



APORTES DE LA PALINOLOGÍA AL CONOCIMIENTO DE LOS EMBALSADOS HOLOCENOS DE CORRIENTES, ARGENTINA

LIONEL FERNANDEZ PACELLA

Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL-CONICET-UNNE), Dpto. Biología - FaCENA-UNNE,
Ruta 5, Km 2,5, CC 128, 3400 Corrientes, Argentina.
lionelpacella@yahoo.com.ar

MERCEDES DI PASQUO

Laboratorio de Palinoestratigrafía y Paleobotánica, CICyTTP-CONICET, Dr. Materi & España s/n,
Diamante, E3105BWA, Entre Ríos, Argentina.
medipa@cicytpp.org.ar

ABSTRACT – Contribution of the palynology to the knowledge of *embalsados* in the Holocene of Corrientes, Argentina. Floating or *embalsados* islands in warm water bodies have few studies and share some structural properties with temperate-cold weather peat bogs for which there is more information. In Argentina, the references are reduced to the middle and lower courses of the Paraná River, where the *embalsados* have a low frequency. The palynological analyzes carried out in the San Cristóbal, Cué and Miranda lakes aim to increase knowledge about the development of this biome in the Holocene of northeastern Iberá, central region of Corrientes Province. Three cores of the bottom of the lakes were obtained and the ages were estimated by applying the age-depth model calibrated with radiocarbon dates. The qualitative-quantitative analysis of 38 palynological associations allowed the distinction of two intervals. Between 4300 and 3600 years cal BP, the vegetation was dominated by herbaceous species of angiosperms and chlorophycean algae representatives of aquatic environments, marshes and reed beds and to a lesser extent by dammed-forming species. From 3500 years cal BP onwards, the frequency and variety of aquatic species of angiosperms and chlorophycean algae decreases and the predominance of grassland species and colonizers of water mirrors increases. This change suggests the development of *embalsados* with the formation of organic soils in the Late Holocene, probably as a result of a greater clogging of lakes and reduction of water mirror with oxygen deficit and water acidity.

Keywords: *embalsados*, Holocene, Corrientes, palynology, reconstruction.

RESUMO – As ilhas flutuantes ou “balsas” em corpos de água quentes têm poucos estudos e compartilham algumas propriedades estruturais com turfeiras de clima temperado frio, para as quais há mais informações. Na Argentina, as referências são reduzidas às regiões média e baixa do Rio Paraná, onde os *embalsados* têm baixa frequência. As análises palinológicas realizadas nos lagos San Cristóbal, Cué e Miranda têm por objetivo aumentar o conhecimento sobre o desenvolvimento desse bioma no Holoceno do nordeste de Iberá, região central da Província de Corrientes. Foram obtidas 38 amostras de três testemunhos no fundo dos lagos e as idades estimadas pela aplicação do modelo de profundidade-idade, calibradas com as datações radiocarbônicas. A análise qualitativa-quantitativa das associações palinológicas permitiu a distinção de dois intervalos. Entre 4300 e 3600 anos cal AP, a vegetação estava dominada por espécies herbáceas de angiospermas e algas clorofíceas, representantes de ambientes aquáticos, palustres, juncais e, em menor grau, por espécies formadoras de *embalsados*. A partir de 3.500 anos cal AP, a frequência e a variedade de espécies aquáticas de angiospermas e algas clorofíceas diminuí, e a predominância de espécies de pastagens e colonizadoras de corpos d’água aumenta. Essa mudança sugere o desenvolvimento de *embalsados* com a formação de solos orgânicos no Neo-holoceno, provavelmente como consequência de maior colmatação das lagoas, redução do espelho d’água, déficit de oxigênio e acidez da água.

Palavras-chave: *embalsados*, Holoceno, Corrientes, palinologia, reconstrução.

INTRODUCCIÓN

Existen pocos antecedentes en relación a las características ecológicas de la vegetación de las islas flotantes o “embalsados” en cuerpos de agua de clima cálido. Estos embalsados comparten algunas propiedades estructurales (suelos orgánicos, dominancia de vegetación anfibia y ciertos

procesos funcionales) con los ambientes de turberas de clima templado-frío de los que existe una mayor información (Moor & Bellamy, 1974).

En la Argentina las referencias se reducen a los trabajos de Burkart (1957), Emiliani *et al.* (1969), Tur (1965, 1972) para los tramos medios e inferiores del Río Paraná donde los embalsados tienen baja frecuencia y cobertura. Varela *et al.*

(1978) consideraron algunos aspectos ecológicos, en tanto que Schultz (1961) se refiere a embalsados del Chaco, con una descripción clara de estas formaciones aun cuando no considerara en detalle la secuencia vegetal que se opera en el proceso de autoorganización de las mismas.

En la región central de la Provincia de Corrientes se encuentra una extensa región aproximada de 12.000 km² (Figura 1) en dirección NE-SO conocida como Esteros del Iberá, constituida por ambientes acuáticos y terrestres que albergan gran diversidad de fauna y vegetación. Se trata de uno de los humedales más importantes de Latinoamérica y ocupa, por su extensión, el decimoquinto lugar entre las planicies anegadas e inundables de Sudamérica (Neiff, 1997).

Cuadrado & Neiff (1993) efectuaron el primer estudio polínico en los esteros del Iberá. Analizaron 10 muestras de embalsados provenientes de la parte este del Iberá, en las lagunas Iberá, Trin, Galarza, Luna, Fernández y arroyo Carambola y 2 de la laguna Sirena, ubicada en la Isla Apipé Grande, en el Paraná superior. Dichos autores no detectaron gradientes de concentración entre los tipos polínicos hallados, sin embargo, reconocen una mayor riqueza palinoflorística en el primer metro de profundidad del embalsado y una densidad muy baja hacia la base del perfil, relacionándolo a causas físicas del medio, las que habrían condicionado esta distribución diferencial.

En las lagunas del Iberá, la estructura y organización de la vegetación acuática actual es muy compleja, abundan las praderas sumergidas de *Cabomba australis* Speg., *Egeria naia*s Planch., *Utricularia foliosa* Kamiński entre otras plantas, asentadas en un sedimento fino y rico en materia orgánica que puede extenderse por cientos de metros en superficie (Arbo & Tressens, 2002). No obstante, el verdadero límite de la laguna corresponde a los “embalsados”, o sea un substrato o suelo flotante por lo común formado por plantas anfibias (*Panicum grumosum* Nees y *Zizaniopsis* sp., entre otras) que se asocian con decenas de otras plantas. El embalsado está constituido por los detritos orgánicos derivados de estas plantas, los que son retenidos por la trabazón de las raíces, a lo que se agregan detritos inorgánicos y nuevas plantas que se suman al complejo flotante. Estos embalsados pueden sustentar plantas de considerable porte e incluso formar pequeños bosques con ejemplares de 5–8 m de altura, generalmente con clara dominancia de una especie (e.g. *Sapium glandulosum* L. Morong (= *haemastospermum*), *Ocotea acutifolia* (Nee) Mez, *Croton urucurana* Baill.), sobre un suelo orgánico de un espesor que supera los 3 m, más o menos distantes de las áreas limnéticas y en otros casos marginando cuerpos de agua como lagunas donde pueden ser erosionadas por el oleaje (Canevari *et al.*, 1998).

