

# Características texturales y petrofacies de depósitos neógenos, Bancalari, provincia de Buenos Aires

Ofelia Rita TOFALO<sup>1</sup>, María Clara ETCHICHURY<sup>2</sup> y Mirta FRESINA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Pabellón II, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Fax: 4576-3329. E-mail: rtofalo@gl.fcen.uba.ar

<sup>2</sup>Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Av. Ángel Gallardo 470, 1405, Buenos Aires

**RESUMEN.** Se estudian el sector cuspidal de la Formación Puelches y los sedimentos pampeanos y postpampeanos, especialmente el intervalo designado como preensenadense, a fin de definir sus características texturales y petrofacies y determinar su evolución paleoambiental y paleoclimática. Se utilizaron muestras de cuatro perforaciones realizadas en la localidad bonaerense de Bancalari, las que permitieron diferenciar seis grupos texturales, (I a VI) y dos petrofacies (A y B). Los grupos I a III representan subambientes fluviales genéticamente vinculados, incluyendo típicos niveles arenosos de la Formación Puelches (I), gradualmente cubiertos por sedimentos depositados en lagunas (II-III), formadas en planicies de inundación de muy baja pendiente, con buen drenaje y bajo condiciones oxidantes. Los grupos II y III se asignan al preensenadense. Los tres grupos basales presentan petrofacies A (Qt:F:L = 43:49:8), procedente de rocas sedimentarias derivadas de basamento, con *suite* pesada ígneo metamórfica, escasa hornblenda y smectita predominando sobre illita. Los tres grupos cuspidales fueron depositados en distintos ambientes. El IV es loésico y se asigna a la Formación Ensenada. El V representa depósitos de charcos de agua poco profundos en la planicie de inundación y corresponde al Miembro Río Salado de la Formación Luján, acumulado bajo condiciones climáticas templadas y húmedas. Los sedimentos limo arcillosos que constituyen el grupo VI, representan el avance del mar y se atribuyen a los designados como querandino. Los tres grupos cuspidales presentan petrofacies B (12:56:32), procedente del arco magmático andino, con neto predominio de plagioclasa, contribución de volcánoclastos y vitroclastos, con asociación pesada dominada por hornblenda e illita predominando sobre smectita.

Palabras clave: *Grupos texturales, Petrofacies, Formación Puelches, Sedimentos pampeanos, Bancalari*

**ABSTRACT.** *Textural and petrofacies characteristics of the Neogene deposits of Bancalari, Buenos Aires Province.* Samples obtained from four wells located at Bancalari, Buenos Aires Province, have been analysed in order to define textural parameters, petrofacies, palaeoenvironments and palaeoclimate evolution. The samples were obtained from the upper part of the Puelches Formation and from the Pampean and Postpampean sediments; in particular this paper highlights the informally named Preensenadense interval. Six textural groups (I to VI) and two petrofacies (A and B) have been recognised. Groups I to III represent fluvial sands (I), gradually overlain by backswamp and lake deposits (II -III), generated on very low slope and well-drained floodplains, with oxidizing conditions. Groups II and III are assigned to Preensenadense interval. The three groups are included in petrofacies A (Qt:F:L = 43:49:8), of sedimentary and basement provenance, which has an igneous metamorphic heavy suite, scarce hornblende and dominance of smectite over illite. By contrast the upper groups (IV to VI) show more varied depositional settings, including aeolian, fluvial and marine environments. Group IV is loessic and corresponds to the Ensenada Formation. Group V, the Lujan Formation (Rio Salado Member), is composed of fluvial plain deposits deposited during a wet and temperate climate. Marine silts and clays (group VI) represent a transgression over terrestrial environments and record of the so-called Querandino event. The three upper groups are included in petrofacies B (12:56:32), and have a magmatic arc provenance, with plagioclase dominance and contributions of volcanoclastic and vitroclastic material. It contains a heavy-mineral suite mainly composed of hornblende and it has more illite than smectite.

