

M452

---

ISSN	Com. Mus. Prov. Cs. Naturales	Santa Fe	V 5 N° 1	Págs.	1995
0325-3856	"Florentino Ameghino" (Nueva Serie)	Argentina		1- 68	

---



## **El Sistema Eólico Pampeano.**

*Martín Iriondo y Daniela M. Kröhling.*

**Subsecretaría de Cultura**

**Provincia de Santa Fe.**

**- 1995 -**

# El Sistema Eólico Pampeano

*Martín Iriondo y Daniela M. Kröhling. (Aut.)*

\* \* \*

Comunicaciones (Nueva Serie) 5 (1)  
del  
Museo Provincial de Ciencias Naturales  
"Florentino Ameghino"

---

Edición y Propiedad Intelectual del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino" - Primera Junta 2859 (3000) - Sant.a. Fe - Argentina) Tel. (054) (042) 523843-

Fax (54-42) 533843

Reservados todos los derechos. Ninguna parte del material cubierto por este título puede ser reproducido por cualquier medio sin el previo permiso por escrito del Editor. Hecho depósito que establece la ley 11.723.

# COMUNICACIONES DEL MUSEO PROVINCIAL DE CIENCIAS NATURALES "FLORENCIO AMEGHINO"

**Editor-Director (Publisher):** Lic. Carlos Virasoro

**Asesoría Científica: (Editorial Board)**

Dr. Raúl H. Aramburu (Ictiología), Dr. Axel O. Bachmann (Entomología), Prof. Adolfo H. Beltzer (Ornitología), Dr. Esteban Bojanich M. (Geología), Ing. Qco. José L. Cerana (Química de suelos), Lic. Carlos N. Cerutti (Antropología), Dr. Martín de La Peña (Ornitología), Prof. Antonio De Petre (Suelos), Prof. Danilo H. Di Persia (Oligoquetos y Nematodos), Lic. Lauce R. Freyre (Biología Pesquera), Dr. Rafael Herbst (Paleontología Invertebrados), Ing. Agr. Víctor H. Lallana (Botánica acuática), Dr. Raymond F. Laurent (Herpetología), Dr. Juan P. Lewis (Ecología botánica), Dr. Roberto C. Menni (Ictiología Marina), Prof. Juan J. Neiff (Ecología botánica), Prof. Juan C. Paggi (Plancton), Prof. Susana José de Paggi (Ecología planctónica), Dr. Rosendo Pascual (Paleontología Vertebrados), Ing. Qco. Armando I. A. Ricciardi (Entomología Química), Ing. Agr. Virsilio Roig (Dinámica Botánica).

La publicación Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino" tiene como fin difundir artículos científicos originales, tesis resumidas, comunicaciones breves relacionadas con las ciencias naturales, ecología, y ciencias ambientales, generalmente en español con resumen en inglés. Recibe con interés trabajos referidos al área regional, en especial de la Provincia de Santa Fe, pero no se excluyen otras contribuciones que involucran progresos en el conocimiento general de aquellas ciencias en otras áreas del país o extranjero.

The Comunicaciones of "Florentino Ameghino" Provincial Museum of Natural Sciences is devoted to the publication of research papers, short communications and abstracts of thesis in the field of Natural sciences either basic or applied. It publishes those papers concernment mainly with the regional area known as the Province of Santa Fe. Not withstanding, contributions involving advances in the general knowledge of these sciences in any other part of the country or abroad, are also welcomed.

## INFORMACION GENERAL

Los manuscritos deben enviarse por correo certificado al:

*Museo Provincial de Ciencias Naturales "F. Ameghino"*  
*Primera Junta 2859 - (3000) Santa Fe*  
*Argentina*

Deben estar escritos a doble espacio y amplios márgenes; acompañados por dos fotocopias. Para conocer el reglamento adoptado, debe consultar "Reglamento de Publicación y Guía para los autores" (Comunicaciones, 9: 21-23, 1981).

Manuscripts should be sent first classe, air mail to:

*Museo Provincial de Ciencias Naturales "F. Ameghino"*  
*Primera Junta 2859 - (3000) Santa Fe - Tel/(054) (042) 23843*  
*Argentina*

They must be typewritten in double spacing and wide margins, with two copies. Further details of the format and reglamentations adopted for contribuitons are given in: "Reglamento de publicación y guía para los autores" (Comunicaciones 9: 21-23, 1981).

**Periodicidad y canje:** Se edita en forma irregular y envía por canje de acuerdo a la disponibilidad de ejemplares.

**Exchange - Publication eschedule:** Is issued irregular. Publishers and institution of related objectives may receive it on exchange.

Abreviatura internacional/World-list Abbreviations  
Com. Mus. Prov. Cs. Nat. Florentino Ameghino'

**Informes:** Biblioteca y Centro de Documentación "Dr. Joaquín Frenguelli" - Primera Junta 2859 - 1º Piso (3000) **Santa Fe** - (Argentina).  
Tel/(054) (042) 23843. Horario: 7 a 13 horas.

# EL SISTEMA EOLICO PAMPEANO

Martín IRIONDO\* y Daniela M. KRÖHLING\*\*

\* CONICET - FICH (UNL), C.C. 487 (3100) Paraná.

\*\* CONICET - FICH (UNL), C.C. 495 (3000) Santa Fe.

E-Mail: miriond@arcr.ride.edu.ar. Fax: 42-552494 / 42-550944.

## RESUMEN

El Sistema Eólico Pampeano es una gran cubierta sedimentaria depositada en la llanura argentina. Está formada por el Mar de Arena Pampeano y una Faja Periférica de Loess.

El Mar de Arena Pampeano es un sistema sedimentario eólico, que cubre 200.000 kilómetros cuadrados entre las latitudes de 33° S y 38° S, formando la mitad sur de la Pampa en Argentina central. Los sedimentos, compuestos por arena muy fina y fina limosa, se originaron principalmente en la Alta Cordillera (latitudes de 28° S hasta 36° S) por procesos nivales y criogénicos; los productos de meteorización física fueron transportados por aguas de deshielo hacia el sur a lo largo del sistema fluvial del Desaguadero y finalmente deflacionados en dirección norte y noreste por vientos australes durante el Último Máximo Glacial y otros períodos fríos. Los intervalos húmedos intercalados con aquellos estuvieron caracterizados por pedogénesis y desarrollo de fajas fluviales.

La Faja Periférica de Loess rodea al Mar de Arena por tres direcciones; tiene entre 200 y 300 Kms. de ancho y una longitud de dos mil kilómetros.

Fue reconstruida para la región una secuencia de doce períodos climáticos, comenzando con el Estadio Isotópico 4. Seis períodos secos, caracterizados por movilización de arena y sedimentación de loess, se intercalaron con seis intervalos húmedos con pedogénesis.

- \* El período seco más importante de toda la secuencia ocurrió en el Estadio Isotópico 4 (EI4). Estuvo caracterizado por un avance de la arena eólica hasta los 30° S (fuera de la región) y sedimentación de limos eólicos hasta los 25° S, en el sur de Brasil.

\* El Estadio isotópico 3 (EI3) fue básicamente húmedo. Está representado por dos suelos enterrados separados por un período semiárido. Estas condiciones semiáridas provocaron la disipación de las dunas heredadas del EI4.

\* Durante el Estadio Isotópico 2 (EI2) el enfriamiento global de la atmósfera produjo la glaciación de los Andes en el sur; en consecuencia, la provincia árida Patagónica avanzó unos 1.000 Km hacia el noreste de su posición actual, produciendo una movilización general de arena, formación de dunas y sedimentación de un cinturón loésico en el noreste. Este intervalo se extendió entre los 36.000 y los 8.500 años A. P. (antes del presente), con un pulso subhúmedo alrededor de los 15.000/16.000 a.A. P. El intervalo colocado entre los 14.000 y los 8.500 años estuvo caracterizado por fuerte erosión eólica, y no por sedimentación, en la región del sur de Santa Fe.

\* Los principales episodios del Holoceno fueron el período Hypsithermal (8.500 - 3.500 a.A.P.), un intervalo semiárido caracterizado por una anomalía anticiclónica estacional en el Holoceno superior (3.500 - 1.400 a. A. P.), el húmedo Máximo Medieval (1.400 - 700 a. A. P.) y la Pequeña Edad del Hielo.

## ABSTRACT

The Pampean Aeolian System is a large sedimentary cover deposited in the central Argentinian plain. It is composed of the Pampean Sand Sea and the Peripheral Loess Belt.

The Pampean Sand Sea is an aeolian sedimentary system, which covers 200,000 km<sup>2</sup> between the latitudes of 33° S and 38° S. It forms the southern half of the Pampa in central Argentina. The sediments, composed of very fine and fine sand and silt, were mainly originated in the high Cordillera (lat. 28° S to 36° S) by nival processes; the debris was conveyed by melting waters to the south along the Desaguadero fluvial system and finally deflated in a northeast direction by austral winds during the Last Glacial Maximum and other cold periods. Humid intervals were characterized by pedogenesis and development of fluvial belts. The Peripheral Loess Belt surrounds the Sand Sea in three directions; it is 250/300 km wide and about 2.000 km long.

A sequence of twelve climatic periods, beginning in Isotope Stage 4, was reconstructed for that region. Six dry periods characterized by sand mobilization and loess deposition were intercalated with six humid soil-forming intervals.

- \* The most important dry period of the whole sequence was the Isotope Stage 4 (IS4). It was characterized by an advance of the sand until 30° S (out of the region) and sedimentation of aeolian silts to 25° S, in south Brazil.
- \* The basically humid Isotope Stage 3 (IS3) is represented by two soil-generating intervals, separated by a semi-arid one. Such semiarid conditions provoked the dissipation of the dunes inherited from IS4.
- \* During the Isotope Stage 2 (IS2) the global cooling of the atmosphere glaciated the southern Andes; in consequence, the arid Patagonian cli-

matic province advanced some 1.000 Km to the northeast from its former position, with general mobilization of sand, formation of megadunes and deposition of a loess belt to the northeast. This interval extended from 36,000 y. B.P. to 8,500 y. B.P., with a sub-humid soil-forming spell around 15,000/16,000 years B.P. The interval 14,000-8,500 B.P. was characterized by strong aeolian erosion rather than by sedimentation in the Pampa region.

- \* The main Holocene episodes were the Hypsithermal period (8,500 B.P.-3,500 B.P.), an upper Holocene semiarid interval characterized by an stationary anticyclonic anomaly (3,500 B.P.- 1,400 B.P.), the humid Medieval Maximum (1,400 B.P.-700 B.P.) and the Little Ice Age.

## INTRODUCCION

El Sistema Eólico Pampeano (SEP) es un gran conjunto de sedimentos depositado por el viento en la primera parte de la última glaciación pleistocénica y posteriormente retrabajado en cierta medida durante fases climáticas sucesivas.

De la misma manera que otros grandes sistemas eólicos derivados de glaciaciones ubicados en Asia y América del Norte, el SEP está compuesto por un Mar de Arena (MAP) en la región central y una Faja Periférica de Loess (FPL). Ello se debe a que los vientos que soplan desde los campos de hielo transportan la arena por saltación y arrastre en las planicies más afectadas por la aridez. Los mismos vientos transportan más lejos en suspensión, en forma de nubes de polvo, a las fracciones limo y arcilla. Estas quedan atrapadas por la vegetación herbácea de las zonas peridesérticas y forman finalmente un manto de loess.

El SEP ha sufrido deflación en los períodos secos y pedogénesis en los húmedos. De acuerdo a la intensidad de la sequía, el SEP avanzó más o menos hacia el noreste.

- 4 -  
El mapa general que aparece en la figura 1 corresponde a la extensión del MAP durante el Estadio Isotópico 2 -E12- (es decir unos 18.000 años atrás), durante una época típica de su desarrollo. Hubo períodos de expansión mayor y también de contracción. Un ejemplo de esto último lo tenemos en el clima actual, en el que el SEP está reducido al norte de Río Negro y sur de la provincia de La Pampa.



**El Mar de Arena Pampeano (MAP)** forma en superficie un cuerpo irregular de 200.000 Km<sup>2</sup>, que se extiende en el centro de Argentina entre las longitudes de 59° 20'O y 67°O y las latitudes de 33° S y 38° S. Está compuesto en su mayor parte por arena muy fina y fina limosa, con arcillas dominadas por minerales del grupo de la illita. Tiene pocos metros de espesor y cubre limos endurecidos del Pleistoceno medio en los sectores este y norte. En el oeste (provincias de La Pampa y San Luis) el espesor del MAP es aún desconocido, debido a que esta arena cubre otras formaciones arenosas de similar granometría. De esa manera se hace difícil marcar el contacto en perforaciones.

Actualmente el MAP está sometido a un gradiente de precipitaciones que va de 1000 mm/a en el este a 300 mm/a en el extremo oeste. Las temperaturas medias anuales son 17°C en el extremo norte y 13,5°C en el ángulo sur. Los sectores oriental y central de la región están sometidos actualmente a pedogénesis bajo régimen húmedo e intermedio (respectivamente údico y ústico). La superficie está cubierta por vegetación de pradera y estepa, con sólo escasos puntos de deflación en el oeste.

El límite de sotavento del Mar de Arena es una traza irregular de rumbo SSE-NNO a través de las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba.

**La Faja Periférica de Loess (FPL)** bordea al MAP por tres costados: oeste, norte y este-sureste. El perímetro del contacto con el mismo tiene una extensión de unos 1800 km. El ancho típico de la faja oscila entre 250 y 300 km. El loess cubre las zonas más pobladas del norte y este de Buenos Aires, sur de Santa Fe y este de Córdoba; tal vez por ello se lo identifica como el sedimento pampeano por antonomasia. En realidad, la cobertura loessica es parcial en ciertas áreas. Tiene un espesor típico de 7 a 10 m en las zonas planas del centro de Santa Fe y Córdoba y de 4 a 7 m más al norte. En las barrancas de los arroyos aparece sistemáticamente con 2 m de potencia. Está compuesto por limo arenoso o por una mezcla franca limosa suelta, de color marrón, friable, con disyunción columnar y frecuentes concreciones de carbonato de calcio. Presenta crotovinas, moldes de raíces, grandes hormigueros rellenos y surcos de erosión eólica dentro de la columna sedimentaria. Asociados a la facies típica aparecen en el perfil de la formación depósitos de pantanos.

Menos conocido es el loess del oeste, que cubre valles y montañas de las Sierras Pampeanas y se extiende por el bolsón de Las Salinas, en el oeste de Córdoba y norte de San Luis. Incluye allí frecuentemente clastos de grava que indican inundaciones esporádicas de aguas no

encauzadas, dentro de una dinámica dominada por el viento. En el noreste, la Faja Loésica cruzó el río de la Plata y se depositó en el sur de Uruguay, llevando allí el nombre de Formación Libertad (Bossi, 1969).

El contacto entre el Mar de Arena y la Faja de Loess es una zona de transición de 5 a 15 km de ancho, la que resulta sorprendentemente estrecha si se consideran las dimensiones de ambos ambientes sedimentarios.

El límite "externo" del loess es difícil de definir en todo el norte y el oeste del sistema, debido a que pasa en transición a sistemas semejantes en el Chaco y en los bolsones. Por el contrario, en Entre Ríos y en la República Oriental limita con unidades geológicas claramente diferentes. Se ven en ese sector límites netos, el loess desaparece en pocos metros en el terreno en una línea bien marcada. Hacia afuera aparecen campos o "manchones" aislados, irregulares, de pocos kilómetros a varios cientos de metros de largo, que se hacen más pequeños y escasos hacia el noreste.

## ORIGEN DE LOS SEDIMENTOS

El origen de los sedimentos del SEP está vinculado a los procesos y sistemas geomorfológicos ubicados al oeste, en la Alta Cordillera y Precordillera y el Piedemonte Cordillerano. El más importante de éstos es el sistema hidrográfico del Bermejo-Desaguadero-Salado. Se trata de una extensa red hidrográfica que cubre 248.000 Km<sup>2</sup> en el oeste de Argentina (Fig.2). En la actualidad la red está desintegrada y es básicamente inactiva, debido al clima desértico del área. Durante períodos más húmedos del Cuaternario superior los cauces condujeron grandes caudales.

La cuenca fluvial posee tributarios importantes (los ríos Jáchal, San Juan, Mendoza, Tunuyán y Atuel), con procesos nivales y glaciales significativos en sus cabeceras. La geología y composición litológica de la cuenca del Desaguadero son considerablemente complejas. La cuenca abarca tres provincias geológicas y dos o tres regiones menores, cada una de ellas con sus características particulares. Estas son:

### 1) Cordillera Principal

Está caracterizada por andesitas, porfiritas, areniscas y margas. Sufrió vulcanismo durante todo el Cenozoico. Representa un área de unos 25.000 Km<sup>2</sup> por encima de los 1000 metros de altura, con superfi-

cies por encima de los 5000 m.s. n. m. Constituye la más importante área de fenómenos criogénicos de la región, que en el clima actual se desarrollan por encima de los 3300 metros y se extendieron hasta los 1100 metros durante las glaciaciones (Corte et al., 1995).

## **2) Cordillera Frontal**

Tiene una extensión similar y alturas parecidas a las de la Cordillera Principal entre los 28° y los 32° S. Forma las cabeceras de los ríos Jáchal y San Juan. Está formada por sedimentitas oceánicas metamorfizadas, andesitas, pórfidos e intrusiones graníticas paleozoicas.

## **3) Precordillera**

Está compuesta por rocas sedimentadas en ambiente de plataforma (calizas y areniscas) durante el Paleozoico, afectadas por una importante actividad magmática, intrusiva y efusiva, de edad permo-triásica (Videla y Suarez, 1991). Abarca 17.000 Km<sup>2</sup> en la cuenca.

## **4) Bloque de San Rafael**

Compuesto por pórfidos, tobas y areniscas paleozoicas y triásicas, abarca unos 10.000 Km<sup>2</sup> en la cuenca del Atuel-Diamante.

De lo anterior se deduce que la asociación mineralógica de las arenas derivadas de esta gran región de aporte debe ser compleja y cambiante en el tiempo. En la actualidad se produce una activa meteorización física por criogenia por encima de los 3300 metros de altura, o sea que la producción de sedimentos por kilómetro cuadrado en la Cordillera Frontal se estima varias veces mayor que en el Bloque de San Rafael. No sucederá así durante los periodos muy fríos, en que la criogenia llegó más abajo e interesó también a montañas más bajas. Durante los intervalos húmedos se produce meteorización química, por lo tanto una masa mayor de materiales finos derivados de rocas básicas de la cuenca, etc.

De todas maneras, es evidente que la meteorización física asociada a bajas temperaturas resulta en un amplio conjunto de procesos y productos de erosión (Ahumada, 1990) ricos en fracciones limo y arena fina. Un importante proceso ocurrido en Cordillera y Precordillera durante los intervalos más fríos fue la atrición de rocas (y consecuente producción de arena fina y limo) por la actividad de glaciares de roca. Un estudio de detalle realizado por Corte et al. (op.cit.) realizado en un glaciar representativo de la Precordillera mostró que más del 80-90% del "glaciar de

rocas\* correspondían a fracciones arena y limo, con escasa arcilla. El trabajo demuestra que el nivel de permafrost descendió hasta los 1100 metros sobre el nivel del mar en la época más fría, lo que representa una caída de 14,5°C en la temperatura media anual.

Aproximadamente 150.000 Km<sup>2</sup> de la cuenca del Desaguadero están por encima de los mil metros de altitud, lo que deja una extensa superficie sujeta a criogénesis durante los periodos fríos del Cuaternario. Aproximadamente un 20% de la misma está ubicada por encima de los 3000 metros; el efecto criogénico debe ser allí intenso.

Durante el Cuaternario superior los ríos formaron terrazas periglaciales en los valles y extensos abanicos aluviales en zonas de piedemonte: los abanicos complejos del Mendoza y del Atuel cubren áreas de alrededor de 15.000 Km<sup>2</sup>. El escenario completo sugiere una alta producción de sedimentos finos y transporte de los mismos por crecidas de deshielo hacia las tierras bajas. En general, existe en toda la región gran cantidad de sedimentos similares a los limos y arenas de la Pampa.

