestación intensiva y permitirán evaluar los cambios de origen antrópico (Chuvieco Salinero, 1996) (Figs. 3 y 4). El Grupo II está conformado por las muestras colectadas en las localidades 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 y 12, en cercanías del Estero Carambola, a la altura de Concepción y San Miguel. En las imágenes satelitales se observan zonas con coloraciones claras (tonos grisáceos, verdes y magentas), de textura bastante lisa y patrón irregular; éstas se identifican como correspondientes a suelo desnudo, con vegetación natural dispersa. Acompañan cuerpos de agua de distinta dimensión y forma que se

observan con tonalidades oscuras. Estas áreas se interpretan como sitios sin alteración antrópica (Chuvieco Salinero, 1996) cuyas características harán posible evaluar los cambios naturales ocurridos (Figs. 3, 5 y 6).

Tabla 2. Grupos de localidades para la evaluación de cambios ocurridos entre ambos períodos.

Grupo	Localidades Frenguelli 1923 (ajustadas)	Localidades Campaña 2019	Figuras
I	268 sin acceso por dificultades del terreno	1, 2 (en cercanía)	3 y 4
	266	3	
	260, 261	4	
II	265	5,6,7,8	3 y 5
	262, 264	10, 11, 12	3 y 6

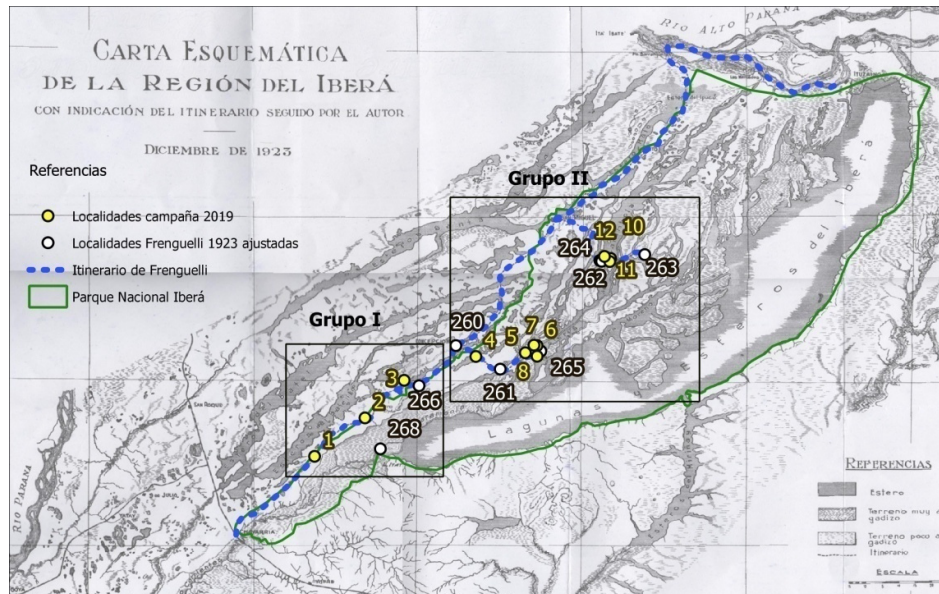


Figura 3. Carta esquemática con visualización de los grupos de localidades para la evaluación de cambios ocurridos entre ambos períodos. Escala 1:1.000.000.

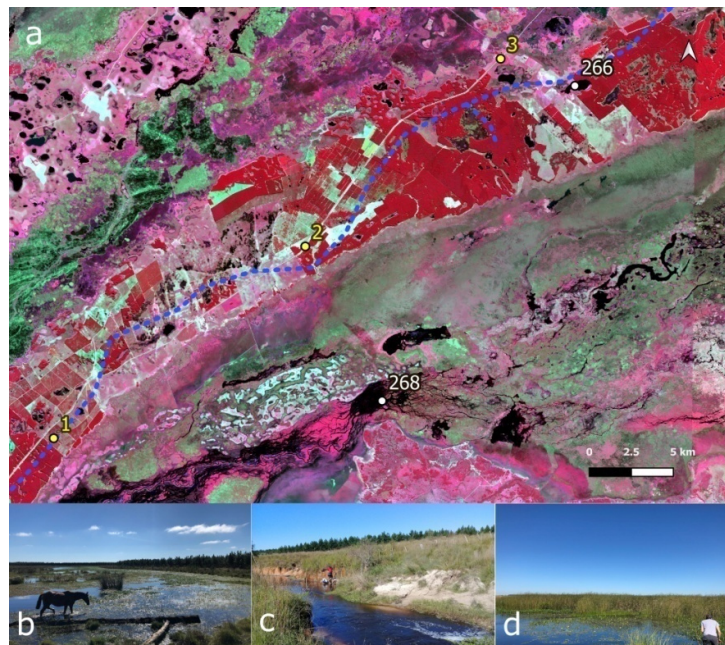


Figura 4. a. Imagen satelital Sentinel 2 (combinación RGB 843) mostrando las localidades 1 a 3. b-d. Fotos tomadas en campo (localidades 1, 2 y 3 respectivamente).