Key words: *Textural groups, Petrofacies, Puelches Formation, Pampean Sediments, Bancalari*

## Introducción

Si bien son numerosos los investigadores que se han ocupado del subsuelo de la región pampeana, entre otros: Roth (1920), Castellanos (1923), González Bonorino (1965, 1966), Tricart (1973), Fidalgo *et al.* (1973 y 1975), Russo *et al.* (1978), Tonni y Fidalgo (1982) y Fidalgo (1999), son pocos los que se han referido al preensenadense o lo han incluido en sus clasificaciones estratigráficas. Rusconi (1931, 1937) no se aparta de la clasificación de Ameghino (1908). Frenguelli (1957) designa como ensenadense basal a los niveles más bajos de los sedi-

mentos pampeanos a los que ubica en la base del Pleistoceno, mientras que Yrigoyen (1993), como Ameghino (1909), lo sitúan por encima del hiato post-puelchense, de edad pliocena superior (Cuadro 1). Santa Cruz (1972) indicó que en algunas perforaciones, el tramo superior de la Formación Puelches es pelítico con intercalaciones arenosas, mientras que González Bonorino (1965) ubica a estas intercalaciones dentro del Pampeano.

El objetivo de este trabajo es contribuir a la caracterización sedimentológica y litoestratigráfica el sector cuspidal de la Formación Puelches y de los sedimentos pampeanos y

**Cuadro 1:** Unidades litoestratigráficas

	Ameghino (1908)	Frenguelli (1957)	González Bonorino (1965)	Fidalgo (1978)		Yrigoyen (1989, 1993)	Este trabajo (para el área de estudio)
Holoceno	Ariano Aimara	Aimarense Cordobense Platense Querandinense	Querandino Lujanense	Fm. La Postrera Fm. Luján	Suelo Pto. Berrondo Fm. Las Escobas Suelo Pto. Callejón Viejo	Delta y prodelta Platense Querandinense Lujanense	Querandino Fm. Luján
Pleistoceno	Platense  Querandino	Lujanense Bonaerense Belgranense Ensenadense cuspidal Interensenadense Ensenadense basal	Pampeano superior  Pampeano medio  Pampeano inferior		Fm. Dto. Río Salado Fm. Pascua	Bonaerense Belgranense Ensenadense cuspidal Interensenadense	Fm. Ensenada
Plioceno	Lujanense Bonaerense Belgranense Ensenadense Preensenadense		Arenas Puelches			Ensenadense basal  Puelchense	Fm. Puelches

postpampeanos, especialmente del intervalo que Ameghino (1908) designara como preensenadense. Los resultados corresponden a los análisis texturales y composicionales de muestras de testigos de perforación, los que además de permitir su identificación, son de utilidad para las correlaciones estratigráficas y la interpretación paleoambiental.

**Métodos utilizados**

El material empleado corresponde a cuatro perforaciones realizadas en la localidad bonaerense de Bancalari, en un área de aproximadamente 7 km<sup>2</sup> en la margen derecha del río Reconquista. Dicha área (Fig. 1), está ubicada en el noreste de la provincia de Buenos Aires e integra la región designada como central y norte por Fidalgo *et al.* (1973).

Las perforaciones distan entre sí entre 500 m y 2,5 km y alcanzan profundidades que oscilan entre 15 y 33 metros. La extracción de las muestras se efectuó con sacatestigos tipo Terzaghi, lo que asegura que el material obtenido ha sido minimamente disturbado. Dicho material fue observado bajo lupa binocular, se establecieron correlaciones entre los pozos y se seleccionaron las muestras en las que se efectuaron los análisis texturales y composicionales. Dado que todos los litotipos observados están bien representados en la perforación 3, que es además la que alcanza la mayor profundidad (31 m), se la ha tomado como referencia en algunos de los gráficos que se presentan.

Las determinaciones de color se hicieron por comparación con los patrones cromáticos del *Rock Color Chart Committee* (1951); para establecer los distintos intervalos granulométricos se aplicaron los métodos de tamizado y pipeteo y en aquellas muestras con elevado porcentaje de

material menor de 10 $\phi$ , se utilizó Sedígrafo CILAS 1180. Con los resultados se confeccionaron histogramas para determinar ubicación y tipo de modas y curvas de frecuencia acumulativa en papel probabilístico, para establecer los percentiles usados para calcular los parámetros estadísticos de Folk y Ward (1957) que se consignan en la Cuadro 1. Estas curvas permitieron además distinguir las poblaciones que Visher (1969), atribuye a procesos de transporte por tracción, saltación y suspensión. Cuando el grado de consolidación de las muestras permitió la preservación de estructuras sedimentarias al sacarlas del sacatestigo, se utilizó el código de litofacies propuesto por Miall (1996).

El análisis composicional de las fracciones arena fina, muy fina y limo grueso fue realizado con microscopio óptico, previa separación con bromoformo de las fracciones pesada y liviana. La identificación de los minerales de arcilla se efectuó por difracción de rayos X, sobre muestra natural, glicolada y calcinada.

