

Estípites de Arecaceae en la Formación Ituzaingó (Plioceno-Pleistoceno), Entre Ríos, Argentina

Franco, María Jimena

Laboratorio de Paleobotánica, Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICYTTP-CONICET), Dr. Matteri y España SN (E3105BWA), Diamante, Entre Ríos. E-mail: mjfranco@cicytpp.org.ar

► **Resumen** — Los macrofósiles de palmera son muy comunes en el registro fósil, tanto en su distribución estratigráfica como geográfica, mostrando un incremento a través del tiempo. El objetivo del presente trabajo es describir dos nuevos registros de estípites silicificados para el Cenozoico tardío de Entre Ríos, hallados en los sedimentos fluviales de la Formación Ituzaingó: *Palmoxylon yuqueriense* Lutz 1984 y *Palmoxylon* sp. *Palmoxylon yuqueriense* presenta mayor afinidad con la Subfamilia Coryphoidea. Un aspecto llamativo en este ejemplar es la presencia de almidones, simples o dos adyacentes fusionados, observados y confirmados bajo luz normal y polarizada. *Palmoxylon* sp. es un tocón de palmera íntegramente silicificado en el que se observan raíces adventicias. La presencia de *Palmoxylon yuqueriense* y *Palmoxylon* sp. en la Formación Ituzaingó estaría indicando un clima tropical-subtropical y amplía la distribución del registro de macrofósiles asignados a Arecaceae en la Cuenca del río Paraná.

Palabras clave: Arecaceae, estípite fósil, *Palmoxylon*, Formación Ituzaingó, Cenozoico tardío.

Abstract — First record of Arecaceae stipe from Ituzaingó Formation (Pliocene-Pleistocene), Entre Ríos, Argentina. The palm macrofossils are common in the fossil record, in its stratigraphic and geographic distribution, and showing an increase over the time. The aim of this paper is to describe two new silicified palm trunks from late Cenozoic of Entre Ríos, found in the river sediments of Ituzaingó Formation: *Palmoxylon yuqueriense* Lutz 1984 and *Palmoxylon* sp. *Palmoxylon yuqueriense* has more affinity with Coryphoidea subfamily. A striking aspect in this fossil is the presence of starches, single or fused, observed and confirmed under normal and polarized light. *Palmoxylon* sp. is a silicified palm stump with preserved adventitious roots. The presence of *Palmoxylon yuqueriense* and *Palmoxylon* sp. in the Ituzaingó Formation would indicate a tropical-subtropical climate and expands the macrofossil Arecaceae record to the Paraná River Basin.

Keywords: Arecaceae, fossil palm trunk, *Palmoxylon*, Ituzaingó Formation, late Cenozoic.

INTRODUCCIÓN

Las palmeras constituyen un grupo de plantas arbóreas, tropicales, monocotiledóneas, pertenecientes a la familia Arecaceae (Henderson *et al.*, 1995; Cabral y Castro, 2007). En cuanto a su distribución, son componentes importantes de muchos tipos de vegetación en los trópicos y subtropicos, mostrando su mayor diversidad en América, en la franja del bosque lluvioso de Brasil, Colombia, Perú, Ecuador, y en el sudeste asiático, Oceanía e Indonesia (Cabral y Castro, 2007). Existen alrededor de 200 géneros y

1500 especies de palmeras en el mundo, de las cuales 11 especies se distribuyen en Argentina (Henderson *et al.*, 1995; Cabral y Castro, 2007). Están dentro de las plantas más antiguas del globo, y sus vestigios se remontan a más de 120 Ma. (Lorenzi *et al.*, 1996; Janssen y Bremer, 2004).

La familia Arecaceae presenta un registro fósil muy importante, tanto en cantidad como por su amplia distribución. Los fósiles de palmeras inequívocos más antiguos datan del Cretácico medio al Cretácico Superior. En el Cretácico Tardío las hojas, los estípites, los frutos, las inflorescencias y el polen se encontraban representados (Stevens, 2001 en adelante; Harley, 2006). En el Cretácico

la mayoría de las categorías fósiles de palmeras ya estaban presente y para el Terciario Temprano el registro de Arecaceae era extraordinariamente rico y diverso (Harley, 2006).

REGISTRO DE PALMERAS FÓSILES EN LA MESOPOTAMIA ARGENTINA

En esta región, los estudios de palmeras fósiles se basan en estípites silicificadas halladas en las formaciones «Salto Chico» (Plio–Pleistoceno?) y El Palmar (Pleistoceno Tardío), de palinomorfos registrados en la Formación Ituzaingó (Plioceno–Pleistoceno) y fitolitos provenientes de las formaciones Paraná (Mioceno Tardío), El Palmar (Pleistoceno Tardío), Puerto General Alvear (Pleistoceno tardío), Tezanos Pinto (Pleistoceno tardío–Holoceno temprano) y Toropí (Pleistoceno Tardío) (Tabla 1).

Los primeros trabajos de palmeras fósiles fueron realizados por Lutz (1980, 1984, 1986) quien describió estípites silicificadas asignadas a *Palmoxylon concordense* Lutz 1980 y *Palmoxylon yuqueriense* Lutz 1984, halladas en la «Formación Salto Chico» en la Provincia de Entre Ríos (Tabla 1). Éstos son los únicos estudios anatómicos de estípites fósiles previos al presente trabajo para la región.

La mayor parte de los registros de Arecaceae fueron realizados con base en estudios de fitolitos de distintas formaciones de las provincias de Entre Ríos y Corrientes, en donde se han observado numerosos restos silíceos de forma globular y espinosos diagnósticos de esta familia (Tabla 1). En la Formación Paraná, se han reconocido los morfotipos con afinidad arecoide más antiguos para la región (Zucol y Brea, 2000a y b). Posteriormente, estudios fitolíticos en las formaciones Puerto General Alvear (Zucol y Brea, 2005), El Palmar (Zucol *et al.*, 2005; Patterer, 2010; Patterer y Brea, 2011) y Tezanos Pinto (Erra, 2010a y b; Erra *et al.*, 2011) también permitieron reconocer la existencia de palmeras en el Pleistoceno–Holoceno de Entre Ríos (Tabla 1). Recientemente, se han registrado fitolitos globulares equinados con

afinidad a Arecaceae en la Formación Toropí en la Provincia de Corrientes (Erra *et al.*, 2013). En la Formación El Palmar se realizó el estudio de moldes de tocones de palmeras, en posición de vida, asignados a *Palmoxylon* sp. (Zucol *et al.*, 2005) y hallados en el Parque Nacional El Palmar, Departamento de Colón, Entre Ríos (Tabla 1). En lo que respecta a la Formación Ituzaingó, se ha realizado una sola referencia a la familia mediante un estudio de palinomorfos en las localidades fosilíferas de Punta del Rubio y Santa Lucía en la provincia de Corrientes (Anzótegui y Lutz, 1987).

MARCO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

La geomorfología del río Paraná y su migración este–noroeste ha provocado la depositación de su carga de arenas fluviales cuarzosas que transporta desde la alta Cuenca. Este proceso ha sido el responsable de la formación de importantes depósitos sedimentarios que se conocen con el nombre de Formación Ituzaingó (Iriondo, 1979, 1988, 1991; Herbst, 2000 y referencias allí citadas).