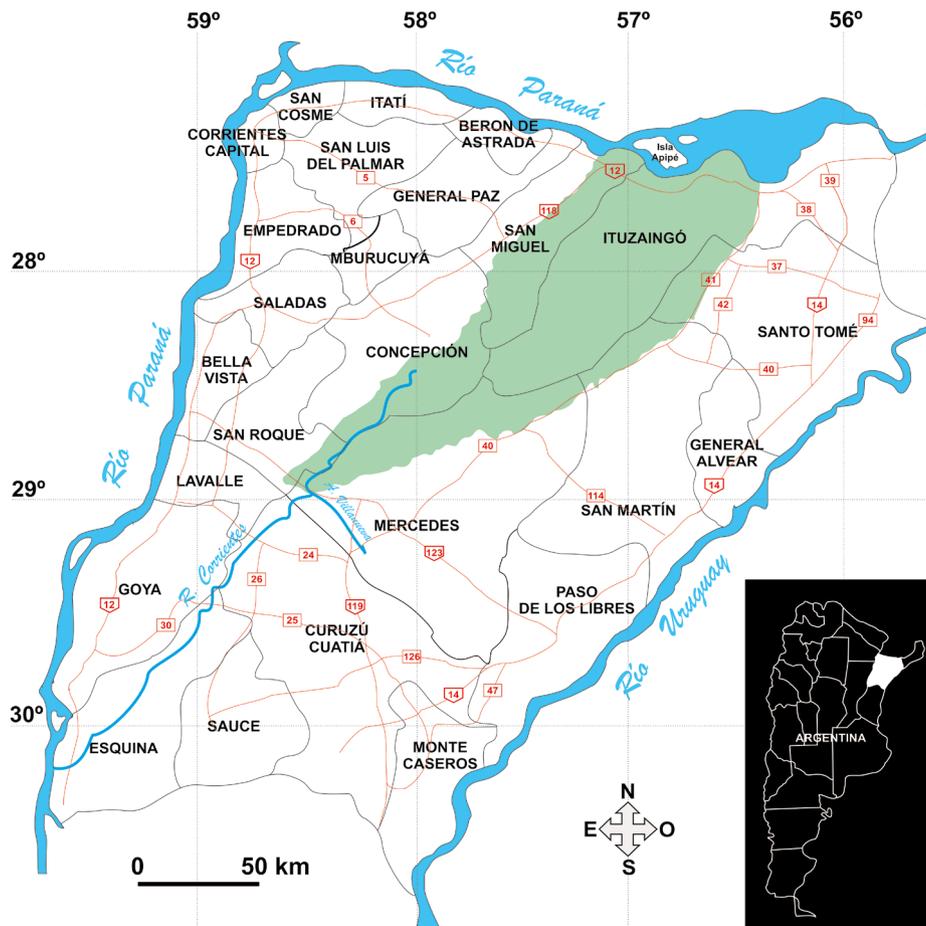


Figura 1. Mapa de la Provincia de Corrientes mostrando la dirección Noreste-Suroeste de los Esteros del Iberá (modificado de Fernandez Pacella, 2018).

Figure 1. Map of the Corrientes Province showing the Northeast-Southwest direction of the Esteros del Iberá (modified from Fernandez Pacella, 2018).

Sólo en los esteros del Iberá, donde la profundidad alcanza los 5 m, se forman embalsados. Allí tienen origen en los camalotales, sobre cuyo entretejido vegetal se deposita tierra aportada por el viento y arrastrada en suspensión por el agua, formando así una primera capa que posibilita el arraigo y crecimiento de distintas especies de plantas, incluso árboles.

Los embalsados difieren de los camalotales por poseer mayor capacidad de soporte mecánico, derivada de la presencia de un suelo orgánico “histosol” (Neiff, 2004), una mayor complejidad de la vegetación (con más riqueza específica y bioformas, mayor número de estratos, más coherencia, etc.), y gravitación en la calidad del agua en función de su cobertura, tiempo de permanencia y fases más avanzadas de la sucesión vegetal. Constituyen por lo tanto, verdaderas “costas flotantes”, por ello sus desprendimientos dan lugar a “islas flotantes”, cuyos movimientos son dirigidos por el viento y las corrientes.

El objetivo de esta contribución es realizar el análisis palinológico de testigos del fondo de lagunas dada la existencia de pocos antecedentes en relación a las características ecológicas sobre las especies vegetales precursoras en la formación de “embalsados” en el Holoceno de la región central de la Provincia de Corrientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en tres lagunas ubicadas al noreste del Iberá (Figura 2). La obtención de los testigos del fondo de las lagunas se realizó con un sacatestigo “Levingston square-rod sample” hasta 80 cm en la laguna San Cristóbal (27°39'20,31"S-56°32'05,21"O), 90 cm en laguna Cué

(27°44'39,96"S-56°30'48,80"O) y 105 cm en laguna Miranda (27°48'58,71"S-56°30'07,08"O). De cada testigo se extrajeron muestras de 5 cm, el número de muestras obtenidas variaron de acuerdo a la longitud de los testigos y la cantidad de sedimento depositado en las diferentes lagunas.

Las muestras obtenidas fueron procesadas de acuerdo con la técnica descrita por Faegri & Iversen (1989) en el laboratorio de palinología del CECOAL (Centro de Ecología Aplicada del Litoral)-CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas)-UNNE (Universidad Nacional del Nordeste). El procesamiento realizado incluyó el tratamiento estandarizado para la extracción de los palinomorfos: KOH, HCl, separación por densidad con líquidos pesados, ZnCl₂, HF y acetólisis. A cada muestra se le agregó *Lycopodium clavatum* (dos tabletas de esporas) para conocer la concentración polínica.

Los sedimentos de las lagunas fueron datados mediante la técnica AMS en el Beta Analytic Laboratory (Miami, Florida). La calibración se realizó con el programa Calib Rev 7.0.4 (Stuiver & Reimer, 1993), con la curva de calibración del Hemisferio Sur (SHCal13, Hogg *et al.*, 2013) (Tabla 1). En los testigos sedimentarios se estimaron las edades de las muestras analizadas a partir de la construcción de modelos edad-profundidad ajustado a los fechados radiocarbónicos calibrados obtenidos (Figura 3). Se aplicó CLAM 2.2 (Blaauw, 2010), un código escrito en lenguaje R (R Core Team, 2014). Para estos registros sedimentarios se aplicó interpolación lineal, ya que poseen pocos fechados.

Los recuentos se realizaron al microscopio óptico con un aumento final de 1000x. Los preparados palinológicos de las 38 muestras fértiles se hallan depositados en la Colección “Dr. Rafael Herbst”-PMP-CTES (Preparados Microscópicos-Corrientes)- FACENA (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura)-UNNE.

La frecuencia relativa de polen y esporas en cada laguna se grafica en diagramas polínicos elaborados mediante los programas informáticos TILIA-TILIA GRAPH y TGView 2.0.2 (Grimm, 2004). Para facilitar la lectura de los diagramas se han excluido los taxones con valores menores al 1% y para los que su valor oscila entre 1% y 5%, se representaron como 5% para una mejor visualización. Los taxones se han agrupado de acuerdo a su procedencia en herbáceas, acuáticas y algas.

Además, para conocer la riqueza específica y las poblaciones dominantes, se utilizaron dos de los parámetros de mayor interés, como la frecuencia absoluta (el número de veces que se repite una especie vegetal, se representa con f_i donde el subíndice representa cada una de las especies) y la frecuencia absoluta acumulada (la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies formadoras y no formadoras de embalsados $\sum f_i = N$).

La identificación y determinación de los granos de polen se realizó mediante comparación con la colección de referencia PAL-CTES de la UNNE y la bibliografía especializada (Kremp & Kawasaki, 1972; Prescott, 1978; Markgraf & D'Antoni, 1978; Bold & Wynne, 1985; Boelcke, 1992; Fernandez Pacella & Canteros, 2013; Zuloaga *et al.*, 2016).

