

ANÁLISIS PALINOFACIAL DE SEDIMENTOS DEL CENOZOICO TARDÍO EN LA PAMPA ONDULADA (ARGENTINA): PRIMEROS RESULTADOS

SILVIA CRISTINA GRILL

Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, B8000ICN Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.
sgrill@criba.edu.ar

HÉCTOR JOSÉ MARÍA MORRÁS

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro de Investigaciones de Recursos Naturales, 1686 Hurlingham, Buenos Aires, Argentina. *hmorras@cnia.inta.gov.ar*

ABSTRACT – PALYNOFACIES ANALYSIS OF LATE CENOZOIC SEDIMENTS FROM THE UNDULATING PAMPA (ARGENTINA): FIRST RESULTS. A palynofacies analysis of a loessial profile (Late Cenozoic) in the surroundings of Castelar (Buenos Aires, Argentina) was carried out. Integrated analysis of sedimentology, palynofacies, pH and TOC, allowed detection of palaeoenvironmental and palaeoclimatic fluctuations during the period under analysis. Middle Pleistocene (<780 ka): palynofacies type A (loess), palaeoenvironments moderately oxidizing, evidenced by a predominance of finely divided organic matter (not fluorescent), abundance of opaque phytoclasts and a small amount and diversity of palynomorphs. Palynofacies type B (laminar calcrete), locally moist and regionally semiarid palaeoenvironments associated with the development of the herbaceous psammophytic steppe. The evidence of biological and chemical oxidation, both in phytoclast and amorphous organic matter, suggest an alternation of anaerobic and aerobic environments. Late Pleistocene (24,098 cal yr BP): palynofacies type C (loess and lightly edaphized loess), oxidizing palaeoenvironments represented by darkened amorphous organic matter and abundant opaque phytoclasts. The considerable proportion of Myrtaceae was correlated with the input of sediments from the NE of the country. Late Holocene (2,582 cal yr BP): palynofacies type D (modern soil) locally moist and regionally sub-moist palaeoenvironments associated with the presence of the psammophytic herbaceous steppe, with high proportions of water plants pollen, Bryophyta, fungi and algae spores. The predominance of partially gellified and darkened translucent phytoclasts is in accordance with the pedogenic process.

Key words: palynofacies, Late Cenozoic, Undulating Pampa, Argentina.

RESUMO – Este estudo enfoca a análise de palinofácies de um perfil sedimentar do Cenozóico Tardio proveniente da região de Castelar (Buenos Aires, Argentina). O exame integrado de sedimentologia, palinofácies, pH e Carbono Orgânico Total permitiu definir flutuações paleoambientais e paleoclimáticas ocorridas durante este período. Os resultados mostram que, durante o Pleistoceno Médio, depósitos de loess (<780 ka) foram caracterizados por palinofácies do tipo A, com predomínio de partículas pequenas e não fluorescentes de matéria orgânica, abundância de fitoclastos opacos e pouca quantidade e diversidade de palinomorfos, correspondentes a paleoambientes moderadamente oxidantes, e por palinofácies do tipo B (calcrete laminar), que caracterizam paleoambientes localmente úmidos e regionalmente semiáridos associados com desenvolvimento de estepes herbáceas e psamofíticas. Adicionalmente, as indicações de oxidação biológica e química em fitoclastos e em matéria orgânica amorfa sugerem a alternância de ambiente aeróbicos e anaeróbicos. Durante o Pleistoceno Superior, depósitos de loess levemente edafizados (24.098 anos cal AP) correspondem a palinofácies do tipo C, representadas pela matéria orgânica amorfa escura e abundância de fitoclastos opacos, formados em paleoambientes oxidados. A proporção significativa de pólenes de Myrtaceae encontradas neste segmento foi relacionada com amostragem adicional realizada na parte nordeste do país. Por fim, no Holoceno Superior (2.582 anos cal AP), o solo atual é caracterizado por palinofácies do tipo D, com presença de pólenes de plantas herbáceas psamofíticas, maior proporção de pólenes de plantas aquáticas, esporos de Bryophyta e palinomorfos de fungos e de algas, que foram depositados em paleoambientes localmente úmidos e regionalmente sub-úmidos. O predomínio de fitoclastos escuros e translúcidos particularmente gelificados está de acordo com o processo pedogênico.

Palavras-chave: palinofácies, Cenozóico Superior, Pampa Ondulado, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Los estudios palinológicos del Cenozoico tardío en la región pampeana se han llevado a cabo principalmente en

sedimentos eólicos y fluviales aflorantes en las barrancas de ríos y arroyos (*e.g.* Borromei, 1995, 1998; Grill, 1995, 1997, 2003; Prieto, 1996, 2000). En menor proporción los análisis han sido efectuados en sedimentos lacustres (*e.g.* Zavala *et*

al., 1992; Mancini, 1994; Stutz *et al.*, 2002; Fontana, 2003, 2005). Las secuencias portadoras de sedimentos eólicos (loess) son las que han ofrecido la mayor problemática a los efectos de intentar efectuar reconstrucciones paleoambientales y paleoclimáticas. Si bien el loess ofrece granulometrías aptas a los efectos de la preservación polínica, las altas proporciones de carbonatos que generalmente posee, dificultan la conservación del polen en los mismos. En los trabajos citados anteriormente y particularmente en aquellos que comprenden sedimentos loésicos, es común que los diagramas polínicos presenten tramos estériles. Respecto de los procesos de degradación polínica, estos difieren según los ambientes de depositación, de donde se desprende la importancia de conocer la naturaleza de los materiales a partir de los cuales son extraídos los granos de polen (Faegri & Iversen, 1989).

El objetivo del presente trabajo es la caracterización de un perfil (GAO) desarrollado en sedimentos loésicos (Pleistoceno medio/Holoceno tardío) ubicado en las proximidades de la localidad de Castelar (NE de la provincia de Buenos Aires) (Figura 1), a través de su contenido en materia orgánica palinológica total. Por tratarse de sedimentos de edad Cenozoico tardío, se utiliza el concepto de palinofacies en el sentido de Traverse (1994). Es decir, el análisis palinofacial efectuado tiende a determinar las particularidades propias de la roca sedimentaria portadora del contenido orgánico (ambiente de depositación). Simultáneamente se analizan las características sedimentológicas y físico-químicas de los materiales (pH y COT). De este modo se procura

diferenciar a los mismos, poniéndose énfasis en el tipo de deterioro sufrido por la materia orgánica palinológica total. La utilización de microscopio de fluorescencia resultó una herramienta útil a los efectos de determinar tanto el origen como el estado de preservación de la materia orgánica registrada.

Cabe destacar que los registros palinológicos del Pleistoceno en Argentina son escasos, discontinuos y de baja resolución, con asignaciones cronológicas dudosas o con edades radiocarbónicas en el límite del método (Barreda *et al.*, 2007). En la provincia de Buenos Aires no existen estudios palinológicos que comprendan el Pleistoceno temprano y medio, si bien hay numerosas publicaciones que abarcan el Pleistoceno tardío (particularmente Último Máximo Glacial/Holoceno) (*e.g.* Prieto, 1996, 2000; Quattrocchio *et al.*, 1998, 2008; Grill, 2003; Grill *et al.*, 2007). En consecuencia, la presente contribución, representa el primer aporte - a partir del análisis de la materia orgánica palinológica total - para el Pleistoceno medio/Holoceno tardío en la región pampeña.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA

Clima

Respecto de las condiciones climáticas del NE de la provincia de Buenos Aires, la misma pertenece a la zona de los climas templados, caracterizados por registrar valores extremos de temperatura con una clara diferenciación de las cuatro estaciones durante el transcurso del año. Las temperaturas promedio varían entre 24°C en verano y 10°C en

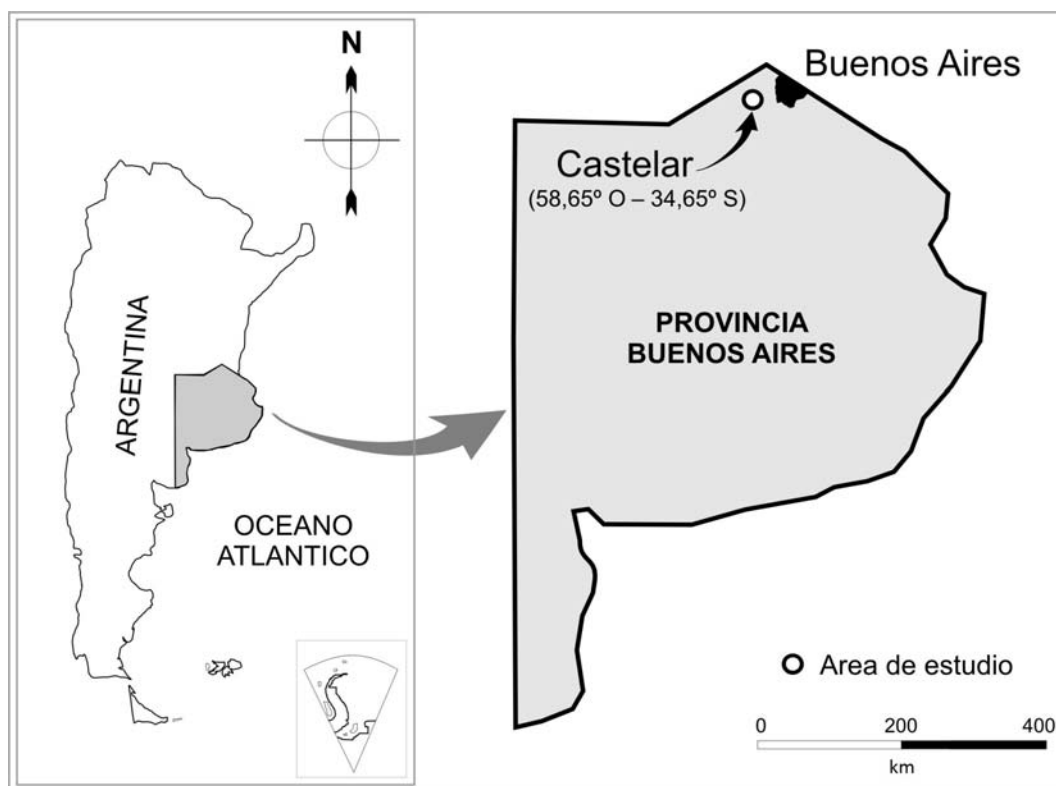


Figura 1. Mapa de ubicación mostrando el perfil estudiado.