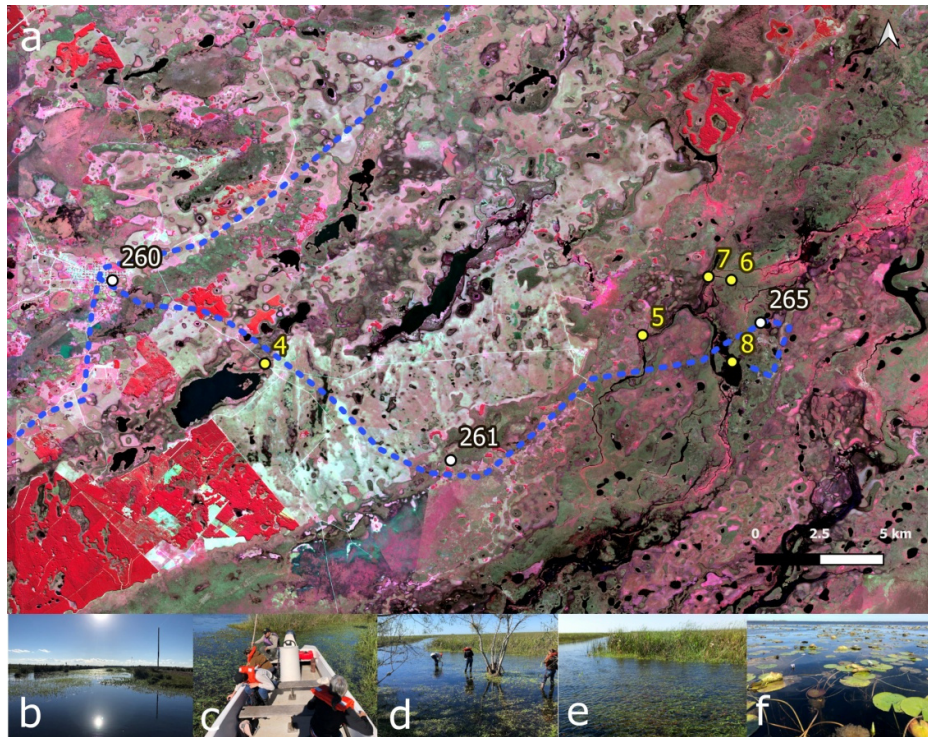


Figura 5. a. Imagen satelital Sentinel 2 (combinación RGB 843) mostrando las localidades 4 a 8. b-f. Fotos tomadas en campo (localidades 4, 5, 6, 7 y 8 respectivamente).