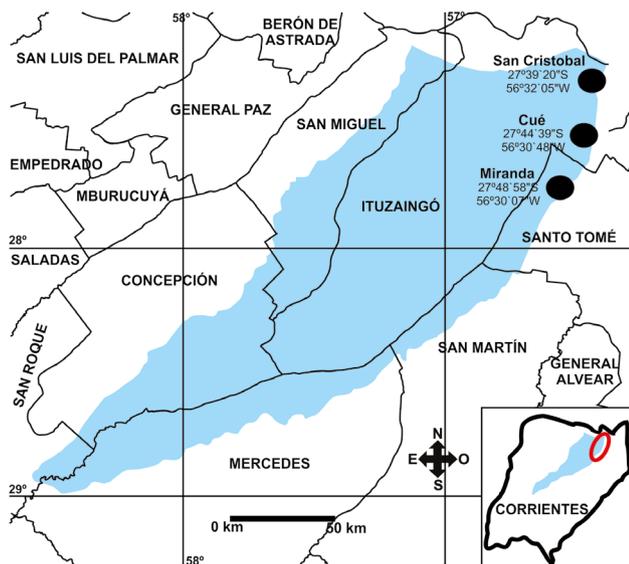


Figura 2. Mapa del margen oriental del Sistema Iberá, indicando las tres lagunas muestreadas.

Figure 2. Map of the eastern margin of the Iberá System, indicating the three sampled lakes.

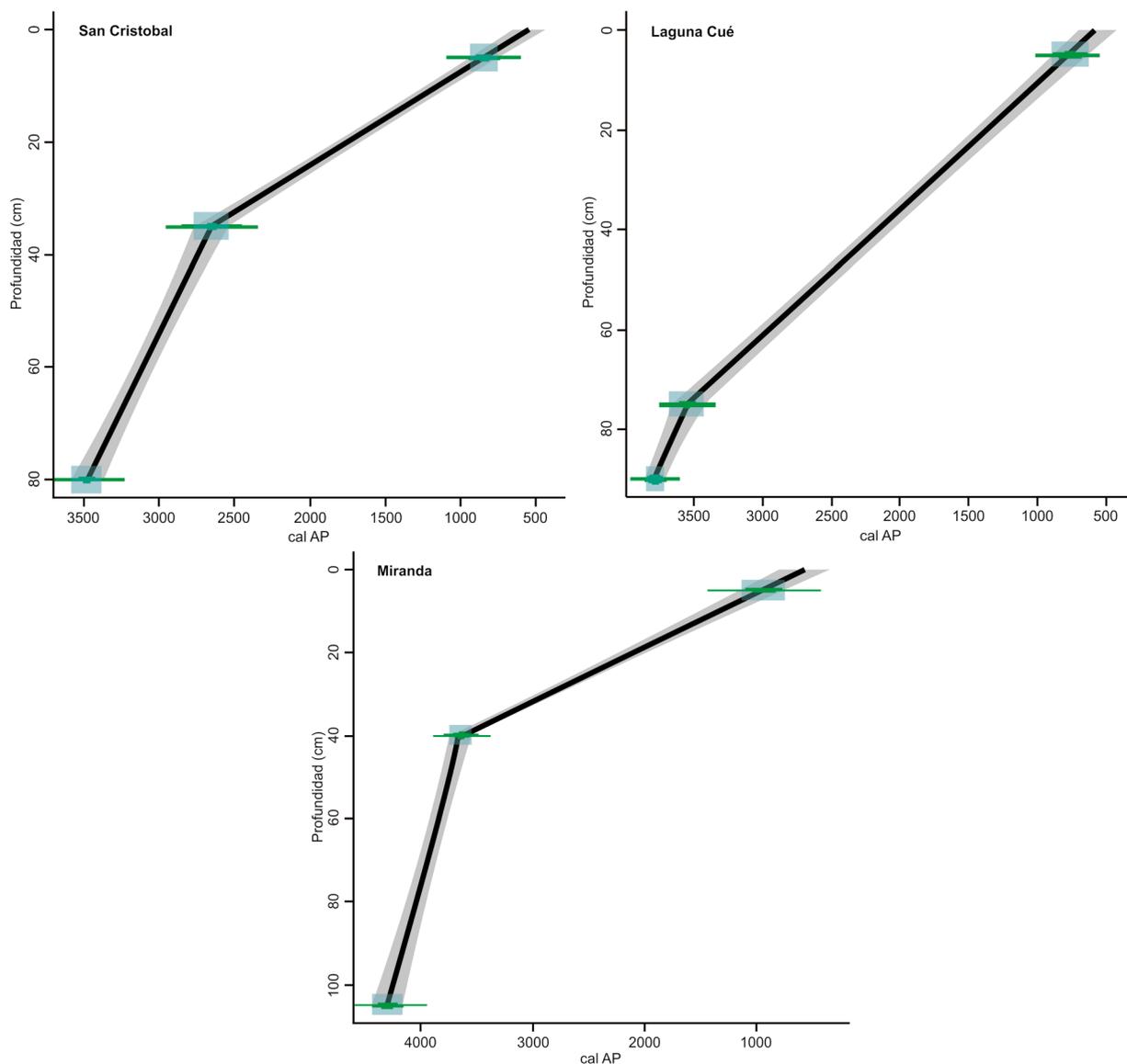


Figura 3. Modelos “edad-profundidad” de los testigos, ajustados a los fechados radiocarbónicos calibrados.

Figure 3. “Age-depth” models of the controls, adjusted to the calibrated radiocarbon dates.

Tabla 1. Edad (^{14}C) y cal AP de las muestras de sedimentos.

Table 1. Age (^{14}C) and AP cal of sediment samples.

Lagunas	Niveles datados (cm)	^{14}C Años AP	Años cal AP	Rank 2 σ años cal AP	Laboratorio N°
San Cristóbal	5	826±48	846	829–860	504324 (B. Analy.)
	35	2588±60	2650	2598–2696	504325 (B. Analy.)
	80	3399±50	3480	3412–3540	504326 (B. Analy.)
L. Cué	5	744±70	763	747–775	504327 (B. Analy.)
	75	3457±90	3541	3471–3601	504328 (B. Analy.)
	90	3697±35	3786	3712–3851	504329 (B. Analy.)
Miranda	5	916±100	938	919–954	504441 (B. Analy.)
	40	3555±50	3640	3569–3703	504442 (B. Analy.)
	105	4200±70	4300	4217–4375	504443 (B. Analy.)

RESULTADOS

Los resultados del análisis palinológico de la vegetación local y herbácea regional de cada laguna presentados en diagramas de concentración polínica y sus agrupaciones CONISS (Figuras 4 a 6), permiten caracterizar cambios en la vegetación de cada laguna como se describe a continuación.

Laguna San Cristóbal

En el diagrama polínico se diferencian dos zonas polínicas mayores (Figura 4).

ZONA I: abarca la parte inferior del diagrama (80–20 cm), comprendida entre 3480 y 1300 años cal AP. Se observa la predominancia de Poaceae como *Paspalum* sp. (7–20%) y *Erianthus* sp. (10–20%), seguidos por *Scirpus* sp. (5–17%), *Cyperus* sp. (10–20%), *Aster* sp., *Cypella* sp., *Enhydra* sp. y *Eryngium* sp. (5–10%). La vegetación acuática está representada por *Ludwigia* sp. (5%) y bajos porcentajes de algas como *Botryococcus* sp. y *Closterium* sp.

ZONA II: abarca la parte superior del diagrama (15–0 cm), comprendida entre 1300 y 846 años cal AP. Se observa una ligera disminución de los porcentajes con respecto a la zona anterior. *Paspalum* sp. (10–18%) y *Erianthus* sp. (7–18%), seguidos por *Scirpus* sp. (7–15%), *Cyperus* sp. (10–15%), *Aster* sp. y *Cypella* sp. (5–10%), *Enhydra* sp. (8–10%) y

Eryngium sp. (8%). La vegetación acuática representada por *Ludwigia* sp., *Botryococcus* sp. y *Closterium* sp. se mantienen en bajos porcentajes.