Figure 1. Location map showing the studied profile.

invierno. En relación con la circulación general de los vientos, las masas de aire que circulan con dirección predominante NE-SW tanto en los meses cálidos como en los fríos, atraviesan la provincia. Ello se debe a la actividad del flanco occidental del anticiclón semi-permanente del Atlántico sur y a la del Pacífico sur. También la afectan las masas de aire frío subantártico que provienen del SW y las masas de aire cálido del norte, provocadas por los retrocesos ocasionales del anticiclón del Pacífico (Burgos, 1968). Las precipitaciones que ocurren durante todo el año y promedian unos 1.000 mm/año en el sitio de estudio son más intensas en primavera y otoño, escasas en invierno e insuficientes en verano (Cabrera, 1976).

Fitogeografía y vegetación

Según Cabrera (1976), desde el punto de vista fitogeográfico, la provincia de Buenos Aires pertenece a la Región Neotropical, con un área pequeña ocupada por el Dominio Amazónico y el resto cubierto por el Dominio Chaqueño. Este último se halla representado por las provincias del Monte, del Espinal y Pampeana. El área de estudio comprende a la Provincia Pampeana (Distrito Oriental) que se extiende desde el norte y este de la provincia de Buenos Aires hasta Tandil y Mar del Plata. Este Distrito sería equivalente a la Pampa Ondulada (León, 1992), asociada a

praderas templadas y húmedas dominadas por Poaceae (principalmente *Stipa*, *Piptochaetium* y *Aristida*). Escasos arbustos y otras comunidades vegetales como la estepa herbácea sammófila asociadas a zonas medianosas, la estepa halófila en suelos con alto contenido salino, matorrales, totorales, juncales, etc., son comunes dentro del Distrito. La influencia de la provincia del Espinal se da hacia el este en el contacto con la vegetación xerofítica del Distrito del Tala, caracterizado principalmente por *Celtis tala*. Hacia el norte, oeste y sur de la Provincia Pampeana, el Distrito del Caldén está representado por *Prosopis caldenia* y *Prosopis flexuosa* (León & Anderson, 1983).

ESTRATIGRAFÍA Y EDAD

El área de estudio se encuentra al oeste del Gran Buenos Aires ($58^{\circ}38'28''\text{O}/34^{\circ}39'06,2''\text{S}$) donde los suelos actuales se han desarrollado a partir de materiales loésicos de diferente edad y composición mineralógica (Morrás, 2003, 2004; Morrás *et al.*, 2002; Morrás & Moretti, 2008). El perfil analizado (Figura 2) fue parcialmente descrito y estudiado en los aspectos mineralógicos y geoquímicos en Morrás *et al.* (1998a,b) y Nabel *et al.* (1999, 2005). Está ubicado a 22 m sobre el nivel del mar y fue muestreado en una excavación de 6 m de profundidad. Los horizontes A y BA del suelo actual

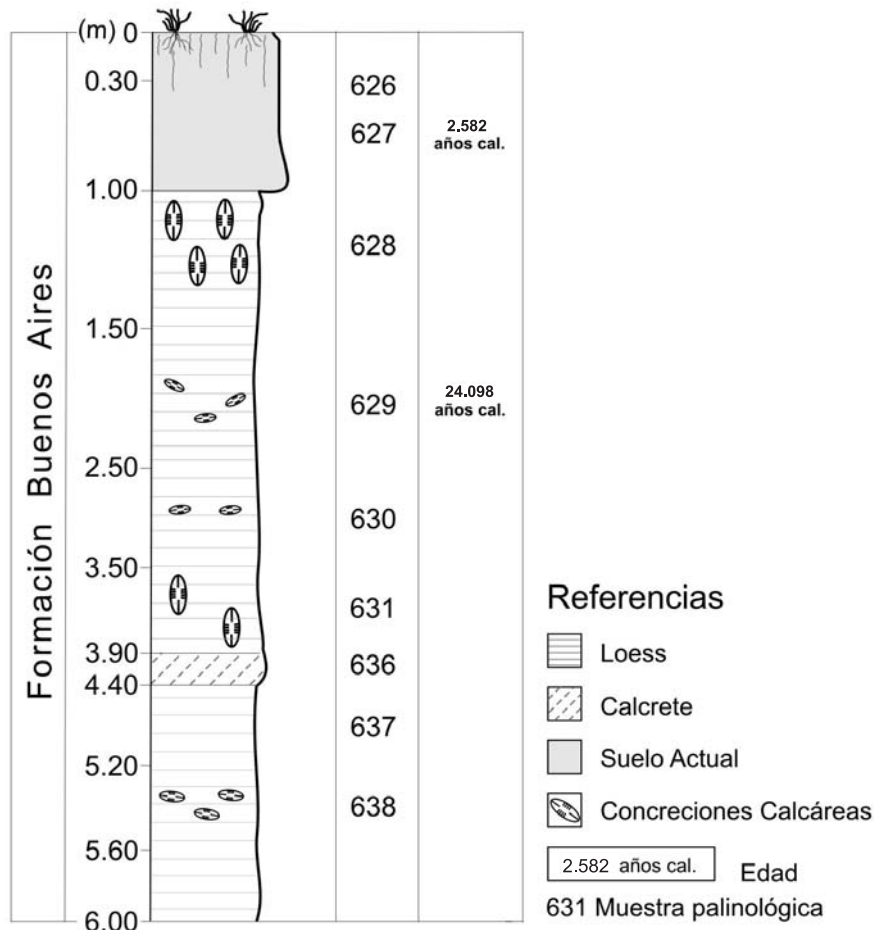


Figura 2. Perfil estratigráfico con detalle del muestreo palinológico y dataciones radiocarbónicas.

Figure 2. Stratigraphic sequence showing palynological sampling and radiocarbon dating.

(Argiudol vértico) presentan disturbio por actividad antrópica; les sigue un horizonte Bt arcilloso y estructurado (muestras 626 y 627); entre 1,0 y 1,5 m de profundidad se desarrolla un horizonte calcáreo (BCK) constituido por abundantes nódulos botroidales de gran tamaño ("muñecas" de 15-20 cm de largo) (muestra 628); por debajo y hasta los 2,50 m se presenta un horizonte Ck con nódulos calcáreos de similar morfología diseminados en la masa (muestra 629). Entre 2,5 y 3,5 m se presenta un nivel loésico aparentemente en discontinuidad temporal con el nivel suprayacente y ligeramente edafizado, con poca proporción de nódulos calcáreos pequeños (horizonte 2BCK) (muestra 630); a éste, entre 3,5 y 3,9 m, le sigue un horizonte de acumulación de nódulos calcáreos botroidales, de gran tamaño (horizonte 2Ck, muestra 631). El paquete sedimentario anterior se apoya sobre otro nivel sedimentario claramente diferenciado en su composición mineralógica (Nabel *et al.*, 1999) que se inicia con una costra calcárea de tipo laminar moderadamente desarrollada (muestra 636; profundidad 3,9-4,4 m); entre 4,4 y 5,2 m el sedimento de color pardo (7,5 YR 7/4) presenta una proporción reducida de carbonato de calcio (muestra 637); en el nivel sedimentario inferior entre 5,2 y 5,6 m (muestra 638) se incrementa ligeramente el contenido de nódulos calcáreos medianos y el color de la matriz es ligeramente grisáceo (10 YR 8/2).

Respecto de la cronología del perfil, se trata de sedimentos depositados durante la Época Brunhes CIN cuyo límite inferior es 780 ka (Nabel *et al.*, 2005). En consecuencia se asume que la sección analizada se habría depositado a partir del Pleistoceno medio, siendo correlacionable con la Formación Buenos Aires (Nabel *et al.*, 2005). Hacia la parte superior del perfil (loess, muestra 629) una datación radiocarbónica, 24.098 años cal. (AA80248), permitió asignar ese tramo de la secuencia al Pleistoceno tardío. El suelo actual registrado hacia el tope de la misma se habría desarrollado durante el Holoceno tardío. Una datación radiocarbónica en la muestra 627 (horizonte Bt2) arrojó una edad de 2.582 años cal. (AA77062). Las dos dataciones fueron efectuadas sobre materia orgánica en sedimento, en *Accelerator Mass Spectrometry Laboratory University of Arizona*, Tucson, Arizona (E.E.U.U.). Las calibraciones se llevaron a cabo utilizando el programa Calib Rev 6.0 (Stuiver *et al.*, 2010).

MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo palinológico fue realizado a intervalos variables (Figura 2), recolectándose un total de nueve muestras, representativas de cada uno de los horizontes identificados. En cada una de ellas se realizaron análisis de pH, en suspensión suelo:agua (relación 1:2,5) (Norma ISO 10694. Soil Quality. Determination of pH) y carbono oxidable (Walkey, A. & Black, A., 1934).