El colector de esta red fluvial corre con dirección N-S a lo largo de 1000 kilómetros, desde los 28° 30' a los 37° 30'. Actualmente está cubierto por los abanicos aluviales mayores y por campos de arena formados en el Holoceno. En la provincia de La Pampa, este colector se encuentra bien expuesto en superficie (Fig. 3). Allí formó una llanura de inundación de 40 a 50 Km de ancho en el Pleistoceno superior, rellena con más de 35 metros de limos y arenas interestratificados (Salazar, 1983). La asociación mineralógica de estos sedimentos indica una composición similar a aquella de las cabeceras de los tributarios cordilleranos arriba mencionados (Tullio, 1981).

A la altura del paralelo de 37° (Prov. de La Pampa) el colector tuerce hacia el este en dirección al Atlántico. El mismo ocupó varias posiciones a lo largo del Cuaternario (Malagnino, 1988), excavando varios valles en la Formación Cerro Azul, de edad pliocénica: Chapalcó, Quehué, Argentino, Utracán, Maracó, etc. Dichos valles están actualmente cubiertos en el este y el oeste por sedimentos eólicos más jóvenes. En el área en que están en superficie, se los puede identificar a lo largo de hasta 300 kilómetros, con anchos que varían entre 5 y 17 kilómetros. Hacia el este, los valles están completamente cubiertos por la arena del MAP, siendo imposible reconocer sus trazas en la provincia de

Buenos Aires, excepto la ocupada por el arroyo Vallimanca y la depresión de Chasicó, cerca de Bahía Blanca.

Ese gran sistema fluvial probablemente no alcanzaba el mar durante la última glaciación (Estadios Isotópicos 4 y 2), acumulándose sedimentos finos entre los 36° y los 39° durante las crecientes de deshielo. Esa región está sembrada de grandes depresiones elípticas de deflación, localizadas tanto en los valles como en la superficie general de la llanura y cubiertas posteriormente por el mar de arena, lo que indica que la red hidrográfica ya estaba desintegrada en esta última glaciación.

El modelo de formación del SEP está expuesto en la figura 4 (Iriondo, 1990 a). Dos orígenes alternativos fueron sostenidos por otros autores. Uno de ellos, propuesto por Teruggi y la Escuela de La Plata (ver Teruggi, 1957), postula que los sedimentos pampeanos se originaron en lluvias de cenizas de volcanes cordilleranos. El otro, apoyado por cuaternaristas de la Universidad de Río Cuarto, sostiene que (al menos regionalmente) los sedimentos pampeanos provienen de las Sierras Pampeanas, un complejo ígneo-metamórfico ubicado entre los 27° y los 34°S, al norte del MAP (Blarasin y Sanchez, 1987). Ambas hipótesis están fundamentadas en análisis mineralógicos de arenas de dos áreas pequeñas y son seguramente válidas como mecanismos complementarios del esquema principal, basado en el mapeo y datos integrados de toda la región.

Según Kröhling (1993) los sedimentos eólicos aflorantes en la costa sur de la laguna Mar Chiquita (Córdoba) reúnen dos poblaciones minerales diferentes. En general predominan notablemente los materiales del basamento cristalino de las Sierras Pampeanas (transportados y depositados por acción fluvial) sobre los materiales volcánicos y piroclásticos (transportados y depositados por el viento y en menor medida por acción fluvial). Unos 250 km hacia el sureste, los sedimentos eólicos de la cuenca del río Carcarañá (Santa Fe) se componen de materiales de naturaleza volcánico - piroclástica con escasa o nula participación de minerales provenientes de las Sierras Pampeanas (Kröhling, 1995).

Existe otra área que, aunque marginal y transitoriamente, contribuyó con sedimentos al SEP. Se trata del río Paraná y otros ríos tropicales (Uruguay, Paraguay) que fluyen desde el norte aportando arenas muy maduras y caolinita.

## SEDIMENTOLOGIA

### Granometría

El SEP presenta una notable homogeneidad granométrica si se considera la extensión del sistema.

El MAP está compuesto en casi toda su extensión por arena muy fina limosa, con porcentajes reducidos de arena fina. En las provincias de San Luis y La Pampa la fracción dominante es arena fina, sugiriendo un débil gradiente granométrico de dirección SE-NO. La selección es en general mediocre.

La FPL está compuesta por una mezcla de limo, arena muy fina y arcilla, clasificada como "sedimento franco" (en inglés "loam"). En el sur y oeste la mezcla es más gruesa (franco arenosa) que en la provincia de Entre Ríos (franco limosa), donde contiene porcentajes significativos de arcilla. Hay algunas zonas donde fueron realizados estudios de gradientes granométricos. Scoppa (1974) describió un claro gradiente en el diámetro medio del sedimento y en el contenido de arcilla entre la zona de Pergamino (junto al MAP) y el sur de Entre Ríos (en la parte distal).

Este esquema está indicando condiciones aerodinámicas homogéneas en los vientos de la región durante la época de formación del SEP, con gradientes de velocidad y turbulencia más reducidos que los actuales.

### Mineralogía

Un reconocimiento mineralógico a lo largo del SEP muestra dos características interesantes: a) La illita es el mineral arcilloso dominante en toda la región. b) la fracción arena es mineralógicamente compleja, frecuentemente está representada por dos asociaciones diferentes. El área de origen de estas asociaciones no es fácil de establecer por el momento. Pueden citarse los siguientes resultados:

- \* González (1981) encontró en el borde occidental del MAP sedimentos gruesos terciarios y cuaternarios provenientes del oeste, tales como clastos de pumicita y andesita. En los depósitos del Pleistoceno tardío de Salina del Bebedero describe arenas cuarzosas gruesas y arenas finas micáceas. La pumicita es correlacionada por este autor con la Asociación Piroclástica Pumícea de Mendoza (Polanski, 1963).

- \* Di Paola (1987), trabajando unos 100 kilómetros más al este, en el loess de la FPL, encontró que los litoclastos de la fracción arena derivan principalmente de andesita (Cordillera) y en proporción subordinada, casi nula, de metamorfitas de las Sierras Pampeanas. Los minerales pesados indican la misma tendencia.
- \* Por otra parte, Ulacco (1983), analizando sedimentos de la FPL ubicados en el piedemonte de las Sierras Pampeanas, esto es, muy cerca de los afloramientos precámbricos, encontró dominancia de una asociación mineral derivada de las sierras. La arcilla presente allí es también illita.
- \* Para el sur de la provincia de San Luis, Strasser (1985) determinó la siguiente composición mineralógica de arena muy fina en el MAP:

Feldespato potásico	53%
Cuarzo	14
Vidrio volcánico	10
Plagioclasas	9
Alteritas	6
Ferromagnésicos	4
Pesados	3

Es interesante notar que una capa de ceniza volcánica caída en esa región en 1932 (Kittl, 1932) ya había sido bastante mezclada con detritos epiclásticos, casi desapareciendo, en 50 años.

- \* La fracción arena muy fina (74-125  $\mu$ ) del MAP (E14) en la Estancia Sayapé, al sur de Va. Mercedes, presenta la siguiente mineralología:

Feldespato potásico	42%
Cuarzo	27
Alteritas	12
Vidrio volcánico	7
Plagioclasas	4
Otros	8

- \* Cantú (1992), apoyado en trabajos de otros autores, concluye que en el sur de Córdoba (34/35°S, 64°O) hay dos asociaciones mineralógicas en las arenas, una de ellas volcánica y otra de origen plutónico-metamórfico (Sierras Pampeanas).

\* La fracción arena fina del loess (E12) aflorante en la costa sur de la laguna Mar Chiquita (Córdoba) posee la siguiente composición mineralógica (Kröhling, 1993):

Cuarzo	27%
Vidrio volcánico	20
Feldespatos alterados	20
Plagioclasas	14
Alteritas	10
Feldespatos potásicos	7
Biotita	2

Las arcillas están representadas por micas (illita) y cuarzo y en menor cantidad por ortoclasa, gibbsita, caolinita y vidrio.

La composición mineralógica de la fracción arena fina de una formación de arena eólica aflorante en la costa sur de la laguna Mar Chiquita (junto a Miramar) está compuesta por:

Vidrio volcánico	55%
Cuarzo	18
Plagioclasas	9
Feldespatos alterados	7
Feldespatos potásicos	4
Alteritas	4
Biotita	2

Las arcillas están representadas por micas (illita) y cuarzo, con menores cantidades de montmorillonita, plagioclasa, siderita, gibbsita, caolinita y vidrio volcánico.

En ambos casos la mineralogía de los pesados está dominada por minerales típicamente metamórficos de las Sierras Pampeanas, con poca participación de materiales de origen volcánico.

\* Análisis realizados por Bidart (1992) en los depósitos de arenas muy finas y loess del margen oriental del MAP (38°S, 62°O) muestran que hay dominancia de cuarzo en la fracción arcilla. En el 66% de sus muestras hay más de 40% de cuarzo y porcentajes modestos de feldespatos, mientras que en la fracción arena muy fina la relación es inversa, con 40% de plagioclasas y 5-10 % de cuarzo. Esto indica un origen diferente para cada fracción granulométrica. El porcentaje de vidrio varía entre el 5% y el 45% y el mineral arcilloso más abundante es la illita.



\* Los resultados obtenidos de la fracción modal de arena del MAP (E14 y E12) son los siguientes:

	Maggiolo (E14)	Rufino (E13)	Rufino (S2)
Cuarzo	20%	33%	29%
Plagioclasa	15	14	15
Feldespatos K	18	10	13
Alteritas	16	25	20
Vidrio volc.	31	18	22

La fracción pesada comprende menos del 2% de la masa sedimentaria, está discriminada en:

Piroxenos	49-72%
Epidotos	7-12
Turmalina	4-13
Opacos amagnéticos	3-17
Corindón	1-5
otros (magnetita, circón, granate, micas)	

Los minerales livianos indican un neto predominio de materiales de origen volcánico sobre los originados en las Sierras Pampeanas. Hemos considerado aquí como indicador regional de las Sierras Pampeanas al porcentaje de feldespatos potásicos. Los minerales pesados sugieren la misma conclusión.

\* En la cuenca del río Carcarañá (Santa Fe) Kröhling (1995) encontró dos poblaciones mineralógicas de diferente fuente de origen en la fracción arena fina de la arena eólica del E14 y del loess del E12, predominando la población de naturaleza volcánico - piroclástica sobre la que comprende a minerales provenientes de las Sierras Pampeanas.

La mineralogía de la arena muy fina del loess (E12) está compuesta por:

Alteritas (volcánicas)	57%
Vidrio volcánico	19
Cuarzo	15
Feldespatos potásicos	6
Fragmentos líticos	2
Plagioclasas	1

El porcentaje de minerales pesados es muy escaso (0,40%).

La fracción arcilla total del loess muestra el predominio de cuarzo sobre los feldespatos, con menores cantidades de micas/illita y sílice amorfa.

\* Panigatti y Mosconi (1978/79), estudiando las arcillas de 14 suelos del loess de Santa Fe, registraron una homogeneidad general en mineralogía, con predominio de illita y presencia de cuarzo y feldespatos. Dichos autores atribuyen lógicamente la homogeneidad al origen común de los materiales parentales.

\* El polvo eólico depositado en la región de Misiones durante la máxima extensión del SEP está formado por los siguientes minerales:

Cuarzo	85-88%
Vidrio volcánico	6-11
Alteritas	1-4

El contenido de minerales pesados varía entre 1 y 7% y su mineralogía está compuesta por:

Opacos amagnéticos	95-96%
Magnetita	2-4
otros	< 2

- \* Morrás (1993), basándose en el mapeo geoquímico del fósforo en los suelos de la Pampa, obtuvo un mapa muy similar al nuestro (Fig. 5). Nótese especialmente el área H, correspondiendo esencialmente al MAP y el área G como zona de influencia de las Sierras Pampeanas.
- \* Tullio (1981) describió en el suroeste del MAP clastos de basalto provenientes del oeste (Fm. Santa Isabel) y también menciona dominancia de vidrio volcánico en sedimentos ubicados hacia los 62°O. De acuerdo con este autor, todo el sector del MAP correspondiente a la provincia de La Pampa es arena muy fina granométricamente madura y mineralógicamente inmadura.

En resumen, puede concluirse que la mineralogía del SEP indica para las arenas y limos un origen múltiple de la masa sedimentaria, con la mayor parte del aporte proveniente de la cuenca del Desaguadero, una orla de influencia de las Sierras Pampeanas en el sector norte, y una proporción variable de cenizas volcánicas provenientes directamente de erupciones. Los minerales arcillosos, por el contrario, indican un origen ambientalmente homogéneo para toda la región, representado por la formación y sedimentación de illita.

Una mención especial merece ser dedicada a la gran cantidad de precipitados de carbonato de calcio que se encuentra en el SEP. Tres tipos principales de precipitados suelen encontrarse:

- a) Concreciones pedogénicas botrioidales de carbonato impuro, de 0,5 a 5 cm de largo, con distribución vertical y superficies lisas a moderadamente ásperas. Son las más frecuentes; se originaron en los períodos húmedos del Cuaternario superior.
- b) Precipitados en forma de tabiques horizontales y subhorizontales, con espesores individuales de varios milímetros, generalmente anastomosados a lo largo de varios metros y afectando varios decímetros de espesor. Se formaron en la faja de oscilación del nivel freático.
- c) Concreciones pequeñas, muy ásperas, redondeadas o muy irregulares, de hasta 2 cm de diámetro, formadas en ambientes palustres permanentes. Son las más escasas. También se encuentran proporciones significativas de carbonatos dispersos en el sedimento. Se estima que el carbonato es de origen atmosférico y el calcio proviene de la alteración de los minerales ferromagnésicos y feldespatos in situ.

## LA CUENCA DEL RIO CARCARAÑA (SANTA FE), UN AREA TIPICA

El SEP no ha recibido una atención suficientemente detallada por parte de los investigadores como para ser adecuadamente conocido en toda su extensión. Varias áreas importantes del mismo no han sido aún investigadas por cuaternaristas. Un área que ha sido trabajada a un nivel adecuado es la cuenca inferior del río Carcaraña.

Las investigaciones de detalle llevadas a cabo en la citada zona ( $60^{\circ} 15' - 60^{\circ} 45'$  long. O y  $32^{\circ} 15' - 33^{\circ} 45'$  lat. S; con una superficie de 5200 km<sup>2</sup>) que comprenden la interpretación del registro sedimentario aflorante en perfiles asociada al análisis geomorfológico, aportan abundante información sobre un área de la FPL (Fig. 6).

La estratigrafía del Cuaternario del área, definida en base a tareas de campaña y apoyada con datos de laboratorio, incluye algunas formaciones nuevas, junto con otras previamente definidas para la provincia de Santa Fe. Las unidades litoestratigráficas identificadas recientemente continúan siendo estudiadas y serán descriptas formalmente en el trabajo de Tesis Doctoral de uno de los autores de este artículo (D.K.) -Fig.7-.

A continuación se presenta una breve caracterización de los cuerpos sedimentarios que componen la secuencia del Cuaternario de la cuenca.

### \* Formación Carcaraña (denominación informal)

En general compone la parte inferior de los perfiles de mayor potencia del área, aflorando en la base de cárcavas, canales cuneta, en partes de las barrancas del río Carcaraña, en los cortes artificiales del arroyo Cañada de Gómez, arroyo de las Tortugas, arroyo de los Leones y arroyo de las Mojarras.

Su potencia oscila entre 0,60 m y 5,5 m sin ver su base y la extensión lateral de los afloramientos varía entre pocos metros y varios kilómetros. En algunos perfiles el techo de la formación está marcado por una discordancia erosiva que la conecta con formaciones mucho más jóvenes: en la mayor parte de los afloramientos pasa mediante contacto erosivo a la Fm Tezanos Pinto.

La formación, de evidente génesis eólica, está típicamente formada por limos con arena muy fina con escasa participación de arcillas, de

color pardo rojizo brillante en húmedo (5 YR 5/6), masivos, de talud vertical a subvertical. Tiene escasas placas muy finas de micas y algunas placas de muscovita que alcanzan hasta 0,5 mm de largo. El sedimento presenta un grado de consolidación intermedio entre friable y consolidado; tiene reacción variable al ser atacado con ácido clorhídrico.

La superficie expuesta de la formación se caracteriza por presentar numerosas perforaciones de hasta 3 cm de diámetro, de formas esféricas a elipsoidales o formas cilíndricas; dichas perforaciones se desarrollan a favor de la estructura del sedimento, que presenta el desarrollo de dos fases de origen epigenético, siendo una de ellas menos resistente a la acción de la erosión. Ambas fases se diferencian a simple vista por la intensidad del color, por la consolidación del sedimento y por el contenido de carbonato de calcio diseminado en la masa, representando cada fase aproximadamente la mitad de la masa sedimentaria. En general, el sedimento está estructurado en bloques irregulares gruesos que no forman caras geométricas definidas.

La formación está organizada en estratos gruesos a muy gruesos (de 1 a 2,5 m de espesor) muy mal definidos y de actitud horizontal, sin estructuras internas visibles. La diferenciación del sedimento que compone cada estrato está dada por un tenue cambio en el color y/o en el grado de consolidación del mismo. La parte superior de la formación está constituida por depósitos aluviales de relleno de cauces abandonados sobre una discordancia intraformacional.

En el techo del estrato superior de la formación aparece un paleosuelo de 0,30 a 0,50 m de espesor; está expresado en el perfil por erosión en media caña sin notarse un cambio en el color del sedimento al pasar del material parental al suelo. Se identifica por su estructura re-presentada por prismas y bloques subangulares gruesos desarrollados en la parte inferior del horizonte; próximo a la transición al material parental hay rizconcreciones carbonáticas dispuestas en forma vertical.

En los perfiles donde aparece el estrato de origen aluvial o en aquellos sectores donde sólo aflora una pequeña parte de la formación, se hallan estructuras que se suponen asociadas a la pedogénesis correspondientes a un suelo conservado parcialmente. En general se relaciona con una facies concentrada en un nivel típico.

Dicha facies se reconoce a partir de sus límites netos, por la característica superficie irregular aflorante, y a veces por su color más claro que el del sedimento alojante, al estar cubierta por una película de sales blancas.

En general constituye afloramientos dispersos en el piso de cárcavas desarrolladas en el fondo de paleovalles fluviales o en el piso de canales cuneta próximos a caminos excavados 1 a 2 m por debajo del nivel general del terreno. En estos sectores donde el suelo constituye el techo de la formación, cubierta por la **Fm Tezanos Pinto**, se observa claramente que el paleorelieve desarrollado sobre dicho suelo es más accidentado que el relieve actual que caracteriza al techo de la formación suprayacente antes citada.

En otros perfiles, el nivel donde aparece dicha facies está definido por sectores de geometría triangular que evidencian su origen a partir del relleno de una serie de cárcavas muy próximas entre sí, con el material retrabajado del paleohorizonte B o C del suelo decapitado sobre la que se desarrollaron, evidenciando un paleorelieve comparable a badlands. La facies en análisis está formada por abundantes "clastos" redondeados de tamaño guija mediana a gruesa, endurecidos (resistencia muy firme), en general con escaso material matricial, presentando una estructura brechosa típica.

Esta formación fue depositada durante los periodos climáticos S5, D5 y S4-EI3- (Fig. 8).

#### \* **Formación Tezanos Pinto (Iriondo, 1980)**

Fue definida formalmente por Iriondo en las provincias de Entre Ríos y Santa Fe (1980 y 1987, respectivamente).

Está compuesta por limos eólicos, cubriendo en forma de manto tabular continuo las formaciones del Cuaternario inferior de la cuenca, con un espesor de 2 a 7 m, constituyendo la unidad típica del Cuaternario de la llanura pampeana. Dentro de la homogeneidad de este depósito Iriondo (1987) e Iriondo y Manavella (1990) reconocieron una serie de facies sedimentarias que reflejan los procesos locales a los que fue sometido el limo en el momento de su sedimentación.