Laguna Cué

En el diagrama polínico se diferencian dos zonas polínicas (Figura 5).

ZONA I: abarca la parte inferior del diagrama polínico (90–80 cm), comprendida entre 3786 y 3541 años cal AP. Entre las especies herbáceas halladas se encuentran *Paspalum* sp., *Senecio* sp. y *Scirpus* sp. (5–10%), seguidas por *Erianthus* sp., *Eryngium* sp., *Thalia* sp., *Baccharis* sp., *Atriplex* sp., *Amaranthus* sp. y *Enhydra* sp. no superando el 10% en todos los casos. La vegetación acuática está representada por *Azolla* sp. (10%) y las algas *Botryococcus* sp. y *Coelastrum* sp. (15% en ambos casos).

ZONA II: abarca la parte superior del diagrama polínico (75–0 cm), comprendida entre 3541 y 763 años cal AP. Con respecto a la zona anterior se observa el aumento de *Paspalum* sp. (30%), *Scirpus* sp. y *Eryngium* sp. (20% en ambos casos), *Cyperus* sp. y *Cypella* sp. (10%), mientras que *Erianthus* sp. y *Enhydra* sp. mantienen constante sus porcentajes. Además, se puede observar la disminución en el porcentaje de *Baccharis* sp., *Amaranthus* sp., *Thalia* sp., *Typha* sp. y *Atriplex* sp. no superando el 5% en todos los casos. La vegetación acuática

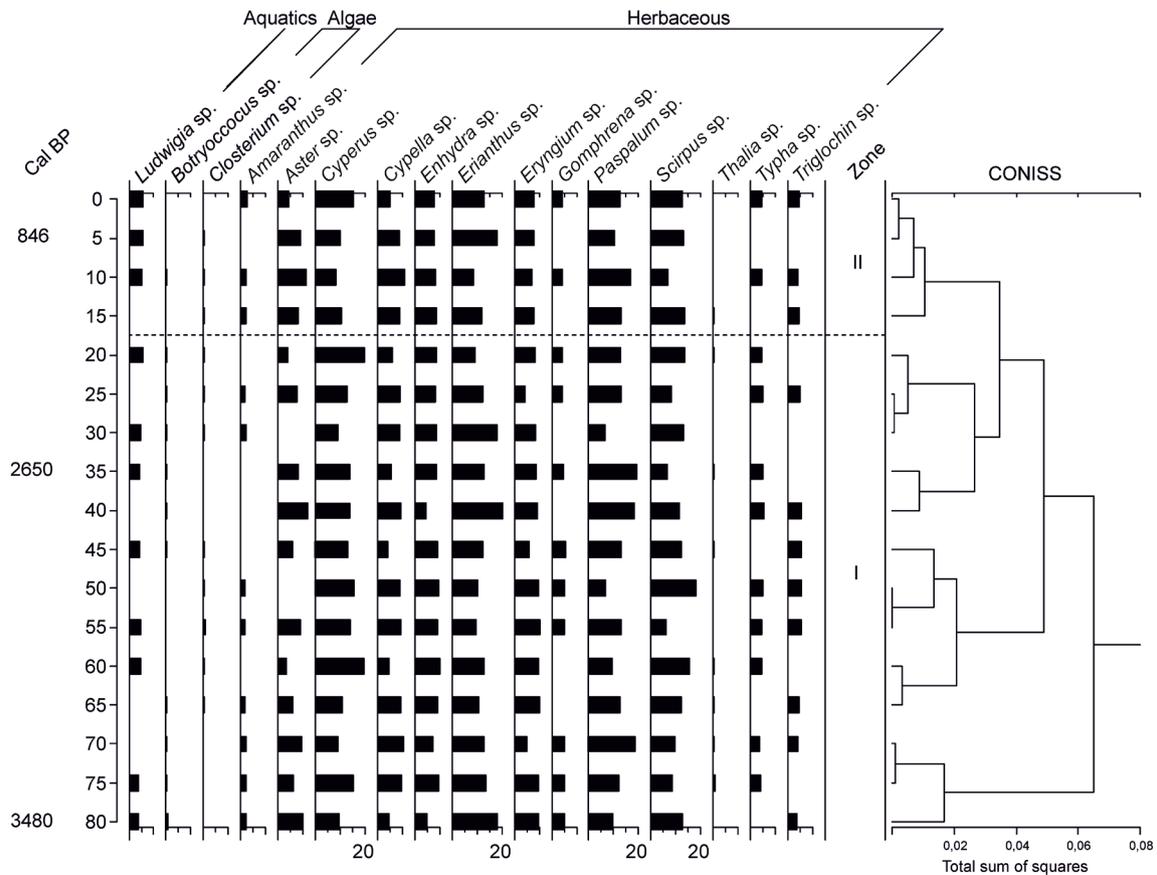


Figura 4. Diagrama polínico porcentual de la laguna San Cristóbal. Incluye edad cal AP.

Figure 4. Percentage pollen diagram of the San Cristobal lake. Includes AP cal age.

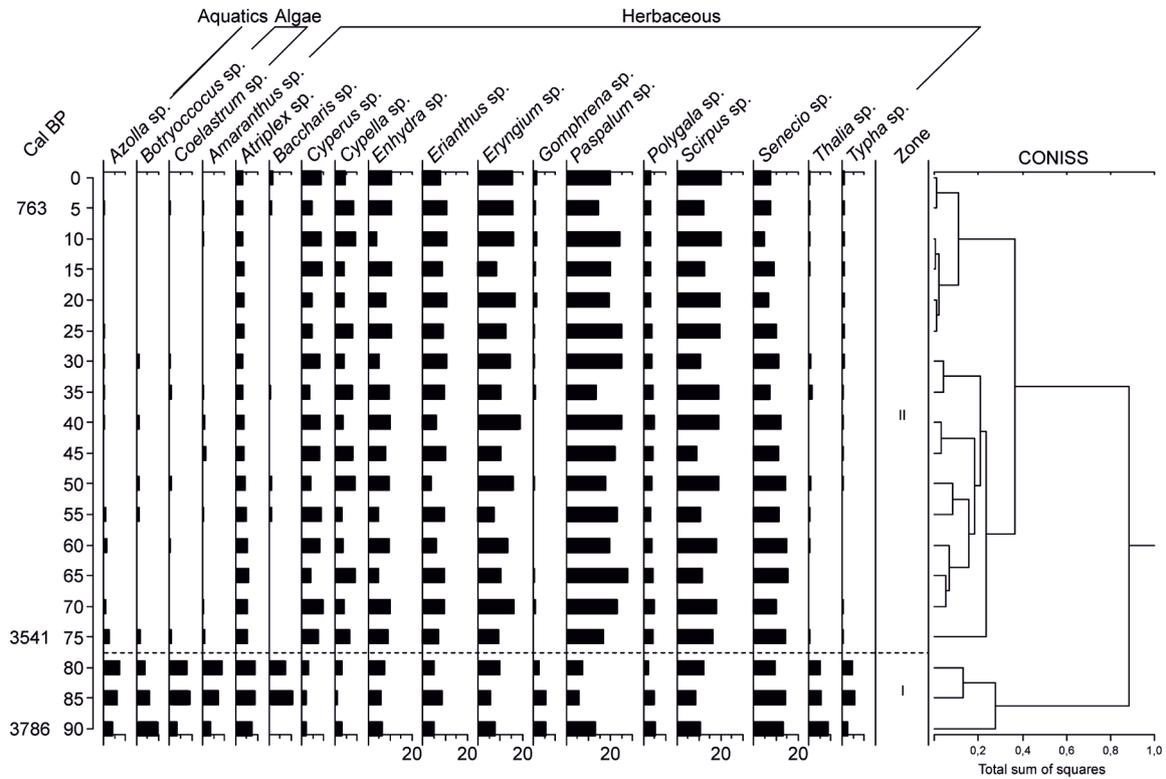


Figura 5. Diagrama polínico porcentual de la laguna Cué. Incluye edad cal AP.