El procesamiento físico-químico de las muestras se efectuó de acuerdo con la metodología de Heusser & Stock (1984), antes de iniciar el mismo se agregaron esporas de polen foráneo de *Lycopodium* sp., a los efectos de calcular la concentración polínica absoluta. Con posterioridad a la

aplicación de los ácidos CIH y HF, sobre residuos sin oxidar ni acetolizar (para no alterar la fluorescencia de las partículas ricas en hidrógeno) se realizaron preparados conducentes a estudiar el contenido orgánico palinológico total. Los mismos fueron confeccionados en glicerina-gelatina y bajo los números 626 a 631 y 636 a 638 se hallan archivados en el Laboratorio de Palinología de la Universidad Nacional del Sur, Argentina.

El estudio se realizó mediante técnicas de luz transmitida normal (con aumentos de 250 y 400x) y microscopía de fluorescencia UV con filtro de excitación azul, en ambos casos se utilizó un microscopio Olympus BH2 n° 100786. Se contaron como mínimo 500 partículas de materia orgánica por muestra, a partir de los recuentos efectuados, se calcularon los porcentajes relativos de los diferentes componentes presentes. La microscopía de luz incidente azul fluorescente, permitió a través del color e intensidad de los constituyentes orgánicos, determinar su naturaleza y estado de preservación, en el sentido de Tyson (1995, p. 347). Respecto de este último y siguiendo a Delcourt & Delcourt (1980), tres tipos de deterioros fueron determinados: corrosión (por bacterias y hongos), degradación (por oxidación química) y daño mecánico (granos rotos o con espinas gastadas).

Para la asignación de los palinomorfos se utilizó el material de referencia de la Palinoteca del Laboratorio de Palinología de la Universidad Nacional del Sur y entre otros a Heusser (1971), Markgraf & D'Antoni (1978), Hooghiemstra (1984) e Reille (1992). En el caso de las esporas de hongos y algas fueron consultados van Geel *et al.* (1982, 1983), Hooghiemstra (1984) y Kalgutkar & Jansonius (2000).

ANÁLISIS DE PALINOFACIES

Los métodos de palinofacies son bien conocidos y aplicados por geólogos petroleros, sedimentólogos y científicos del Cuaternario, que estudian paleoambientes y cambios climáticos (Sebag *et al.* 2006). En el presente trabajo, cada palinofacies identificada, es caracterizada en base a los siguientes criterios: proporción relativa de constituyentes orgánicos (palinomorfos, fitoclastos y materia orgánica amorfa, *sensu* Tyson, 1995), especies diagnósticas desde el punto de vista ecológico (esporas de hongos, algas, Bryophyta), tipo de deterioro predominante (corrosión, degradación y daño mecánico) y fluorescencia del material. De este modo se identificaron cuatro palinofacies distintivas, las cuales desde abajo hacia arriba en el perfil son: tipo A (muestras 638 y 637), tipo B (muestra 636), tipo C (muestras 631, 630, 629 y 628) y tipo D (muestras 627 y 626). Las características más salientes de cada palinofacies son ilustradas en la Figura 3 junto a los datos sedimentológicos y químicos (pH y COT). Las Figuras 4 y 5, muestran parcialmente la materia orgánica palinológica registrada en la palinofacies tipo C (loess) y tipo D (suelo actual) respectivamente.

Palinofacies tipo A (Muestras palinológicas: 638 y 637)
Grupo palinomorfos (8%). Dentro de los arbustos y hierbas

se registra la presencia de: Anacardiaceae (*Schinus* sp.), Asteraceae (subfamilia Asteroideae), Brassicaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Ephedraceae, Solanaceae (*Lycium* sp.). Polen arbóreo: Myrtaceae y Podocarpaceae. Polen de plantas acuáticas: *Myriophyllum* sp., Potamogetonaceae y Typhaceae-Sparganiaceae y algunos granos de polen indeterminados. Escasas esporas de hongos representados por *Dicellaesporites* sp., *Monoporisporites* sp. y *Pluricellaesporites* sp. y un solo ejemplar de *Phaeoceros* sp. completan la asociación. La concentración polínica absoluta es muy baja e inferior a los 100 granos/gramo de sedimento en ambas muestras.

Fitoclastos (30%). Abundan los opacos (20%) de distinto tamaño, los pequeños y medianos se hallan en mayor proporción. Algunos fitoclastos muestran formas esqueletales, otros de tablillas y huecos (*pits*). Dentro de los translúcidos (10%) bioestructurados, se registra la presencia de tejidos, hialinos a ámbar, parcialmente gelificados y

traqueidas algunas totalmente oxidadas. En ambos casos hay evidencia de daño mecánico. Dentro de los no-bioestructurados se registra la presencia de pseudoamorfos y fitoclastos bandeados en tonos castaños, algunos con huecos. Presencia de hifas y de escasas cutículas (degradadas).

Materia orgánica amorfa (62%). En una matrix de amorfo del tipo finamente dividido, grisáceo, se registraron masas de bordes difusos y color ámbar (bajo luz transmitida) no fluorescente (bajo luz ultravioleta), asociadas a restos de fitoclastos opacos muy pequeños y restos membranosos.

Observaciones. La materia orgánica amorfa sugiere un origen a partir de la degradación de plantas vasculares terrestres. La presencia de finamente dividido, implica ambientes moderadamente oxidantes. La falta de fluorescencia del mismo y la abundancia de fitoclastos opacos, implican oxidación parcial antes o después de la depositación final (Tyson, 1995); la acción de microorganismos (corrosión) y el daño mecánico, han actuado en forma secundaria.

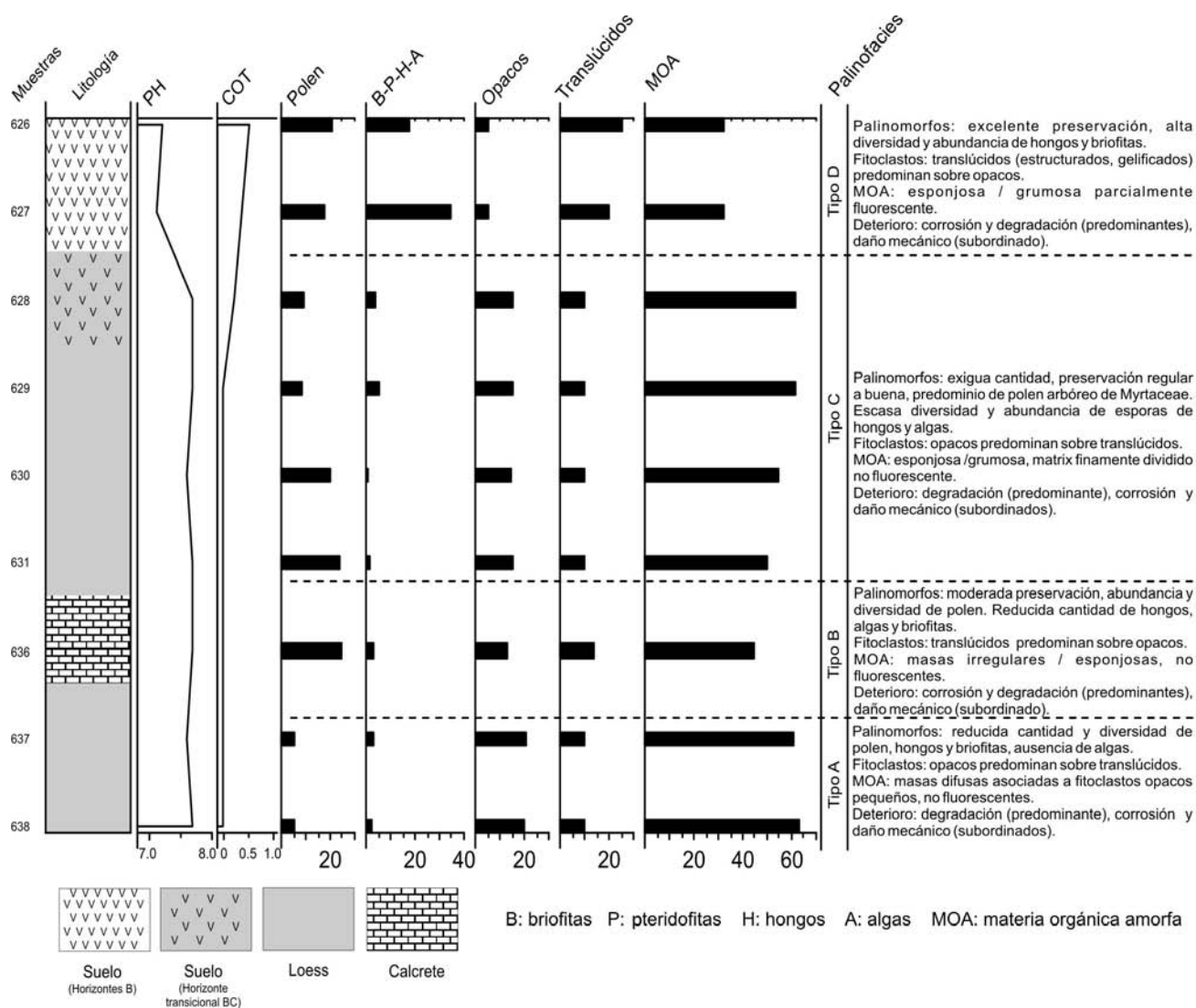


Figura 3. Litología, pH, COT y frecuencias relativas de esporomorfos, opacos, translúcidos y MOA para cada palinofacies identificada.

Figure 3. Litology, pH, TOC, and relative frequency of sporomorphs, opaque, translucent and AOM for each identified palynofacies. **Abbreviations.** B, Bryophyta; P, Pteridophyta; F, Fungi; A, Algae; MOA, amorphous organic matter.