La Formación Ituzaingó fue reconocida formalmente por D’Orbigny (1842) como uno de los horizontes del «*Tertiare Guaranien*» y fue definida por primer vez por De Alba (1953) y formalizada por Herbst (1971) y Herbst *et al.* (1976), los cuales le confieren *status* definitivo de formación. Esta formación se encuentra dentro de la Cuenca del río Paraná y sus afloramientos se extienden casi ininterrumpidamente en la margen izquierda de este río (ver Figura 1), desde el norte de la provincia de Corrientes en la ciudad de Ituzaingó hasta Goya, y desde allí hacia el sur hasta la ciudad de Paraná en la provincia de Entre Ríos (Herbst, 1971, 2000; Iriondo y Rodríguez, 1973; Iriondo, 1979; Anis *et al.*, 2005; Bruneto *et al.*, en prensa).

El término informal de «Salto Chico» fue propuesto por Rimoldi (1962) y utilizado para referir a las arenas y areniscas silicificadas, de origen fluvial, aflorantes en la margen del río Uruguay. Esta denominación también fue utilizada por Gentili y Rimoldi

Tabla 1. Registro de fósiles de la familia Arecaceae de la Mesopotamia argentina.

Morfotipo	Nº de Colección	Tipo de Fósil	Afinidad Botánica	Localidad Fosilífera	Referencia
Formación Paraná					
Morfotribu Globulita		Fitolitos	Arecaceae.	Puerto General Alvear, Entre Ríos	Zucol y Brea, 2000a,b
“Formación Salto Chico”					
<i>Palmoxylon concordiense</i>	PB-CTES 4872-4875	Estípites	Subfamilia Coccoideae. Estrechamente vinculado a <i>Butia</i> y <i>Arecastrum</i> .	Arroyo Yuquerí y Arroyo Mandisoví, Entre Ríos	Lutz, 1980
<i>Palmoxylon yuqueriense</i>	PB-CTES 6031	Estípites	Subfamilia Coryphoideae y Cocosoidae. Estrechamente vinculado a <i>Trithrinax</i> .	Arroyo Yuquerí, Concordia, Entre Ríos	Lutz, 1984, 1986
Formación Ituzaingó					
<i>Syagrus</i> sp.		Polen	<i>Syagrus</i> sp., Arecaceae	Punta del Rubio y Santa Lucía, Corrientes	Anzótegui y Lutz, 1987
Formación El Palmar					
<i>Palmoxylon</i> sp.	CID-PALBO 11	Estípites (moldes)	Arecaceae	Parque Nacional El Palmar, Entre Ríos	Zucol <i>et al.</i> , 2005
Globular espinoso	CID-PALBO mic, 291–299 y 136–145	Fitolitos	Arecaceae	Parque Nacional El Palmar, Entre Ríos	Zucol <i>et al.</i> , 2005
Globular de superficie espinosa		Fitolitos	Arecaceae	Entre Ríos, Argentina	Patterer, 2010
Globular de superficie espinosa		Fitolitos	Arecaceae	Entre Ríos, Argentina	Patterer y Brea, 2011
Formación Puerto General Alvear					
<i>Globulolithum sphaeroechimulathum</i>	CID-PALBO mic 167	Fitolitos	<i>Copernicia alba</i> , <i>Trithrinax campestris</i> , <i>Syagrus romanzoffiana</i> , <i>Sabal minor</i> y otros géneros de Arecaceae	Departamento Diamante, Entre Ríos.	Zucol y Brea, 2005
Formación Tezanos Pinto					
Esférico equinado		Fitolitos	Arecaceae	Sudoeste de Entre Ríos	Erra, 2009; Erra, 2010a y b; Erra <i>et al.</i> , 2011
Formación Toropi					
Globular equinado		Fitolitos	Arecaceae	Bella Vista, Corrientes	Erra <i>et al.</i> , 2013

(1979) para caracterizar a los afloramientos del este de las provincias de Corrientes y Entre Ríos, asignándoles una edad pliocena pero sin describir formalmente dicha unidad.

Asimismo, algunos autores, incluyeron a «Salto Chico» dentro de la Formación Ituzaingó (Herbst, 1971; Herbst y Santa Cruz,

1985; Lutz 1980, 1984, 1986; Bertolini, 1995), en una interpretación que actualmente no es compartida por la mayoría de los especialistas (Iriondo y Kröhling, 2007, 2008; Kröhling, 2009; Brea y Zucol, 2011; Franco, 2011; Brunetto *et al.*, 2013).

Iriondo (1980) define formalmente a la

Formación El Palmar en el este de la provincia de Entre Ríos. Sin embargo, algunos trabajos recientes siguen utilizando la denominación informal de «Salto Chico» para hacer referencia a los depósitos aflorantes en perfiles del este de Entre Ríos (ver Aceñolaza, 2007). En tales denominaciones, no sólo se consideran los depósitos pertenecientes a la Formación El Palmar sino también materiales correspondientes a una unidad litoestratigráfica diferente, la Formación San Salvador (Iriondo y Kröhling, 2008), de edad Plioceno-Pleistoceno Temprano (ver Kröhling, 2009). Esta última formación, es un depósito conformado por arenas de cauce y de inundación. Las facies de este cauce están representadas por un gran paleocauce meándrico, marginado por facies que inundación: dicho cauce fue probablemente originado por la unión de los ríos Paraná y Uruguay durante el límite Terciario-Cuaternario (Iriondo y Kröhling, 2007).

METODOLOGÍA

Los ejemplares estudiados en este trabajo corresponden a dos fragmentos de estípites permineralizados por silicificación y que fueron hallados en afloramientos correspondientes a la Formación Ituzaingó en la Provincia de Entre Ríos, Argentina (Figura 1.A). El ejemplar M04 fue hallado en la localidad fosilífera Arroyo Feliciano, ubicada en el Paso Birrinchin, Departamento Federal, Entre Ríos (c. 30°43'S y 60°13'O; Figura 1.A). En esta localidad, afloran los sedimentos de la Formación Ituzaingó sin base expuesta y con una potencia de c. 5,8 m, constituidos por arenas finas a muy finas con intercalaciones de arcillas, masiva. Por encima, en discordancia erosiva, se apoya la Formación Hermandarias (Figura 1.B). El ejemplar MAS PALEOBOT 376 fue hallado en las barrancas del río Paraná, en las cercanías de la ciudad de Paraná (Figura 1.A).

Para el estudio de los estípites fósiles mediante microscopio óptico, se realizaron cortes delgados en dos sentidos: corte transversal (CT) y corte longitudinal (CL). Para las observaciones se utilizó un microscopio

Nikon Labophot y Nikon Eclipse E200; las microfotografías fueron tomadas con una cámara digital Nikon Coolpix S4.

Para las descripciones de los ejemplares se utilizaron promedios de 25 medidas, en todos los casos se cita primero la media y entre paréntesis las medidas mínimas y máximas del rango de distribución. Siempre que fue posible, se trabajó sobre las fotografías del preparado microscópico y los caracteres anatómicos fueron medidos mediante el programa UTHSCSA *ImageTool* Versión 3.0. En los casos que la preservación no lo permitió, los caracteres cuantitativos fueron medidos con la reglilla en el ocular del microscopio.

Las afinidades y terminologías se realizaron consultando la literatura especializada en el tema (e.g., Tomlinson, 1961; Lutz, 1978; Ancibor, 1995; Asmussen *et al.*, 2006; Ottone, 2007). Para realizar las descripciones anatómicas se siguió la terminología de Tomlinson (1961). Además se consultó la base de datos electrónica Palmweb (www.palmweb.org) para las descripciones, distribuciones y bibliografía de algunos taxones actuales. Para las comparaciones se han revisado especies de diferente procedencia, actuales y fósiles, ya sean argentinas, de otras regiones gondwánicas o extragondwánicas.