Figure 5. Percentage pollen diagram of the Cué lake. Includes AP cal age.

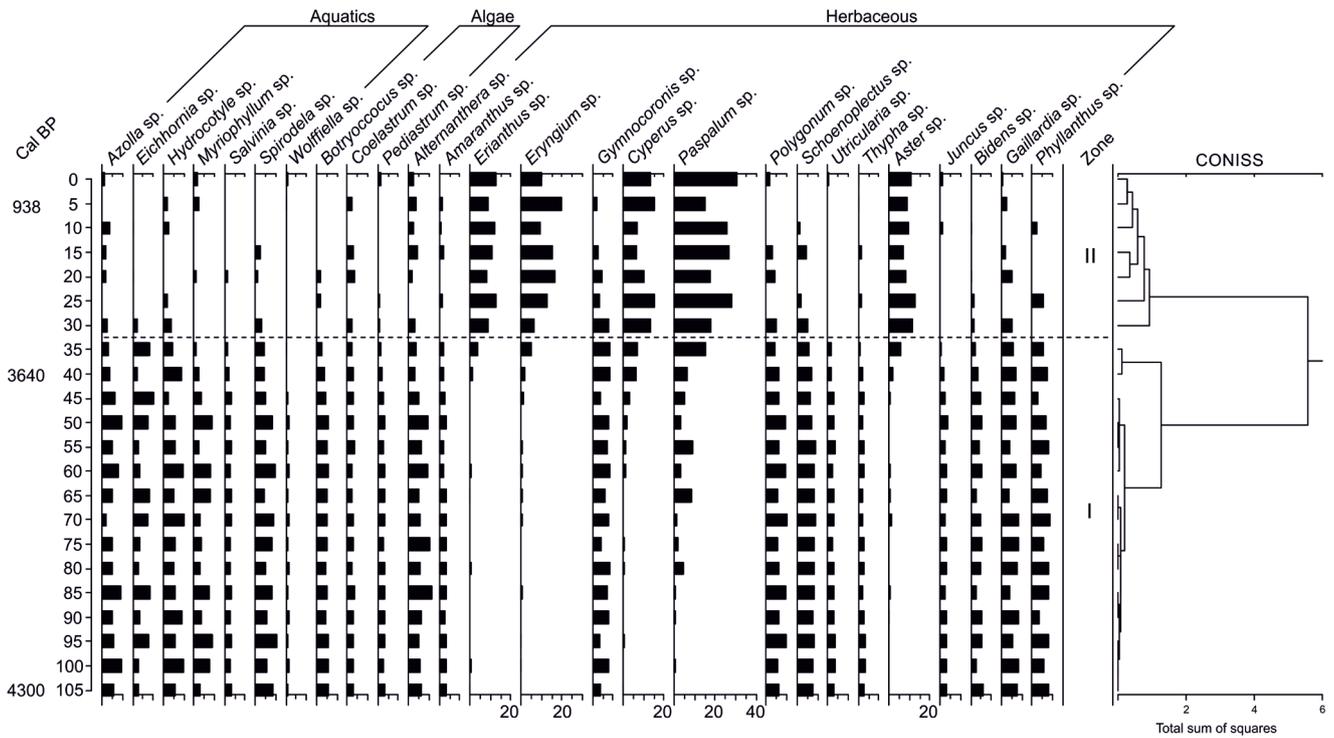


Figura 6. Diagrama polínico porcentual de la laguna Miranda. Incluye edad cal AP.

Figure 6. Percentage pollen diagram of the Miranda lake. Includes AP cal age.

disminuye considerablemente su porcentaje siendo su aporte prácticamente nulo.

Laguna Miranda

En el diagrama polínico se diferencian dos zonas polínicas (Figura 6).

ZONA I: abarca la parte inferior del diagrama polínico (105–35 cm), comprendida entre 4300 y 3640 años cal AP. Entre las herbáceas más representativas se encuentran *Alternanthera* sp., *Gymnocoronis* sp., *Polygonum* sp., *Schoenoplectus* sp., *Gaillardia* sp. y *Phyllanthus* sp. no superando el 10% en todos los casos, mientras que *Amaranthus* sp., *Utricularia* sp., *Typha* sp., *Juncus* sp. y *Bidens* sp. no superan el 5%. En esta laguna se observa la mayor diversificación de plantas acuáticas, representadas por *Azolla* sp., *Eichhornia* sp., *Hydrocotyle* sp., *Myriophyllum* sp., *Salvinia* sp., *Spirodela* sp. y *Wolffiella* sp. no superando el 10%. El grupo de las algas está representado por *Botryococcus* sp., *Coelastrum* sp. y *Pediastrum* sp. (5%).

ZONA II: abarca la parte superior del diagrama polínico (30–5 cm), comprendida alrededor de 3000 y 938 años cal AP. Con respecto a la zona anterior se puede observar la disminución en el porcentaje de *Alternanthera* sp., *Gymnocoronis* sp., *Polygonum* sp., *Schoenoplectus* sp., *Gaillardia* sp., *Phyllanthus* sp., *Amaranthus* sp., *Utricularia* sp., *Typha* sp., *Juncus* sp. y *Bidens* sp. no superando el 5% en todos los casos. También se observa el aumento en el porcentaje de *Paspalum* sp. (15–30%), seguido de *Eryngium* sp. (10–20%), *Erianthus* sp., *Cyperus* sp., y *Aster* sp. (5–15% en todos los casos). Con

respecto a las plantas acuáticas incluyendo algas, se registra una disminución en su porcentaje que no supera el 5%.

Las diferencias en la riqueza específica y especialmente la composición florística en las poblaciones dominantes de cada laguna se observan en la Figura 7 como frecuencia absoluta, relacionándose con modificaciones de distinta importancia en parámetros estructurales como cobertura, estratificación, densidad entre otros. En la Figura 8 se observa la frecuencia absoluta acumulada en la representación de los grupos formadores de embalsados (FE) y no formadores de embalsados (NFE) para cada laguna. Las fluctuaciones de vegetación referidas más arriba se discuten a continuación en el contexto de la evolución de los embalsados dentro del macrosistema Iberá.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis palinológico de las lagunas permite caracterizar cambios en la vegetación ocurridos en el noreste del Iberá según intervalos interpretados con base en datos cuali-cuantitativos y radimétricos. Entre 4300 y 3600 años cal AP, la vegetación se caracterizó por el dominio de especies palustres-herbáceas, principalmente por *Polygonum* sp., *Phyllanthus* sp., *Gymnocoronis* sp., *Gaillardia* sp., *Alternanthera* sp., entre otras y juncales de *Schoenoplectus* sp. y *Juncus* sp. La vegetación acuática correspondiente a plantas vasculares se encontraba muy diversificada, al igual que las Clorofíceas y en menor medida por especies formadoras de embalsados