En la cuenca están presentes algunas de las facies reconocidas por este autor, siendo la facies de **loess primario** o **facies eólica** la más importante. Arealmente el espesor común de loess primario oscila entre 2 y 4 m, aparece con buen desarrollo en canteras ubicadas en las zonas de interfluvio (con potencias de 6 a 8 m sin ver base) y en las barrancas del río Carcarañá, río Paraná, río Coronda y arroyo Cañada de Gómez.

Apoya mediante discordancia sobre la **Fm Carcarañá** en los perfiles del tramo final del arroyo Cañada de Gómez.

El techo de la formación está generalmente señalado por una discordancia erosiva bien visible sobre la que yace la **Fm San Guillermo**, mientras que en algunos lugares la **Fm Tezanos Pinto** corona la secuencia estratigráfica.

La **facies primaria** es un loess pardo brillante en húmedo (7,5 YR 5/6) y pardo anaranjado mate en seco (7,5 YR 7/3), constituido por limos con poca cantidad de arcilla y escasa o nula fracción arenosa apreciable, masivo, de estructura migajosa, pulverulento y friable, estructurado en general en bloques angulares medios a gruesos, muy débiles. Su masa está recorrida por finos canaliculos ramificados radicales. En general tiene alto contenido de carbonato de calcio diseminado en la masa del sedimento y pequeños agregados pulverulentos de similar composición. Suele poseer concreciones de carbonato de calcio diseminadas en su interior, de formas redondeadas y de superficie lisa o áspera hasta irregulares y de tamaños centimétricos. En los mejores afloramientos aparecen numerosas estructuras tipo yardangs de probable orientación S-N y grandes hormigueros rellenos (Fig. 9).

Constituye un talud vertical, en partes alterado por cuevas (en general originadas por subfusión); en algunos sectores está afectado por disyunción columnar. El barreno lo penetra con facilidad y a veces pierde su carga al extraerse.

La **facies castaño amarillenta con nódulos** está formada por limos gruesos, de color amarillo anaranjado brillante en húmedo (7,5 YR 8/3), en parte algo arcillosos. Está estructurado en bloques subangulares gruesos (de 20 a 40 mm de lado), moderadamente firmes a muy firmes en húmedo. Presenta abundantes "nódulos de limo" endurecido de tamaño medio a grande (de 5 a 15 mm de diámetro), son posiblemente generados por escarabajos estercoleros. El sedimento alojante es calcáreo (5-10% de  $CO_3Ca$ ); contiene concreciones en forma de placas y algunas subangulares, de superficie rugosa.

Esta facies es bastante frecuente en el área de estudio, alcanzando hasta 5 m de espesor visible.

La **facies palustre castaña**, formada esencialmente por limos, forma cuerpos tabulares y lentiformes que se intercalan y alternan con la facies eólica. La **facies palustre verde**, compuesta por sedimentos arcillosos y limosos de color verde oliva muy duros en seco que se fragmentan en poliedros bien definidos, se encuentra desarrollada en algunas cañadas y arroyos. Ambas facies están relativamente poco expresadas en la cuenca de estudio.

Hasta el momento se cuenta con el fechado de la **facies castaño amarillenta con nódulos** de la base de una cantera, con una edad de **35.890 ± 1030 años A.P.** La facies eólica muestreada cerca de Rosario reveló una edad de **≈ 32.000 a.A.P.** para la parte superior del perfil y una edad de **≈ 30.000 a.A.P.** a unos 4 m por debajo.

Esta unidad ha sido desarrollada durante los periodos L4, S3 y L3, - EI2, Allöred y Y. Dryas - (Fig. 8).

#### - El suelo Hypsithermal:

El techo de la formación está definido por un **paleosuelo** de 0,30 hasta 1,10 m de espesor, que en algunos perfiles puede interpretarse como un **paleosuelo complejo**. Tiene color pardo oscuro a negro y estructura prismática bien desarrollada (en general prismas angulares medios resistentes, limitados por fisuras finas y muy finas), hay abundantes barnices y moldes de tallos vegetales y de raíces.

Normalmente el suelo está decapitado por erosión eólica, conservándose solamente el horizonte B; lo cubre en casi toda la región la **Fm San Guillermo**.

Una serie de análisis micromorfológicos de este suelo señalan que la actividad orgánica ha sido muy importante entre el horizonte C y el material original. El análisis del horizonte B textural indica condiciones de formación en clima húmedo con precipitaciones claramente mayores a 800 mm. Restos del horizonte A preservados en algunos lugares indican intensa eluviación.

El suelo se desarrolló durante la fase climática S2.

#### \* Arenas Eólicas de Hansen (denominación informal)

En partes del sector sudoeste de la cuenca, el loess de la **Fm Tezanos Pinto** es reemplazado por una unidad formada por arena eólica



ca, equivalente en edad a la **Fm T. Pinto**. Dicha formación tiene mayor desarrollo en el sector sur de la provincia y se extiende en sectores de las provincias vecinas, perteneciendo al Mar de Arena Pampeano (MAP).

En el sector sudoeste de la cuenca se halla parte de la transición entre el MAP y la FPL, representada por sectores donde predomina la arena sobre el loess. Esos "manchones" de arena ocupan sectores irregulares de superficie variable entre pocos cientos de m<sup>2</sup> a varias decenas de km<sup>2</sup>. Las localidades de La Chispa, Murphy, Gödeken, Hansen, Berabevú, Los Quirquinchos, entre otras, se hallan en un tramo de la transición. Algunos "manchones de arena" aparecen al norte de la ruta N° 92, próximos a la margen derecha del río Carcarañá, con espesores de 3,5 m sin ver su base; otros menores se hallan al norte del río, en proximidades del mismo.

La unidad aflora en perfiles que limitan caminos excavados por debajo del nivel general del terreno o en perfiles de canales y del arroyo de los Leones. Está formada por arena muy fina poco limosa y algo plástica en algunos sectores, de color pardo amarillenta en seco, el tinte ocráceo está más acentuado en húmedo, friable, masiva o con estructuras poco visibles, con numerosas concreciones de carbonato de calcio grandes botroidales en la parte inferior de los afloramientos, de espesor máximo visible igual a 3,5 m. En los perfiles del arroyo de los Leones, se observa que la formación cubre en discordancia a la **facies aluvial de la Fm Carcarañá**.

En el techo de la unidad se ha desarrollado el **suelo Hypsithermal**, con espesor visible igual a 0,30 a 0,90 m, con perfil en media caña, en general de color pardo oscuro, con abundantes barnices, estructurado en prismas angulares medios, resistentes, con numerosos macroporos y moldes de raíces. El suelo, decapitado por erosión eólica, está cubierto por la **Fm San Guillermo**.

#### \* **Fm Lucio López** (denominación informal)

Aflora en forma discontinua en las barrancas del río Carcarañá y en casi todos los arroyos de la región. Es una formación compleja que aparece en forma incompleta en algunos de los perfiles del área.

Su espesor oscila entre 0,50 m y 4,50 m, siendo los perfiles del río Carcarañá los de mayor potencia; su continuidad lateral alcanza varios

rios cientos de metros en algunos sectores mientras que en otros sólo afloran pocos metros. Apoya en discordancia erosiva sobre la **Fm Carcarañá** y está cubierta por la **Fm San Guillermo**, siendo el contacto entre la unidad en análisis y esta última formación de tipo concordante horizontal. En algunos lugares la formación constituye el techo del perfil.

En general mantiene un perfil subvertical a vertical hacia el techo. Está formada por una sucesión de estratos horizontales claramente definidos, concordantes entre sí.

La expresión típica de la formación es:

- sector inferior, con un espesor típico de 1 m, formado por arena muy fina arcillosa, arcilla arenosa (arena muy fina), arcilla limosa o limo arcilloso, friable y plástico en húmedo, en general estructurado en agregados muy firmes, en algunos sectores con polígonos de desecación en su superficie. Está organizado en estratos finos y gruesos difusos de varios metros de persistencia lateral, en general de actitud horizontal, diferenciables por los distintos tonos de los sedimentos constituyentes (típicamente, verde oliva a gris).
- sector medio de 3,00 m de espesor típico, formado por un sedimento limo-arcilloso, liviano, con abundantes macroporos, de color general gris claro con variaciones al gris parduzco. Está organizado en estratos finos y medianos, de actitud horizontal. Localmente se intercalan tres horizontes pedogénicos, representados por horizontes B de 10 a 20 cm de espesor, de color gris más oscuro; uno de los horizontes corona el sector medio.
- sector superior organizado en estratos finos con contactos internos transicionales de disposición horizontal; se erode en cortes verticales que resaltan en el perfil de la formación. Alcanza gran distribución areal, su espesor varía entre 0,40 y 0,60 m. Está formado por limo y/o arcilla friable, liviano, gris claro (10 YR 7/1), bien estructurado en prismas angulares, largos y muy gruesos, muy firmes a resistentes. Tiene numerosos macroporos pertenecientes a moldes de tallos y raíces, cubiertos por una película de color pardo oscuro, orientados en direcciones varias. Localmente aparecen asociados al sedimento numerosos gasterópodos (Littoridina).

Esta formación posee en algunos sectores propiedades tixotrópicas, es decir el sedimento fluye como un líquido bajo ciertas condiciones de saturación; ello ha producido un vaciamiento parcial de la terraza baja del río Carcarañá en numerosos puntos entre las localidades de Berreta

y Andino. Se observan depresiones irregulares de 50 a 200 m de largo y de hasta 3 m de profundidad, producidas por este fenómeno. Probablemente esta dinámica sea producida preferentemente en el miembro basal.

Los colores y estructuras típicos de la unidad indican un origen palustre, con probable aporte de ceniza volcánica.

Hasta el momento la edad de esta unidad es insegura, una posibilidad es que haya sido sedimentada durante el intervalo climático D3-L3, otra que su edad corresponda al S2.

#### \* Formación San Guillermo (Iriondo, 1980)

Se encuentra en las provincias de Santa Fe y Entre Ríos, cubriendo un área muy extensa a manera de manto continuo sobre la Fm Tezanos Pinto.

En el área de estudio está ubicada en la mayor parte de los perfiles, apareciendo a veces en forma discontinua (por erosión y no depositación) en general coronando la secuencia sedimentaria. En algunos sectores su aspecto se ve modificado por los procesos edáficos y además cuando se depositó en ambientes palustres.

Está compuesta por limo grueso eólico con escasas proporciones de arena y arcilla, de color gris (10 YR 4/4) con variaciones tonales al gris parduzco (10 YR 5/1) a pardo grisáceo (7,5 YR 4/2) y en general negro parduzco en húmedo (10 YR 2/2), masivo, suave al tacto y en su mayor parte friable; en algunos sectores tiene muscovita fina. Su potencia típica es de 30 cm, alcanzando como máximo 55 cm en algunos perfiles; tiene perfil vertical que en general resalta en las barrancas. Su textura es migajosa y su estructura típica está representada por prismas aplanados dispuestos en forma vertical, cuyas caras están expresadas por superficies curvas, son muy gruesos, que según su resistencia se clasifican como moderadamente firmes, muy firmes a resistentes.

Apoya en discordancia erosiva de forma plana a ondulada sobre el **horizonte B del paleosuelo** desarrollado en el techo de la Fm Tezanos Pinto o en el techo de la **arena eólica de Hansen** equivalente a la Fm T. Pinto; en otros sectores descansa en forma concordante horizontal sobre los estratos grises blanquecinos que coronan la Fm Lucio López. Localmente la formación está cubierta por sedimentos fluviales actuales o por un depósito de origen antrópico.

En algunos lugares se diferencian dos sectores en la formación, en función del color de los sedimentos constituyentes de cada uno de ellos, siendo gris oscuro el inferior y gris claro el superior. En otros, el sedimento está laminado (laminación plana paralela horizontal, discontinua).

En lugares con suelos salinos suele producirse erosión areal generalizada mediante el retroceso de escarpes de poca altura, provocado por el flujo hipodérmico del agua de lluvia en el contacto entre la formación y la unidad infrayacente.

El limo eólico que forma la unidad proviene de las voladuras generalizadas del **horizonte A** del suelo desarrollado en el techo de la **Fm Tezanos Pinto** o en el techo de la **arena eólica de Hansen**, equivalente en edad a la **Fm T. Pinto**. En este último caso la **Fm San Guillermo** está formada por importante cantidad de arena muy fina y en general su color gris es reemplazado por el pardo grisáceo.

La unidad corresponde al período climático L2.

#### \* Arenas fluviales subactuales y actuales (sin designación definitiva)

Se agrupa aquí una serie de depósitos muy jóvenes de naturaleza predominantemente arenosa vinculados directamente al cauce del río Carcarañá. Es visible que algunos de ellos han sido depositados por crecientes en los últimos años. Otros, por el contrario, han sufrido una cierta evolución postdeposicional.

Las **arenas "subactuales"** afloran en forma discontinua a lo largo de las barrancas del río Carcarañá, con sus características típicas aguas abajo de la localidad de Berreta. En general, constituye la totalidad de la barranca con 3 a 6 m de potencia, excepto en algunos lugares donde la **Fm Carcarañá** o un depósito aluvial aún no muy bien reconocido constituye la base del perfil; en ese caso el pasaje a la unidad reciente está marcado por una discordancia erosiva.

Forma un perfil subvertical a irregular. Aflora en forma alternada en ambas barrancas, en contacto lateral erosivo con formaciones más antiguas; su extensión lateral varía entre unas pocas decenas de metros y varios cientos de metros (de 10 a 400 m de continuidad lateral). Localmente está cubierta por la **arena actual** y en otros lugares por un estrato limo-arenoso de color pardo negruzco que corresponde a un depósito de inundación rellenando pequeños cauces recientes.

Está compuesta por arena fina a media con abundante mica (aproximadamente un 20%) en placas de hasta 1,5 mm de diámetro (muscovita predominante) y con poca cantidad de limo, de color pardo claro, prácticamente suelta a muy friable. En general está organizada en estratos finos a gruesos, horizontales, continuos a lo largo de varios metros, en contactos concordantes; algunos estratos se diferencian por su color pardo algo más oscuro quizás por su mayor contenido de material fino (limo).

La unidad corresponde a un depósito de cauce que ha rellenado paleocauces divagantes del río Carcarañá, que fueron labrados en su mayoría sobre la Fm Carcarañá y que posteriormente pudieron haber sido aprovechados por cursos menores.

Hasta el momento las **arenas actuales** no han podido ser separadas estratigráficamente de las anteriores. Los materiales que transporta actualmente el río Carcarañá corresponden a la fracción arena fina con escasa arena media y regular cantidad de arena muy fina.

En el tramo del río Carcarañá, de dirección N-S (coincidente con el límite interprovincial) ubicado a unos pocos kilómetros al norte de la localidad de Cruz Alta, se halló gran cantidad de valvas de moluscos, pocos de ellos vivos. Fueron identificados como Corbicula fluminea -"peste de agua"- (Virasoro, 1995).

En la figura 10 se representa el perfil estratigráfico general de la cuenca inferior del río Carcarañá. Las figuras 11, 12, 13, 14 y 15 corresponden a resultados analíticos practicados en muestras de diferentes formaciones geológicas de la cuenca, que complementan su caracterización.

## SECUENCIA CLIMATICA

Los estudios realizados en los últimos años por nuestro grupo de trabajo han permitido reconstruir con un razonable grado de certeza la sucesión de climas ocurridos en el SEP y sectores cercanos en los últimos 70.000 años. La secuencia comienza en el Estadio Isotópico 4:

### \* El Estadio Isotópico 4 (S6)

Durante el Estadio Isotópico 4 (EI4), que se extendió aproximadamente entre 77.000 años y 60.000 años A.P., se formó el Mar de Arena

Pampeano (MAP). Aunque todavía no contamos con dataciones absolutas que lo confirmen, la posición estratigráfica para colocarlo en esta edad es consistente en varios afloramientos de la región.

El E14 aparece en la literatura sudamericana como el período más frío en el último ciclo glacial-interglacial. En ese intervalo de tiempo se produjo la máxima extensión de los glaciares y el máximo descenso de la línea de nieve en el continente (Clapperton, 1993). Coherentemente, se generó también el MAP, que alcanzó su máxima extensión durante esa fase climática (Fig. 16).

El E14 está caracterizado por megadunas longitudinales de orientación SSO-NNE y S-N. Dichas geoformas son visibles actualmente solo en imágenes satelitarias, y escasamente perceptibles en fotografías aéreas, debido a la disipación ocurrida en el relieve durante episodios climáticos posteriores. El área cubierta originalmente por las megadunas mide unos 100.000 Km<sup>2</sup> en los sectores sur y oeste del mar de arena. Las dunas tienen longitudes individuales de 50 a 200 kilómetros y 3 a 5 kilómetros entre crestas sucesivas. Se puede deducir una altura original de varias decenas a algunos cientos de metros para estas geoformas, si se considera el tamaño de los otros parámetros.

Probablemente existieron otros tipos de megaduna en este período. En el sur de Santa Fe existen grandes acumulaciones de arena con diámetros de varios kilómetros y hasta 20 metros de altura residual que parecen haber sido originalmente megadunas tipo estrella o tipo barjanoide.

En los lugares donde pueden observarse buenos afloramientos, los depósitos arenosos del E14 están estratificados en grandes sets de varios cientos de metros de largo y hasta 5 metros de espesor, con buzamientos de 10° a 20°. Estas dimensiones aparecen en el oeste, en la provincia de San Luis, donde existen grandes afloramientos naturales producidos por deflación (Nahuel Mapá, Sayapé, etc.). Por el contrario, en nuestra principal zona de trabajo (localizada en el noreste del MAP) solo pueden observarse modestos afloramientos en unas pocas canteras. También allí son visibles los grandes sets y sus principales características.

En la estancia Sayapé, al sur de Villa Mercedes (San Luis), el depósito del E14 está compuesto por arenas finas, bien seleccionadas, de

color marrón, levemente cohesionadas. En el techo del depósito aparece una capa de ceniza volcánica de 3 a 4 cm de espesor, cementada por un precipitado de carbonato de calcio y atravesada por numerosos tubos y moldes de invertebrados y de raíces. ||

En Maggiolo (sur de Santa Fe) el depósito correspondiente a D6 aparece en una cantera de 300 metros de largo y 3 m de profundidad, formando la mayor parte del perfil, con 1,7 a 2,3 m de espesor. Está compuesto por arena muy fina, bien seleccionada, color ocre castaño, friable y pulverulenta. Este sedimento se rompe en agregados poliédricos al cortarlo con un cuchillo. Aparecen moldes de raíces y tubos. El depósito es muy calcáreo en la parte superior, con concreciones globulosas de 2 a 3 cm de largo y no calcáreo en la base del afloramiento. Aparecen grandes estratos de origen eólico, levemente ondulados, con varios metros de extensión y 10° a 30° de inclinación (Fig. 17). El contacto con la unidad suprayacente es una discordancia erosiva irregular.

Más al norte, en Los Surgentes (Cdba.), el D6 forma la sección inferior de la barranca del río Carcarañá, y también la sección inferior de la barranca del arroyo Cañada de Gómez en el tramo de su desembocadura. Desde allí hacia el norte la arena del E14 se encuentra en el subsuelo, cubierta por sedimentos más jóvenes.

Una formación de arena eólica, probablemente depositada en esta época, aparece en el sur de Brasil, en la cuenca del río Ibicuy.

En consecuencia, si se considera la extensión total del ambiente desértico en este período, la región caracterizada por arenas eólicas tiene una extensión de 1200 km en sentido SO-NE. La región ubicada más allá del paralelo de 30°S no ha sido estudiada en detalle por los autores, pero puede suponerse razonablemente que la arena deflacionada en esas latitudes fue aportada por el Paraná y los otros ríos tropicales (Uruguay y Paraguay), que fluyen hacia el sur.