El ejemplar MAS PALEOBOT 376 se encuentra depositado en la colección del Museo de Ciencias Naturales y Antropológicas «Profesor Antonio Serrano» (Paraná, Entre Ríos, Argentina) y el ejemplar M04 está resguardado en el Museo de Antropología y Ciencias Naturales «Conscripto Bernardi» (Conscripto Bernardi, Entre Ríos, Argentina).

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

Arecales Bromhead 1840

Arecaceae C. H. Berchtold y J. Presl 1820

Palmoxylon Schenk 1882Especie tipo. *Palmoxylon blanfordii*
Schenk 1882***Palmoxylon yuqueriense*** Lutz 1984

Figuras 2-4

Material estudiado: MAS PALEOBOT 376;
CIDPALBOmic 1158.Procedencia geográfica: Barrancas del
río Paraná, en las cercanías de la ciudad de
Paraná, Entre Ríos.Procedencia estratigráfica: Formación
Ituzaingó.

Edad: Plioceno–Pleistoceno.

Afinidad botánica: Arecales. Arecaceae.
Coryphoideae.

DESCRIPCIÓN

El ejemplar se corresponde a un fragmento de actatostela 14,5 cm de largo y 14 cm de diámetro, conservando sólo el cilindro central, la región periférica se encuentra reemplazada por arenisca. Su preservación es buena.

Los haces fibrovasculares se encuentran distribuidos irregularmente (Figura 2.A). Cuentan con una parte fibrosa levemente mayor que la vascular, siendo la relación fibra-vaso de 1,85 (Figura 2.A–C). El número de haces fibrovasculares es de 49 (39–66) cm².

Las fibras en corte transversal forman un casquete de forma reniforme, limitado en su cara interna por el floema y en su cara externa con el tejido fundamental (Figura 2.A–C). El diámetro del casquete fibroso es de 324 (277–388) μm. En general no se encuentran preservadas, aunque fue posible observar algunas fibras de contorno poligonal, de paredes gruesas y lumen delgado y con un diámetro de 16 (10–25) μm (Figura 2.F). El espesor de pared es de 5 (4–8) μm. A lo largo de las fibras, es posible observar hileras de estegmatas de forma globular con superficies ornamentadas por pequeñas espinas (Figura 3.C–D).

El xilema está compuesto por vasos metaxilemáticos y protoxilemáticos. El protoxilema se ubica en la región externa de los haces y está limitado por el parénquima intrafascicular; se encuentra compuesto por vasos de tamaño pequeño, de 22 (18–30) μm (Figura 2.E). En el corte longitudinal se observan engrosamientos helicoidales (Figura 3.E). Las placas de perforación son simples. El metaxilema se encuentra ubicado entre el protoxilema y el floema y tiene usualmente 2 vasos xilemáticos, pero algunas veces está formado por 3 (Figura 2.B–C) y en un sector más externo del corte se observaron dos haces conformados aparentemente por 5 vasos xilemáticos. Los elementos de vaso metaxilemáticos son en corte transversal de forma oval, también se observan algunos comprimidos probablemente por el proceso de fosilización (Figura 2.B–C). Tienen un diámetro de 84 (29–118) μm. Presentan engrosamientos espiralados y placas de perforación simples (Figura 3.F, 2H), las punteaduras son opuestas, escalariformes y alternas (Figura 3.A–B). Es posible observar tilosis en algunos vasos (Figura 3.F). El floema está ubicado entre el casquete de fibras y el xilema y se encuentra conformado por 1–2 cordones de células (Figura 2.D).

El tejido fundamental está constituido por células parenquimáticas de forma redondeada a poligonal y sin ninguna disposición particular (Figura 2.G). Las células parenquimáticas que rodean al haz vascular son de forma rectangular (Figura 2.E).

En el corte longitudinal tangencial, es posible observar una abundante cantidad de granos de almidón simples y, en algunos casos, se observan dos granos adyacentes fusionados. En general, son de forma elipsoidal a redondeados y se encuentran distribuidos a lo largo del tejido o agrupados en el interior de la célula parenquimática (Figura 3.G y 4).

COMPARACIONES

CON ESPECIES ACTUALES

Debido a que los caracteres diagnósticos de las palmeras actuales muchas veces no son posibles de observar en las palmeras fó-