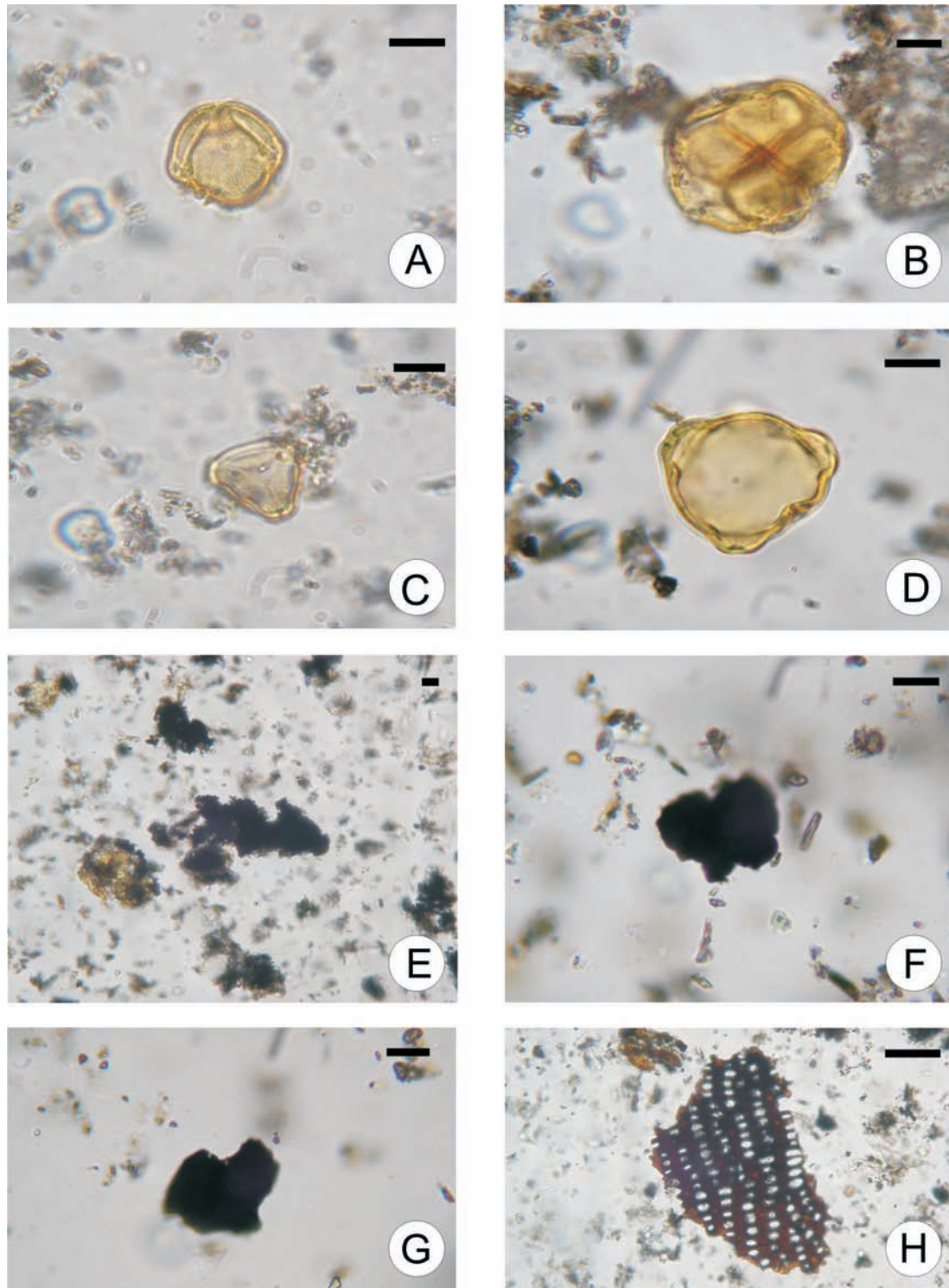


Figura 4. Fotomicrografías de la Palinofacies C (loess). Para cada constituyente palinológico se dan los números de muestra, preparado palinológico, coordenadas de England Finder y magnificación. **A**, *Schinus molle*, muestra 628, 2604A, S50-2, x1000.; **B**, *Acacia* sp., muestra 630, 2606, U 18-4, x1000; **C**, Myrtaceae, muestra 630, 2606 Y33-3, x1000; **D**, *Myriophyllum* sp., muestra 630, 2606, H 541-3, x1000; **E**, Materia orgánica amorfa, muestra 628, 2604 B, Q64-1, x200; **F**, Fitoclasto opaco, muestra 629, 2605, Q40-3, x1000; **G**, Fitoclasto opaco, muestra 629, 2605, Q40 1/3, x1000; **H**, Fitoclasto translúcido bioestructurado (traqueida), muestra 628, 2604 B, T34-1, x1000. Escalas = 10 µm.

Figure 4. Photomicrographs of Palynofacies C (loess). For each specimen, the sample number, palynological slide number, England Finder coordinates and magnification are given in the following order. **A**, *Schinus molle*, 628 sample, 2604A, S50-2, x1000; **B**, *Acacia* sp., 630, 2606 sample, U 18-4, x1000; **C**, Myrtaceae, 630 sample, 2606 Y33-3, x1000; **D**, *Myriophyllum* sp., 630 sample, 2606, H 541-3, x1000; **E**, Amorphous organic matter, 628 sample, 2604 B, Q64-1, x200; **F**, Opaque phytoclasts, 629 sample, 2605, Q40-3, x1000; **G**, Opaque phytoclasts, 629 sample, 2605, Q40 1/3, x1000; **H**, Biostructured translucent phytoclasts (tracheid), muestra 628, 2604 B, T34-1, x1000. Scale bars = 10 µm.

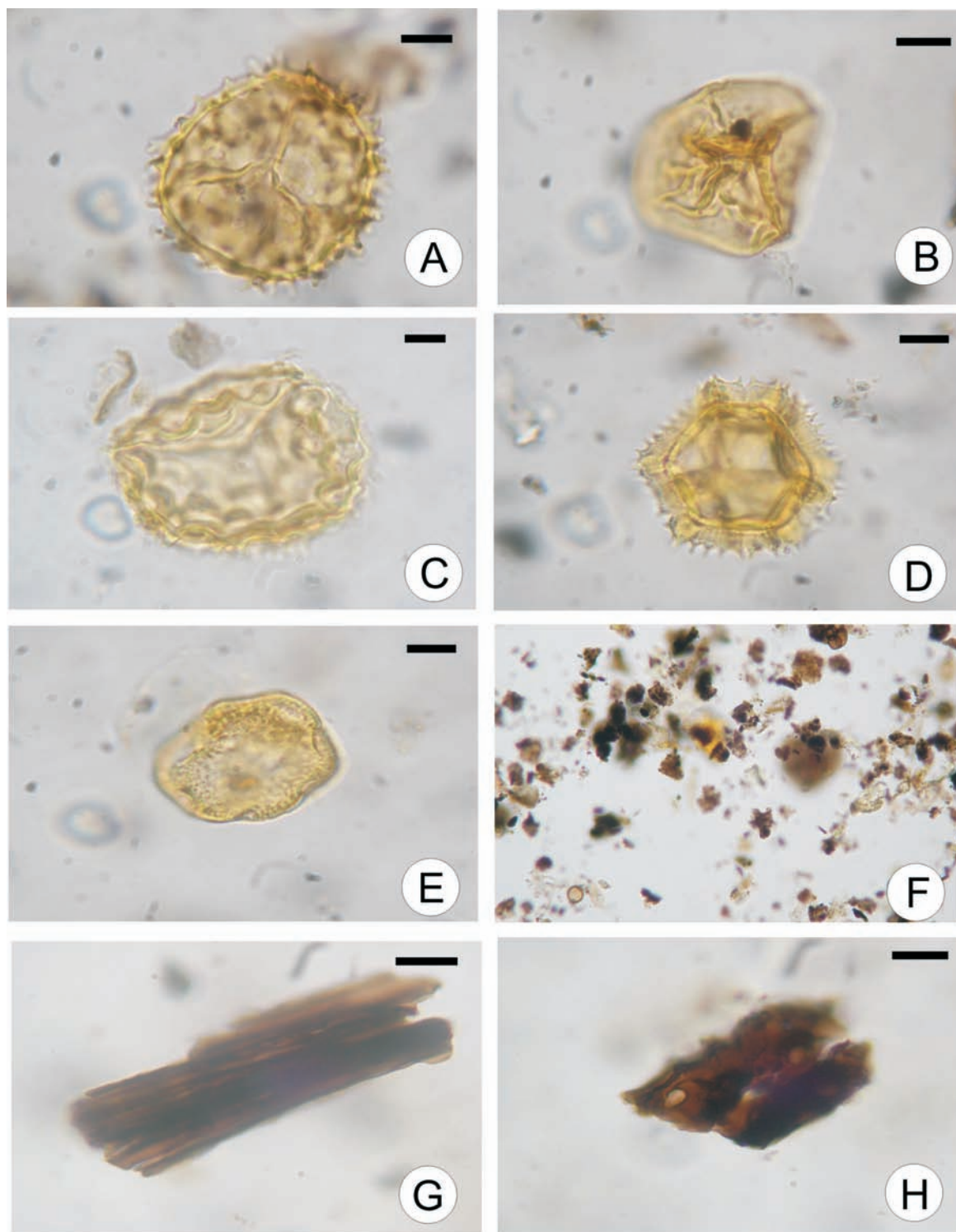


Figura 5. Fotomicrografías de la Palinofacies D (suelo actual). Para cada constituyente palinológico se dan los números de muestra, preparado palinológico, coordenadas de England Finder y magnificación. **A**, *Anthoceros* sp. (vista proximal), muestra 627, 2603 X, W-49, x1000; **B**, *Phaeoceros tenuis* (vista distal), muestra 627, 2603 X, V-49 x1000; **C**, *Riccia* sp. (vista proximal) muestra 627, 2603 X, J-48, x1000; **D**, Asteraceae (Subf. Cichorioideae), muestra 627, 2603, R52-4, x1000; **E**, Caryophyllaceae, muestra 627, 2603 X, V 48 2-4, x1000; **F**, Materia orgánica amorfa, muestra 627, 2501, Q48-1, x 200; **G**, Fitoclasto translúcido estructurado, muestra 626, 2602, O50, x400; **H**, Fitoclasto translúcido bioestructurado, muestra 626, 2602, Q42, x400. Escalas = 10 µm.