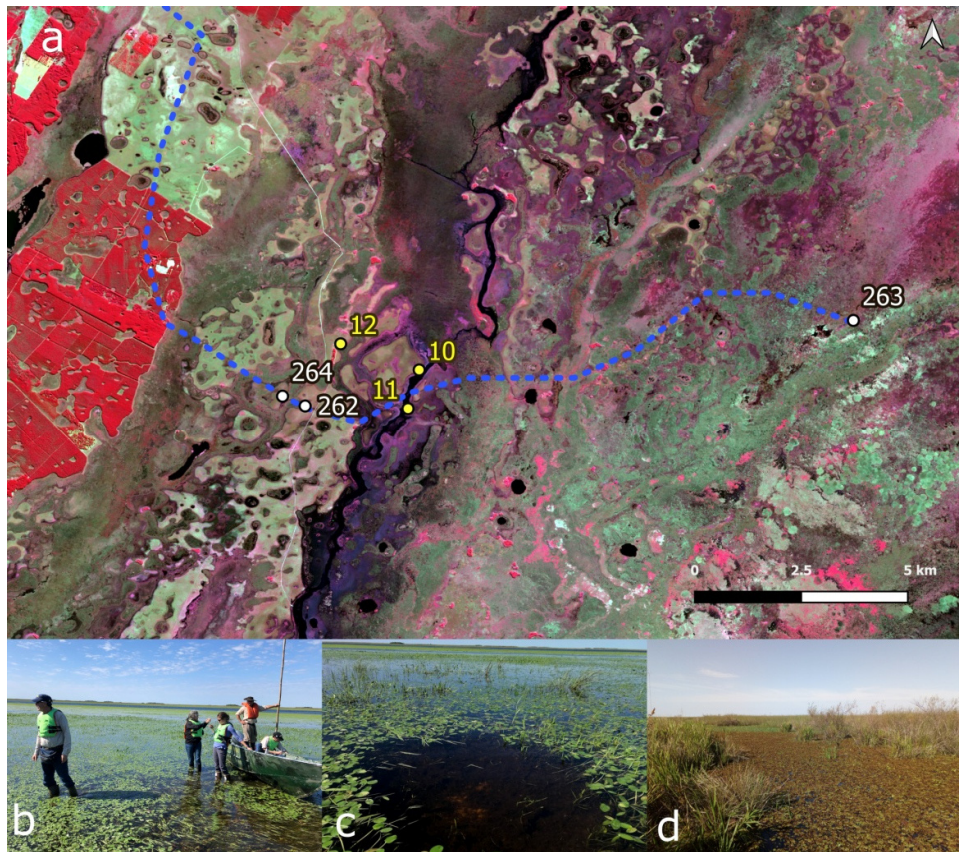


Figura 6. a. Imagen satelital Sentinel 2 (combinación RGB 843) mostrando las localidades 10 a 12. b-d. Fotos tomadas en campo (localidades 10, 11 y 12 respectivamente).

Conclusiones

Casi un siglo después de la expedición de Frenguelli a los Esteros del Iberá, fue posible repetir su itinerario y coleccionar materiales en los mismos sitios, gracias a las detalladas descripciones del autor y el aporte de nuevas tecnologías como los SIG, las IDEs y las imágenes satelitales. Las muestras coleccionadas en la presente campaña, depositadas en la Colección de la División Ficología del Museo de La Plata, permitirán realizar estudios futuros que comparen la flora diatómica actual con la descrita por Frenguelli 97 años atrás. En una primera instancia, esto permitió evaluar el efecto de los cambios en la región sobre el fitorrefugio e inferir cambios en la calidad del agua (Swenson, 2020). Asimismo, la disponibilidad de nuevos materiales coleccionados hará posible profundizar el estudio de los taxones descritos por Frenguelli y analizar su posición taxonómica a la luz de los conocimientos actuales del grupo.

Si bien la región de los Esteros del Iberá constituye un área que se mantiene con poca alteración antrópica, en términos comparativos con otras regiones de la provincia de Corrientes y del país, las modificaciones ocurridas en los últimos 100 años son evidentes. Considerando que los sitios muestreados por Frenguelli actualmente se encuentran emplazados en áreas protegidas, los resultados obtenidos constituyen, en su conjunto, información de base, hasta la presente muy escasa, para llevar a cabo también futuros estudios ambientales en la región.

Agradecimientos

Los autores agradecen al personal de Parques Nacionales de los portales Carambola y San Nicolás por el apoyo brindado en el campo. Sin ellos no hubiera sido posible acceder a los lugares visitados por Frenguelli.