Más hacia el noreste, detrás de la máxima extensión del mar de arena, se depositó durante el E14 una extensa capa de polvo eólico sobre la provincia de Misiones y regiones vecinas de Paraguay y Brasil. El sedimento cubrió en forma de manto colinas y valles de basalto y sedimentitas terciarias, con un espesor típico de 5 a 10 metros. Mineralógicamente está compuesto por cuarzo y caolinita. Granométricamente se trata de un sedimento franco (loam), compuesto por una mezcla de arena muy fina,

limo y arcilla. De acuerdo con estos datos, los materiales sedimentarios fueron deflacionados del Paraná y otros ríos tropicales, con una modesta contribución (vidrio/alteritas) del lejano suroeste vía erupciones volcánicas. La asociación de minerales pesados es coherente con este origen.

#### - Escenario:

De acuerdo con la información anterior, se propone el siguiente escenario para el E14:

- 1) Temperaturas muy bajas en toda Sudamérica. Avance generalizado de glaciares en la Cordillera y en las regiones australes.
- 2) Clima extremadamente seco en la Cordillera entre los 27° y los 37° de latitud, lo que favoreció el desarrollo de glaciares de rocas y glaciares de escombros hasta una altitud de 1100 m.s.n.m. en la latitud de Mendoza. Producción masiva de limo y de arena muy fina.
- 3) Aparición de un área secundaria sujeta a procesos nivales y generación de sedimentos finos en las Sierras Pampeanas, específicamente en toda la superficie situada a más de 1100 m. s.n.m.
- 4) Clima seco y frío en las llanuras argentinas. Avance del clima patagónico aproximadamente 1500 km hacia el noreste de su posición actual.
- 5) Inundaciones esporádicas y transporte ocasional de sedimentos finos desde las montañas hacia el colector del Desaguadero. Acarreo de la carga sedimentaria hacia el sur hasta la latitud de 36° - 38°.
- 6) Fuertes vientos del suroeste originados en el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) y acelerados por procesos catabáticos al cruzar el campo de hielo patagónico.
- 7) Deflación generalizada de los sedimentos sueltos superficiales hacia el noreste. Generación del MAP con megadunas longitudinales. La orientación de las dunas marca la dirección de los paleovientos.
- 8) Aportes menores de sedimentos desde las Sierras Pampeanas y episodios volcánicos erráticos, con transporte eólico realizado por los vientos derivados del Anticiclón del Pacífico Sur.
- 9) En el noreste de Argentina y sur de Brasil (a unos 1000 km de distancia), deflación parcial y menos eficiente de arena y finos traídos por el Paraná y sistemas fluviales asociados. Sedimentación de un loam eólico en áreas tropicales, detrás del mar de arena.



### \* El Estadio Isotópico 3 (S5-D5-S4)

El Estadio Isotópico 3 (IS3; aproximadamente entre 60.000 y 36.000 años A.P.) está representado en el SEP y regiones aledañas por un mejoramiento climático de características complejas e irregulares. El cambio de las condiciones climáticas a partir del E14 ocurrió aparentemente en forma rápida: no hay discordancia estratigráfica entre las arenas de D6 y los sedimentos del piso del E13.

Básicamente, el E13 está caracterizado en la región por tres episodios climáticos sucesivos: a) Desarrollo de un suelo en la superficie de las dunas (S5). b) Un período de disipación generalizada del relieve heredado del E14, resultando en un aplanamiento casi completo de la topografía (D5). c) Desarrollo de un segundo nivel de suelo (S4).

Durante las tres fases climáticas se desarrollaron importantes fajas fluviales. Algunas de ellas son considerablemente más grandes que sus equivalentes actuales. Una datación de TL de  $45.610 \pm 1.990$  años A.P. fue obtenida en un sedimento fluvial de este nivel.

# El nivel de suelo inferior aparece fragmentariamente, a diferentes profundidades en los afloramientos, marcando un relieve local de 1 a 4 metros, enterrado por los sedimentos suprayacentes. Está caracterizado por prismas y columnas de hasta 15 cm de largo, compuestos por agregados poliédricos menores en el horizonte Bt. Color ocre rojizo. El carbonato de calcio está segregado en concreciones y placas incluidas en una masa no calcárea.

Este suelo (S5) representa un período de algunos miles de años bajo régimen údico, o sea con más de 800 mm anuales de precipitación en la región (de lo contrario, no hubiera sido posible el desarrollo de un horizonte Bt en esta latitud). La preservación parcial del relieve heredado indica también una densa cobertura vegetal, bajo un clima similar o más húmedo que el actual.

# Durante la fase siguiente ocurrió el aplanamiento prácticamente total del relieve de dunas mediante procesos de disipación. Las arenas de esta unidad (D5) afloran en todas las canteras y barrancas de la región. En la mayor parte de los casos la arena es masiva; en algunos lugares son visibles estructuras de disipación. Dichas estructuras están caracterizadas por venas y superficies onduladas, de hasta 20 cm de

largo y 2 cm de espesor, aisladas o formando enrejados irregulares. La orientación de esas líneas sinuosas tiende a ser groseramente paralela al relieve enterrado cerca de la base y horizontal hacia el techo del depósito.

Los procesos de disipación se producen por la acción de lluvias torrenciales, que saturan las capas superficiales de arenas sueltas no cubiertas, o cubiertas por vegetación rala. Ello sugiere condiciones climáticas semiáridas, con fuerte estacionalidad, para este intervalo de tiempo.

Si se considera la circulación general de la atmósfera en la región, se puede postular una corta estación lluviosa durante el verano. El resultado final de la disipación fue la aparición de grandes áreas completamente horizontales, lomas muy largas con pendientes de bajo ángulo y escasos campos de dunas con relieve moderado. En la mayor parte de los sitios este suelo ha sido completamente erodado.

# Un segundo nivel de suelo (S4), bien desarrollado, aparece en el tope de los depósitos de disipación. Tiene un espesor de 40 cm y está compuesto por prismas pequeños, con numerosos cutanes férricos. Es no carbonático y está bien preservado.

Inmediatamente debajo del suelo aparece muy frecuentemente un nivel discontinuo de tosca. Está compuesto por una red de delgadas placas, de pocos milímetros de espesor, que forman poliedros irregulares de 5 a 20 cm de longitud, con elongación preferentemente horizontal. La red de placas es discontinua, su espesor típico oscila entre los 40 y los 80 centímetros; su estructura indica precipitación de carbonatos asociada a oscilaciones del nivel freático. Concluimos que el nivel del agua subterránea estuvo probablemente muy cerca de la superficie del terreno durante el desarrollo del suelo, debido a la horizontalidad del terreno y a la humedad del clima. Como dato comparativo, puede mencionarse que en el clima actual el nivel freático está ubicado a varios metros de profundidad.

En una cantera cercana a Rufino encontramos un buen afloramiento del E13 (Fig. 18); está compuesto por arena limpia, de color ocre amarronado, con 2% de muscovita muy fina. Friable, no carbonática. Está caracterizada por estructuras onduladas de disipación de pocos centímetros de longitud de onda y hasta 30 cm de longitud visible. Las estruc-

turas tienen diferentes líneas que se entrecruzan, dando un aspecto anastomosado al afloramiento. El espesor del depósito es de 90 centímetros.

Cerca de Cañada Seca, en el rincón NO de la provincia de Buenos Aires, los 50 cm superiores de la arenas del E13 afloran en una zanja (Fig. 19). El depósito representa un pantano subtropical con precipitados asociados de carbonato de calcio.

Está compuesto por arena muy fina color marrón amarillento, atravesada por numerosos barnices de color ocre oscuro de orientación preferentemente horizontal. Dicho nivel, de 15 a 25 cm de espesor, está endurecido y cementado. Está atravesado por moldes de raíces revestidos por cutanes negros y se observan numerosos manchas negras de hasta 2 centímetros de diámetro, junto con restos vegetales pequeños.

En Aarón Castellanos, 40 Km hacia el este, afloran en un pequeño canal 50 centímetros de arena finamente estratificada. Algunos de estos estratos están compuestos por un sedimento oscuro, de grano fino, de origen palustre. En la base aparecen sectores con carbonato de calcio formando una estructura en enrejado. En la parte superior se encuentra el suelo S4.

Esta arena también aflora cerca de San Gregorio y en Maggiolo, cubriendo en esta última localidad a D6 e incluyendo la típica estructura de carbonato en enrejado. En San Eduardo, el suelo superior ha sido parcialmente erodado, conservándose solamente el horizonte C con una tosca estructura de grandes bloques verticales de 30 cm de diámetro.

En una gran cantera cercana a Melincué (Fig. 20) aflora todo el perfil de E13 en discordancia sobre D6, marcando un relieve enterrado local de 2 m de altura. D5 está caracterizado por grandes estructuras de disipación (20-30 cm de largo) cerca de la base y estructuras menores hacia el techo. S4 está bien preservado y la red de placas carbonáticas forma cuerpos de 5-10 m de largo y hasta 1 m de espesor.

El afloramiento más al norte de este estadio visitado por nosotros se encuentra en el canal Plujunta (Fig. 21), cerca de la laguna Mar Chiquita. En este lugar aparece el suelo inferior en forma fragmentaria, en segmentos de 2 a 3 m de longitud ubicados a diferentes alturas. Hay una masa general de arena fina con frecuentes estructuras de disipación y volúmenes de arena masiva de 4 a 7 m de largo por 0,50 a 1 m de espesor. En el tope de la formación se ve el suelo superior en forma continua.

El contacto con los horizontes suprayacentes de E12 es muy quebrado e irregular, del tipo "badland".

**- Escenario:**

Se propone el siguiente escenario para el Estadio Isotópico 3:

- 1) Un cambio climático rápido hacia condiciones subtropicales húmedas, con precipitaciones claramente superiores a los 700 mm/a. Tentativamente se pueden asumir 1000-1200 mm/a.
- 2) Desarrollo de un suelo subtropical color ocre rojizo y densa cobertura vegetal que preservó parcialmente el relieve local de dunas. Dado el buen desarrollo del horizonte B suponemos que esta fase climática se mantuvo durante un tiempo considerable, 4000 a 5000 años como mínimo.
- 3) Posteriormente se instaló un clima semiárido que produjo la disipación prácticamente total de las dunas. Para ello es necesario asumir una escasa cobertura vegetal, similar a la actual del norte de Patagonia o del oeste de Argentina. Se puede suponer una precipitación anual de 300 a 400 mm.
- 4) Debido al patrón básico de circulación de la atmósfera en la región, es probable un aumento de la influencia del APS, con temperaturas más bajas que las actuales y cortas lluvias de verano.
- 5) El paisaje resultante fue una planicie casi absolutamente horizontal, que todavía persiste en la mayor parte del MAP.
- 6) Sobreviene finalmente un segundo período húmedo con desarrollo de suelos en régimen údico y ascenso del nivel freático hasta cerca de la superficie, que precipitó carbonato de calcio en forma de enrejado.
- 7) Probablemente los pantanos fueron un elemento significativo del paisaje.
- 8) Las precipitaciones en esta fase estuvieron claramente por encima de las actuales, tentativamente entre 1000 y 1200 mm anuales. Esto, sumado a la movilización de los minerales de hierro en suelos y pantanos, indica un avance del clima subtropical húmedo (actualmente en el extremo noreste de Argentina) sobre el MAP.
- 9) Durante S5 y S4 un clima de sabana/selva ocurrió en las regiones tropicales del NE, produciendo oxidación y movilización del hierro del loam eólico.

## \* Estadio Isotópico 2 (D4-L4)

El Estadio Isotópico 2 (EI2) está caracterizado por un avance glacial generalizado en la Cordillera de los Andes y desecación del clima de las planicies de Sudamérica (Iriondo y García, 1993; Clapperton, op. cit.). Se trata del Último Máximo Glacial (UMG).

En el MAP se produjo una importante removilización de arenas, que formó importantes campos de dunas en el sur y depositó una ancha faja de loess de extensión noroeste-sureste, con 200 Km de ancho en la provincia de Santa Fe, entre los 31°S y los 33°S. En el extremo oriental del mar de arena la faja está ubicada entre los 34° 30' y los 36°, cruzando el río de la Plata hasta el sur de Uruguay (Bossi, 1969). Constituye el famoso "loess pampeano" de los viejos naturalistas (en realidad, la cobertura loessica es parcial en ciertas áreas).

En nuestra región de estudio aparecen amplios campos de dunas en el área de Sancti Spiritu y campos menores hacia el este y el norte. Están compuestos en general por dunas pequeñas, regulares, de 100 a 200 m de ancho y alrededor de 500 m de largo, de dirección S-N. Actualmente están suavizadas por la disipación y tienen una altura residual de 1 a 2,5 m, y cubiertas por depósitos eólicos del Holoceno superior. Se ha obtenido una datación de  $17.690 \pm 2.170$  años AP para este nivel en el oeste del MAP, cerca de Villa Mercedes (San Luis).

En esta época fueron rellenados los grandes cauces del río Quinto, que fueran labrados durante el EI3. En Villa Cañas existe un buen ejemplo de este caso (Fig. 22).

Una importante movilización de polvos eólicos produjo la acumulación de 4 a 7 m de limos y sedimentos franco limosos formando una faja loessica discontinua (FPL) de 250 a 300 km de ancho, por detrás del MAP.

El escenario para el EI2 es similar al del EI4, aunque considerablemente más débil:

- 1) Las arenas removilizadas cubrieron sólo parcialmente la región, y el limo transportado en suspensión se depositó 700 km más cerca del núcleo del MAP que la vez anterior.
- 2) La arena y el limo colmataron los paleocauces y fajas fluviales del EI3, aunque sin borrarlos completamente del paisaje.

- 3) La instalación del EI2 comenzó con un desmejoramiento climático que erodó grandes áreas del suelo de S4 y depositó una capa de sedimentos torrenciales en la base, para pasar después a un ambiente definitivamente eólico.
- 4) Las fajas climáticas se corrieron unos 750 Km hacia el NE de la posición actual, si es que consideramos como indicador el borde externo de la sedimentación del loess (Fig.23).

#### \* Pedogénesis (S3)

El mejoramiento climático correspondiente al final del UMG está comprobado en la región, aunque en forma indirecta. El loess del EI2 contiene abundantes concreciones pedogenéticas de carbonato de calcio, radiciformes, tabulares o botrioidales, con frecuente orientación vertical. Suelen medir entre 5 mm y 5 cm de largo y poseen dureza considerable.

Se ha efectuado una datación de radiocarbono sobre concreciones colectadas en la ciudad de Paraná, la cual resultó en una edad de  $15.480 \pm 190$  años A.P. Existe también una edad TL de  $15.690 \pm 1.720$  años A.P. para un depósito de arena (muy probablemente de disipación) localizado en el sitio Lomita del Indio, cerca de Bañearia (Mar Chiquita). Esta arena es fina a muy fina, limosa, con carbonato diseminado en la masa y en agregados pulverulentos.

Se deduce por lo tanto un mejoramiento climático, con condiciones suficientemente húmedas como para producir fenómenos pedogénicos, alrededor de 15.500-16.500 años A.P., probablemente equivalente al Alleröd. Los únicos indicadores de esta fase climática que aparecieron hasta ahora son la precipitación de carbonato y la probable disipación de arena. Combinando ambos indicadores paleoclimáticos, se puede pensar en un clima semiárido/subhúmedo, con suficientes precipitaciones para producir la lixiviación de los carbonatos del suelo, pero con cobertura vegetal escasa, que favoreció la disipación de las dunas.

#### \* Pleistoceno Final (D3-L3)

En el sur de Santa Fe el MAP está cubierto por un gran número de depresiones de origen eólico, actualmente ocupadas por lagunas permanentes. Estas depresiones fueron excavadas en todas las posiciones y sobre todas las geoformas del mar de arena, incluyendo las dunas del EI2, por lo que las colocamos en un período seco del final del

Pleistoceno, groseramente equivalente al "Younger Dryas". Son más abundantes en las zonas bajas pantanosas, especialmente en los paleocauces del río Quinto, que en la zona sur de la provincia de Santa Fe tienen rumbo general SO-NE. Numerosas depresiones ubicadas fuera de los paleocauces, en diferentes posiciones del terreno, tienen rumbo O-E bien definido. La pedogénesis del S3 (15.500-16.000 años A.P.) no aparece en su entorno, lo que constituye un indicio complementario de que esta deflación es posterior.

Las depresiones tienen una forma generalmente elíptica, en muchos casos bastante regular. En menor proporción son circulares, irregulares y compuestas; estas últimas formas resultan del proceso de crecimiento de una laguna cuando ésta engloba a dos o más depresiones. Se estudiaron 184 lagunas. Tienen una longitud promedio de 1,34 Km; en su gran mayoría están comprendidas entre los 0,5 y los 2 Km, lo que indica una notable regularidad en los vientos que provocaron la deflación. Además, indica homogeneidad en la consistencia de los agregados superficiales y granulometría de los sedimentos superficiales. La granulometría, en efecto, es muy regular: arena muy fina limosa, y casi sin arcilla. La profundidad típica de las lagunas en la actualidad oscila entre los 2 y los 3 metros.

Para obtener resultados estadísticamente válidos, se midió el rumbo del eje mayor de las depresiones, como indicador de la dirección del viento dominante, volcándose los resultados en forma gráfica en proyección circular para formar rosas de los vientos (Fig. 24). Se construyeron nueve rosas en sendas Hojas de escala 1:50.000 de la Carta Topográfica de la República Argentina, en donde hay más de 10 depresiones por hoja. Todas las demás depresiones aisladas (36 en total) se agruparon en un gráfico "residual"; finalmente se construyó un gráfico general con toda la información. Para estimar la dirección de los paleovientos resultan especialmente útiles el gráfico general y el gráfico "residual".

En el gráfico general se encontraron dos direcciones de viento bien definidas. La más importante de ellas tiene una moda muy marcada de dirección O-E (47 lagunas) con dispersión escasa hacia ambos costados. Esta dirección agrupa al 61% de las lagunas. La otra dirección presenta un máximo SSO-NNE (25 lagunas) y considerable dispersión hacia el S-N y el SO-NE; agrupa al 35% de las lagunas.

Evidentemente, la distribución de las depresiones indica dos regímenes de vientos dominantes: oeste-este y sursuroeste-nororeste.

De acuerdo con las evidencias de campo, los vientos O-E ocurrieron en un período más viejo que los de dirección SSO-NNE. Entre las evidencias figuran la preservación de lunetas, las pendientes de las orillas y el grado actual de colmatación. Las orillas este y oeste de las lagunas son en general suaves, con algunas lunetas muy destruidas en su margen oriental. Los vientos del SSO dominaron visiblemente en períodos posteriores.

El gráfico "residual" representa depresiones ubicadas erráticamente en el paisaje, gran parte de ellas fuera de los paleocauces; muestra un predominio muy grande de vientos del oeste, casi de 3 a 1 con respecto a otras direcciones. Ello indica que en los lugares en que no había paleoformas heredadas que favorecen la deflación, la capacidad erosiva de los vientos del oeste fue mucho mayor que la de los posteriores vientos del sursuroeste.

Actualmente los vientos del oeste son prácticamente inexistentes en la región. Ocurren muy raramente, cuando la faja de anticiclones del Océano Austral sube hacia el norte. Vientos permanentes del oeste, de 30 a 35 nudos de velocidad, con capacidad de erodar sedimentos finos, ocurren actualmente en Patagonia, al sur del paralelo de 40°. Son el resultado de la ciclogénesis, por regeneración al este de los Andes, de sistemas del Pacífico que resultan bloqueados por la Cordillera en su trayectoria oeste-este (Rivero et al., 1975). La frecuencia mayor de pasaje de estas depresiones ocurre en la segunda parte del verano y principios del otoño. Tienen un diámetro de alrededor de 400 kilómetros y producen vientos en sentido horario, es decir vientos del oeste en su parte norte y vientos del este en el sector sur. La consecuencia en estos casos es que la parte sur recibe humedad del mar, mientras que la parte norte sufre desecación durante el fenómeno.

La presencia de las numerosas depresiones eólicas en el sur santafesino indica que en el fin del Pleistoceno la circulación oeste-este de estas depresiones ciclónicas se corrió unos 8 grados de latitud hacia el norte, produciéndose vientos fuertes y secos del oeste en latitudes cercanas a los 34°.