Figure 5. Photomicrographs of Palynofacies type D (modern soil). For each specimen, the sample number, palynological slide number, England Finder coordinates and magnification are given in the following order. **A**, *Anthoceros* sp. (proximal view), 627 sample, 2603 X, W-49, x1000; **B**, *Phaeoceros tenuis* (distal view), 627 sample, 2603 X, V-49 x1000; **C**, *Riccia* sp. (proximal view) 627 sample, 2603 X, J-48, x1000; **D**, Asteraceae (Subf. Cichorioideae), 627 sample, 2603, R52-4, x1000; **E**, Caryophyllaceae, 627 sample, 2603 X, V 48 2-4, x1000; **F**, Materia orgánica amorfa, 627 sample, 2501, Q48-1, x 200; **G**, Structured translucent phytoclasts, 626 sample, 2602, O50, x400; **H**, Biostructured translucent phytoclasts, 626 sample, 2602, Q42, x400. Scale bars = 10 µm.

Palinofacies tipo B (Muestra palinológica: 636)

Grupo palinomorfos (28%). Dentro de los arbustos y hierbas se hallan: Asteraceae (subfamilia Asteroideae y tipo *Carduus*), Chenopodiaceae-Amaranthaceae y Poaceae asociados a Brassicaceae, Cyperaceae y Euphorbiaceae; en menor proporción, Geraniaceae y Solanaceae (*Lycium* sp.). Polen arbóreo: Myrtaceae, Podocarpaceae, Nothofagaceae, Ulmaceae (*Celtis* sp.) y Mimosaceae (*Acacia* sp.). Polen de plantas acuáticas: *Myriophyllum* sp. y Potamogetonaceae. Algunos granos indeterminados, esporas de hongos entre ellas: *Dicellaesporites* sp., *Monoporisorites* sp. y *Pluricellaesporites* sp., zygmatáceas (*Zygnema* sp.), Bryophyta (*Phaeoceros laevi* y *Phaeoceros tenuis*) y Pteridophyta (*Cheilanthes squamosa*) completan la asociación. La concentración polínica absoluta se incrementa respecto de la palinofacies anterior: 442 granos/gramo de sedimento.

Fitoclastos (27%). Los translúcidos bioestructurados (14%) y opacos (13%), se hallan en proporciones similares. Los tejidos y cutículas gradan desde amarillo claro a ámbar (bajo luz transmitida), presentando algunos de ellos evidencias de fuerte degradación y gelificación. Algunas traqueidas se hallan totalmente oxidadas. Presencia de hifas de hongos y material fibroso elongado (*woody*) y de translúcidos no-bioestructurados oscurecidos algunos de tamaño importante (100 x 60 μ m) y contornos angulosos. Los fitoclastos opacos presentan distinto tamaño, bordes angulosos y formas muy irregulares. Algunos muestran evidencias de corrosión (*pits*) y formas esqueléticas.

Materia orgánica amorfa (45%). Constituida por material amorfo del tipo finamente dividido hialino a grisáceo y masas irregulares, esponjosas, de tamaño y forma variable, asociadas a restos de fitoclastos opacos muy pequeños, no fluorescente.

Observaciones. Igual que en la palinofacies anterior, se infiere que la materia orgánica amorfa proviene de la degradación y corrosión de plantas vasculares terrestres. La presencia de huecos en algunos fitoclastos, tejidos gelificados y cutículas corroídas sugieren oxidación bioquímica relacionada a la actividad de hongos y bacterias bajo condiciones reductoras subácueas. La falta de fluorescencia de la materia orgánica palinológica y la presencia de material oxidado (algunos fitoclastos con formas esqueléticas) sugieren condiciones oxidantes. En consecuencia ambos tipos de alteración han actuado en forma similar e importante. Las evidencias de daño mecánico son menores.

Palinofacies tipo C (Muestras palinológicas: 631, 630, 629 y 628)

Grupo palinomorfos (18%). Dentro de los arbustos y hierbas se hallan: Anacardiaceae (*Schinus* sp.), Asteraceae (subfamilias Asteroideae y Cichorioideae), Apiaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Cyperaceae, Ephedraceae, Poaceae, Rubiaceae, Solanaceae, Urticaceae. Polen arbóreo perteneciente a Myrtaceae, Nothofagaceae, Mimosaceae (*Acacia* sp.), Podocarpaceae, Tiliaceae y Ulmaceae (*Celtis* sp.). Polen de plantas acuáticas representado por: Alismataceae, *Myriophyllum* sp., Potamogetonaceae y Typhaceae/Sparganiaceae. Algunos granos indeterminados, asociadas a escasas esporas de hongos (*Dicellaesporites* sp., *Glomus* sp., *Monosporites* sp. y tipo *Alternaria*), un ejemplar de *Zygnema* sp. y reducido número de esporas de *Phaeoceros* sp. y *Riccia* sp., completan la asociación. La

concentración polínica absoluta es inferior a los 150 granos/gramo de sedimento.

Fitoclastos (25%). Predominan los opacos (15%) de distinto tamaño y forma, particularmente los pequeños y medianos, algunos con huecos y muchos de ellos en forma de tablilla. Dentro de los translúcidos (10%) bioestructurados se hallan tejidos deshilachados, cutículas, traqueidas (parcial a totalmente oxidadas, con huecos deformados y evidencias de daño mecánico). Se registra también la presencia de hifas y pseudoamorfos con huecos.

Materia orgánica amorfa (57%). Constituida por masas esponjosas/grumosas parcial o totalmente oxidadas, de distinto tamaño y con escasa a nula fluorescencia. Las mismas se hallan inmersas en una matriz de material amorfo del tipo finamente dividido grisáceo a negro bajo luz transmitida. Se registra también la presencia de masas totalmente ennegrecidas de distinto tamaño.

Observaciones. La falta de fluorescencia de la materia orgánica amorfa asociada a la presencia de masas totalmente ennegrecidas y la importante proporción de fitoclastos opacos, sugieren el predominio de ambientes oxidantes. La degradación por oxidación química, ha sido el tipo de alteración predominante; la oxidación biológica y el daño mecánico son subordinados.

Palinofacies tipo D (Muestras 627 y 626)

Grupo palinomorfos (45%). Dentro de los arbustos y hierbas se registra la presencia de: Asteraceae (subfamilias Asteroideae y Cichorioideae), Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Poaceae, Brassicaceae, Apiaceae, Fabaceae (subfamilia Papilionoideae), Cyperaceae y Solanaceae. Con menor representatividad se hallan: Anacardiaceae, Geraniaceae, Lamiaceae, Polygonaceae y Ephedraceae. Polen arbóreo representado por: Myrtaceae, Nothofagaceae, Myricaceae, Podocarpaceae y *Acacia* sp. Polen de plantas acuáticas representado por: *Myriophyllum* sp., Potamogetonaceae y Typhaceae/Sparganiaceae. Las esporas de hongos están constituidos por: Corticiaceae, Microthyriaceae, *Dicellaesporites* sp., *Dictyosporites* sp., *Glomus* sp., *Monoporisorites* sp., *Papulosporonites* sp., *Pluricellaesporites* sp., *Sigmopollis* sp., tipo *Scleroderma* y tipo 181 y 182 (van Geel *et al.*, 1982, 1983). Esporas de zygmatáceas (*Spirogyra* sp. y *Zygnema* sp.), esporas de Bryophyta (*Anthoceros scariosus*, *Anthoceros* sp., *Phaeoceros carolinianus*, *Phaeoceros laevi*, *Phaeoceros tenuis*, *Phaeoceros* sp., *Riccia paraguayensis*, *Riccia stenophylla*, *Riccia* sp., *Riella* sp., tipo 382 y tipo 377 (Hooghiemstra, 1984) y de Pteridophyta (*Cheilanthes squamosa* y *cf.* Polypodiaceae) completan la asociación. La concentración polínica absoluta varía desde 355 a 1.542 granos/gramo de sedimento (muestras 627 y 626, respectivamente).

Fitoclastos (23%). Predominan los translúcidos no bioestructurados oscurecidos (18%) (bandeados en distintos tonos del marrón); presentan formas rectangulares y tamaño pequeño a mediano. Presencia de pseudoamorfos, tejidos pobremente lignificados, traqueidas con evidencias de daño mecánico, corrosión y degradación (huecos deformados). Se observan también algunos fitoclastos oscurecidos con contornos esqueléticos y huecos. Presencia de hifas. Los fitoclastos opacos (5%) gradan en tamaño desde el pequeño al grande, los contornos tienden a ser redondeados.

Materia orgánica amorfa (32%). Asociada a masas esponjosas/grumosas de contornos irregulares y distintos tamaños inmersas en una matriz de material amorfo del tipo finamente dividido (hialinos a beige) bajo luz transmitida, parcialmente fluorescente.