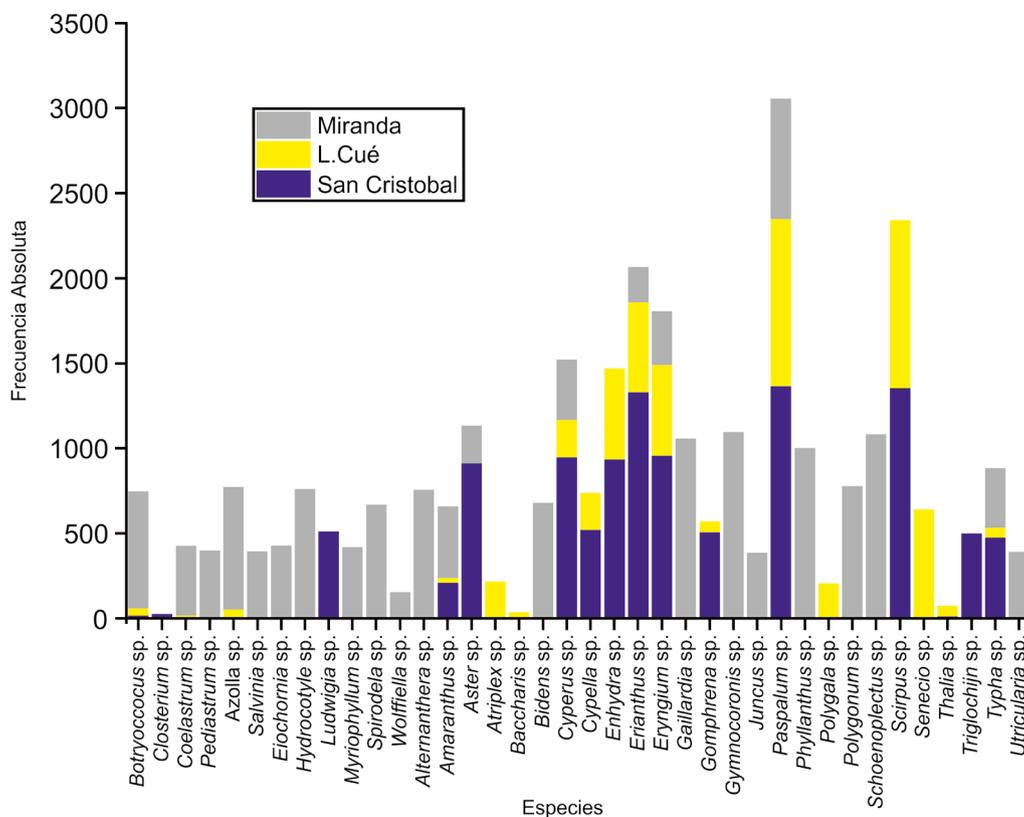


Figura 7. Frecuencia Absoluta, demostrando las diferencias en la riqueza específica y en la composición florística de las poblaciones dominantes de cada laguna.

Figure 7. Absolute Frequency, demonstrating the differences in the specific richness and in the floristic composition of the dominant populations of each lake.

(Figura 9). El predominio de la vegetación palustre-herbácea concuerda con lo publicado por Iriondo (1994) quien señala que, durante el Holoceno medio y tardío en el norte de Argentina y principalmente en áreas próximas al Río Paraná (en la Provincia del Chaco), la acción de la erosión retrocedente formó redes fluviales que se sabe estaban bien desarrolladas por la presencia de sedimentos palustres. Además, la presencia de *Utricularia* sp. y *Typha* sp. sugiere suelos anegados o inundables con aguas de lenta circulación

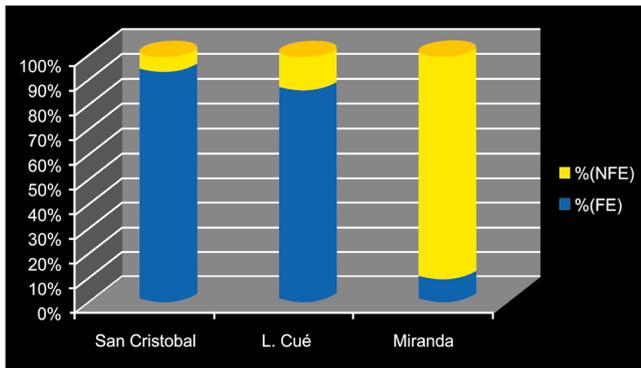


Figura 8. Frecuencia Absoluta Acumulada, representando los grupos formadores de embalsados (FE) y no formadores de embalsados (NFE) para cada laguna.

Figure 8. Accumulated Absolute Frequency, representing the groups that form reservoirs (FE) and non-formers of reservoirs (NFE) for each lake.

(Carnevali, 1994), encontrando su óptimo en las aguas lénticas del Iberá (Neiff, 2004). El análisis de cuatro pozos del noreste de Argentina y sur del Brasil (en zonas aledañas al Río Paraná en su curso medio y superior), realizado por Sandi *et al.* (2001) indica un incremento en el nivel hídrico a partir de un alto porcentaje de algas, el cual podría interpretarse como un pulso de inundación ocurrido durante el Holoceno medio-tardío.

Desde los 3500 años cal AP en adelante, en las tres lagunas se registra una disminución en la frecuencia y variedad de especies acuáticas y un aumento de especies herbáceas de pastizal entre las que predominan *Paspalum* sp., *Scirpus* sp., *Enhydra* sp., *Cyperus* sp., *Erianthus* sp. y *Cypella* sp., entre otros. También estaban representados grupos como Asteraceae (*Senecio* sp.) y *Eryngium* sp., especies colonizadoras de espejos de cuerpos de agua. Esta asociación polínica, junto a la disminución porcentual de las clorofíceas, sugieren el desarrollo de embalsados, probablemente como consecuencia de una mayor colmatación de las lagunas, ocasionando reducción del espejo de agua, mayor oscuridad, déficit de oxígeno y acidez del agua. Esto concuerda con lo expresado por Iriondo (1991), quien señala que en los últimos 3000 años la región quedó influenciada por clima húmedo, donde la baja variabilidad climática y la alta productividad de la vegetación favorecieron el desarrollo de suelos orgánicos (conocidos como embalsados) sobre los lagos y cuerpos de agua, acentuando el proceso de senescencia (Neiff, 2004) por colmatación (Orfeo, 2005).