Existen depósitos de limos eólicos de esa época (fin del Pleistoceno/Holoceno inferior) en la región periférica del MAP. Dichos depósitos contienen los últimos restos de megafauna pleistocena de la Pampa. Son limos de color marrón claro, masivos, muy homogéneos granulométricamente, con abundantes carbonatos dispersos y concreciones calcáreas. Constituyen la parte superior de la Formación Tezanos



*Datos Cop.*

Pinto. En la localidad de Jacinto Arauz (Santa Fe) se obtuvo un fechado de TL de  $9\ 390 \pm 630$  años A.P., asociado a restos de (Megatheriidae.)  
*= Glyptodont*

En San Luis aparece la Formación Barranquitas (Latrubesse y Ramonell, 1990), constituida por 2,5 a 3 metros de loess con base torrencial, donde aparecen fósiles de megamamíferos e invertebrados. El loess es un limo bien seleccionado, constituido por granos y partículas derivados de las cercanas Sierras Pampeanas. Una datación de radiocarbono indica una antigüedad de  $13\ 540 \pm 100$  años A.P. para la base de la formación.

Lo anterior nos lleva a asumir que entre los 14.000 y los 8.500 años A.P. se estableció un clima seco y frío en la región pampeana.

#### - Escenario:

Se puede suponer el siguiente escenario para el fin del Pleistoceno y comienzo del Holoceno:

- 1) Deterioro climático con una fase semiárida, caracterizada por erosión hídrica generalizada.
- 2) Corrimiento de las líneas climáticas de Patagonia unos 8 grados de latitud hacia el norte, o sea unos 900 kilómetros.
- 3) Dinámica morfogenética de vientos fuertes del oeste, provocados por la regeneración de ciclones al este de los Andes.
- 4) Siguiendo la analogía del clima actual del norte de la Patagonia, los vientos típicos estarían en el orden de los 30 a 35 nudos.
- 5) El movimiento de arena en el sector estudiado (noreste del MAP) fue modesto; el trabajo más importante del viento fue la excavación de depresiones elípticas de alrededor de 1 kilómetro de largo.
- 6) El clima no fue completamente árido. Se supone que hubo algo de vegetación y anegamiento esporádico de las depresiones, debido a la formación de lunetas.
- 7) En las partes periféricas hacia el norte el viento realizó considerable transporte de finos en suspensión, con acumulación de hasta 3 m de espesor de loess.

Debe destacarse la diferencia cualitativa que existió entre la dinámica de esta época y los escenarios de los grandes episodios fríos de EI4 y EI2.

#### **\* El Hypsithermal u Optimum Climaticum (S2)**

Se conoce con los nombres de "Hypsithermal" u "Optimum Climaticum" a un calentamiento general del clima ocurrido alrededor del Holoceno medio en todo el mundo. En la Argentina fue reconocido varias décadas atrás por los viejos cuaternaristas, que le dieron el nombre de "Piso Platense". Las características generales y reconstrucción ambiental de esta fase climática ya fueron estudiadas anteriormente (Iriondo y García, 1993; Iriondo, 1994). Recientemente se amplió la investigación sobre las características de campo y micromorfología del suelo desarrollado en ese período (Fig. 25).

El período Hypsithermal duró desde el 8.500 a.A.P. hasta el 3.500 a.A.P. Su comienzo produjo la extinción de los últimos restos de la megafauna pleistocena y dentro de él ocurrió el poblamiento humano generalizado de la región pampeana y áreas vecinas.

En este período se formó una terraza fluvial en los arroyos situados al noreste del MAP (Iriondo, 1980). El río Uruguay también tuvo una actividad de acreción por inundaciones y formación de pantanos alrededor del 5000 A.P. (fechado de  $4.850 \pm 740$  años A.P. en madera).

#### **El Holoceno Superior (D2-L2)**

Durante el Holoceno superior sobrevino un pulso seco, básicamente semiárido, en el MAP y regiones vecinas. Sus principales características climáticas ya han sido estudiadas (Iriondo, 1990b, Fig. 26). En el mapa de la figura 27 aparece el límite entre la sedimentación de limo y la sedimentación de arena en el sector noreste del MAP.

De acuerdo con un conjunto de varios fechados de radiocarbono propios y de otros autores, se deduce que este período seco se extendió desde el 3500 a.A.P. hasta el 1400 a.A.P.

#### **\* El Máximo Medieval (S1)**

Existen varios indicadores que marcan un calentamiento acompañado por aumento de humedad durante el período 1400-800 a.A.P. Dichos indicadores son pedológicos, faunísticos, geológicos y arqueológicos.

En el oeste del MAP hay delgados depósitos lacustres (arenas muy finas verdosas laminadas) en el fondo de hoyas de deflación. Dichas hoyas están actualmente secas y sometidas a deflación casi permanente. Alrededor de esos paleolagos aparecen restos arqueológicos de la Cultura Agrelo, que existió en todo el oeste argentino entre el 1500 a.A.P. y el 1000 a.A.P. (A.García, com. pers.; fechados de radiocarbono: 1000 a.A.P., 1060 a.A.P., 1460 a.A.P., 1360 a.A.P. y 1490 a.A.P.).

Nosotros obtuvimos dos dataciones de radiocarbono de una turba localizada en El Volcán, cerca de la ciudad de San Luis. Una de ellas arrojó una edad de  $1440 \pm 60$  a.A.P., la otra  $1030 \pm 90$  a.A.P. Se trata de un depósito de 1 metro de espesor, de color negro. Está constituido por restos carbonosos de vegetales, mezclados con sedimentos pelíticos, muy bioturbado y con abundantes diatomeas. Se lo interpreta como indicador de un clima más húmedo que el actual.

El río Quinto, al entrar en la llanura cerca de Mercedes, sufrió divagaciones y cambios de curso en este período. Un relleno de un cauce abandonado fue datado (C14 en madera) en  $1220 \pm 90$  a.A.P.

En el centro de la provincia de Santa Fe se registró precipitación de carbonato pedogénico en un horizonte C (lo que significa clima húmedo) en una edad de  $1155 \pm 145$  a.A.P. (Panigatti, 1981). Más hacia el este, en Salto Grande (junto al río Uruguay), los abundantes restos de un caracol terrestre que hoy en día habita la selva misionera (Filipponea iherigi) indican un avance de la selva tropical unos 400 km hacia el sur (Iriondo y García, op. cit.; Fig. 28).

#### \* La Pequeña Edad del Hielo (D1-L1)

La Pequeña Edad del Hielo (PEH) es un período de enfriamiento y sequía que coincidió aproximadamente con el período histórico colonial de América. En la Argentina produjo avances glaciares en la Cordillera y aridez en las tierras bajas. Ha sido detectado desde tiempo atrás por varios investigadores (Heusser, 1961; Politis, 1984; Rabassa et al, 1985; Latrubesse y Ramonell, 1990).

En el noroeste de la provincia de Buenos Aires Hurtado et al. (1985) describieron una delgada capa de arena superficial, a la que denominaron **Miembro Seré**, de la **Fm Las Lilas**. Dicha capa se extiende hacia el norte, dentro de la provincia de Santa Fe. En nuestra zona de trabajo dicha capa de arena aparece hasta el paralelo de  $34^\circ$ . Tiene entre 10 y 30 cm de espesor, está formada por arena muy fina marrón clara,

muy suelta. Se va haciendo discontinua hacia el noreste; en el área de Villa Cañás, situada al borde del área deflacionada, la arena aparece en manchones de varios cientos de metros de longitud, preferentemente en las partes relativamente altas del terreno.

El mapa de la Fig. 29 sugiere una dirección SO-NE para los paleovientos en un frente de unos 120 kilómetros. Para la región situada más al norte y al este del MAP se pueden detectar varias indicaciones de la existencia de un clima más seco que el actual durante los tiempos coloniales. Específicamente, los relatos de Fray P. J. de Parras, quien vivió en la Argentina a mediados del siglo XVIII, son ilustrativos en este sentido. Sus principales observaciones son las siguientes:

- # La laguna Mar Chiquita (Cdba.) era en esa época un gran pantano rodeado de arenales. Actualmente Mar Chiquita es el mayor lago de Argentina, con unos 6000 Km<sup>2</sup> y 13 metros de profundidad.
- # El agua del río Carcarañá, que bordea al mar de arena a los 33° en Santa Fe, era demasiado salada para beber, aún para los modestos requerimientos de esa época. Hoy en día el contenido de sales en ese río es de 4,6 g/l en promedio (Kröhling, 1994).
- # El borde del MAP entre el paralelo de 33° y la ciudad de Buenos Aires tenía un paisaje "pelado y desapacible" (o sea, sin vegetación y ventoso). Hoy en día es una pradera con 800/1000 mm de precipitación anual. Azara y Darwin también relatan grandes sequías; la última de ese tipo parece haber sido la que comenzó en 1827 y terminó en 1831.
- # "...El viento en Buenos Aires jamás cesa, ni siquiera por dos horas". Esta característica es típica de los años de sequía.
- # El caudal del río Paraná era tan modesto que en el año 1752, al no ocurrir la creciente anual, las embarcaciones medianas de esa época no lo podían navegar, los viajeros se veían obligados a utilizar botecillos para trasladarse de Corrientes a Santa Fe, a pesar del peligro que representaban los indios. Hoy en día el Paraná es navegable hasta Asunción del Paraguay por naves de ultramar. Esto está indicando que el clima seco de la PEH afectó a toda la cuenca del Paraná, incluyendo regiones del Paraguay y sur de Brasil.
- # La travesía entre Córdoba y Santa Fe era muy difícil para los jinetes por falta de agua. En la actualidad, ese trecho de 300 Km se encuentra pleno de agua en lagunas y arroyos.

✓ La PEH terminó hacia el año 1800 de nuestra era, es decir unos 200 a.A.P., según algunos de los autores citados anteriormente. El comienzo de la misma es más incierto. Tenemos una antigüedad de 800 años A.P. para los últimos registros arqueológicos del Máximo Medieval en Salto Grande. También existe una datación de TL ( $760 \pm 10$  a.A.P.) de lo que puede ser la primera manifestación de la PEH; se trata de un campo de dunas situado al NO del MAP en Pampa de las Salinas, norte de San Luis. De manera que la edad de la Pequeña Edad del Hielo puede establecerse entre el 800 y el 200 a.A.P.

## CONSIDERACIONES FINALES

Después de haber repasado las páginas anteriores, el paciente lector de este volúmen coincidirá probablemente con los autores en que el Sistema Eólico Pampeano es una región plena de posibilidades para el estudio del Cuaternario y especialmente de los cambios climáticos ocurridos en los últimos miles de años.

La "monótona llanura argentina" puede ser científicamente analizada aplicando clásicos métodos geológicos, adaptando escalas de pensamiento y agregando información actualizada. De acuerdo a la experiencia recogida en los proyectos resumidos en esta publicación (y que no agotan de ninguna manera el tema) la Pampa es factible de ser estudiada a diversas escalas, tanto a nivel macro como micro-regional. Los resultados serán siempre interesantes.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- Bidart, S., 1992. Estudio sedimentológico y mineralógico de los materiales parentales de los suelos no aluviales de la cuenca del río Sauce Grande, provincia de Buenos Aires. Universidad Nacional del Sur, Dpto. de Geología, Tesis Doctoral, 170 pág. Bahía Blanca.
- Blarasin, M. y Sanchez, M., 1987. Secuencia evolutiva de dunas cuaternarias en el sector de Laguna Oscura, Dpto. Río Cuarto, Córdoba. X Cong. Geol. Arg., Actas 3: 297-300. Tucumán.
- Bossi, J., 1969. Geología del Uruguay. Universidad de la República. 2ª Edición, 464 pág. Montevideo.
- Cantú, M., 1992. Provincia de Córdoba. En: M. Iriondo (Ed.), "El Holoceno en la Argentina", 1:1-16 CADINQUA. Paraná.
- Clapperton, Ch., 1993. Quaternary Geology and Geomorphology of South America. Elsevier, 779 pág. Amsterdam.
- Corte, A., Zarantonello, A., Grosso, S., Buk, E., Valero, C. y Vogt, T. 1995. A Pleistocene rock glacier in the Precordillera of Mendoza, lat. 33°S, Argentina, 1100 m.a.s.l. *Glaciología*, 16 pág. Mendoza.
- Di Paola, E., 1987. Mineralogía de las fracciones arena muy fina y limo del río Quinto, su relación con el loess pampeano. *Rev. Asoc. Min., Petrol. y Sedim.*, 18 (1-4):17-26. Buenos Aires.
- González, M., 1981. Evidencias palesclimáticas en la salina del Bebedero. VIII Congreso Geológico Argentino. Actas 3:411- 438, San Luis.
- Heusser, C., 1961. Some Comparisons between climatic changes in North-Western North America and Patagonia. *Annals New York Acad. Sci.*, 95 (1): 642-757.
- Hurtado, M., Dillon, A. y Castillo, R., 1985. Incidencia de factores pedogenéticos en suelos del partido de Carlos Tejedor. 1ª Jorn. Geol. Prov. Buenos Aires, Actas:23-35, Tandil.
- Iriondo, M., 1980. El Cuaternario de Entre Ríos. *Rev. Asoc. Cient. Nat. Lit.*, 11:125-141. Santo Tomé.
- Iriondo, M., 1987. Geomorfología y Cuaternario de la provincia de Santa Fe. *D'Orbignyana* 4:1-54. Corrientes.
- Iriondo, M., 1990a. The map of the South American plains - Its present state. *Quaternary of South Amer. & Anct. Pen.* 6:297- 306. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Iriondo, M. 1990b. A late Holocene dry period in the Argentine plains. *Quaternary of South Amer. & Anct. Pen.* 7:197-218, A. A. Balkema, Rotterdam.
- Iriondo, M., 1994. Los climas cuaternarios de la región pampeana. *Com. Mus. Prov. Cs. Nat. "Florentino Ameghino"*, N.S., 4(2):1-48. Santa Fe.
- Iriondo, M. & García, N., 1993. "Climatic variations in the Argentine plains during the last 18,000 years" *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 101:209-220, Elsevier, Amsterdam.

- Iriondo, M. y Manavella, C., 1990. Facies sedimentarias de la Fm Tezanos Pinto en el centro de la provincia de Santa Fe. En: Simposio Int. sobre Loess, INQUA, Res. Exp.:74-77. Mar del Plata.
- Kittl, E., 1932. Estudio de los fenómenos volcánicos y material caído durante la erupción del Grupo Descabezado. Publ. 13. Min. y Geol. Mus. Nac. Historia Natural.
- Kröhling, D., 1992. Caracterización geoquímica de las aguas de la cuenca del río Carcarañá, provincia de Santa Fe. Univ. Nac. de Córdoba, Fac. Cs. Ex., Fis. y Nat., Trabajo Final; 225 pág. Córdoba. (Inédito).
- Kröhling, D., 1993. Geomorfología del tramo inferior del río Segundo. Informe Final de Beca de CONICOR, 181 pág. Córdoba (Inédito).
- Kröhling, D., 1994. "Análisis de los mecanismos de los cambios climáticos". Universidad Nac. de Litoral, FICH (E+D) N° 01/94, 78 pág., Santa Fe.
- Kröhling, D., 1995. Geomorfología y Geología del Cuaternario de la cuenca del río Carcarañá, provincia de Santa Fe. Informe Final de Beca de Iniciación de CONICET, 230 pág (Inédito).
- Kröhling, D., 1995. Geomorphology and upper Quaternary of the lower Carcarañá basin, North Pampa, Argentina. XIV International Congress of INQUA, Abstracts, 146, Berlin.
- Latrubesse, E. & Ramonell, C. 1990 "El loess de la Formación Barranquita - Comportamiento del Sistema Eólico Pampeano en la provincia de San Luis". International Symposium on Loess, INQUA, Exp. Res.:102-107. Mar del Plata.
- Morrás, H 1993. Fósforo total y materiales parentales de los suelos de la región central de la República Argentina. Instituto de Suelos, INTA, 10 pág. Buenos Aires.
- Panigatti, J. 1981 "Molisoles del norte de la zona pampeana - Génesis y morfología" INTA-EERA Rafaela, Publ. Téc. N° 13, 22 pp. Rafaela
- Panigatti, J. y Mosconi, F. 1978. Arcillas de suelos del centro de Santa Fe y centro-este de Córdoba. Rev. Inv. Agropecuarias, Ser. 3, 14(3):137-148. Buenos Aires.
- Parras, P., 1943. Diano y Derrotero de sus viajes. Ed. Solar, 251 pp., Buenos Aires.
- Polanski, J. 1963. Estratigrafía, Neotectónica y Geomorfología del Pleistoceno pedemontano entre los ríos Diamante y Mendoza. Rev. Asoc. Geológica Argentina, 17(3-4) 127-349.
- Politis, G., 1984. Climatic variations during historical times in Eastern Buenos Aires Pampas, Argentina. Quat. of South Amer. and Ant. Pen., 2: 133-162.
- Rabassa, J., Brandani, A., Salemme, M. y Politis, G., 1985. La Pequeña Edad de Hielo y su posible influencia en la aridización de áreas marginales de la Pampa Húmeda. 1ª Jorn. Geól. Bonaer., Actas.

Rivero, O., Migliardo, R. y García, N., 1975 Ciclogénesis, movimiento, distribución de depresiones y densidad de pasaje de frentes en océanos australes durante el período diciembre 1969 a noviembre 1970. Bol. Servicio de Hidrografía Naval, 11-12(3):21-87. Buenos Aires.

Scoppa, C., 1974. The pedogenesis of a sequence of Mollisols in the undulating Pampa, Argentina. Tesis D. Sc. State University of Ghent, Bélgica.

Strasser, E., 1982. Textura y mineralogía de la fracción arena, en los suelos de la zona cubierta por la Hoja Catastral N° 8, San Luis. Dir. Inv. Agropecuarias. San Luis, 89 pág. (inédito).

Teruggi, M., 1957. The nature and origin of the argentine loess. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(3):322-332.

Tulio, J., 1981. El Cuaternario de la provincia de La Pampa. Adm. Prov. del Agua, MOP, Prov. La Pampa, 14 pág. Santa Rosa (inédito).

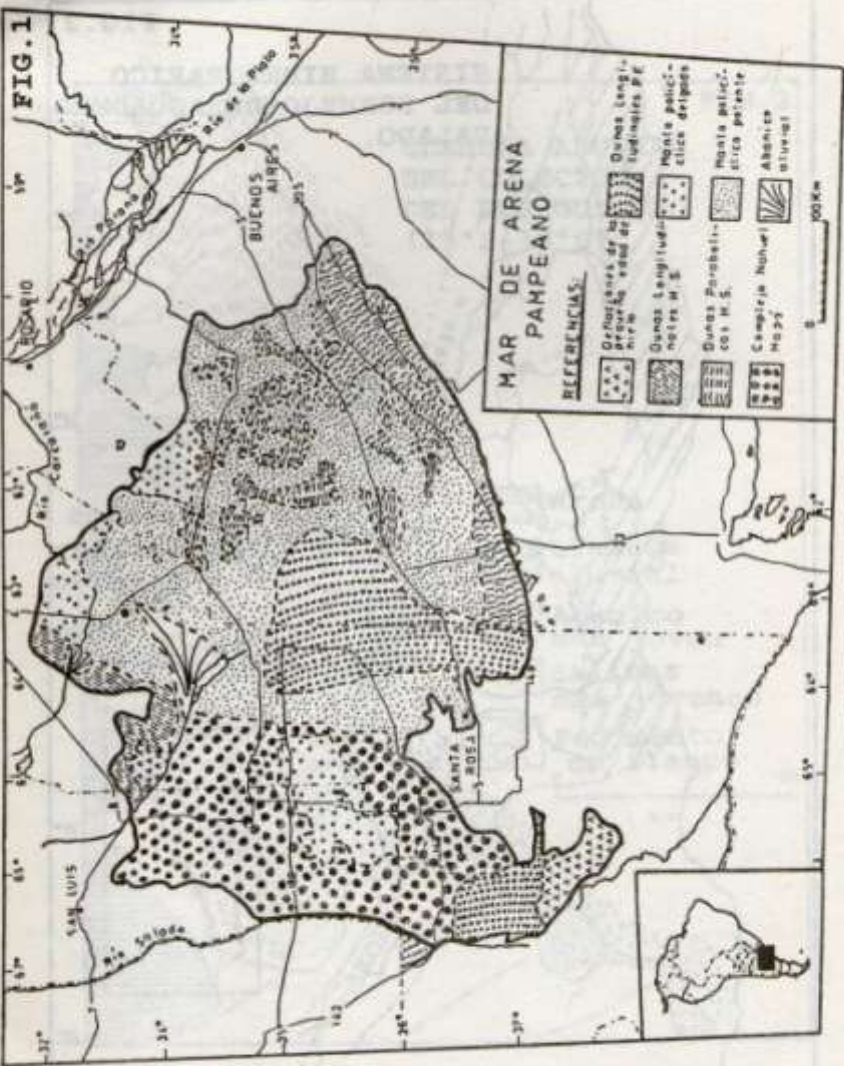
Ulacco, U., 1983. Estudio sedimentológico de los terrenos cuaternarios de la zona del arroyo La Barranquita - barranca Pozo de la Tinaja, Prov. de San Luis. Esc. de Geol. y Min., Univ. Nac. de San Luis. Tesis de Licenciatura (inédito).