Observaciones. La materia orgánica amorfa al igual que en el resto de las palinofacies proviene de la degradación de plantas vasculares terrestres. La alternancia de condiciones ambientales anaeróbicas y aeróbicas puede inferirse a partir de la degradación y corrosión de la materia orgánica palinológica total, en tanto el daño mecánico está subordinado.

RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL Y PALEOCLIMÁTICA

Tal como se mencionara en la introducción de este trabajo, no existen estudios palinológicos/palinofaciales para la estepa pampeana que involucren al Pleistoceno medio. Mientras que para el Pleistoceno tardío/Holoceno, numerosas publicaciones permiten comparar los resultados obtenidos (e.g. Quattrocchio *et al.*, 2008; Prieto, 2000).

Respecto de las esporas de Bryophyta (particularmente abundantes en el suelo actual) se hallan representadas en mayor proporción por los géneros *Anthoceros* y *Phaeoceros*. Dichos géneros han sido registrados en distintos perfiles cuaternarios en la estepa pampeana, asociados a diferentes comunidades vegetales (e.g. Prieto & Quattrocchio, 1993; Grill, 1993; Borronei, 1998). Las inferencias paleoambientales tanto de éstas como de las pteridofitas son difíciles de aislar del registro polínico, brindando información a escala local. Las esporas de Pteridophyta están representadas principalmente por taxones pertenecientes a la región andina y a las Sierras Pampeanas. El perfil estudiado se halla dentro de la hipotética ruta migratoria de estas esporas (De la Sota, E.R. 1967, 1973, 1985).

El Pleistoceno medio (<780 ka), está representado por las Palinofacies tipo A y tipo B. La Palinofacies tipo A (muestras 638 y 637) esta asociada a sedimentos loésicos (pH= 7,6-7,7; COT= 0,04%). El reducido número de palinomorfos que la caracterizan se relaciona principalmente con la presencia de componentes herbáceo/arbustivos, polinizados por el viento e indicadores de ambientes áridos (Horowitz, 1992): chenopodiáceas, anacardiáceas, efedráceas, *Artemisia*, entre otros. La falta de fluorescencia de la materia orgánica amorfa y la abundancia de fitoclastos opacos reflejan ambientes con baja preservación de la materia orgánica, asociada a oxidación química antes o después de la depositación final (Tyson, 1995). Condiciones alcalinas y clima árido, habrían contribuido a la destrucción de los granos de polen y a la mala preservación de la materia orgánica palinológica total (Dumbleby, 1985). Lo anteriormente expuesto se condice con la baja proporción de COT y con el origen de los sedimentos. La Palinofacies tipo B (muestra 636) esta asociada a una costra calcárea de tipo laminar (pH= 7.7; COT= 0,07%). Dentro del grupo palinomorfos, el espectro polínico refleja el desarrollo de la estepa herbácea sammófila (Veretoni, 1965). Asociaciones con estas características permiten inferir condiciones paleoclimáticas semiáridas con precipitaciones entre 400 y 600 mm anuales (Prieto, 1996). Escasos elementos de la vegetación xerofítica del Distrito del Tala, Provincia del Espinal (Cabrera, 1976) están presentes: Euphorbiaceae, Malvaceae, *Lycium* sp., *Celtis* sp. o “tala”, *Acacia* o “espinillo”. Dentro

del polen arbóreo, algunas mirtáceas (tipo *Calyptanthes*, subtipo *Eugenia*) (Acevedo & Anzótegui, 1998), reflejarían la influencia de vientos procedentes del norte de Argentina y el sur de Brasil, mientras que las nothofagáceas y podocarpáceas (en proporciones muy bajas, 2%) podrían asociarse con la influencia de masas de aire frío, de dirección SW, originados en los bosques subantárticos (Mancini *et al.*, 2008). Los mismos actualmente se desarrollan a partir de los 41°S hacia el sur, pero durante el Pleistoceno medio (ca. 500 ka) habrían estado ubicados a 50°S (Schäebitz & Schellmann, 1999). El polen de plantas acuáticas (Potamogetonaceae y *Myriophyllum* sp.), las esporas de algas, hongos y hepáticas, presentes en reducida proporción, reflejan la presencia de zonas localmente húmedas o corrientes efímeras. La diversidad de las familias vegetales presentes, al igual que la concentración polínica absoluta, aumentan respecto de la Palinofacies tipo A (aunque esta última sigue siendo baja), probablemente relacionada con la baja proporción de COT. Las evidencias de oxidación biológica y química tanto en fitoclastos como en la materia orgánica amorfa, sugieren la alternancia de ambientes anaeróbicos y aeróbicos. Una cobertura vegetal relativamente más importante y/o una menor tasa de sedimentación, asociadas a condiciones localmente húmedas y regionalmente semiáridas, surgen del análisis de esta Palinofacies. Zárate & Fasano (1989) para calcretes registrados en secuencias Plio-Pleistocénicas de provincia de Buenos Aires (área Chapadmalal) infieren condiciones climáticas similares, sugiriendo un incremento estacional de las precipitaciones para aquellos con mayor actividad biológica.

El Pleistoceno tardío (24.098 años cal. A.P.) está representado por la Palinofacies tipo C. La misma está asociada a loess y loess ligeramente edafizado (muestras 631, 630, 629 y 628) (pH= 7.6-7.7; COT= 0,07-0,35). La reducida cantidad de palinomorfos registrados se acentúa en la base (muestra 631) y en el tope (muestra 628) de la misma, en coincidencia con la acumulación de nódulos calcáreos. El espectro polínico está dominado por componentes arbóreos principalmente mirtáceas y en menor proporción podocarpáceas y nothofagáceas. Dentro de las primeras la presencia de: tipo *Campomanesia guaviroba*, *Calyptanthes concinna*, *Myrcianthes pungens* (Acevedo & Anzótegui, 1998) entre otras, reflejan la influencia de masas de aire procedentes del norte de Argentina y sur de Brasil. Desde los bosques subantárticos provendrían las podocarpáceas y nothofagáceas. El reducido número de polen de plantas acuáticas, esporas de hongos, algas y briofitas (en algunas muestras ausentes) se asocia a la escasa humedad local. La baja concentración polínica así como la escasa diversidad de las familias vegetales presentes, pueden atribuirse a las altas tasas de sedimentación típica de los ambientes continentales áridos/semiáridos (Horowitz, 1992) y/o a una cobertura vegetal pobre (Birks & Birks, 1980), lo cual a su vez justificaría la baja proporción de COT. La importante degradación (oxidación química) de la materia orgánica palinológica total, podría vincularse a una intensa actividad eólica y a las condiciones ambientales semiáridas imperantes, durante este momento geológico. En forma similar a la Palinofacies A, la alcalinidad de los sedimentos bajo las condiciones paleoclimáticas descriptas anteriormente, habrían contribuido al reducido número de palinomorfos preservados en las muestras

(Dimbleby, 1985). Finalmente cabe acotar que la importante proporción de mirtáceas registrada en esta palinofacies, probablemente reflejaría una mayor proximidad al área de estudio de los bosques que actualmente se desarrollan en el sur de Brasil y norte de Argentina. Hacia el suroeste de la provincia de Buenos Aires, en facies eólicas del Pleistoceno tardío se han registrado también importantes proporciones de mirtáceas dentro de los espectros polínicos (e.g. Grill, 1993, 1997; Borromei, 1998; Prieto, 2000). Este último autor, es el único que asume para esta familia, un origen local. Su criterio está basado en el registro de poliadas (tipo *Eugenia uruguayensis*) en sedimentos de edad Platense ($10.270 \pm 70/9.070 \pm 140$) (Prieto, 2000). En el presente estudio, el aporte extra-regional podría relacionarse con la procedencia considerada para los sedimentos loésicos que constituyen el tramo superior de este perfil. En efecto, diversos estudios mineralógicos y geoquímicos del NE de la región pampeana (Morrás, 1996, 1999, 2003; Morrás *et al.*, 2002; Morrás & Moretti, 2008; Zárate, 2003) y en particular del perfil GAO (Nabel *et al.*, 1999, 2005; Morrás *et al.*, 1998 a,b) indican en estos materiales una cierta proporción de aportes de las Sierras Pampeanas y en mayor medida de la cuenca del Río Paraná, que los diferencia de otros sedimentos loésicos del oeste y sur de la región pampeana en los que dominan los componentes volcánoclasticos.