Bibliografía

- Almirón, A., Casciotta, J., Bechara, J., Roux, P., Sánchez, S. & Toccalino, P. (2003) "La ictiofauna de los esteros del Iberá y su importancia en la designación de la reserva como sitio Ramsar". En: B.B. Álvarez, S. Coscarón, G. Torales, J. Bechara, G.A., S.H. Fortabat, M.C. Coscarón, & A.L. Estévez (Eds.) *Fauna del Iberá*, Primera Edición, Corrientes, Editorial de la Universidad Nacional del Nordeste EUDENE, pp. 75-85.
- Álvarez, B.B., Coscarón, S., Torales, G., Bechara, J.A.G., Fortabat, S.H., Coscarón, M.C. & Estévez, A.L. (Eds.) (2003) *Fauna del Iberá*, Primera Edición, Corrientes, Editorial de la Universidad Nacional del Nordeste EUDENE.
- Arbo, M.M. & Tressens, S.G. (Eds.) (2002) *Flora del Iberá*, Corrientes, Editorial de la Universidad Nacional del Nordeste EUDENE.
- Baker, R.J., Carleton, J.P., Bradley, R.D., Burns, J.M. Cooke, D., Edson, G.F., Haragan, D.R., Clyde, J., Monk, R.R., Montford, J.T., Schmidly, D.J. & Parker, N.C. (1998) "Bioinformatics, Museums and Society: Integrating Biological Data for Knowledge-Based Decisions", *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University*, vol. 187, pp. 1-4. [En línea] Disponible en <https://ia800101.us.archive.org/15/items/bioinformaticsm187bake/bioinformaticsm187bake.pdf> (Accedido 28 de Abril 2020).
- Basterra, N.I. & Neiff, J.J. (Eds.) (2008) *Manual de Biodiversidad de Chaco, Corrientes y Formosa*, Primera Edición. Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste. [En línea] Disponible en <http://cegae.unne.edu.ar/docs/Manual.pdf> (Accedido 28 de Abril 2020).
- Beaman, R., Wiczorek, J. & Blum, S. (2004) "Determining Space from Place for Natural History Collections: In a distributed digital library environment". *D-Lib Magazine*, vol. 10(5), pp. 1-8. [En línea] Disponible en <http://www.dlib.org/dlib/may04/beaman/05beaman.html> (Accedido 28 de Abril 2020).
- Bernabé-Poveda, M.A. & López-Vázquez, C.M. (2012) *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales*, UPM-Press, Madrid Serie Científica. [En línea] Disponible en http://redgeomática.rediris.es/Libro_Fundamento_IDE_con_pastas.pdf (Accedido 28 de Abril 2020).
- Chapman, A.D. & Wiczorek, J.R. (2020) *Georeferencing Best Practices* [Community review draft], GBIF Secretariat, Copenhagen. [En línea] Disponible en http://www.gbif.org/orc/?doc_id=1288 (Accedido 28 de Abril 2020).
- Chuvieco Salinero, E. (1996) *Fundamentos de Teledetección Espacial*, Madrid, Ediciones RIALP.
- Copernicus (2020) *Programa Copernicus*. [En línea] Disponible en <https://www.copernicus.eu/es/sobre-copernicus> (Accedido 28 de Abril 2020).
- Crisci, J.V. & Katinas, L. (2017) "Las colecciones de historia natural: Memoria colectiva de la humanidad". *Revista Museo*, vol 29, pp. 23-30 [En línea]

- Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/64282/Documento_completo__pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Accedido 28 de Abril 2020).
- Escobar, D., Jojoa, L., Díaz Sánchez, S., Rudas, E., Albarracín, R., Gómez, J., López, C., Saavedra, J. & Ortiz, R. (2015) *Georreferenciación de localidades: Una guía de referencia para colecciones biológicas*, Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. [En línea] Disponible en [http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9610/1224 Protocolo.pdf?sequence=6&isAllowed=y](http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9610/1224%20Protocolo.pdf?sequence=6&isAllowed=y) (Accedido 28 de Abril 2020).
- Frenguelli, J. (1924) "Apuntes geomorfológicos sobre el interior de la prov. de Corrientes", *Publicaciones Del Instituto de Investigaciones Geográficas-Universidad Nacional de Buenos Aires*, vol. 7, pp. 3-41.
- Frenguelli, J. (1929) "Trachelomonas de los esteros de la región del Yberá en la provincia de Corrientes, Argentina", *Revista Chilena de Historia Natural*, vol 33, pp. 563-568. [En línea] Disponible en http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1929/1/Frenguelli_1929b.pdf (Accedido 28 de Abril 2020).
- Frenguelli, J. (1933) "Contribuciones al conocimiento de las Diatomeas Argentinas. VII Diatomeas de la Región de los esteros del Iberá (en la Provincia de Corrientes)", *Anales Del Museo Argentino de Historia Natural*, vol. 37, pp. 365-475.
- Frutos, S.M. (2003) "Zooplankton de lagunas y cursos de agua del sistema Iberá". En: Poi de Neiff, A., Lancelle, L.H.G. & Neiff, J.J. (Eds.) *Limnología del Iberá*, Corrientes, Editorial de la Universidad Nacional del Nordeste EUDENE. pp. 143-170.
- Funk, V.A. (2018) "Collections-based science in the 21st Century", *Journal of Systematics and Evolution*, vol. 56(3), pp. 175-193. DOI: 10.1111/jse.12315.
- Gálvez, J.A., Cózar, A. & García, C.M. (2003) "Limnología de las lagunas Iberá y Galarza". En: Canziani, G, Rossi, C., Loiselle, S. & Ferrati, R. (Eds.) *Los Esteros del Iberá, Informe del Proyecto "El manejo Sustentable de Humedales del Mercosur"*, Buenos Aires, Fundación Vida Silvestre Argentina, pp. 117-142. [En línea] Disponible en <https://users.exa.unicen.edu.ar/~wetland/Wetland/publicaciones/Libros/Ibera-libro2003.pdf> (Accedido 28 de Abril 2020).
- GBIF (2020) *The GBIF Network*. [En línea] Disponible en <https://www.gbif.org/the-gbif-network> (Accedido 20 abril 2020).
- Guerrero, J.M., Vouilloud, A., Sala, S.E., Kociolek, J.P. & Van de Vijver, B. (2018) "New species and a new genus of the Orthoseirales from Patagonia, Argentina, with comments on systematic affinities within the Order", *Phytotaxa*, vol. 345(2), pp. 119-132. DOI: 10.11646/phytotaxa.345.2.3.
- Guralnick, R.P. & Neufeld, D. (2005) "Challenges Building Online GIS Services to Support Global Biodiversity Mapping and Analysis: Lessons from the Mountain and Plains Database and Informatics project". *Biodiversity Informatics*, vol. 2, pp. 56-69. DOI: 10.17161/bi.v2i0.19.
- INDEC (2010) *INDEC Censo 2010*. [En línea] Disponible en <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135> (Accedido 28 de Abril 2020).
- Iniesto, M., Núñez, A., González, J., Ariza, F., Ureña, M., Rodríguez, A., Abad, P., Rodríguez-Pérez, J., Alvarez-Taboada, F., Pérez, C., Bastarrika, A., Rodríguez, Á., Leyre, T., Manso Callejo, M.Á., Rivas, D., Piriz, G., Coll, E. & Martínez, J. (2014) *Introducción a las Infraestructuras de Datos Espaciales*, Madrid, Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), Instituto Geográfico Nacional (Gobierno de España). DOI: 10.7419/162.12.2014.
- Kociolek, J.P., Uyua, N.M., Sala, S.E., Santinelli, N.H. & Cefarelli, A. (2017) "New species, new taxon report and biogeography of the diatom genus *Gomphonopsis* Cleve (Bacillariophyceae) in Patagonia, Chubut Province, Argentina", *Diatom Research*, vol. 32(4), pp. 439-450. DOI: 10.1080/0269249X.2017.1393009.
- Kociolek, J.P. & Vouilloud, A.A. (2020) "*Hantzschia subandina* Frenguelli (Bacillariophyceae): morphology, status and typification, as well as the description of a new species of *Nitzschia*", *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, vol. 55(4), pp. 521-534. DOI: 0.31055/1851.2372.v55.n4.29200
- Lancelle, H. (2003) "Características físicas y químicas de las aguas del Iberá". En: Poi de Neiff, A., Lancelle, H.G. & Neiff, J.J. (Eds.) *Limnología del Iberá*, Corrientes, Editorial de la Universidad Nacional del Nordeste EUDENE. pp. 71-85.
- Morales Yokobori, M.L. (2016) *Conservación y uso sostenible de los recursos de los Esteros del Iberá, Corrientes, Argentina*. Tesis Doctoral inédita, Madrid, Universidad Europea de Energía y Medio Ambiente. [En línea] Disponible en <http://repositorio.ub.edu.ar/handle/123456789/8603> (Accedido 28 de Abril 2020).
- Murphy, P.C., Guralnick, R.P., Glaubitz, R., Neufeld, D. & Ryan, A. (2004) "Georeferencing of museum collections: A review of problems and automated tools, and Informatics Initiative (Mapstedi)". *Phyloinformatics*, vol. 3, pp. 1-29. [En línea] Disponible en https://www.paleosolutions.com/publications/Georeferencing_of_Museum_Collections.pdf (Accedido 28 de Abril 2020).
- National Geographic (2020) *The Environmental Film Festival Returns to National Geographic With Films That Promote Urgency on Climate Action*. [En línea] Disponible en <https://blog.nationalgeographic.org/2020/02/18/the-environmental-film-festival-returns-to-national-geographic-with-films-that-promote-urgency-on-climate-action/> (Accedido 20 abril 2020).
- Neiff, J.J. (1997) "El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica". En: Malvarez, A. (Ed.) *Tópicos sobre grandes humedales sudamericanos*, Montevideo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y La Cultura para América Latina y el Caribe (UNESCO), pp. 1-49. [En línea] Disponible en <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000150270> (Accedido 28 de Abril 2020).
- Neiff, J.J. (2004) *El Iberá...¿en peligro?*, Primera Edición, Buenos Aires, Fundación Vida Silvestre Argentina [En línea]. Disponible en [http://www.neiff.com.ar/documentacion/02_Libros/ARCHIVO 28. Neiff, 2004.pdf](http://www.neiff.com.ar/documentacion/02_Libros/ARCHIVO%2028_Neiff,%202004.pdf) (Accedido 28 de Abril 2020).