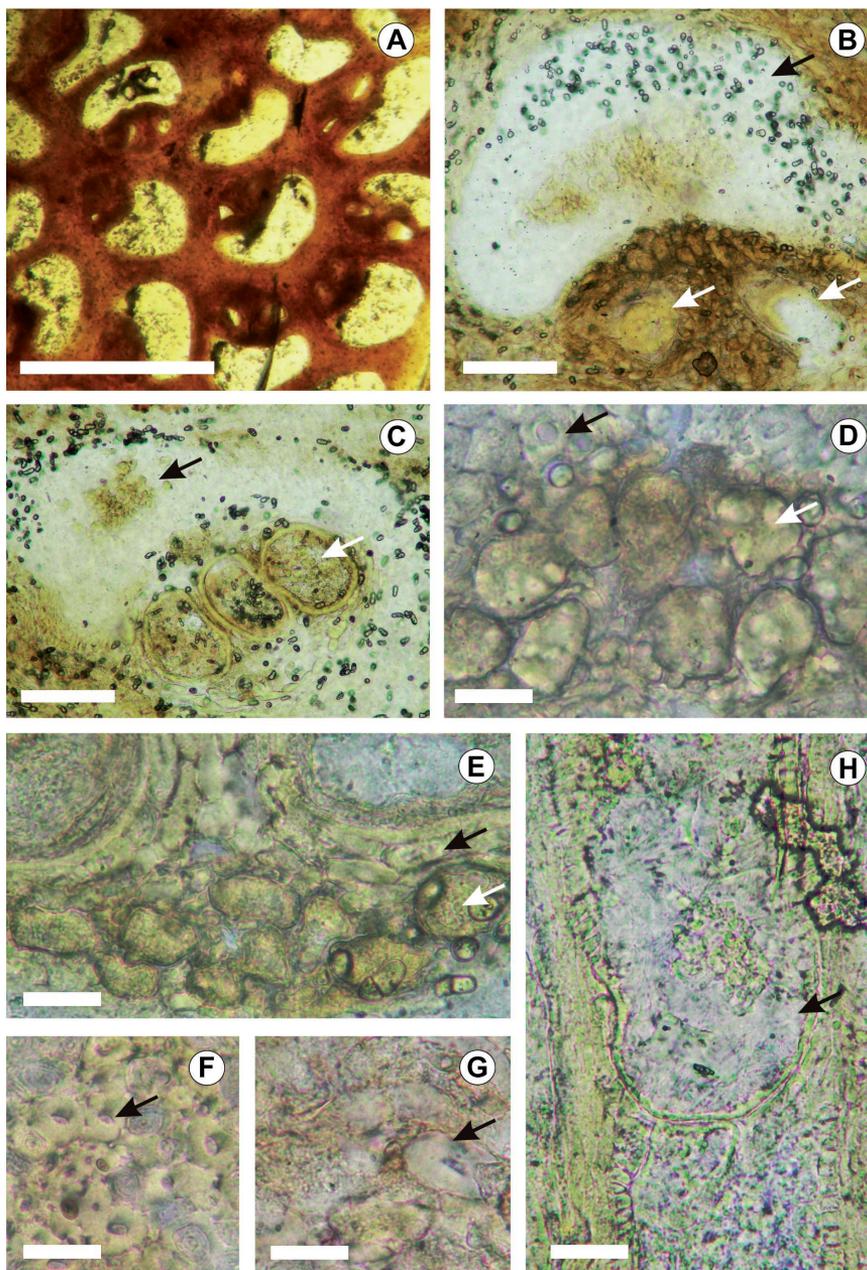


Figura 2.A-H. *Palmoxylon yuqueriense* (este trabajo). A, vista general de la sección transversal mostrando los haces fibrovasculares. B, detalle de un haz fibrovascular, las flechas señalan dos vasos metaxilemáticos (flechas blancas) y el casquete fibroso de mayor tamaño que la parte vascular (flecha negra); entre el metaxilema y las fibras es posible observar el floema. C, detalle de un haz fibrovascular formado por tres vasos metaxilemáticos (flecha blanca) y el casquete fibroso. D, detalle del floema (flecha blanca), por encima se observan las fibras (flecha negra). E, detalle de los vasos del protoxilema (flecha blanca), rodeados de parénquima tabular (flecha negra). F, detalle de las fibras (la flecha negra muestra el lumén). G, detalle del parénquima que conforma el tejido fundamental (la flecha negra muestra el detalle de una célula parenquimática). H, sección longitudinal de un vaso en el que se observa una placa de perforación simple (flecha negra). Escalas gráficas: A: 1000 μm ; B-C: 100 μm ; D-H: 30 μm .

siles, su comparación resulta problemática (Tomlinson, 1961; Ottone, 2007). Además, como la bibliografía sobre del anatomía del xilema de los diferentes representantes de arecáceas es muy escasa, esta comparación se realizó en primera instancia en base a la

antigua clasificación de Areceaceae propuesta por Tomlinson (1961). Sin embargo, en la actualidad, la mayoría de estos grupos fueron reasignados o reagrupados en base a caracteres moleculares en 5 subfamilias: Calamoideae, Nypoideae, Coryphoideae,

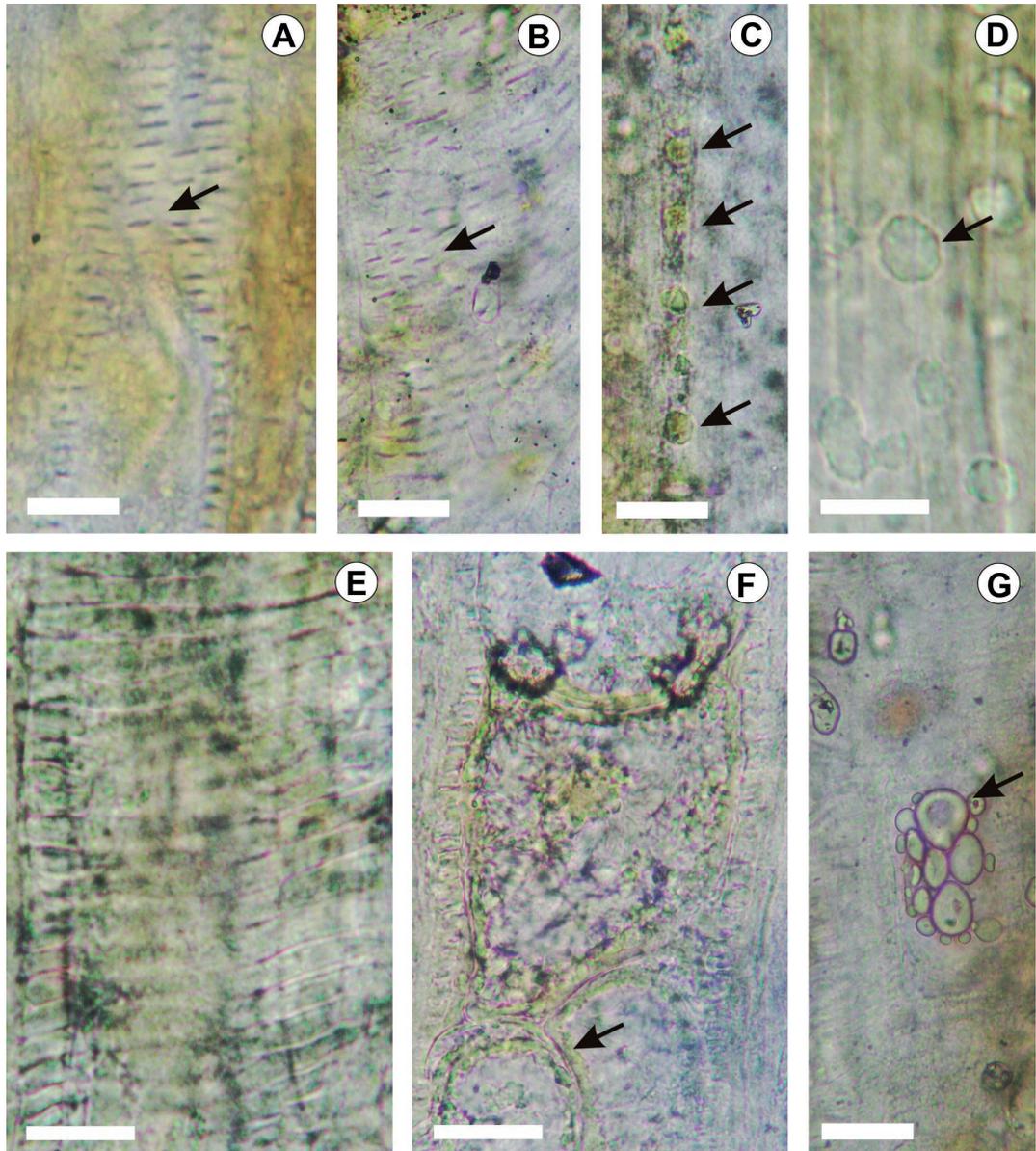


Figura 3. A-G. *Palmoxyton yuqueriense* (este trabajo). A, vaso mostrando punteaduras opuestas (flecha). B, vaso con punteaduras escalariformes y alternas (flecha). C, estegmatas de forma globular ubicadas en hileras en el interior de una fibra (flecha). D, detalle de estegmata (flecha). E, engrosamiento escalariforme en un vaso. F, detalle de la tilosis (flecha). G, granos de almidón (flecha). Escalas gráficas: A-C y G: 30 μ m; D-F: 10 μ m.

Tabla 2. Comparaciones de *Palmoxylon yuqueriense* (este trabajo) con los géneros actuales representados en Argentina (modificado de Lutz, 1978).

Caracteres	<i>Palmoxylon yuqueriense</i> (este trabajo)	Subfamilia						
		Coryphoideae		Cocosoideae				Arecoideae
		<i>Copernicia</i>	<i>Trithrinax</i>	<i>Acrocomia</i>	<i>Syagrus</i>	<i>Arecastrum</i>	<i>Allagoptera</i>	
Haces fibrovasculares por cm ²	49 (39-66)	49	44	15	32	9	30	<i>Euterpe</i>
Diámetro de las fibras	16 (10-25)	19-39	19-33	13-66	15-23	13-132		
Relación f/v	1,85	1,6	1,3	3,3	1	2,9	1,4	
Diámetro de los vasos metaxilemáticos	84 (29-118)	52-94	59	106	84	117	100	
Número de vasos metaxilemáticos	2 (2-5)	1-2	2-5	1-3	1-6	1-3	1-3	
Diámetro de los vasos protoxilemáticos	22 (18-30)	36	19	43	42	51	40	
Estegmatas	+	+	+	+	+	+	+	
Parénquima	De forma redondeada y tabular	Compacto y tabular	Lacunar	Compacto, tabular y radial	Lacunar y tabular	Lacunar, tabular y radial	Lacunar radial	

Ceroxyloideae y Arecoideae (Asmussen *et al.*, 2006; Martínez, 2010).