El Holoceno tardío (2.582 años cal. A.P.) representado por la Palinofacies tipo D está asociado al desarrollo del suelo actual, con pH neutro-ligeramente alcalino (7,1-7,2) y COT entre 0,38 y 0,53. La asociación polínica caracterizada por Asteraceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae es similar a espectros polínicos hallados en muestras superficiales del noroeste y oeste pampeano (Prieto, 1996). La misma refleja el desarrollo de la estepa herbácea sammófila. La vegetación xerófila está representada por *Schinus* sp., Bromeliaceae, Caryophyllaceae, Ephedraceae, Fabaceae (subfamilia Papilionoideae), Polygonaceae, *Lycium* sp., entre otras. La misma refleja la influencia del Distrito del Espinal y/o estepa patagónica en el caso de Ephedraceae. Dentro del polen de plantas acuáticas, se destacan las proporciones importantes de Thyphaceae-Sparganiaceae indicando la presencia del "totoral", comunidad que cubre pequeñas superficies y es frecuente en lagunas y cañadas que conservan agua durante todo el año (Vervoorst, 1967). Respecto de las esporas de Bryophyta, su abundancia permite inferir el desarrollo de distintos paleoambientes asociados a condiciones variables de humedad. *Phaeoceros laevis*, se relaciona a escurrimientos superficiales y/o campos cultivados (Hässel de Menéndez, 1962, 1979). *Riccia* sp. puede ser terrestre o acuática desarrollándose tanto en orillas de ríos y arroyos como en paredes de zanjones, *Riella* es el único género de hepáticas cuyos representantes se desarrollan sumergidos, en aguas saladas netamente alcalinas y también en agua dulce. *Anthoceros* sp. crece en campos cultivados y sobre suelos arenosos, levemente húmedos, ricos en materia orgánica. Dentro de las Pteridophyta, los taxa identificados *Cheilanthes* y *Polypodium* tienen una amplia distribución ocupando desde laderas húmedas o secas y pastizales pedemontanos hasta las cumbres (Ponce, 1982). La presencia de *Zygnema* sp., *Sigmopollis* sp., tipo 128 A/B (Pals *et al.*, 1980) y tipo 181/182 (van Geel *et al.*, 1982, 83) evidencian el desarrollo de cuerpos de agua dulce, someros, eu-mesotróficos. Respecto de la abundancia de las esporas de hongos pueden vincularse a la abundancia de detritos de plantas terrestres. En distintas

secuencias fósiles han sido asociados a ambientes húmedos tales como pantanos, lacustres-fluviales, lagunares, etc. (Muller, 1959; Given *et al.*, 1983). *Glomus* sp. ha sido registrado en paleosuelos desarrollados en distintas secuencias cuaternarias de la provincia de Buenos Aires (e.g. Grill, 1997, 2003). Paleoambientes localmente húmedos y regionalmente subhúmedos se infieren a partir de los palinomorfos registrados. El pH neutro a ligeramente alcalino y la mayor proporción de COT se asocian a la concentración polínica más importante de todo el perfil. La abundancia de fitoclastos translúcidos, oscurecidos, parcialmente gelificados, típicos de sedimentos muy ricos en materia orgánica (Tyson, 1995), corrobora lo anterior. Asociaciones polínicas similares pero con menor proporción de esporas de Bryophyta, han sido registradas en diversos lugares de la estepa pampeana, para sedimentos de edad equivalente (e.g. Quattrocchio *et al.*, 2008; Borromei, 1998; Grill, 2003). El conjunto de estos datos refleja la influencia de los procesos pedogenéticos que dieron lugar al suelo actual, bajo condiciones del clima relativamente más húmedo que habría imperado durante períodos prolongados del Holoceno medio y/o tardío (Iriondo & García, 1993; Zárate, 2002; Zech *et al.*, 2009) y que caracteriza actualmente el NE de la región pampeana.

CONCLUSIONES

Si bien el pH alcalino fue un condicionante en la preservación de los palinomorfos de la mayor parte de la secuencia, las palinofacies identificadas reflejan diferencias notables entre los distintos niveles del perfil: loess, calcrete y suelo actual. El análisis integrado de las características sedimentológicas, palinofaciales y físico químicas (pH y COT) permitió agrupar las muestras palinológicas en 4 palinofacies distintivas: A, B, C y D. En base a las mismas, desde la base hacia el tope del perfil se pudieron realizar las siguientes inferencias: (i) Pleistoceno medio (<780 ka). Palinofacies tipo A (loess): paleoambientes moderadamente oxidantes evidenciados por el predominio de finamente dividido (no fluorescente), con escasa preservación de otro tipo de amorfo, abundancia de fitoclastos opacos y una reducida cantidad y diversidad de palinomorfos. Palinofacies tipo B (calcrete laminar): paleoambientes localmente húmedos y regionalmente semiáridos asociados al desarrollo de la estepa herbácea sammófila. Evidencias de oxidación química y biológica tanto en fitoclastos como en la materia orgánica amorfa sugieren la alternancia de condiciones aeróbicas y anaeróbicas; (ii) Pleistoceno tardío (24.098 años cal. A.P.). Palinofacies tipo C (loess y loess ligeramente edafizado), paleoambientes oxidantes, evidenciados por el ennegrecimiento de la materia orgánica amorfa y la importante proporción de fitoclastos opacos. Los espectros polínicos reducidos reflejan la rigurosidad de las condiciones climáticas bajo condiciones alcalinas. La proporción importante de polen extra-regional de mirtáceas se correlaciona con la existencia de aportes sedimentarios provenientes del NE del país según indican los estudios mineralógicos y geoquímicos de este perfil y de otros materiales similares de la Pampa Ondulada; (iii) Holoceno tardío (2.582 años cal. A.P.). Palinofacies tipo D (suelo actual) paleoambientes localmente húmedos y regionalmente subhúmedos, vinculados a la estabilización de las condiciones climáticas durante el desarrollo del evento

pedogenético. Los mismos son reflejados por la estepa herbácea sammófila asociada a comunidades hidrofíticas e importantes proporciones de esporas de Bryophyta, hongos y algas. El predominio, dentro del grupo fitoclastos, de los translúcidos oscurecidos, parcialmente gelificados, reflejan el desarrollo del suelo.

Finalmente, cabe destacar que si bien el presente trabajo permitió caracterizar al perfil GAO en base a su contenido en materia orgánica, los resultados obtenidos son considerados preliminares. El estudio de perfiles con mayor número de muestras y dataciones, permitirá complementar y/o corroborar los resultados alcanzados y lograr una reconstrucción paleoambiental/paleoclimática del área más completa.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Geología (U.N.S.) y al INTA. A la Secretaría General de Ciencia y Tecnología (U.N.S.), subsidio n° 24/064, por la ayuda económica brindada. Se agradece también al NSF-Arizona AMS Laboratory por su colaboración en la realización de los fechados. S.G. agradece a L. Anzótegui y a L. Mautinio por la ayuda en la determinación de algunos taxa polínicos. Agradecemos a M. Quattrocchio y M. Martínez por la lectura crítica del manuscrito y a A.L. Fernández por la ayuda en la confección de gráficos.

REFERENCIAS

- Acevedo, T. & Anzótegui, M.L. 1998. Myrtaceae. In: S. Pire; M.L. Anzótegui & G. Cuadrado (eds.) *Flora Polínica del Nordeste Argentino*, Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste, p. 67-80.
- Barreda, V.; Anzótegui, L.; Prieto, A.; Aceñolaza, P.; Bianchi, M.; Borromei, A.; Brea, M.; Caccavari, M.; Garrala, S.; Grill, S.; Guerstein, G.; Lutz, A.; Mancini, M.; Ottone, G.; Quattrocchio, M.; Romero, E.; Zamaló, M. & Zucol, A. 2007. Diversificación y cambios de las angiospermas durante el Neógeno de Argentina. In: S. Archangelsky; T. Sánchez & E.P. Tonni (eds.) *Asociación Paleontológica Argentina, Edición Especial 11, Ameghiniana 50 Aniversario*, p. 173-191.
- Birks, H.J. & Birks, H.H. 1980. *Quaternary Palaeoecology*. 1^a ed. London, Edward Arnold Publishers, 289 p.
- Borromei, A.M. 1995. Palinología, estratigrafía y paleoambientes del Pleistoceno tardío-Holoceno en el valle del Río Sauce Grande, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Polen*, 7:19-31.
- Borromei, A.M. 1998. Vegetación y clima del Cuaternario tardío en el valle del Río Sauce Grande, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Polen*, 9:5-15.
- Burgos, J. 1968. El clima en la provincia de Buenos Aires en relación con la vegetación natural y el suelo. In: A. Cabrera (ed.) *Flora de la provincia de Buenos Aires*, INTA, p. 33-39.
- Cabrera, A.L. 1976. *Regiones Fitogeográficas Argentinas*. 2^a ed. Buenos Aires, ACME, 85 p.
- De la Sota, E.R. 1967. Composición, origen y vinculaciones de la flora pteridológica de las Sierras de Buenos Aires (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 11:105-128.
- De la Sota, E.R. 1973. La distribución geográfica de las Pteridofitas en el Cono Sur de América meridional. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 15:23-34.
- De la Sota, E.R. 1985. Las pteridofitas de la Provincia de La Pampa, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa*, 1(2):23-34.
- Delcourt, P.A. & Delcourt, H.R. 1980. Pollen preservation and Quaternary environmental history in the southeastern United State. *Palynology*, 4:215-231.
- Dimbleby, G.W. 1985. *The palynology of archaeological sites*. Londres, Academic Press, 173 p.
- Faegri, K. & Iversen, J. 1989. *Textbook of pollen analysis*. Chichester, John Wiley and Sons, 328 p.
- Fontana, S.L. 2003. Pollen deposition in coastal dunes, south Buenos Aires province, Argentina. *Review of Paleobotany and Palynology*, 126:17-37.
- Fontana, S.L. 2005. Coastal dune vegetation and pollen representation in south Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of Biogeography*, 32:719-735.
- Grill, S.C. 1993. *Estratigrafía y paleoambientes del Cuaternario en base a palinomorfos en la cuenca del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires*. Universidad Nacional del Sur, Tesis Doctoral, 145 p.
- Grill, S.C. 1997. Palinología de un perfil cuaternario en el valle del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Polen*, 8:23-40.
- Grill, S.C. 2003. Análisis palinológico de sedimentos cuaternarios en la cuenca inferior del río Quequén Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Polen*, 12:37-52.
- Grill, S.; Borromei, A.; Martínez, G.; Gutiérrez, M.; Cornou, M. & Olivera, D. 2007. Palynofacial analysis in alkaline soils and paleoenvironmental implications: the Paso Otero 5 archaeological site (Necochea District, Buenos Aires province, Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, 24:34-47.
- Given, P.H.; Spackman, W.; Imbalzano, J.R.; Casagrande, D.J.; Lucas, A.J.; Cooper, W. & Exarchos, C. 1983. Physicochemical characteristics and levels of microbial activity in some Florida peat swamps. *International Journal of Coal Geology*, 3:77-99.
- Hässel de Menéndez, G.G. 1962. Estudio de las Anthocerales y Marchantiales de la Argentina. *Opera Lilloana*, 7:1-297.
- Hässel de Menéndez, G.G. 1979. Riella pampae Hässel n. sp. (Hepaticae) la tercera especie del género hallado en Sudamérica. *Revista Museo Argentino Ciencias Naturales, Sección Botánica*, 5(9):205-212.
- Heusser, C. 1971. *Pollen and Spores of Chile*. Tucson, The University of Arizona Press, 167 p.
- Heusser, L. & Stock, C. 1984. Preparation techniques for concentrating pollen from marine sediments and other sediments with low pollen density. *Palynology*, 8:225-227.
- Hooghiemstra, H. 1984. Vegetational and climatic history of the High Plain of Bogotá, Colombia: a continuous record of the last 3.5 million years. *Dissertationes Botanicae*, 79:1-368.
- Horowitz, A. 1992. *Palynology of arid lands*. Amsterdam, Elsevier, 546 p.
- Iriondo, M. & García, N. 1993. Climatic variations in the Argentina plains during the last 18,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 101:209-220.
- Kalgutkar, R.M. & Jansonius, J. 2000. *Synopsis of Fossil Fungal Spores, Mycelia and Fructifications*. Dallas, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 429 p.
- León, R.J.C. 1992. Setting and Vegetation. In: R.T. Coupland (ed.) *Natural Grasslands, Introduction and Western Hemisphere*, Elsevier, p. 371-378, 382-389.
- León, R.J.C. & Anderson, D.L. 1983. El límite occidental del pastizal pampeano. *Tuexenia*, 3:67-82.
- Mancini, M.V. 1994. Recent pollen sedimentation in Los Padres pond, Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of Paleolimnology*, 10:25-34.
- Mancini, M.V.; Prieto, A.R.; Páez, M.M. & Schäbitz, F. 2008. Late Quaternary Vegetation and Climate of Patagonia. In: J. Rabassa (ed.) *Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego*, Elsevier, 17:351-367.