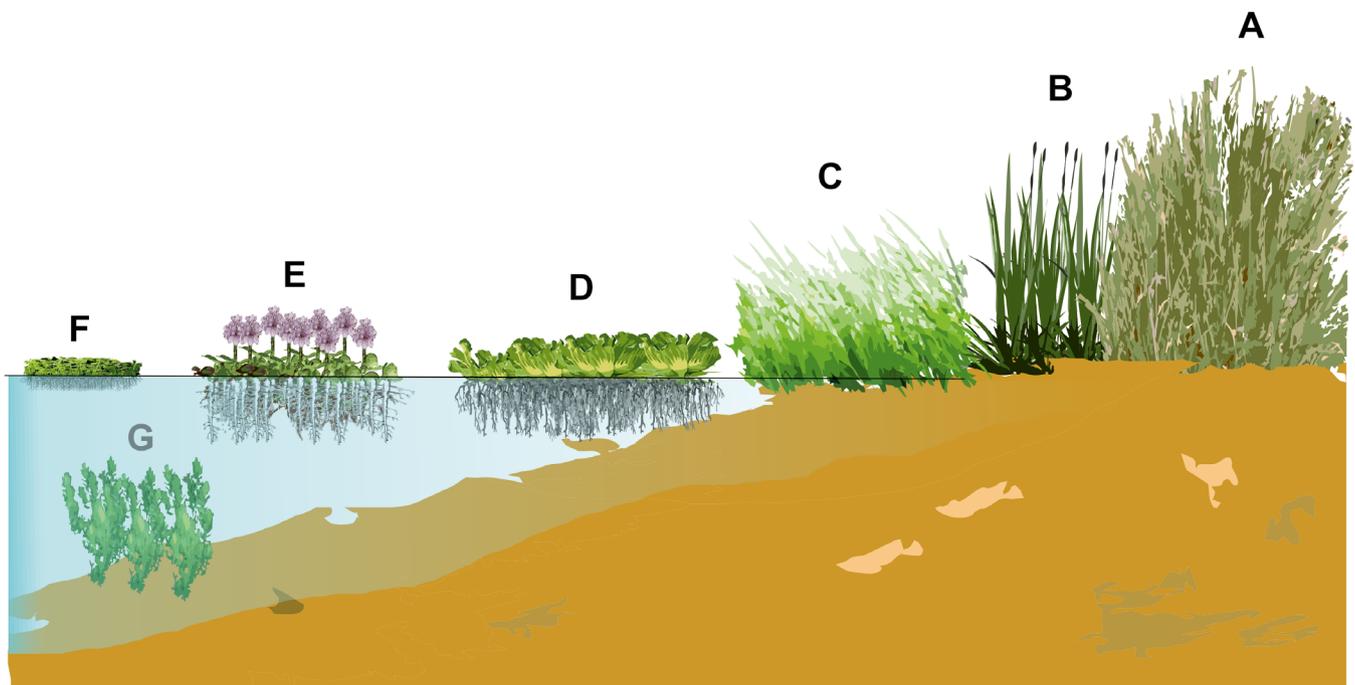


Figura 9. Asociación vegetal de la laguna Miranda. A, juncal de *Schoenoplectus* sp.; B, juncal de *Juncus* sp.; C, herbazal de *Polygonum* sp.; D, vegetación flotante de *Eichhornia* sp.; E, camalotal de *Bidens* sp.; F, vegetación flotante de *Hydrocotyle* sp., *Salvinia* sp., *Spirodela* sp., *Azolla* sp., *Alternanthera* sp., *Gymnocoronis* sp., y *Wolffiella* sp.; G, vegetación sumergida de *Myriophyllum* sp.

Figure 9. Plant association of the Miranda lake. A, juncal of *Schoenoplectus* sp.; B, juncal of *Juncus* sp.; C, grassland of *Polygonum* sp.; D, floating vegetation of *Eichhornia* sp.; E, camalotal of *Bidens* sp.; F, floating vegetation of *Hydrocotyle* sp., *Salvinia* sp., *Spirodela* sp., *Azolla* sp., *Alternanthera* sp., *Gymnocoronis* sp., and *Wolffiella* sp.; G, submerged vegetation of *Myriophyllum* sp.

En este período puede apreciarse que existen varios reemplazos de especies en la constitución del embalsado, por ejemplo, desaparición de géneros de angiospermas como *Polygonum* sp., *Spirodela* sp., *Phyllanthus* sp. y helechos acuáticos como *Salvinia* sp., entre otros, que encuentran su óptimo en aguas bien aireadas. También se puede inferir una colonización incipiente de *Ludwigia* sp., que ocupara un papel preponderante en la permanencia del embalsado.

El comienzo del embalsado tiene lugar con la colonización de plantas flotantes por entidades que se hallan habilitadas morfo-anatómica y funcionalmente para ocupar la superficie y crecer sobre otras plantas (Emiliani *et al.*, 1969). En este grupo pueden reconocerse a *Scirpus* sp., *Enhydra* sp., *Paspalum* sp. y *Erianthus* sp., las cuales mediante la profusión de estolones y guías repetidamente ramificados y raíces entrelazadas con distintos órganos flotantes (Tur, 1965, 1972; Lallana, 1978), terminan formando una trama de plantas flotantes difícil de desagregar reforzada por sus huéspedes colonizadores (Figura 10).

Los camalotales llegan a la fase de embalsados en lagunas permanentes con agua de origen pluvial, por lo que la salinidad es moderada a baja, destacándose los bajos tenores de nutrientes, el pH próximo a la neutralidad, aunque por lo común en el rango ácido y un marcado déficit de oxígeno. Estas condiciones concuerdan con lo publicado por Fernandez

Pacella (2013), quien señala que el Iberá constituye un sistema hídrico alimentado por lluvias, caracterizado por un bajo contenido de nutrientes para los organismos y la frecuente vegetación en las márgenes de los esteros favorece una pobre iluminación que junto a una circulación prácticamente nula provoca la deficiencia de oxígeno en las aguas del fondo.

El rasgo más saliente lo constituye la escasa eficiencia de los descomponedores en condiciones naturales, como señalara Emiliani *et al.* (1969) al estudiar embalsados de lagunas santafecinas. Estas circunstancias configuran una disfunción trófica que culmina con la colmatación de las cubetas con un suelo orgánico ácido, pobre en oxígeno y favorable para la preservación de polen fósil (Fernandez Pacella *et al.*, 2011). Por lo tanto, se interpreta de los resultados obtenidos la existencia de una mayor tendencia a formar suelos orgánicos asociados a la evolución de embalsados en el Holoceno más tardío.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica - Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica, que forma parte del Proyecto de Investigación PICT-2015-1939 y la Secretaría General de Ciencia y Técnica - Universidad Nacional del Nordeste PI: 18Q006.

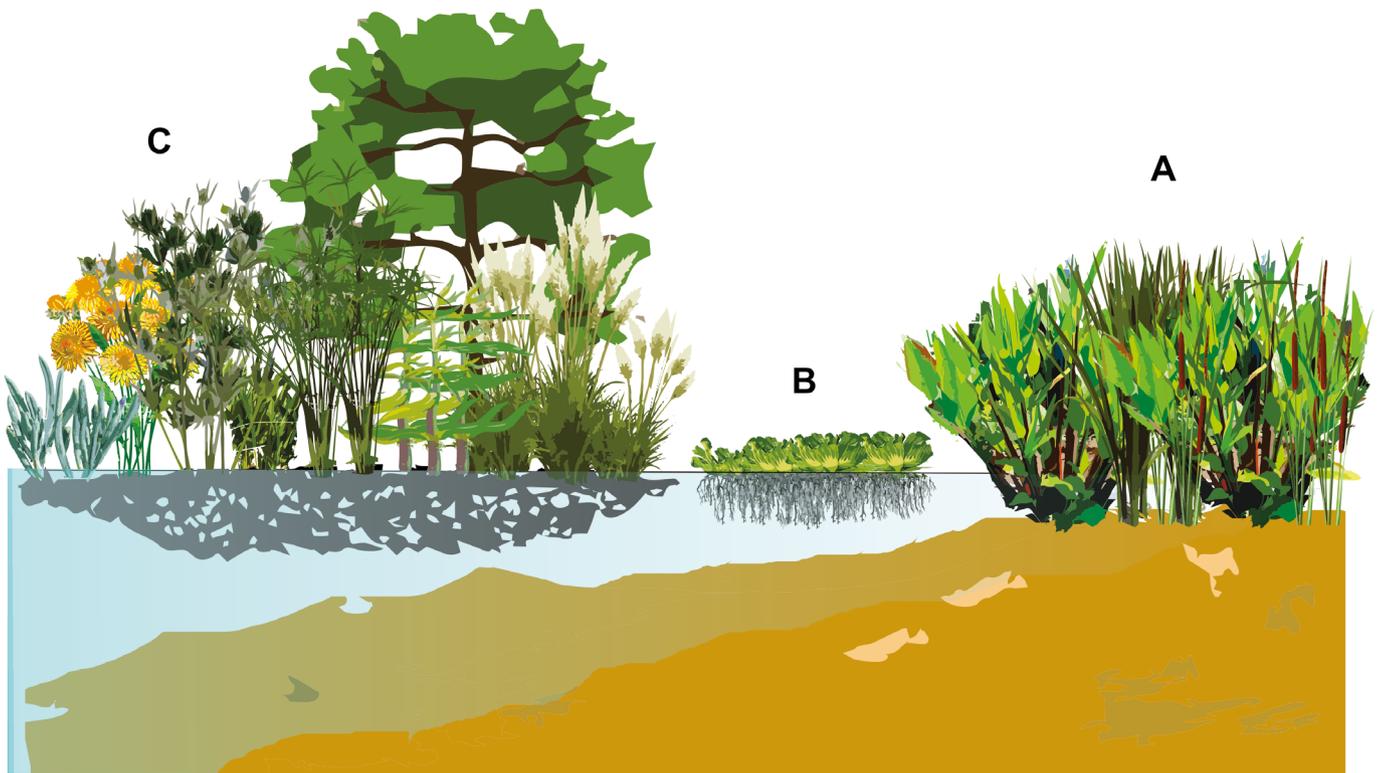


Figura 10. Asociación vegetal de las lagunas San Cristóbal y Cué. **A**, tormal de *Thalia* sp. y *Typha* sp.; **B**, vegetación flotante de *Azolla* sp. y *Ludwigia* sp.; **C**, embalsado constituido por *Aster* sp., *Cyperus* sp., *Erianthus* sp., *Enhydra* sp., *Eryngium* sp., *Paspalum* sp., *Scirpus* sp. y *Senecio* sp.