**Resultados**

Sobre la base de los análisis granulométricos y composicionales, las estructuras sedimentarias preservadas, los distintos grados de consolidación de los sedimentos y las ligeras modificaciones del color se han podido diferenciar, desde la base hacia la superficie de las perforaciones, seis grupos de sedimentos y/o sedimentitas numerados de I a VI (Fig. 2).

*Grupo I*

*Características generales:* El espesor atravesado por las

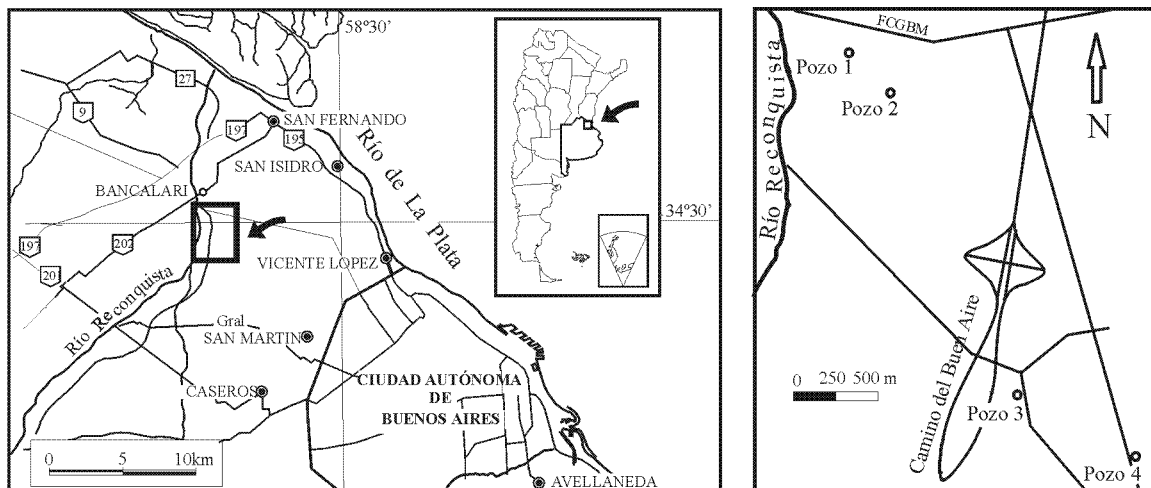


Figura 1: Mapa de ubicación.

perforaciones varía entre 1,4 m y 5,8 m y está constituido por arenas castaño claras (5YR 6/4), friables, razón por la cual no se han preservado estructuras sedimentarias al extraer la muestra del sacatestigos.

**Análisis granulométrico:** Los histogramas identifican sedimentos unimodales (Fig. 3a) que presentan la mayor concentración de material (55 a 65%) en el intervalo arena fina, con admixturas laterales cercanas a 20 %, sin exceder los límites de la arena fina y muy fina. A las poblaciones mayoritarias se añaden pequeños porcentajes (0,5 a 1,5 %) de limo grueso y arena mediana. Los valores de la mediana y de la media reflejan el predominio de la arena fina en sedimentos muy bien seleccionados, representados por curvas simétricas o con asimetría positiva, ligeramente leptocúrticas (Cuadro 2), en las que predomina ampliamente el segmento atribuido por Visher (1969) a las partículas que se desplazan por saltación (98 %), sobre el correspondiente a suspensión (2%) (Fig. 3g).

**Composición:** Los componentes de la fracción liviana por orden de abundancia son: cuarzo equidimensional, redondeado a subredondeado, con amplio predominio de granos monocristalinos sobre policristalinos; plagioclasa fresca, preferentemente oligoclasa; ortosa subangulosa, alterada, en ocasiones con crecimientos perthíticos filiformes y collofanita. No se han observado vitroclastos (Cuadro 3).

En la fracción pesada (Cuadro 4), predominan ampliamente los minerales opacos, acompañados por una *suite* típicamente metamórfica, constituida por estaurólita, cianita, granate y otros accesorios como rutilo, zircón y turmalina bien redondeados, epidoto y hornblenda.

## Grupo II

**Características generales:** Es transicional entre el I y el III, tiene un desarrollo vertical variable de 3 a 5 m (Fig. 2) y está constituido por sedimentos macizos, friables, naranja muy pálido (10 YR 8/2), que incluyen pequeñas concreciones elipsoidales de aproximadamente 1,5 cm de diámetro mayor y

dendritas de óxido de hierro de color naranja rojizo moderado (10 R 6/6).