- Markgraf, V. & D'Antoni, H. 1978. *Pollen Flora of Argentina*. Tucson, The University of Arizona Press, 208 p.
- Morrás, H. 1996. Diferenciación de los sedimentos superficiales de la región pampeana en base a los contenidos de fósforo y potasio. In: REUNIÓN ARGENTINA DE SEDIMENTOLOGÍA, 6, 1996. *Actas*, Bahía Blanca, p. 37-42.
- Morrás, H. 1999. Geochemical differentiation of Quaternary sediments from the Pampean region based on soil phosphorous content as detected in the early 20th century. *Quaternary International*, **62**:57-67.
- Morrás, H. 2003. Distribución y origen de los sedimentos loésicos superficiales de la Pampa Norte en base a la mineralogía de arenas. Resultados preliminares. *AAS Revista*, **10**(1):53-64.
- Morrás, H. 2004. Un nuevo esquema de sedimentación y evolución de los sedimentos loésicos superficiales en el sur de la Pampa Ondulada en base a criterios mineralógicos y geoquímicos. In: REUNIÓN ARGENTINA DE SEDIMENTOLOGÍA, 10, 2004. *Resúmenes*, San Luis, p.108-109.
- Morrás, H.; Altinier, V.; Castiglioni, M.; Grasticini, C.; Ciari, G. & Cruzate, G. 2002. Composición mineralógica y heterogeneidad espacial de sedimentos loésicos superficiales en la Pampa Ondulada. In: CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 18, 2002. *Actas*, Puerto Madryn, p. 4.
- Morrás, H. & Moretti, L. 2008. ¿Un miembro "esmeftítico" de la Formación Buenos Aires en la Pampa Ondulada? In: REUNIÓN ARGENTINA DE SEDIMENTOLOGÍA, 12, 2008. *Actas*, Buenos Aires, p. 121.
- Morrás, H.; Nabel, P. & Zech, W. 1998a. Identificación de distintos materiales parentales de suelos Argiudoles en un sector de la Pampa Ondulada (Castelar, provincia de Buenos Aires). In: CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 16, 1998. *Actas*, Villa Carlos Paz, p. 305-306.
- Morrás, H.; Zech W. & Nabel, P. 1998b. Composición geoquímica de suelos y sedimentos loésicos de un sector de la pampa ondulada. In: JORNADAS GEOLÓGICAS Y GEOFÍSICAS BONAERENSES, 2, 1998. *Actas*, Mar del Plata, v. 1, p. 225-232.
- Muller, J. 1959. Palynology of Recent Orinoco delta and shelf sediments: reports of the Orinoco Shelf Expedition. *Micropalaeontology*, **5**: -32.
- Nabel, P.; Morrás, H.; Petersen, N. & Zech, W. 1999. Correlation of magnetic and lithologic features of soils and Quaternary sediments from the Undulating Pampa, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, **12**:311-323.
- Nabel, P.; Morrás, H. & Sapoznik, M. 2005. Magnetoestratigrafía de sedimentos cenozoicos en el oeste del gran Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **60**(2):383-388.
- Pals, J.P., van Geel, B. & Delfos, A. 1980. Paleoeological studies in the Klokkeweel bog near Hoogkarspel (Prov. of Noord-Holland). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **30**:371-418.
- Ponce, M.M. 1982. Morfología ecológica comparada de las filicopsidas de las Sierras Australes de Buenos Aires (República Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, **21**(1-4):187-211.
- Prieto, A.R. 1996. Late Quaternary vegetational and climatic changes in the pampa grassland of Argentina. *Quaternary Research*, **45**:73-88.
- Prieto, A.R. 2000. Vegetational history of the Late glacial-Holocene transition in the grasslands of eastern Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **157**:167-188.
- Prieto, A. & Quattrocchio, M. 1993. Bryophyta y Pteridophyta en sedimentos del Holoceno de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Anales de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española*, **6**:17-37.
- Quattrocchio, M.; Grill, S. & Zavala, C. 1998. Chronostratigraphic and palynozone chronosequences charts of Napostá Grande Creek, southwestern Buenos Aires Province, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, **11**:111-133.
- Quattrocchio, M.; Borromei, A.; Deschamps, C.; Grill, S. & Zavala, C. 2008. Landscape evolution and climate changes in the Late Pleistocene-Holocene, southern Pampa (Argentina): evidence from palynology, mammals and sedimentology. *Quaternary International*, **181**:123-138.
- Reille, M. 1992. *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Marseille, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, 520 p.
- Schäbitz, F. & Schellmann, G. 1999. Ein bewaldetes interglazial im Cañadón El Mosquito, oberes Río Santa Cruz-Tal (Argentinien). *Bamberger Geographische Schriften*, **19**:195-210.
- Sebag, D.; Copard, Ch.; Di-Giovanni, A.; Durand, B.; Laignel, S.; Ogier, E. & Lallier-Verges, E. 2006. Palynofacies as useful tool to study origins and transfers of particulate organic matter in recent terrestrial environments: synopsis and prospects. *Earth-Science Reviews*, **79**:241-259.
- Stuiver, M.; Reimer, P.J. & Reimer, R. 2010. Calib 6.0. Available at <http://calib.qub.ac.uk/calib/>; accessed on 10/03/2008.
- Stutz, S.; Prieto, A. & Isla, F.I. 2002. Historia de la vegetación del Holoceno de la laguna Hinojales, sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana*, **39**:85-94.
- Traverse, A. 1994. *Sedimentation of organic particles*. Cambridge, Cambridge University Press, 544 p.
- Tyson, R. 1995. *Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies analysis*. London, Chapman & Hall, 615 p.
- van Geel, B.; Hallewas, D.P. & Pals, J.P. 1982/1983. A Late Holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of Noord-Holland, The Netherlands): palaeoecological and archaeological aspects. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **38**:269-335.
- Verettoni, H. 1965. *Contribución al conocimiento de la vegetación psamófila de la región de Bahía Blanca*. Bahía Blanca, Diestra Producciones, 160 p.
- Vervorst, F.B. 1967. Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado (provincia de Buenos Aires). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Serie Fitogeográfica*, **7**:1-262.
- Walkey, A. & Black, A. 1934. An examination of Degtareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, **63**:251-263.
- Zárate, M. & Fasano, J. 1989. The Plio-Pleistocene record of the central eastern Pampas, Buenos Aires Province, Argentina: The Chapadmalal case study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **72**:27-52.
- Zárate, M. 2002. Cambios climáticos durante el Cuaternario. In: CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 18, 2002. *Actas*, Puerto Madryn, p. 26.
- Zárate, M. 2003. Loess of southern South America. *Quaternary Science Review*, **22**:1987-2006.
- Zavala, C.A.; Grill, S.C.; Martínez, D.; Ortiz, H.O. & González, R. 1992. Análisis paleoambiental de depósitos cuaternarios. Sitio paleoicnológico Monte Hermoso I, Provincia de Buenos Aires. In: JORNADAS GEOLÓGICAS BONAERENSES, 3, 1992. *Actas*, La Plata, p. 31-37.
- Zech, W.; Zech, M.; Zech, R.; Peinemann, N.; Morrás, H.; Moretti, L.; Ogle, N.; Kalim, R.; Fuchs, M.; Schad, P. & Glaser, B. 2009. Late Quaternary palaeosol records from subtropical (38°S) to tropical (16°S) South America and palaeoclimatic implications. *Quaternary International*, **196**:107-120.