Videla, M. y Suarez, J., 1991. Mendoza Andina. Edit. Adalid, 149 pág. Mendoza.

Virasoro, C., 1995. Moluscos bivalvos: Corbiculas. Informe biológico N° 5, Mus. Prov. Cs. Nat. "Florentino Ameghino", 5 pág. Santa Fe.







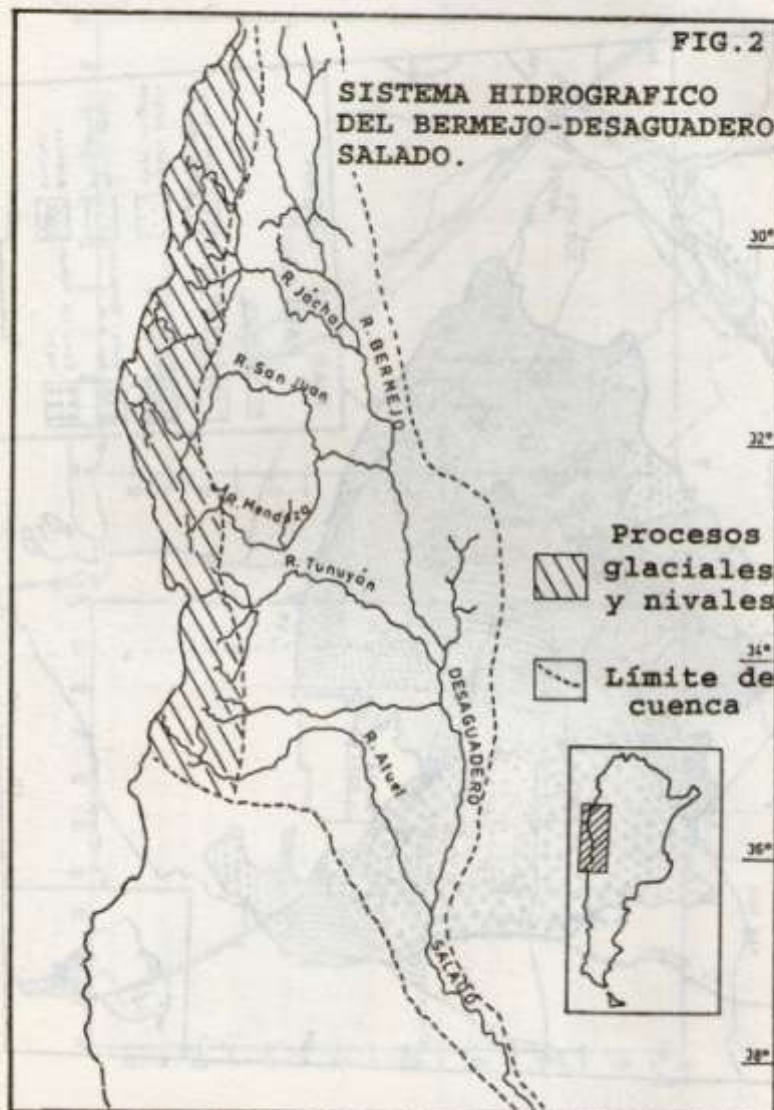


FIG. 3

LLANURA ALUVIAL  
DEL COLECTOR  
DEL DESAGUADERO  
(35°S-38°S)








FIG. 4



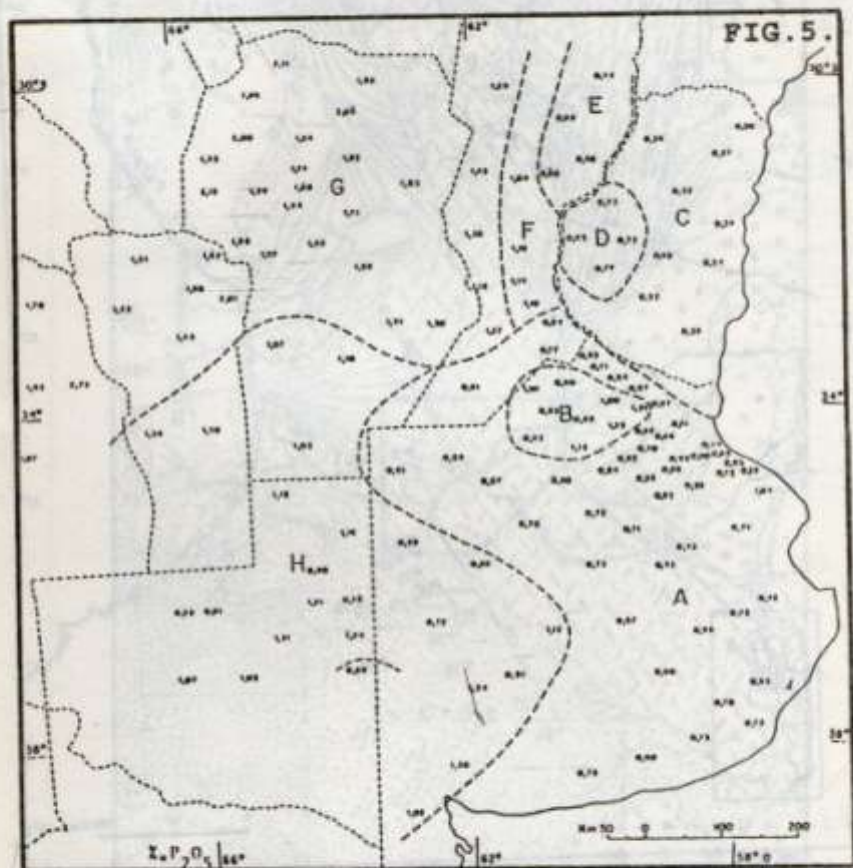
ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA EOLICO PAMPEANO DURANTE EL EI2

REFERENCIAS:

- |   |                      |                        |
|---|----------------------|------------------------|
|  | Arena                | A-Cordillera Principal |
|  | Loess                | B-Cordillera Frontal   |
|   | Redes Fluviales      | C-Precordillera        |
|  | Dirección del Viento | D-Bloque San Rafael    |
|   | Límite de Criogenia  | E-Sierras Pampeanas    |

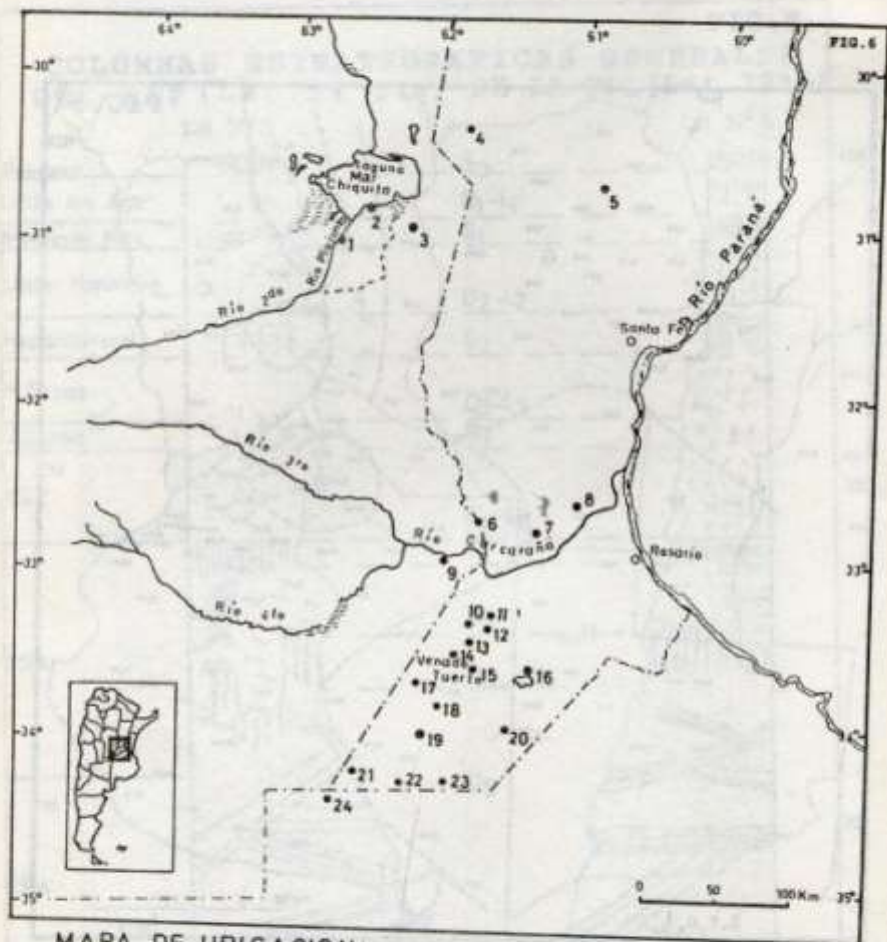
- Autores:
- 1 Gonzalez
  - 2 Di Paola
  - 3 Canliú
  - 4 Strasser
  - 5 Panigalli
  - 6 Tullio
  - 7 Bertolino

FIG. 5.



DISTRIBUCION GEOQUIMICA DEL FOSFORO  
EN LOS SUELOS PAMPEANOS,

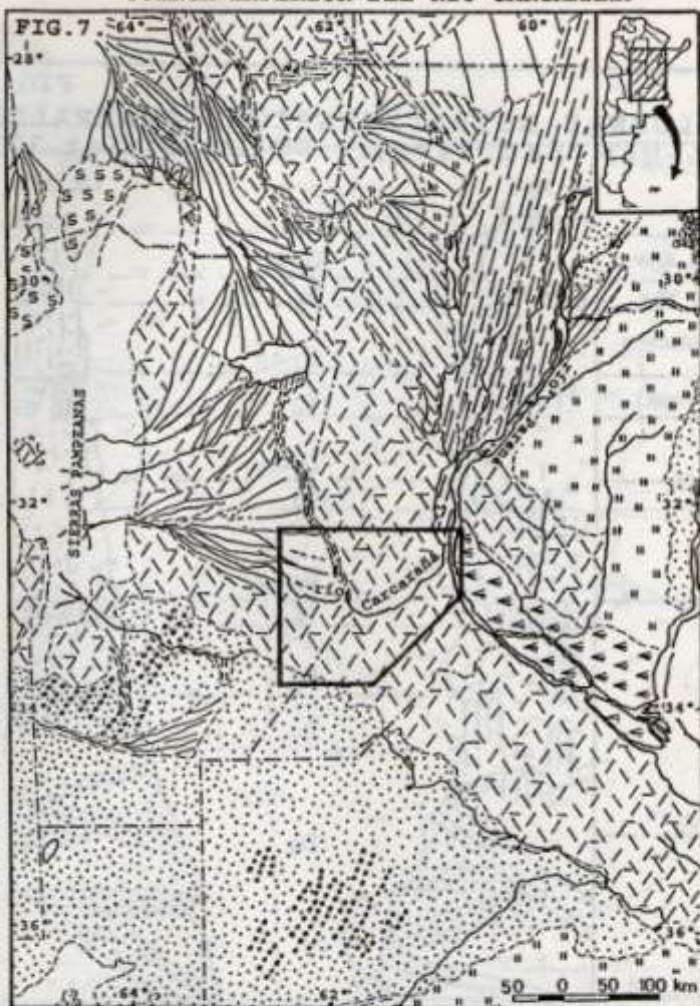
SEGUN MORRAS (1993).



REFERENCIAS:

- |                    |                     |                      |
|--------------------|---------------------|----------------------|
| 1-Canal Piujuña    | 9-Los Surgentes     | 17-Magiolo           |
| 2-Lomita del Indio | 10-BerabeVu         | 18-San Eduardo       |
| 3-Alto del Chipion | 11-Hansen           | 19-Santi Spiritu     |
| 4-San Guillermo    | 12-Los Quirquinchos | 20-Villa Cañas       |
| 5-Jacinto Arauz    | 13-Gedeken          | 21-Rufino            |
| 6-Tortugas         | 14-La Chispa        | 22-Aarón Castellanos |
| 7-Cañada de Gomez  | 15-Murphy           | 23-San Gregorio      |
| 8-Salio Grande     | 16-Mel-neve         | 24-Cañada Seca       |

MAPA GEOLOGICO DE LA REGION, CON UBICACION DE LA CUENCA INFERIOR DEL RIO CARCARAÑA

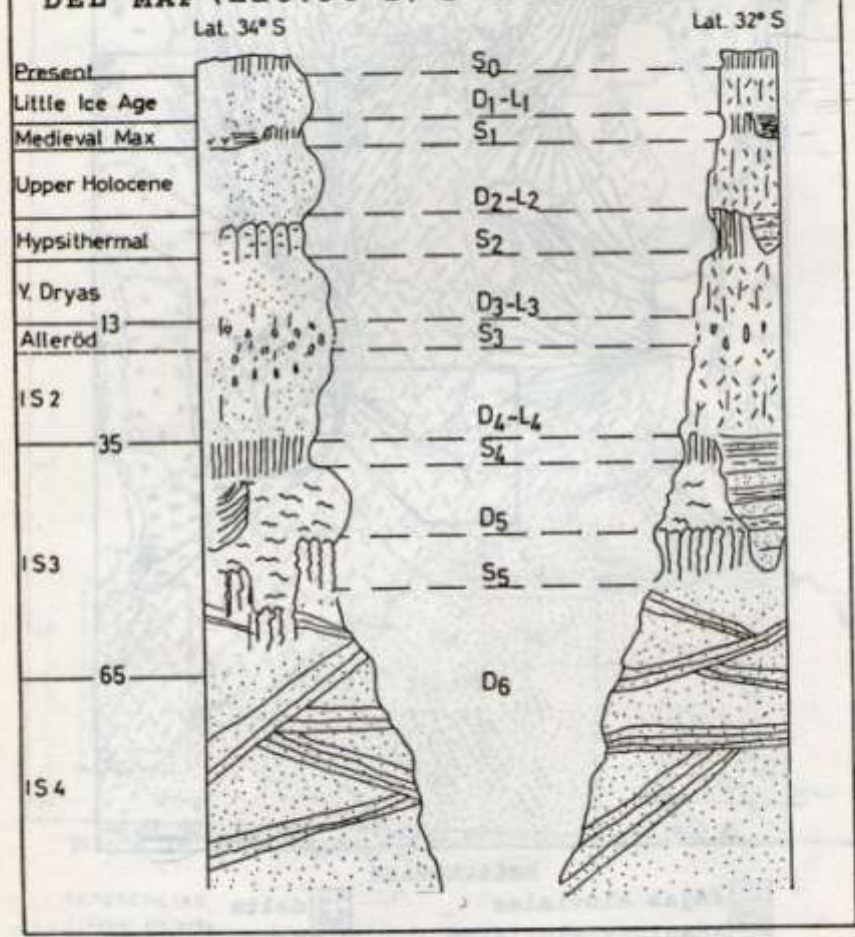


Referencias

	fajas aluviales		delta
	abanicos aluviales		depósitos palustres
	arena eólica		lacustre clástico
	loess		salina
	dunas longitudinales		basalto

FIG. 8.

COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS GENERALES  
 DEL MAP (Lat. 34°S) Y DE LA FPL (Lat 32°S)



S:suelo - D:arena eólica - L:loess



FIG. 9

PERFIL DE LA CANTERA TORTUGAS (al Norte de la localidad de Tortugas, Sta. Fe)



Referencias:

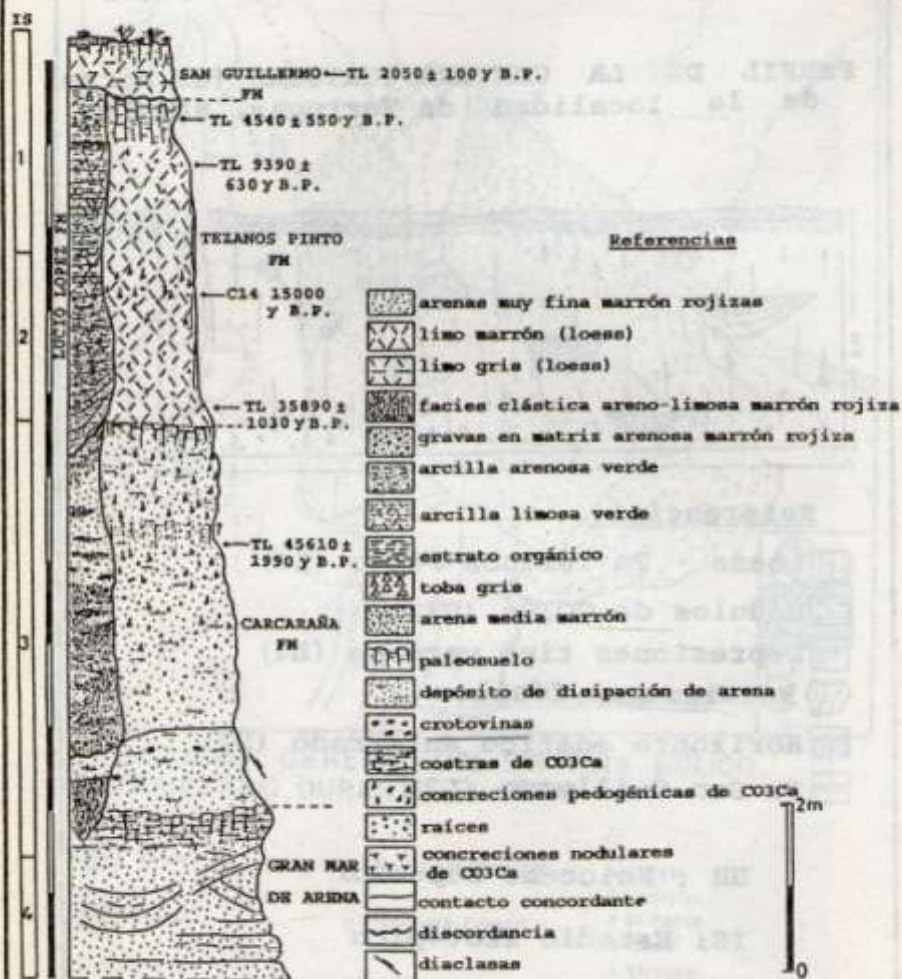
- ▨ Loess - Fm Tezanos Pinto (L4)
- ▤ Nódulos de CO<sub>3</sub>Ca (S3?)
- ◐ Depresiones tipo yardang (L4)
- Ⓜ Hormigueros fósiles
- ▩ Horizonte edáfico enterrado (S2)
- ▨ Fm San Guillermo (L2)