**Análisis granulométrico:** Son sedimentos bimodales (Fig. 3b) y tienen mayor amplitud granulométrica que el grupo I, incluyendo desde arenas finas a arcillas, con moda principal (26-37%) en la clase limo grueso y moda secundaria (12-23%) en arcilla. La moda principal es menos destacada que la del grupo I y las admixturas, en los intervalos pelítico y psamítico, son inferiores al 19%. Los valores de la mediana y media, reflejan la preponderancia del limo, en sedimentos mayoritariamente pelíticos, muy pobremente seleccionados, de asimetría muy variable y representados por curvas platicúrticas y muy platicúrticas (Cuadro 2). Falta el segmento asignado a las poblaciones que se mueven por rolido, mientras que el de saltación alcanza a 65 % y supera al de suspensión que constituye el 35% (Fig. 3h). En los intervalos propios de la fracción pelítica, se observan pequeños quiebres correspondientes a subpoblaciones.

**Litofacies:** La falta de estructuras sedimentarias y las características texturales de este grupo permiten equipararlo a la litofacies Fsm (limos y arcillas macizos).

**Composición:** Entre los componentes de la fracción liviana predomina el cuarzo equidimensional, subanguloso a subredondeado (Cuadro 3), cuyo porcentaje disminuye hacia arriba. Son escasos los granos policristalinos. Los porcentajes de las plagioclasas tienen una evolución opuesta y menos pronunciada que los del cuarzo (Fig. 4). Son clastos tabulares, subangulosos, o fragmentos derivados de la escisión de planos de clivaje, especialmente del (010), en los que no siempre son visibles las maclas polisintéticas. Están frescas o cubiertas por ligera alteración arcillosa y en su mayoría corresponden a oligoclasa ácida, con menor frecuencia de variedades más cálcicas que llegan hasta andesina básica. La participación de ortosa y microclino es reducida y dispar. Son clastos de forma tabular ancha, subangulosos. La primera tiene ocasionalmente crecimientos perthíticos filiformes y/o maculosos

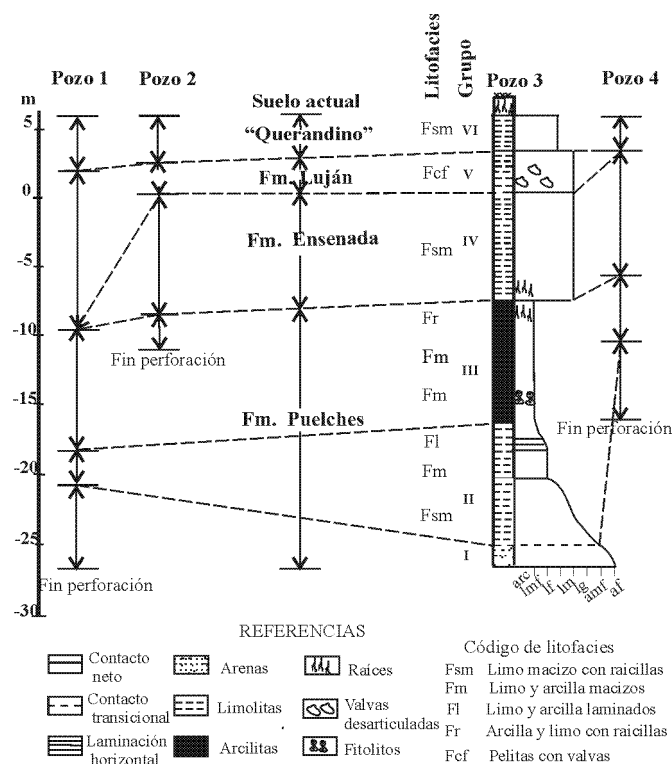


Figura 2: Correlación de pozos y perfil geológico.

y en todos los casos aparece cubierta por alteración arcillosa, a veces muy densa, mientras que el microclino está fresco. Los litoclastos ecuanes, subredondeados a subangulosos, son muy escasos en el nivel inferior de este grupo y aumentan en el superior. Están totalmente cubiertos por polvo arcilloso impregnado con óxidos e hidróxidos de hierro por lo que resultan difíciles de distinguir de los grumos arcillosos, aunque ocasionalmente se reconocieron pelitas y texturas microgranulares cuarzo-feldespáticas. No se han observado vitroclastos

La fracción pesada (Cuadro 4), está constituida principalmente por minerales opacos (magnetita, hematita, ilmenita), que superan a los del grupo del epidoto (pistacita, zoicita), y a los anfíboles (hornblenda verde y castaña). Turmalina castaña, micas, piroxenos, granate y zircón son escasos. La suite metamórfica compuesta por cianita, estauroilita y rutilo está en reducido porcentaje en el nivel inferior de este tramo.