Posteriormente, se comparó con las tres subfamilias estudiadas por Ancibor (1995). Teniendo en cuenta la forma de haces vasculares, el tipo de parénquima, las fibras, el floema y diámetro de vasos metaxilemáticos, el material fósil se asemeja a la Subfamilia Sabaloideae, actualmente incluida en la Subfamilia Coryphoideae (ver Cuadro I en Ancibor, 1995).

También, se consultaron las descripciones realizadas por Lutz (1978) a partir del estudio de una especie representativa de cada género de Argentina: *Copernicia* Mart. ex Endl., *Trithrinax* Mart., *Acrocomia* Mart., *Syagrus* Mart., *Allagoptera* Nees y *Euterpe* Mart. (ver Tabla 2). *Palmoxylon yuqueriense* presenta mayor afinidad con la Subfamilia Coryphoideae, compartiendo los siguientes caracteres: cantidad de haces fibrovasculares por cm², diámetro de las fibras, relación f/v, diámetro de los vasos metaxilemáticos, número de vasos del metaxilema, diámetro del

protoxilema, presencia de estegmatas y tipo de parénquima (Tabla 2).

COMPARACIONES CON ESPECIES FÓSILES

El ejemplar fósil presenta caracteres anatómicos que lo relacionan con el género fósil *Palmoxylon* Schenk 1882. El registro de taxones asignados a *Palmoxylon* es muy extenso, siendo muy abundante en el Cretácico y en edades más modernas, tanto en el Hemisferio Norte como Sur (Harley, 2006).

En lo que respecta a la Argentina, el primer aporte fue realizado por Romero (1968), quien realiza una detallada descripción de la sección basal de una palmera con sus raíces adheridas del Terciario inferior de Chubut. Posteriormente, se han registrado fósiles en el Paleógeno de Chubut (Arguijo, 1979; 1981), Cretácico de Neuquén (Ottone, 2007; Martínez, 2010, 2012 en prensa), Cretácico de Río Negro (Ancibor, 1995) y Plioceno de Entre Ríos (Lutz, 1980; 1984; 1986). Estos últimos materiales revisten de una especial

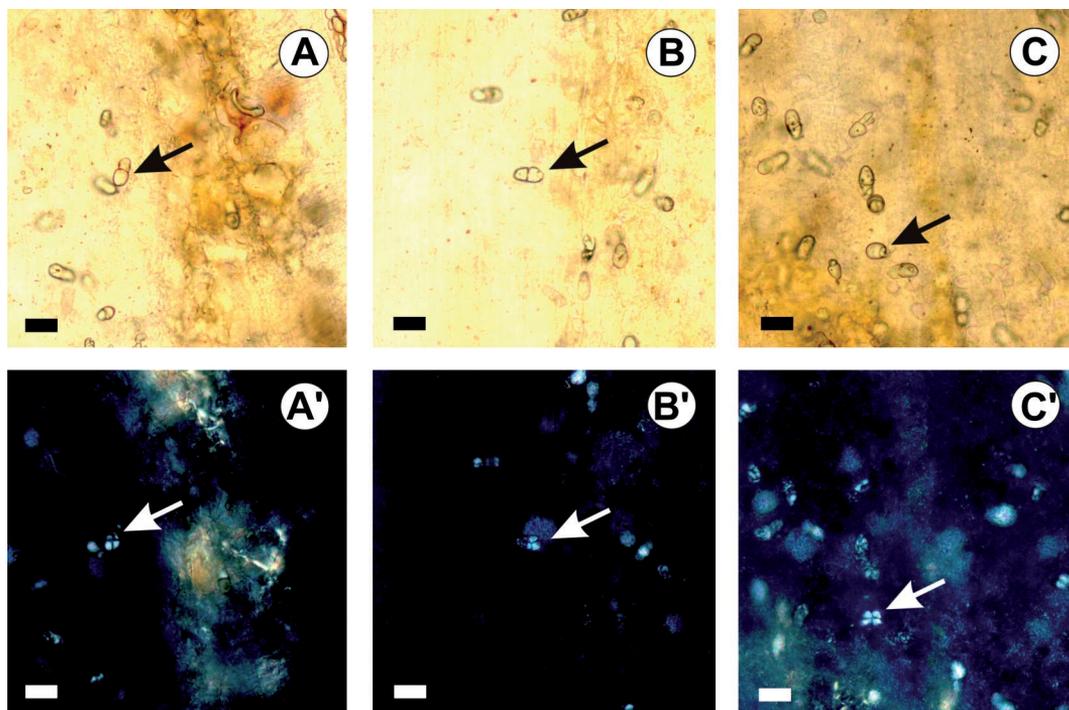


Figura 4. A–C. *Palmoxylon yuqueriense* (este trabajo). A–C, granos de almidón bajo luz normal. A'–C', granos de almidón bajo luz polarizada. Escala gráfica: 10 μ m.

Tabla 3. Comparaciones entre las especies fósiles argentinas de *Palmoxylon* Schenk (modificado de Martínez, 2010).

Taxa	Edad y procedencia	Sección del estípite	Forma del haz de fibras	Desarrollo del haz de fibras	Metaxilema	Vasos	Parénquima	Estegmatas
<i>Palmoxylon yuqueriense</i> (este trabajo)	Plioceno-Pleistoceno, Entre Ríos, Argentina	Estípite, parte basal	Reniforme	Muy desarrollado	2-5 vasos	Engrosamientos escalariiformes	Fundamental y tabular	Presentes
<i>P. patagonicum</i> Romero 1968	Paleógeno Chubut, Argentina	Estípite	Complanata y cordata	Desarrollado	2 (1-4) vasos	Engrosamientos anulares, helicoidales y escalariiformes. Placas escalariiformes	Fundamental y radial	Presentes
<i>P. bororensense</i> Argujillo 1979	Paleógeno Chubut, Argentina	Cilindro central y área subdermal	Vaginata y reniforme	Desarrollados	2-4 vasos	Engrosamientos escalariiformes. Placas escalariiformes	Fundamental	Presentes
<i>P. varetum</i> Argujillo 1981	Paleógeno Chubut, Argentina	Centro del estípite	Vaginata	Desarrollados	2-7 vasos	Engrosamientos escalariiformes. Placas escalariiformes	Fundamental y radial	Presentes
<i>P. pichaihuensis</i> Ottone 2007	Cretácico - Paleógeno Neuquén, Argentina	Estípite	Reniforme	Desarrollado	1-5 vasos	Engrosamientos anulares y helicoidales	¿?	Ausentes
<i>Palmoxylon garridoi</i> Martínez 2012	Cretácico Neuquén, Argentina	Fragmento del estípite?	Reniforme a subcircular	Muy desarrollado	3 vasos (2-6)	Engrosamientos anulares, helicoidales y escalariiformes. Placas escalariiformes	Fundamental y radial	Presentes
<i>P. santarosense</i> Ancelbor 1995	Cretácico Río Negro, Argentina	Estípite	Reniforme	Muy desarrollado	1 ó 2 vasos	Engrosamientos helicoidales. Placas escalariiformes	Fundamental	Presentes
<i>P. rionegrense</i> Ancelbor 1995	Cretácico Río Negro, Argentina	Estípite	Lunaria y reniforme	Desarrollado	4-6 vasos	Engrosamientos anulares y helicoidales. Placas escalariiformes	¿?	Ausentes
<i>P. valchetaense</i> Ancelbor 1995	Cretácico Río Negro, Argentina	Estípite	Lunaria y reniforme	Muy desarrollado	2 a 3 vasos, raras veces 4 vasos	Placas escalariiformes	Fundamental	Ausentes
<i>Palmoxylon yuqueriense</i> Lutz 1984	Plioceno Entre Ríos, Argentina	Estípite	Complanata, cordata y lunaria	Muy desarrollado	2-5 vasos	Engrosamientos escalariiformes	Fundamental, radial y tabular	Presentes
<i>P. concordiense</i> Lutz 1980, 1986	Plioceno Entre Ríos, Argentina	Parte basal y estípite	Sagittata, complanata y cordata	Muy desarrollado	2 vasos	Engrosamientos escalariiformes	Fundamental, radial y tabular	Ausentes