UH : Holoceno superior

IS: Estadio Isotópico

FIG.10

PERFIL ESTRATIGRAFICO GENERAL  
DE LA CUENCA DEL RIO CARCARAÑA



ANÁLISIS GRANOMÉTRICOS DE FORMACIONES GEOLOGICAS DE LA CUENCA  
INFERIOR DEL RIO CARCARAÑA

FIG. 11

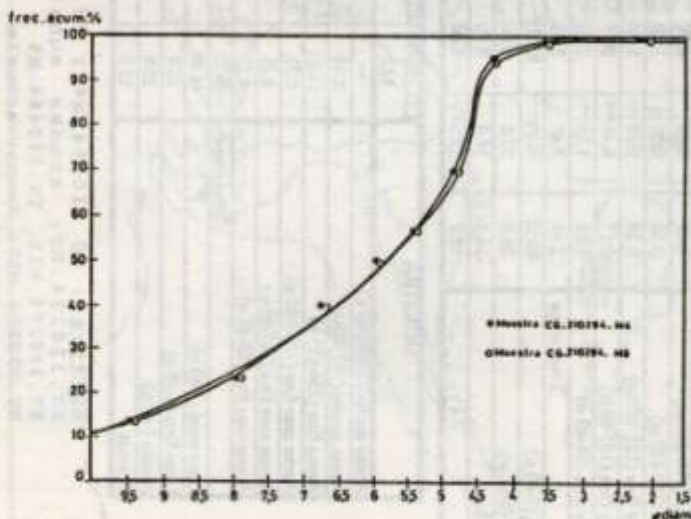
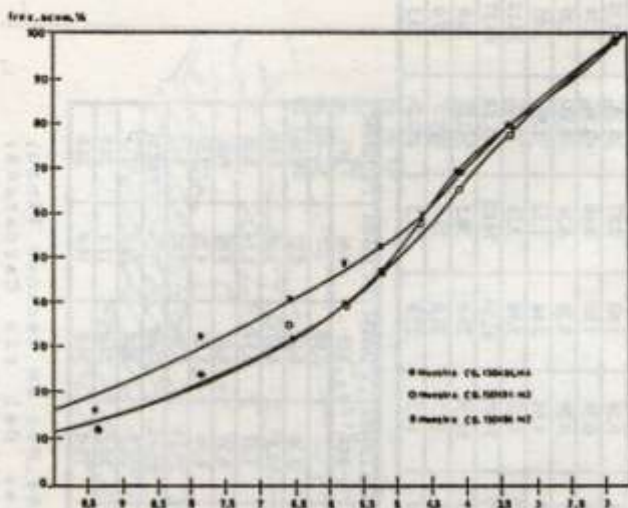
MUESTRA	CG.210294	CG.210294	RT.230294	PV.230294	RT.230294	RT.230294	RT.230294	RT.230294	RT.230294	RT.230294
	M4	M5	M6	M7	M9	M12	M13	M14	M15	M15
Arena media (500-250 $\mu$ )	0.19	0.39	0.42	0.16	0.10	0.28	0.26	0.10	0.49	
Arena fina (250-125 $\mu$ )	0.58	0.89	1.22	1.08	0.56	1.68	0.87	0.38	10.75	
Arena muy fina (125-105 $\mu$ )	0.29	0.50	1.30	1.06	0.56	1.00	0.60	0.38	2.74	
Arena muy fina (105-88 $\mu$ )	0.17	0.46	0.75	3.35	0.39	0.28	0.33	0.33	1.09	
Arena muy fina (88-63 $\mu$ )	1.26	1.21	2.23	4.67	4.64	2.66	1.52	1.80	3.05	
Total arena	2.49	3.45	5.92	10.32	6.25	5.90	3.51	2.99	18.12	
Limo total (2-63 $\mu$ )	80.55	79.91	83.27	77.77	79.92	62.04	74.02	76.53	63.87	
Limo fino (2-20 $\mu$ )	36.0	37.0	23.0	25.5	31.50	29.0	38.5	41.0	26.0	
Arcilla (<2 $\mu$ )	16.5	16.0	9.70	10.5	12.7	31.0	21.0	19.0	17.0	
Coloide	10.5	10.5	9.00	9.00	10.5	-27.0	11.5	12.5	13.5	

MUESTRA	CG.150494	CG.150494	CG.150494	TV.160494	TV.160494	TV.160494
	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Arena media (1000-500 $\mu$ )	---	---	---	0.07	---	---
Arena media (500-250 $\mu$ )	2.94	3.31	3.38	0.14	0.27	0.06
Arena fina (250-125 $\mu$ )	13.05	13.49	12.87	0.81	1.46	1.18
Arena muy fina (125-105 $\mu$ )	5.73	6.39	5.67	0.14	1.14	0.58
Arena muy fina (105-88 $\mu$ )	0.25	0.52	0.37	0.28	0.60	0.21
Arena muy fina (88-63 $\mu$ )	5.75	7.22	6.90	1.85	4.28	2.59
Total arena	26.72	30.93	29.19	3.29	7.75	4.62
Limo total (2-63 $\mu$ )	48.48	52.33	55.17	57.88	79.56	69.31
Limo fino (2-20 $\mu$ )	26.0	26.0	26.5	22.0	26.0	27.5
Arcilla (<2 $\mu$ )	23.0	15.5	15.0	37.0	11.1	24.0
Coloide	18.0	13.5	12.0	36.0	10.0	20.0

Muestrag: CG.210294.M4 y PV.230294.M9: Fm Tezanos Pinto;  
RT.230294.M6: Arenas subactuales del río Carcarañá;  
RT.230294.M12, TV.160494.M5 y RT.230294.M16: Fm Lucio Lopez;  
RT.230294.M15: Arenas actuales del río Carcarañá; CG.150494.M4:  
Fm Carcarañá (f. eólica); TV.160494.M6: Fm Carcarañá (f. aluvial).

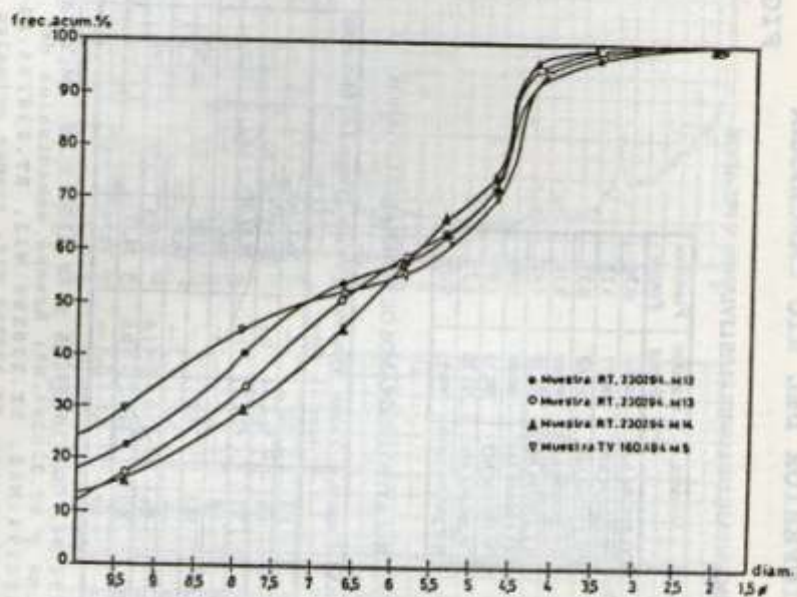
CURVAS GRANOMETRICAS DE FORMACIONES GEOLOGICAS DE LA CUENCA INFERIOR DEL RIO CARCARAÑA

FIG.12



CG.150494.M2, CG.150494.M3 y CG.150494.M4: Fm Carcaraña, facies eólica.

CG.210294.M4 y CG.210294.M5: Fm Tezanos Pinto.



RT.230294.M12, RT.230294.M13 y RT.230294.M14:  
Fm Lucio Lopez.  
TV.160494.M5:Arenas actuales del río Carcarañá.

ANÁLISIS MINERALÓGICOS DE FORMACIONES GEOLÓGICAS DE LA CUENCA INFERIOR DEL RÍO CARCARAÑA

FIG. 14

PORCENTAJE DE MINERALES LIVIANOS Y PESADOS

Muestra	Fracción Livianos	Fracción Pesada
CG.210294.M4	99.64	0.36
RT.220294.M6	96.77	3.23
PV.230294.M9	99.67	0.33
RT.230294.M12	99.69	0.31
RT.230294.M15	95.19	4.81
CG.150494.M4	99.94	0.06
TV.160494.M5	98.11	1.89
TV.160494.M6	97.28	2.72
RT.230294.M16	99.55	0.45

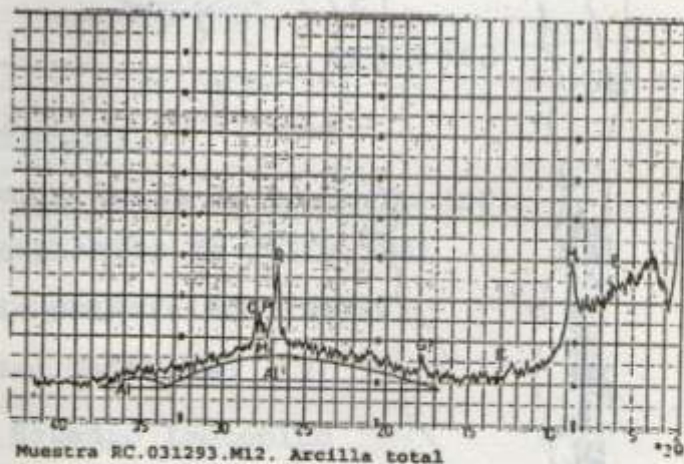
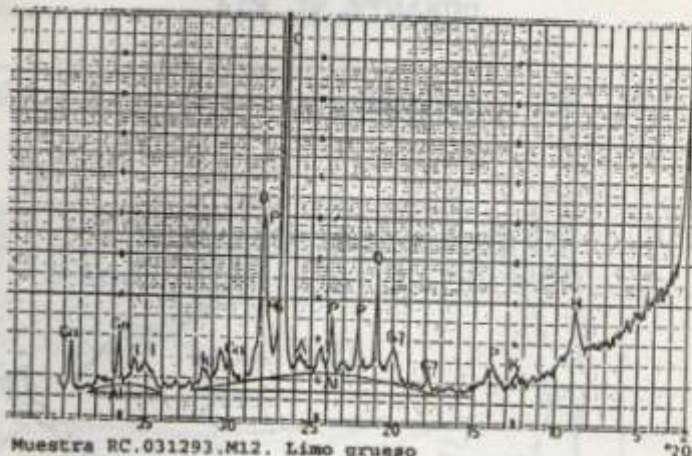
PORCENTAJE RELATIVO DE GRANOS DE MINERALES LIVIANOS

Muestra	Cuarzo	Feldsp.K	Plagioc.	Vidrio incol.	Volcanico color.	Alerita	Fragm.Lit.	Muscovita	Otros
CG.210294.M4	14.6	6.0	1.3	18.7	---	56.7	2.7	---	---
RT.220294.M6	27.6	6.2	4.0	31.6	0.4	20.9	9.3	---	---
PV.230294.M9	8.5	5.1	3.9	42.4	1.1	34.5	3.4	---	1.1
RT.230294.M12	1.6	3.1	1.6	2.1	---	90.6	---	---	1.0
RT.230294.M15	27.7	10.4	13.3	27.2	---	11.0	2.3	6.9	1.2
CG.150494.M4	---	1.0	---	3.0	---	96.0	---	---	---
TV.160494.M5	15.2	13.6	3.1	17.8	1.6	46.6	0.5	---	1.6
TV.160494.M6	13.8	8.0	4.0	44.4	0.6	24.1	4.0	---	1.1
RT.230294.M16	7.5	7.5	1.9	5.7	---	72.7	4.7	---	---

MUESTRAS: CG.210294.M4, CG.210294.M5 y PV.230294.M9; Fm Teranos Pinto; RT.220294.M6 y RT.220294.M7; Arenas subactuales del río Carcaraña; RT.230294.M12, RT.230294.M13, RT.230294.M14 y TV.160494.M5; Fm Lucio Lopez; RT.230294.M15; Arenas actuales del río Carcaraña; CG.150494.M2, CG.150494.M3 y CG.150494.M4; Fm Carcaraña (f. eólica), TV.160494.M6 y TV.160494.M7; (f. eluvial).

DIFRACTOGRAMAS DE LAS FRACCIONES LIMO GRUESO  
Y ARCILLA TOTAL DE LA FM TEZANOS PINTO

FIG.15



Q: cuarzo  
P: plagioclasa  
O: ortoclasa  
M: micas (incluye illita)  
Ha: halita  
K: caolinita  
E: Essectitas  
Al: alofano

Ca: calcita  
O: ortoclasa  
Mi: microclino  
A: anhidrita  
Go: goethita  
H: hematita  
G: gibboita

PROBABLE EXTENSION DEL MAR DE ARENA PAMPEANO  
DURANTE EL E14

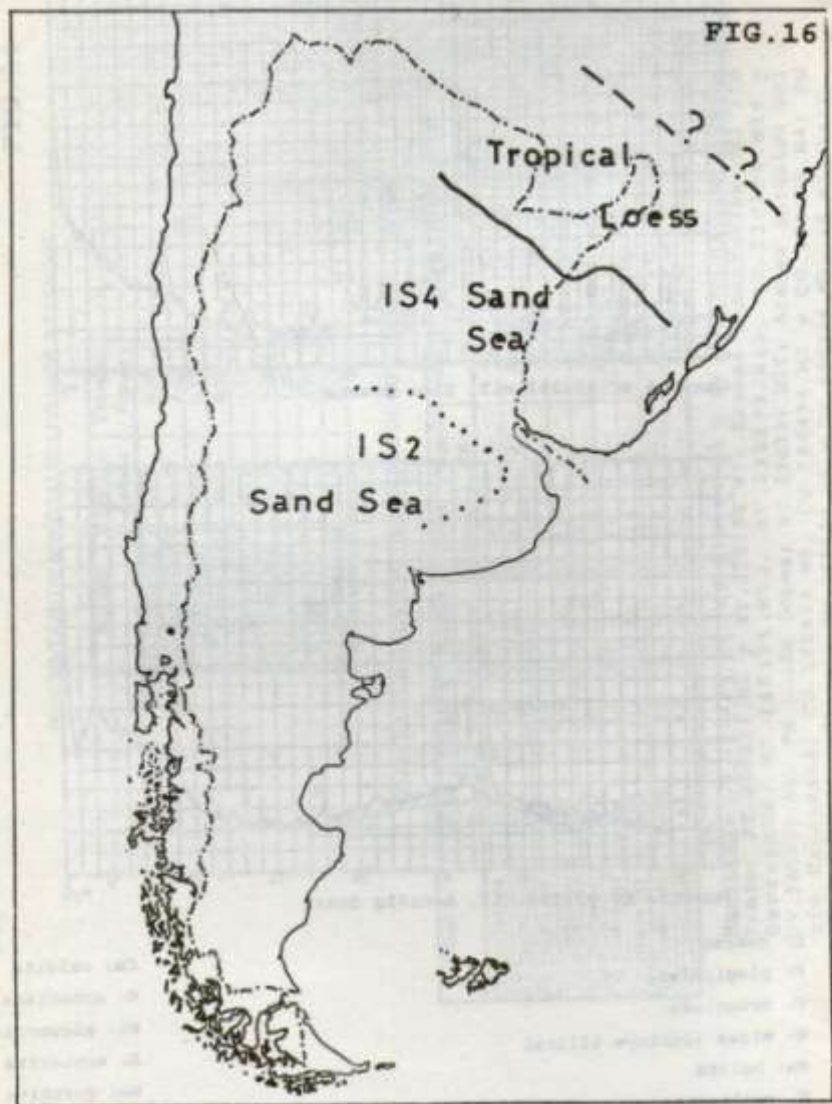
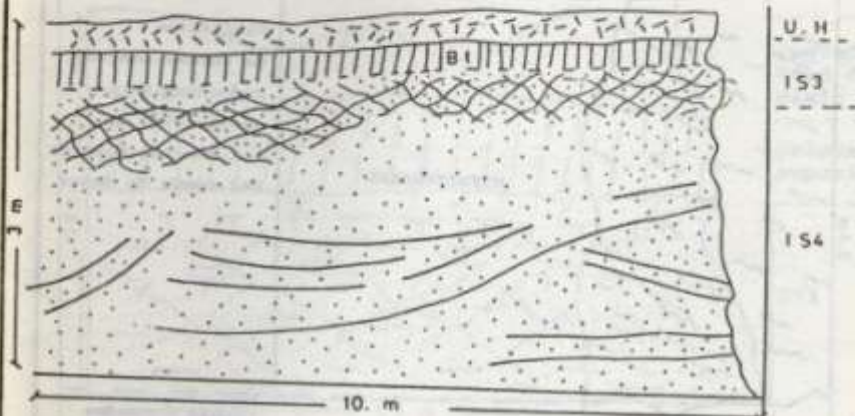








FIG. 17

PERFIL DE LA CANTERA DE MAGGIOLO (Sta. Fe)



**Referencias:**

-  Grandes dunas de desierto (D6)
-  Precipitados de CO<sub>3</sub>Ca (S4)
-  Suelo policíclico (S4/S2)
-  Fm San Guillermo (L2)

IS: Estadio Isotópico

FIG.18

CANTERA DE RUFINO (Sta.Fe)

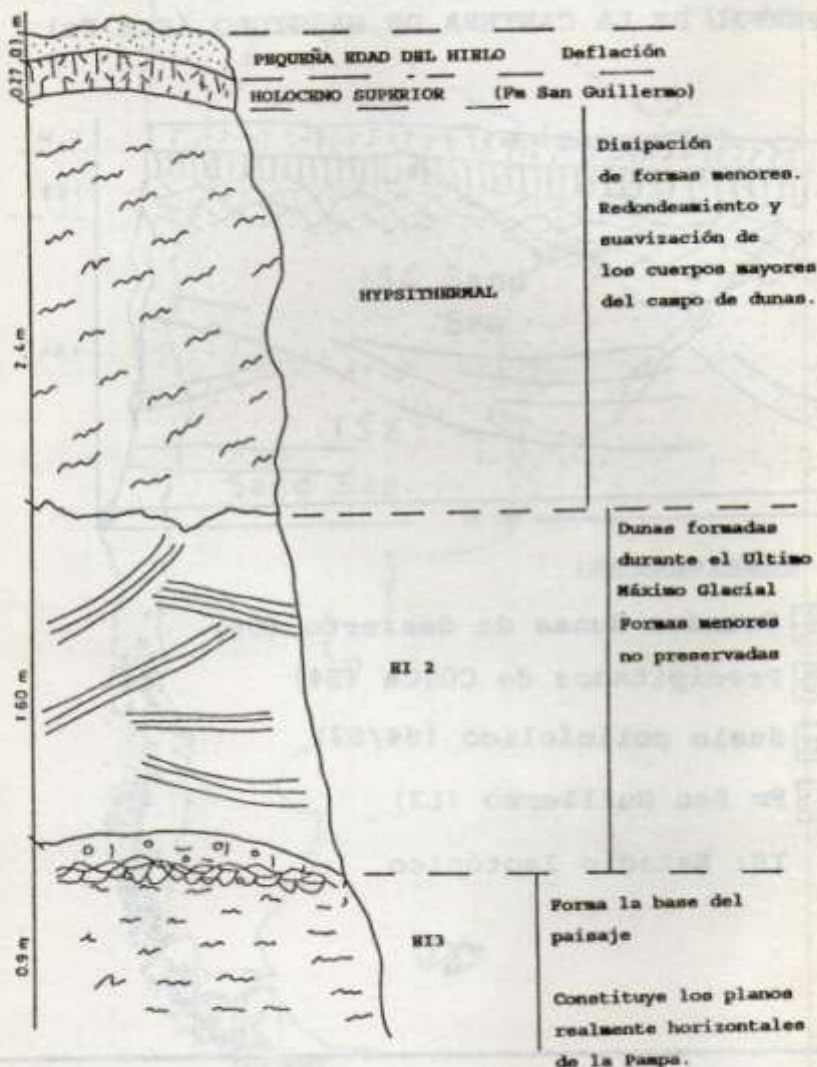
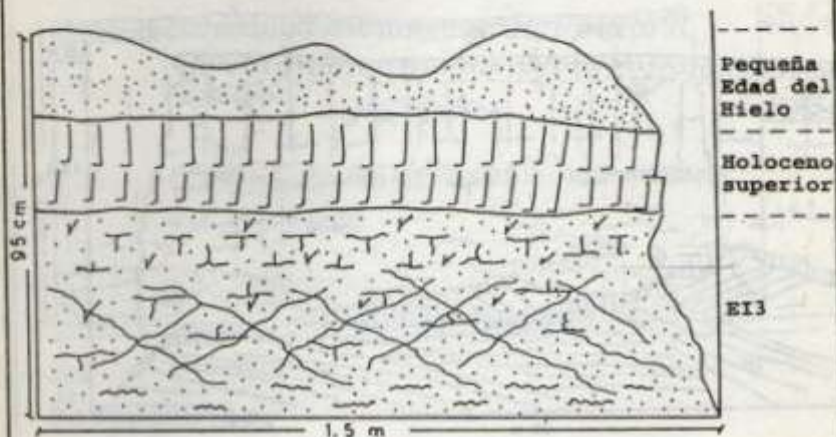


FIG.19

PERFIL DEL CANAL DE CAÑADA SECA (Bs.As.)