Figure 10. Plant association of the San Cristobal and Cué lakes. **A**, tormal of *Thalia* sp. and *Typha* sp.; **B**, floating vegetation of *Azolla* sp. and *Ludwigia* sp.; **C**, “embalsados” consisting of *Aster* sp., *Cyperus* sp., *Erianthus* sp., *Enhydra* sp., *Eryngium* sp., *Paspalum* sp., *Scirpus* sp., and *Senecio* sp.

REFERENCIAS

- Arbo, M.M. & Tressens, S.G. 2002. *Flora de Iberá*. Corrientes, EUDENE, 613 p.
- Blaauw, M. 2010. Methods and code for “classical” age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology*, **5**:512–518. doi:10.1016/j.quageo.2010.01.002
- Boelcke, O. 1992. *Plantas Vasculares de la Argentina: nativas y exóticas*. 2nd ed. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 334 p.
- Bold, H. & Wynne, M. 1985. *Introduction to the Algae: structure and reproduction*. 2nd ed. New Jersey, Prentice-Hall, 720 p.
- Burkart, A. 1957. Ojeada sinóptica sobre la vegetación del Delta del río Paraná. *Darwiniana*, **11**:457–561.
- Canevari, P.; Blanco, D.; Bucher, E.; Castro, E. & Davidson, I. 1998. *Los Humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación*. Buenos Aires, Wetlands International, 208 p.
- Carnevali, R. 1994. *Fitogeografía de la provincia de Corrientes*. Asunción, Laticolor S.R.L., 324 p.
- Cuadrado, G. & Neiff, J.J. 1993. Palynology of embalsados in dystrophic lakes in Northeastern of Argentina. *Revista Brasileira de Biología*, **53**:443–451.
- Emiliani, F.; García, M.; Martínez, M. & Forns, A. 1969. Composición y actividad de la microflora de las islas flotantes. *Agrochimica*, **13**:220–225.
- Faegri, K. & Iversen, D. 1989. *Textbook of pollen analysis*. 4th ed. Chichester, John Wiley & Sons, 328 p.
- Fernandez Pacella, L. 2013. *Palinología del Cuaternario en sedimentos lacustres del Noroeste del Iberá, Corrientes, Argentina*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste, Tesis doctoral, 183 p.
- Fernandez Pacella, L. 2018. Estudio palinológico de un perfil sedimentario del Holoceno medio-tardío, oeste del Iberá, Corrientes, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, **35**:93–101. doi:10.22201/cgeo.20072902e.2018.1.531
- Fernandez Pacella, L. & Canteros, O. 2013. Poaceae. Tribus: Andropogoneae, Bromeeae, Cynodonteae, Eragrostidae, Olyreae y Oryzeae. In: S. Pire; L. Anzótegui & A. Cuadrado (eds.) *Flora Polínica del Nordeste Argentino*, EUDENE-UNNE, p. 119–126.
- Fernandez Pacella, L.; Garralla, S.S. & Anzótegui, L.M. 2011. Cambios de la vegetación durante el Holoceno en la región Norte del Iberá. Provincia de Corrientes, Argentina. *Revista de Biología Tropical de Costa Rica*, **59**:103–112.
- Grimm, E. 2004. *TGView version 2.0.2*. Springfield, Illinois State Museum.
- Hogg, A.G. et al. 2013. SHCal13 southern hemisphere calibration, 0 - 50,000 cal BP. *Radiocarbon*, **55**:1889–1903. doi:10.2458/azu_js_rc.55.16783
- Iriondo, M.H. 1991. *El Holoceno en el Litoral*. Santa Fe, Comunicaciones Museo Provincial de Ciencias Naturales “Florentino Ameghino”, 40 p. (Boletín 3).
- Iriondo, M.H. 1994. *Los climas cuaternarios de la región Pampeana*. Santa Fe, Museo Provincial de Ciencias Naturales “Florentino Ameghino”, 481 p. (Boletín 4).
- Kremp, G. & Kawasaki, T. 1972. *The spores of the Pteridophyta*. Tokyo, Hirokawa Publishing Company, 398 p.
- Lallana, V. 1978. *Hydrocotyle ranunculoides*, hemiepífita de *Eicchornia crassipes*. *Revista de la Asociación Científica Natural del Litoral*, **9**:13–18.
- Markgraf, V. & D’Antoni, H.L. 1978. *Polen flora of Argentina. Modern spore and pollen types of Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae*. Tucson, The University of Arizona Press, 208 p.
- Moore, P. & Bellamy, D. 1974. *Peatlands*. Londres, Elek Science, 221 p.
- Neiff, J.J. 1997. *Ecología evolutiva del macrosistema Iberá (Corrientes, Argentina)*. Universidad Nacional del Litoral, Tesis de Maestría, 138 p.
- Neiff, J.J. 2004. *El Iberá... ¿en peligro?*. Buenos Aires, Fundación Vida Silvestre, 89 p.
- Orfeo, O. 2005. Historia geológica del Iberá, provincia de Corrientes, como escenario de biodiversidad. In: F.G. Aceñolaza (coord.) *Temas de la Biodiversidad del Litoral fluvial argentino II*, INSUGEO, p. 71–78.
- Prescott, G. 1978. *How to know the freshwater algae*. 3rd ed. Iowa, Wm. C. Brown Company Publishers, 293 p.
- R Core Team, 2014. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Sandi, A.A.; Anzótegui, L.M. & Garralla, S.S. 2001. Estudio palinológico del Holoceno en la planicie de inundación del río Paraná Superior, Estado de Paraná, Brasil. In: COMUNICACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS, 2001. *Libro de Resúmenes*, Corrientes, UNNE, 046.
- Schultz, A. 1961. Nota sobre la vegetación acuática chaqueña. Esteros y embalsados. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, **9**:141–150.
- Stuiver, M. & Reimer, P. 1993. Extended ¹⁴C database and revised CALIB radiocarbon calibration program. *Radiocarbon*, **35**:215–230.
- Tur, N. 1965. Un caso de epifitismo acuático. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, **10**:323–327.
- Tur, N. 1972. Embalsados y camalotes de la región isleña del Paraná Medio. *Darwiniana*, **17**:397–407.
- Varela, M.; Corrales, M.; Tell, G.; Poi de Neiff, A. & Neiff, J.J. 1978. Biota acuática de los embalsados de la laguna Brava y los caracteres del hábitat. *Ecosur*, **5**:97–118.
- Zuloaga, F.; Morrone, O. & Belgrano, M. 2016. *Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)*. Disponible en: <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/Generos.asp>; fecha de último acceso: 5 abril 2018.

Received in 08 April, 2019; accepted in 30 November, 2019.