importancia para el estudio de este fósil debido a que son los únicos registros anatómicos de estípites de *Palmoxylon* de la Mesopotamia argentina (Tablas 1 y 3).

Dado la gran cantidad de fósiles asignados al *Palmoxylon*, el material fue comparado en detalle con las diferentes especies fósiles argentinas (Tabla 3) y se corresponde con la sección del cilindro central de *Palmoxylon yuqueriense*. Este fósil fue hallado en el Arroyo Yuquerí, al sur de la ciudad de Concordia, Entre Ríos. Los caracteres que comparten son: distribución de los haces fibrovasculares, forma del casquete fibroso, diámetro de las fibras, cantidad de vasos metaxilemáticos, presencia de engrosamientos escalariformes, presencia de hileras de estegmatas en fibras y tipo de parénquima (Lutz, 1984).

Palmoxylon sp.

Figura 5

Material estudiado: M04, CIDPALB0mic709.

Procedencia geográfica: Arroyo Feliciano, Entre Ríos.

Procedencia estratigráfica: Formación Ituzaingó.

Edad: Plioceno–Pleistoceno.

Afinidad botánica: Arecales. Areceaceae.

DESCRIPCIÓN

El material se trata de un tocón de palmera, de 12,4 cm de largo y 18 cm de ancho. En la parte abaxial del mismo, se observan raíces fosilizadas (Figura 5.A y B). El ejemplar se encuentra íntegramente silicificado, es de color ocre–amarillento oscuro y su preservación es regular.

La poca preservación de los caracteres anatómicos dificultó su observación y descripción. Únicamente fue posible distinguir, en corte transversal, algunos haces fibrovasculares aislados en los que se pudo observar el casquete fibroso de mayor tamaño y la sección vascular, y células parenquimáticas del tejido fundamental de forma irregular y mal preservadas.

COMPARACIÓN

Las características anatómicas de este estípite lo relacionan con una atactostela, compartiendo caracteres con el género fósil *Palmoxylon*. Sin embargo, no fue posible asignarlo a una especie fósil en particular debido a la poca preservación que presentaban sus estructuras anatómicas.



Figura 5.A-B. *Palmoxylon* sp. Las flechas indican las inserciones de las raíces adventicias.

DISCUSIONES

Los géneros argentinos pertenecientes a la Subfamilia Coryphoideae son *Copernicia* y *Trithrinax*. *Copernicia* contiene 13 especies de las cuales tres se distribuyen en América del Sur. *Trithrinax* es un género pequeño que contiene tres especies que se distribuyen en América del Sur subtropical, en Brasil, Bolivia, Argentina y Uruguay. Crecen en regiones estacionalmente secas, áreas abiertas o bosques deciduos de baja elevación. *Trithrinax* ocasionalmente se encuentra junto a *Copernicia alba*, por lo que pueden ser fácilmente confundidas (Henderson *et al.*, 1995). Teniendo en cuenta la distribución del pariente actual más cercano, es probable que *Palmoxylon yuqueriense* se haya desarrollado bajo un clima tropical a subtropical, estacionalmente seco. Esto coincide con otros trabajos realizados previamente en esta formación (Franco *et al.*, 2013 y referencias allí citadas).

Un aspecto llamativo en *Palmoxylon yuqueriense* es la presencia de almidones observados y confirmados bajo luz normal y polarizada (ver Figura 4). Los almidones bajo luz polarizada presentan dos bandas oscuras que forman una cruz: polarización cruzada. Esta propiedad es producto del elevado orden de la estructura molecular de la capa de amilosa y amilopectina dentro de los granos. Factores como temperatura, procesos hidrolíticos y fermentación enzimática, suelen alterar estas capas de amilosa y amilopectina provocando diferentes grados de daño en el grano (Babot, 2007; Barton, 2009). Por ello, no resulta común este tipo de registro en fósiles.

Sin embargo, mediante permineralización es posible que estructuras sumamente delicadas, como ser los granos de almidón, se preserven con gran detalle (Taylor *et al.*, 2009). La forma de los granos de almidón observados en el fósil de Areceaceae estudiado (elipsoidal a redondeados, simples o dos adyacentes fusionados) coincide con las descripciones realizadas por Tomlinson (1961) y Ancibor (1995) de almidones de palmeras actuales.

Como antecedente de la preservación de almidones en fósiles, hay un estudio de almidones de semillas de *Cardiocarpus spinatus* del Paleozoico de Kansas, similares en tamaño y apariencia a los granos de almidón de los gametofitos de las semillas de *Ginkgo biloba* L. actuales (Baxter, 1964). Ancibor (1995), también describe almidones en el estípite de palmeras fósiles del Cretácico. Pero, lo llamativo en el material estudiado es la preservación de la característica de polarización cruzada, observada mediante luz polarizada, en un estípite de edad Plioceno–Pleistoceno.

CONSIDERACIONES FINALES

Se describen dos nuevos estípites fósiles y se estudian por primera vez macrofósiles asignados a la familia Areceaceae proveniente de la Cuenca del río Paraná, hallados en la Formación Ituzaingó. Se realizó una síntesis de los registros de Areceaceae en la Mesopotamia argentina. Se confirma la presencia de almidones bajo luz normal y polarizada en *Palmoxylon yuqueriense*, un registro poco común en estos fósiles. Los registros paleobotánicos presentados aquí y los trabajos previos realizados en la Formación Ituzaingó (Brea y Zucol, 2007; Franco, 2009, 2010, 2011, 2012, Franco y Brea, 2010; Brea *et al.*, 2013; Franco *et al.*, 2013) son posibles evidencias de que estos fósiles formaban parte de un ambiente caracterizado por un clima tropical-subtropical. Además, la presencia de *Palmoxylon yuqueriense* (este trabajo) y *Palmoxylon* sp. en la Formación Ituzaingó amplía la distribución del registro de estípites fósiles a la región este de Entre Ríos, Argentina.