Referencias:






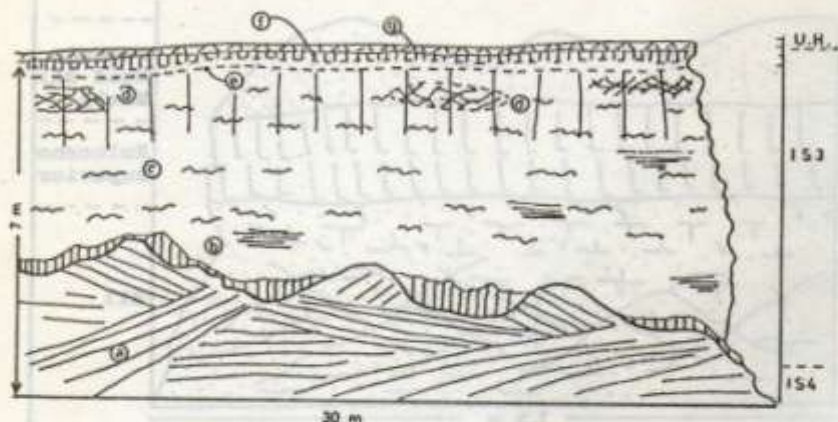
-  Depósitos de disipación (D5)
-  Precipitados de CO3Ca (S4)
-  Depósitos palustres (S4)
-  Fm San Guillermo (L2)
-  Arena suelta (D1)

FIG.20

## PERFIL DE LA CANTERA MELINCUE (Sta.Fe)

Referencias:

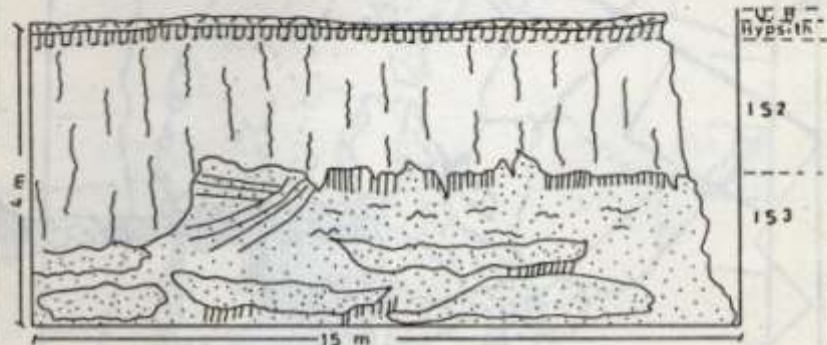
- (a) Grandes dunas de desierto (D6)
- (b) Suelo parcialmente erodado (S5)
- (c) Depósito de disipación (D5)
- (d) Precipitados de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  (S4)
- (e) Horizonte C bien preservado (S4)
- (f) Horizonte B bien preservado (S4)
- (g) Fm San Guillermo (L2)

UH: Holoceno Superior







IS: Estadio Isotópico

FIG. 21

PERFIL DEL CANAL PLUJUNTA (Cdba.)



Referencias:

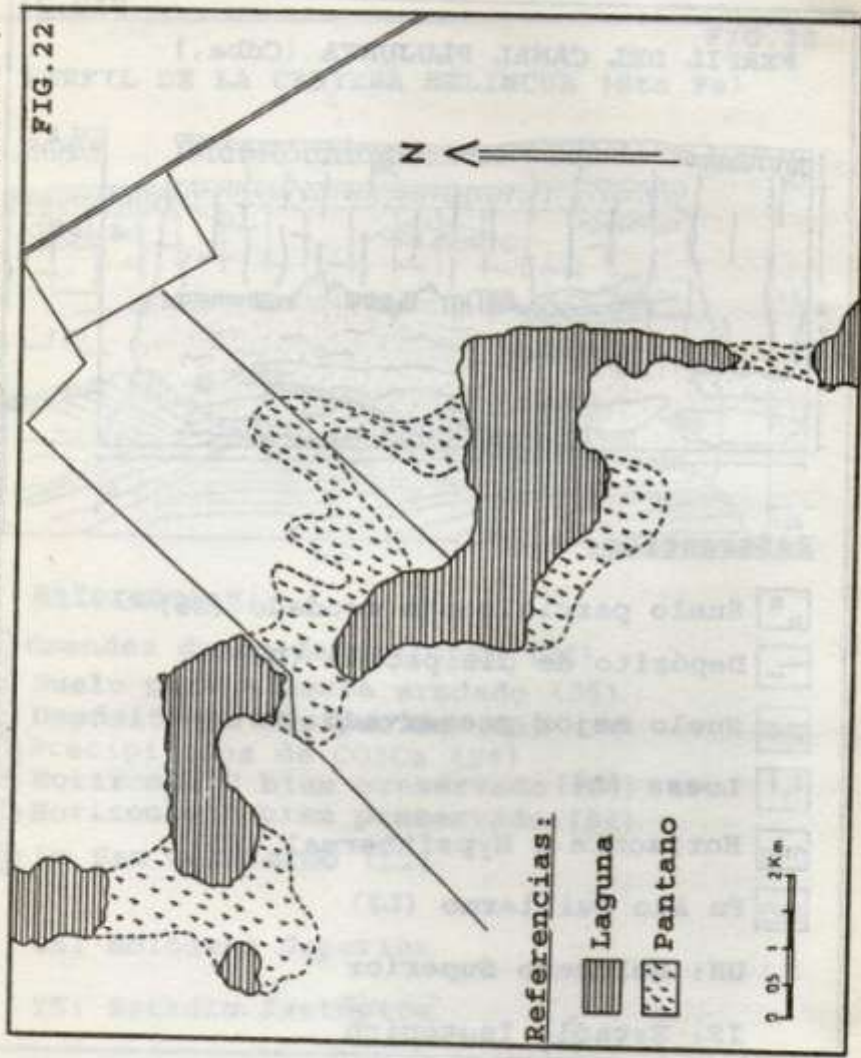
-  Suelo parcialmente erodado (S5)
-  Depósito de disipación (D5)
-  Suelo mejor preservado (S4)
-  Loess (L4)
-  Horizonte B Hypsithermal (S2)
-  Fm San Guillermo (L2)

UH: Holoceno Superior

IS: Estadio Isotópico

FAJA FLUVIAL DEL EI3 JUNTO A VILLA CAÑAS (Sta. Fe)

FIG. 22



Referencias:


-  Laguna
-  Pantano





FIG. 23





SISTEMA EOLICO  
PAMPEANO

 Mar de arena

 Loess

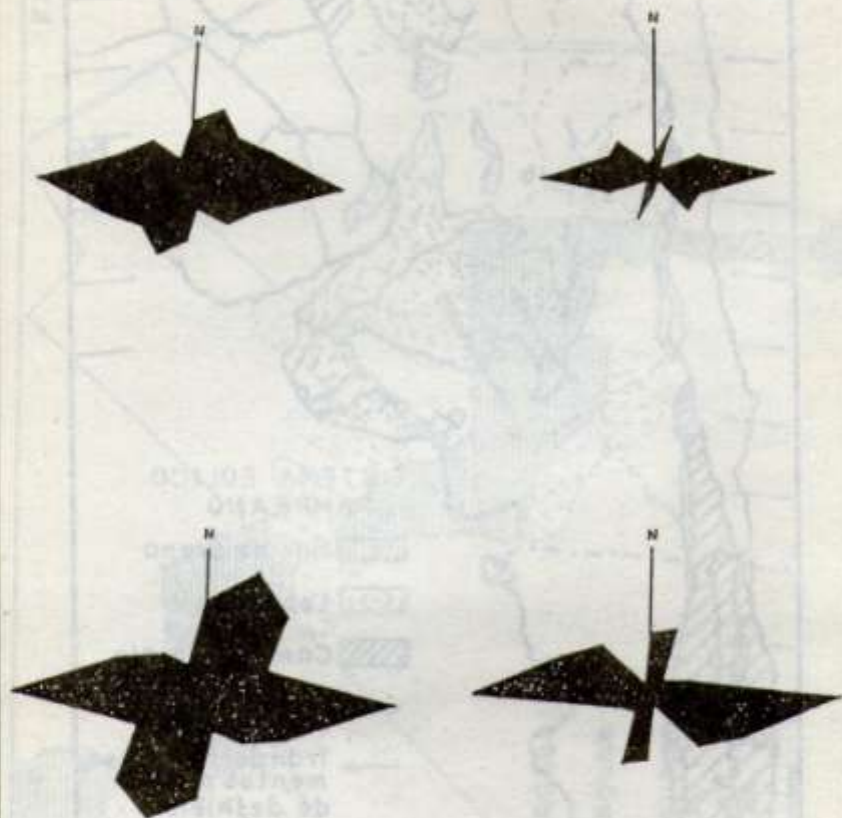
 Campo de hielo

 Direccion del  
viento

 Transporte de sedi-  
mentos por H2O  
de deshielo

según Iriondo  
(1990a)

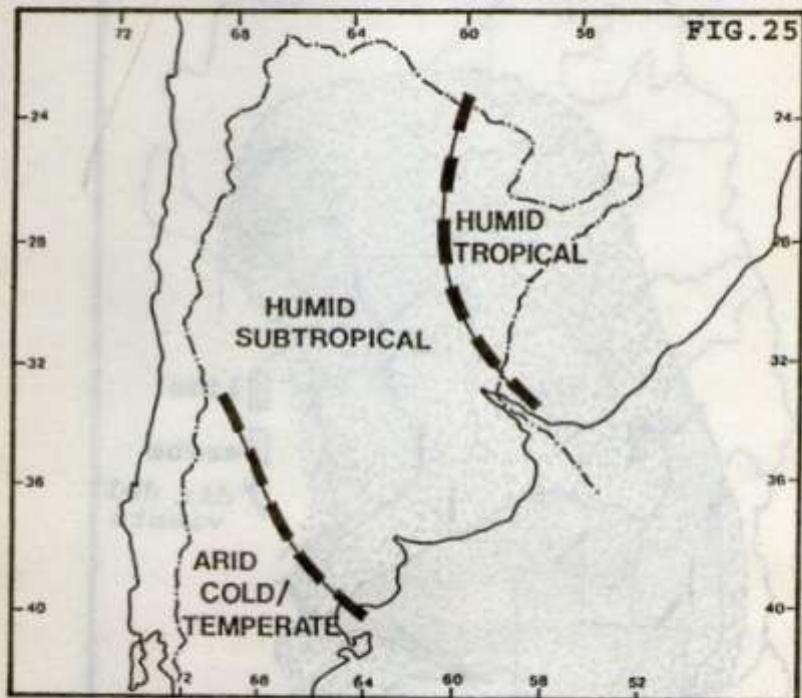
ROSAS DE PALEOVIENTOS DEL PLEISTOCENO FINAL  
(D 3) EN EL SUR DE SANTA FE



Arriba: frecuencias de vientos;  
Izquierda: diagrama general;  
abajo: longitud de depresiones  
derecha: diagrama "residual"



CLIMA DURANTE EL HYPSTHERMAL (8500-3500 a.A.P.)



(según Iriondo y García, 1993)

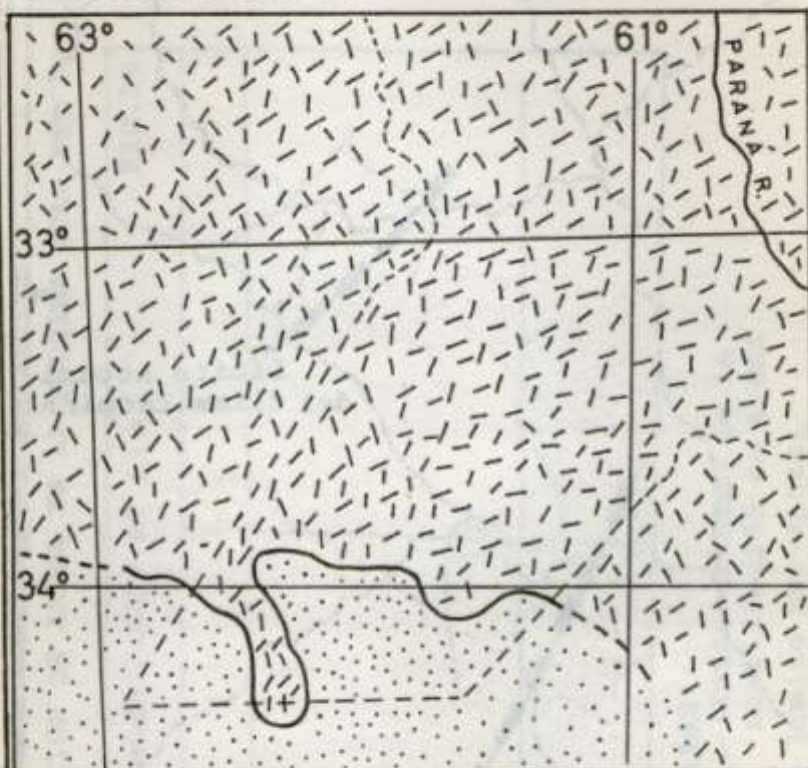
SEDIMENTACION EOLICA DURANTE EL  
HOLOCENO SUPERIOR (D2-L2)

FIG.26



según Iriondo (1990b).

(Notese que las direcciones de vientos marcan  
una circulación anticiclónica)

**SEDIMENTACION EN EL SUR DE SANTA FE DURANTE EL HOLOCENO SUPERIOR****Referencias:**

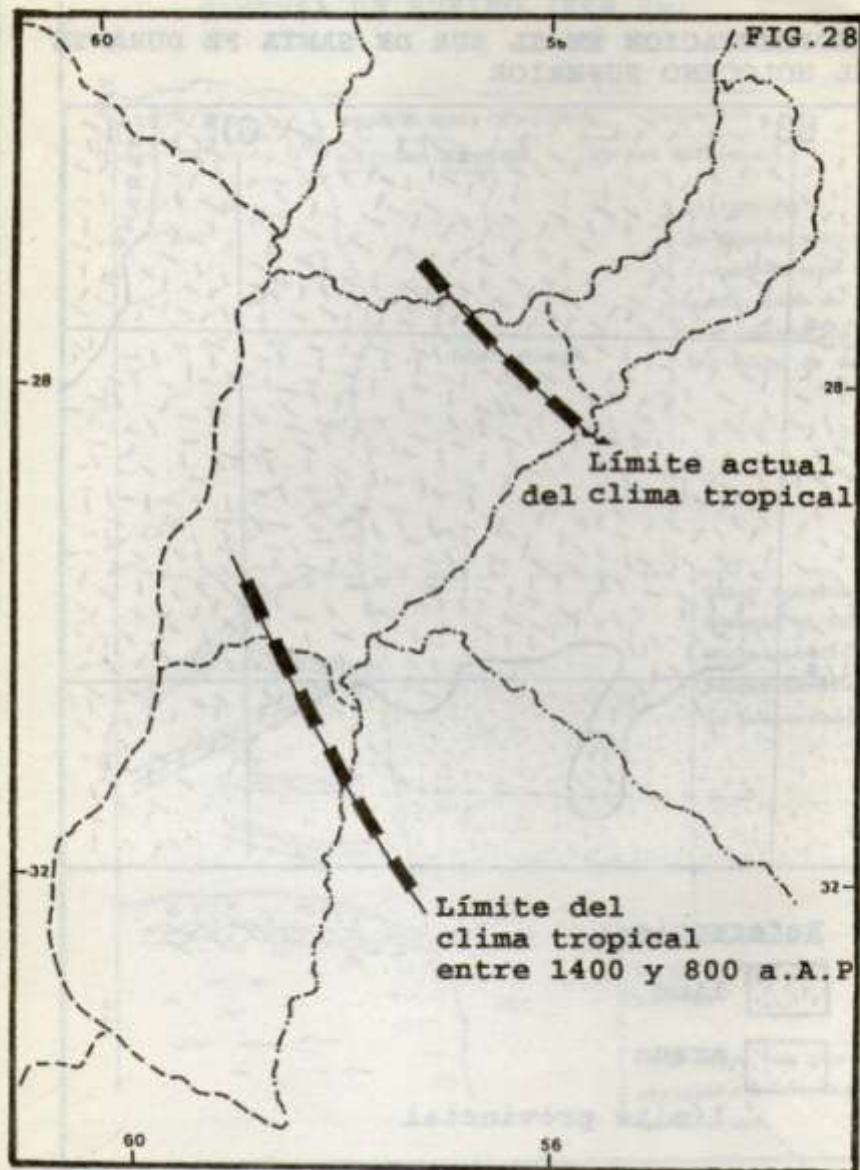
limo



arena

límite provincial

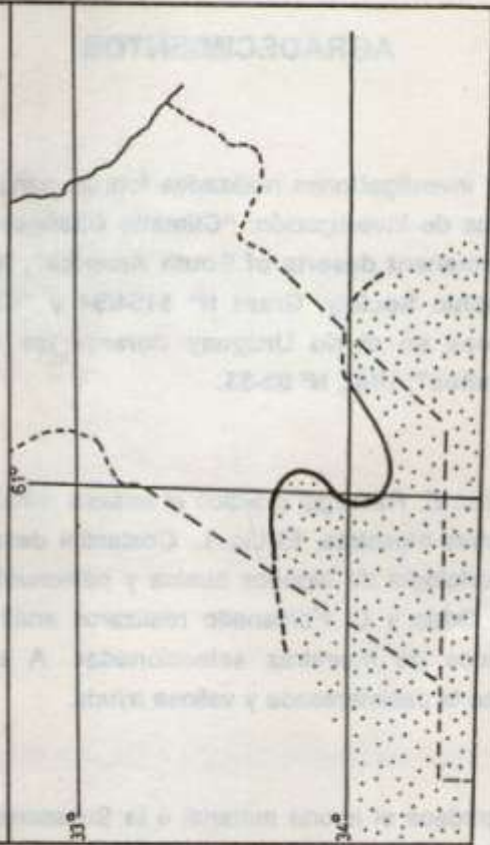
CORRIMIENTO CLIMATICO DURANTE EL MAXIMO  
MEDIEVAL (S1)



MOVILIZACION DE ARENA EN LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO

SAND MOBILIZATION AT L.I.A.

FIG. 29



Referencias:

- límite externo de la movilización de arena
- límite provincial

## AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones realizadas forman parte de los Proyectos de Investigación: "**Climatic Changes in the non-permanent deserts of South America**", **National Geographic Society, Grant N° 5194/94** y "**Cambios Climáticos en el río Uruguay durante los últimos 10.000 años**"; **UNL, N° 03-33**.

El Lic. E. Passeggi practicó el análisis mineralógico de algunas muestras. El Lic. L. Costantini describió la micromorfología de algunos suelos y paleosuelos. Los Lic. O. Orfeo y C. Fontanetto realizaron análisis granulométricos de muestras seleccionadas. A ellos se agradece la desinteresada y valiosa ayuda.

- Se agradece el aporte material a la Subsecretaría de Cultura de la Provincia de Santa Fe.