- Olaya, V. (2014) *Sistemas de Información Geográfica*. [En línea] Disponible en <https://volaya.github.io/libro-sig/> (Accedido 28 de Abril 2020).
- Poi de Neiff, A.S. (2003) "Invertebrados de la vegetación del Iberá". En: Poi de Neiff, A., Lancelle, H.G., & Neiff, J.J. (Eds.) *Limnología del Iberá*, Corrientes, Editorial de la Universidad Nacional del Nordeste EUDENE, pp. 171-191.
- Proctor, E. (2004) *Reducing Variation in Georeferenced Locality Descriptions*, Tesis Doctoral inédita, San Francisco, San Francisco State University.
- Quantum GIS (2020) *Quantum GIS Coruña 3.10.5 LTR*. [En línea] Disponible en <https://www.qgis.org/es/site/> (Accedido 28 de Abril 2020).
- Rojas-Soto, O.R., López de Aquino, S., Sánchez-González, L.A. & Hernández-Baños, B.E. (2002) "La colecta científica en el Neotrópico: el caso de las aves de México", *Ornitología Neotropical*, vol. 13, pp. 209-214. [En línea] Disponible en <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/on/v013n02/p0209-p0214.pdf> (Accedido 28 de Abril 2020).
- Sala, S.E., Vouilloud, A.A. & Heguilor, S. (2018) "Valve morphology of *Diploneis sudamericana* nov. sp. and *Diploneis elliptica* (Kützing) Cleve". *Nova Hedwigia*, vol 147, pp. 295-306. DOI: 10.1127/nova-suppl/2018/022.
- Sociedad Científica Argentina (1910) Exploración y estudio de la Laguna Iberá (Provincia de Corrientes), *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, Tomo LXX, Segundo Semestre, pp. 363-396. [En línea] Disponible en <https://www.biodiversitylibrary.org/item/97812#page/9/mode/1up> (Accedido 28 de Abril 2020).
- Swenson, J. (2020) *Diatoms of the Esteros del Iberá. A Taxonomic and Ecological Comparison of Historic and Contemporary Collections*, Tesis Doctoral inédita, Boulder, Department of Museum and Field Studies University of Colorado. [En línea] Disponible en <https://search.proquest.com/openview/c7d1e1965f2a9742c50e7a1b0ce390d6/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y> (Accedido 2 de Noviembre 2020).
- Vouilloud, A.A., Sala, S.E. & Heguilor, S. (2018) "Revision of type material of *Diploneis zannii* Frenguelli (Bacillariophyceae)", *Phytotaxa*, vol. 351(3), pp. 239-245. DOI: 10.11646/phytotaxa.351.3.5.
- Vouilloud, A. A., Guerrero, J. M. Lamaro, A. A. & Palladino, M. B. (2021) "Revision of the type materials of *Stauroneis schinzii* var. argentina Frenguelli y de *S. schinzii* var. maxima Frenguelli (Bacillariophyta)", *Phytotaxa*, vol. 277 (en prensa).
- Wieczorek, J. (2001) *MaNIS/HerpNet/ORNIS Georeferencing Guidelines*. University of California, Berkeley. [En línea] Disponible en <http://georeferencing.org/georefcalculator/docs/GeorefGuide.html> (Accedido 2 de Noviembre 2020).
- Wieczorek, J., Guo, Q. & Hijmans, R. (2004) "The Point-Radius method for georeferencing locality descriptions and calculating associated uncertainty", *International Journal of Geographical Information Science*, vol 18, pp. 745-767. DOI: 10.1080/13658810412331280211.
- Zalocar, Y. (2003) "Fitoplancton de lagunas y cursos de agua del sistema Iberá". En: Poi de Neiff, A., Lancelle, H. G. & Neiff, J. J. (Eds.) *Limnología del Iberá*, Corrientes, Editorial de la Universidad Nacional del Nordeste EUDENE, pp. 85-142.