AGRADECIMIENTOS

A los organizadores del I Simposio del Mioceno–Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina por posibilitarme presentar el trabajo extendido en el Acta Geológica Lilloana. A E. Estrada-Ruiz por sus valiosas sugerencias sobre el manuscrito original y a un revisor anónimo por sus comentarios que

permitieron mejorar esta contribución. A la Dra. M. Brea por las importantes sugerencias sobre este manuscrito. A la Dra. M.M. Colobig por su ayuda para la observación de los almidones. Al Museo de Ciencias Naturales y Antropológicas «Profesor Antonio Serrano» (Paraná, Entre Ríos, Argentina) y al Museo de Antropología y Ciencias Naturales «Conscripto Bernardi» por facilitar el material para su estudio. A J.C. Poledri y P. Pérez Lindo por su colaboración en las tareas de campo. Al Dr. L. Martínez y a la Lic. N. Patterer por facilitar bibliografía. Este trabajo es una contribución al proyecto PICT 2008 N°0176 (ANPCyT). El presente trabajo se realizó durante la Carrera de Doctorado de Ciencias Biológica de la UNC.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, F. G. 2007. Geología y Recursos Geológicos de la Mesopotamia argentina. Serie de Correlación Geológica 22: 149 p., Tucumán.
- Ancibor, E. 1995. Palmeras fósiles del Cretácico Tardío de la Patagonia argentina (Bajo de Santa Rosa, Río Negro). *Ameghiniana* 32: 287-299.
- Anis, K. B., Georgieff, S. M., Rizo, G. E. y Orfeo, O. 2005. Arquitectura de la Formación Ituzaingó (Plioceno), una comparación con los depósitos del río Paraná, Argentina. XVI Congreso Geológico Argentino. *Actas* 3: 147-154, La Plata.
- Anzotegui, L. M. y Lutz, A. I. 1987. Paleocomunidades vegetales del Terciario superior (Formación Ituzaingó) de la Mesopotamia argentina. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 18: 131-144.
- Arguijo, M. H. 1979. *Palmoxylon bororensis* n. sp. de la Formación Cerro Bororó (Paleoceno), provincia de Chubut, República Argentina. *Physis Sección C* 38: 87-96.
- Arguijo, M. H. 1981. *Palmoxylon vaterum* n. sp. del Paleoceno (Daniano) de la provincia de Chubut, Argentina. *Physis Sección C* 39: 49-59.
- Asmussen, C. B., Dransfield, J., Deickmann, V., Barfod, A. S., Pinaud, J.C. y Baker, W. J. 2006. A new subfamily classification of the palm family (Arecaceae): evidence from plastid DNA phylogeny. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151: 15-38.
- Babot, M. P. Granos de almidón en contextos arqueológicos: Posibilidades y perspectivas a partir de casos del noroeste argentino. Capítulo 5. En: Marconetto, B., Babot, P. y Oliszewski, N. (Eds.), *Paleoetnobotánica del Cono Sur: Estudios de caso y propuestas metodológicas*: 90-125. Centro Editorial de la Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- Barton, H. 2009. Starch granule taphonomy: the results of a two year field experiment. En: Haslam, M., Robertson, G., Crowther, A., Kirkwood, L., Nugent, S. (Eds.). *Archaeological Science Under a Microscope: Studies in Residue and Ancient DNA Analysis in Honour of Tom Loy*, 129-140. Brisbane, University of Queensland Press.
- Baxter, R. W. 1964. Paleozoic starch in fossil seeds from Kansas coal balls. *Transactions of Kansas. Academy of Science* 67: 418-422.
- Bertolini, J. C. 1995. Mapa Geológico de la Provincia de Entre Ríos. República Argentina. SEGEMAR.
- Brea, M. y Zucol, A. F. 2007. *Guadua zuloagae* nov. sp., the first petrified bamboo bulm record from Ituzaingó Formation (Middle Pliocene), Paraná Basin, Argentina. *Annals of Botany* 100: 711-723.
- Brea, M., Zucol, A. F. y Franco, M. J. 2013. A new Bambusoideae (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduininae) from the Ituzaingó Formation (Pliocene-Pleistocene), Entre Ríos, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 192: 1-9.
- Brea, M. y Zucol, A. 2011. The Paraná-Paraguay Basin: Geology and Paleoenvironments. En: Albert, J. S. y Reis, R. E. *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes* 79-87p.
- Brunetto E., Noriega, J. I. y Brandoni, D. 2013. Sedimentología, estratigrafía y edad de la Formación Ituzaingó en la Provincia de Entre Ríos, Argentina. En: Brandoni, D. y Noriega J. I. (Eds.), *El Neógeno de la Mesopotamia argentina*. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 14: 13-27.
- Cabral, E. L. y Castro, M. 2007. Palmeras Argentinas. Guía para el reconocimiento. Editorial Literature of latin america, Buenos Aires (La Plata), 88pp.
- D'Orbigny, A. 1842. Voyage dans l'Amérique meridionale (Le Brésil, l'Uruguay), exécuté pendant les années 1826-1833. III (3) y (4).
- De Alba, E. 1953. Geología del alto Paraná en relación con los trabajos de derrocamiento entre Ituzaingó y Posadas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 8: 129-161.
- Erra, G. 2010a. Estudio fitolítico de la Formación Tezanos Pinto (Pleistoceno Tardío-Holoceno Temprano) en la provincia de Entre Ríos, Argentina. Tesis Doctoral. FCNyM, Universidad Nacional de la Plata (inédito 277) 277 p. La Plata.
- Erra, G. 2010b. Asignación sistemática y paleocomunidades inferidas a partir del estudio fitolítico de sedimentos cuaternarios de Entre Ríos, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 45(3-4), 309-319.
- Erra, G., Zucol, A. F. y Kröhling, D. M. 2011. Análisis fitolítico de la Formación Tezanos Pinto (Pleistoceno tardío- Holoceno temprano) en el sector noroeste de su área de distribución en la provincia de Entre Ríos (Argentina). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 28 (3): 398-412.

- Erra, G., Osterrieth, M., Zurita, A. E., Francia, A. y Carlini, A. A. 2013. Paleoenvironment of the Toropí Formation (Upper Pleistocene), Corrientes province (Mesopotamian region, Argentina): A phytolith approach. *Quaternary International* 289: 73-82.
- Franco, M. J. 2009. Leños fósiles de Anacardiaceae en la Formación Ituzaingó (Plioceno), Toma Vieja, Paraná, Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana* 46: 587-604.
- Franco, M. J. 2010. *Soroceaxylon entreerriensis* gen. et sp. nov. (Moraceae) de la Formación Ituzaingó (Plioceno-Pleistoceno), Cuenca del Río Paraná, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 27: 508-519.
- Franco, M. J. 2011. Estudios paleobotánicos de la Formación Ituzaingó (Plioceno-Pleistoceno), Cuenca del Río Paraná, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba (inédita 368) 368 p. Córdoba.
- Franco, M. J. 2012. Maderas fósiles de Lauraceae de la Formación Ituzaingó (Plioceno-Pleistoceno), Cuenca del río Paraná, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 14: 307-324.
- Franco, M. J. y Brea, M. 2010. *Microlobiusxylon paranaensis* gen. nov. et sp. nov. (Fabaceae-Mimosoideae) from the Pliocene-Pleistocene of Ituzaingó Formation, Paraná Basin, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia* 13: 103-114.
- Franco, M. J., Brea, M., Orfeo, O. y Zucol, A. F. 2013. La Paleoflora de la Formación Ituzaingó, Argentina. En: Brandoni, D. y Noriega J. I. (Eds.), *El Neógeno de la Mesopotamia argentina*. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 14: 41-55.
- Gentile, C. A. y Rimoldi, H. V. 1979. Mesopotamia. II Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. Volumen I: 185-223, Córdoba.
- Harley, M. M. 2006. A summary of fossil record for Arecaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151: 39-67.
- Henderson, A., Galeano, G. y Bernal, R. 1995. Field guide to the palms of the Americas. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 313pp.
- Herbst, R. 1971. Esquema estratigráfico de la provincia de Corrientes, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 26: 221-243.
- Herbst, R. 2000. La Formación Ituzaingó (Plioceno). Estratigrafía y distribución. En: Aceñolaza, F. G. y Herbst, R. (Eds.), *El Neógeno en la Argentina*. Serie de Correlación Geológica: 14: 181-243. Tucumán.
- Herbst, R. y Santa Cruz, J. N. 1985. Mapa litoestratigráfico de la provincia de Corrientes. *D'Orbignyana* 2: 1-69.
- Herbst, R. y Santa Cruz, J. N. 1995. Mapa Geológico de la Provincia de Corrientes. República Argentina. SEGEMAR.
- Herbst, R., Santa Cruz, J. N. y Zabert, L. L. 1976. Avances en el conocimiento de la estratigrafía de la Mesopotamia argentina, con especial referencia a la provincia de Corrientes. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 7: 101-121.
- Iriondo, M. H. 1979. Origen y evolución del río Paraná. II Jornadas del Paraná Medio. *Actas* 11: 33-37, Santa Fe.
- Iriondo, M. H. 1980. El cuaternario de Entre Ríos. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 11: 125-141.
- Iriondo, M. H. 1988. A comparison between the Amazon and the Paraná river basins. *Mitt. Geol. Paläont. Inst. Universität Hamburg. SCOPE-UNEP* 66: 77-92.
- Iriondo, M. H. 1991. El Holoceno en el Litoral. *Comunicaciones del Museo F. Ameghino (nueva serie)*, Santa Fe, 3: 40 pp.
- Iriondo, M. H. y Rodríguez, E. D. 1973. Algunas características sedimentológicas de la Formación Ituzaingó entre La Paz y Pueblo Brugo (Entre Ríos). V Congreso Geológico Argentino. *Actas* 1: 317-331, Villa Carlos Paz, Córdoba.
- Iriondo, M. H. y Kröhling, D. 2007. La Formación El Palmar (informalmente Fm Salto Chico) y el acuífero San Salvador. Entre Ríos. V Congreso Argentino de Hidrogeología. *Resúmenes*: 433-441, Paraná.
- Iriondo, M. H. y Kröhling, D. 2008. Cambios ambientales en la cuenca del Uruguay (desde el Presente hasta dos millones de años atrás). *Colección Ciencia y Técnica*, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, 360 pp.
- Kröhling, D. M. 2009. La Formación El Palmar, una unidad fluvial asignable al subestadio cálido EIO 5A (Pleistoceno tardío) de la Cuenca del río Uruguay. *Natura Neotropicalis* 40: 61-85.
- Janssen, T. y Bremer, K. 2004. The age of major monocot groups inferred from 800+ *rbcl* sequences. *Botanical Journal of the Linnean Society* 146: 385-398.
- Lorenzi, H., Moreira de Souza, H., Modeiros-Costa, J. T., Cerqueira, L. S. C. y von Behr, N. 1996. *Palmeiras no Brasil*. Nativas y exóticas. Editora Plantarum Ltda, Brasil, 303pp.
- Lutz, A. I. 1978. Estudio anatómico del estípite de seis géneros de Palmae del NE de Argentina. *Facena* 2: 69-90.
- Lutz, A. I. 1980. Descripción morfo-anatómica del estípite de *Palmoxydon concordense* Lutz del Plioceno de la Pcia. de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 6: 17-32.
- Lutz, A. I. 1984. *Palmoxydon yuqueriense* nov. sp. del Plioceno de la Pcia. de Entre Ríos, Argentina. 3º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. *Actas*: 197-207, Corrientes.

- Lutz, A. I. 1986. Descripción morfo-anatómica del estípite de *Palmoxylon concordiense* Lutz del Plioceno de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 6: 17-32.
- Martínez, C. L. A. 2010. Estudios xilológicos en el Cretácico de la Cuenca Neuquina, Provincia de Neuquén, Argentina. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (inédito 239) 239p. La Plata.
- Martínez, L. C. A. 2012. Estípite de palmera en el Campaniano del Grupo Neuquén, Provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 49 (4): 585-593.
- Ottone, E. G. 2007. A new palm trunk from the Upper Cretaceous of Argentina. *Ameghiniana* 44: 719-725.
- Patterer, N. I. 2010. Resultados preliminares del análisis fitolítico en facies fluviales de la Formación El Palmar (Pleistoceno Superior), en la Cuenca del Río Uruguay, Argentina. X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y VII Congreso Latinoamericano de Paleontología. Resúmenes: 329, La Plata.
- Patterer, M. I. y Brea, M. 2011. Phytolith analysis in fluvial sediments of El Palmar Formation (Late Pleistocene) in the eastern Argentina. 8th International Meeting on Phytolith Research. Actas: 42-43. Ester Park, Colorado, USA.
- Rimoldi, H. V. 1962. Aprovechamiento del Río Uruguay en la zona de salto Grande. Estudio geotectónico-geológico para la presa de compensación proyectada en paso hervidero (prov. Entre Ríos). *Anales de la Primera Jornada Geológica Argentina* 2: 287-310.
- Romero, E. J. 1968. *Palmoxylon patagonicum* n. sp. del Terciario Inferior de la provincia de Chubut, Argentina. *Ameghiniana* 5: 417-432.
- Schenk, A. 1882. Die von den Gebrüdern Schlaggenwelt in Indien gesammelten fossilen Hölzer. *Botanischer Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 3: 353-358.
- Stevens, P. F. (2001 en adelante). Angiosperm Phylogeny Website. Version 2008 [and more or less continuously updated since]. Will do. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Stevens, 2001 en adelante.
- Taylor, T. N., Taylor, E. L. y Krings, M. 2009. Paleobotany. The Biology and Evolution of Fossil Plants. Second Edition. Academic Press, Elsevier, 1230 pp.
- Tomlinson, P. B. 1961. Anatomy of the Monocotyledons. 2. Palmae. Clarendon Press, Oxford, 45 pp.
- Zucol, A. F. y Brea, M. 2000a. Análisis fitolítico de la Formación Paraná (Mioceno superior) en el Departamento de Diamante, Entre Ríos, Argentina. II Congreso Argentino de Sedimentología y VIII Reunión Argentina de Sedimentología, Resúmenes.: 190, Mar de Plata.
- Zucol, A. F. y Brea, M. 2000b. Análisis fitolítico de la Formación Paraná en la Provincia de Entre Ríos. En: Aceñolaza, F. G. y Herbst, R. El Neógeno de Argentina: 67-76. Serie de correlación geológica 14, Tucumán.
- Zucol, A. F. y Brea, M. 2005. Sistemática de fitolitos, pautas para un sistema clasificatorio. Un caso en estudio en la Formación Alvear (Pleistoceno inferior). *Ameghiniana*, 42 (4): 685-704.
- Zucol, A. F., Brea, M. y Scopel, A. 2005. First record of fossil wood and phytolith assemblages of the Late Pleistocene in El Palmar National Park (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 20: 33-43.