Entre los minerales arcillosos predomina ampliamente smectita (90%) sobre illita (5%), acompañadas por muy escasa caolinita (<1%) y probables trazas de clorita. Las arcillas poseen muy buena cristalización.

Grupo III

**Características generales:** Tiene un espesor variable de 5 a 13 m (Fig. 2) y está constituido por pelitas consolidadas, en general macizas o con laminación horizontal difusa, cuyos niveles basales son de color naranja amarillento oscuro (10 YR 6/6) a naranja pálido (10 YR 8/2), mientras que los niveles más altos son gris rosados (5YR 8/1) y naranja rosado grisáceo (5YR 7/2). Suelen incluir parches difusos de óxido

de hierro de color castaño claro (5YR 6/4), de hasta 2 mm de diámetro y lenticillas finas, pequeñas y negras de minerales de manganeso. En el tramo superior (-9 m s.n.m.), se observan restos de raicillas y oquedades tapizadas por cutanes.

**Análisis granulométrico:** Son sedimentitas bimodales o polimodales, con moda principal (>30%) en la clase arcilla lo mismo que las admixturas proximales (Fig. 3c). Faltan o son muy reducidos los porcentajes de la fracción arena (<1 %), las modas secundarias (hasta 20%), se ubican en la fracción limo y las terciarias, cuando están presentes, son reducidas. Los valores de la mediana y de la media reflejan el predominio de limo muy fino y arcilla en sedimentitas muy pobremente a extremadamente mal seleccionadas. Tienen variaciones muy pronunciadas de la asimetría, con predominio de las curvas positivas, lo que indica la presencia de una población aún más fina subordinada. Los coeficientes de curtosis, aunque variables muestran un amplio predominio de las curvas platicúrticas, indicando que en general hay mala selección en la parte central de las curvas (Cuadro 2). El segmento que representa a las poblaciones que se mueven por suspensión está más desarrollado (76 %) que el de las que se desplazan por saltación (24%), y los materiales tractivos están ausentes (Fig. 3i).

**Litofacies:** La falta de estructuras sedimentarias en la mayor parte de las muestras correspondientes a este grupo, y sus características texturales, con amplio predominio de la fracción arcilla, permiten equipararlas a la litofacies Fm (arcilla y limo macizos), en la que se intercalan esporádicos niveles con laminación horizontal difusa, asimilables a litofacies Fl (arena, limo y arcilla con laminación fina y pequeñas óndulas) y otros, en el tramo superior, con restos de sistemas radicales y cutanes correspondientes a litofacies Fr (arcilla y limo masivos, con restos de raíces y bioturbación).

**Composición:** Entre los minerales livianos (Cuadro 3), los feldespatos tabulares y subangulosos son los más abundantes, con predominio de plagioclasas frescas, raramente zonales, sobre feldespatos potásicos. Entre estos últimos el microclino, aunque escaso, es relativamente constante. El cuarzo se presenta como clastos monominerales equidimensionales y subangulosos acompañados, en la mayoría de las muestras, por vestigios de la variedad policristalina de origen cataclástico. Los litoclastos subangulosos a subredondeados, corresponden a pastas de volcanitas mesosilíceas con texturas microlíticas, cubiertas por pátinas arcillosas. Las trizas vítreas, aunque muy escasas, están en todos los niveles. Se observan como accesorios, especialmente en la mitad superior de este grupo fitolitos silíceos y en la inferior espículas monoaxónicas.

Entre los minerales pesados (Cuadro 4), se destaca la alta concentración alcanzada por las laminillas micáceas en el sector inferior con tendencia marcadamente decreciente de la biotita en el sector superior. Les siguen en orden de abundancia los opacos, escasa frecuencia de minerales del grupo del epidoto, anfíboles (hornblenda castaña, verde y basáltica) y muy escasa participación de piroxenos y de minerales accesorios. Solo en una muestra correspondiente al tramo superior (-

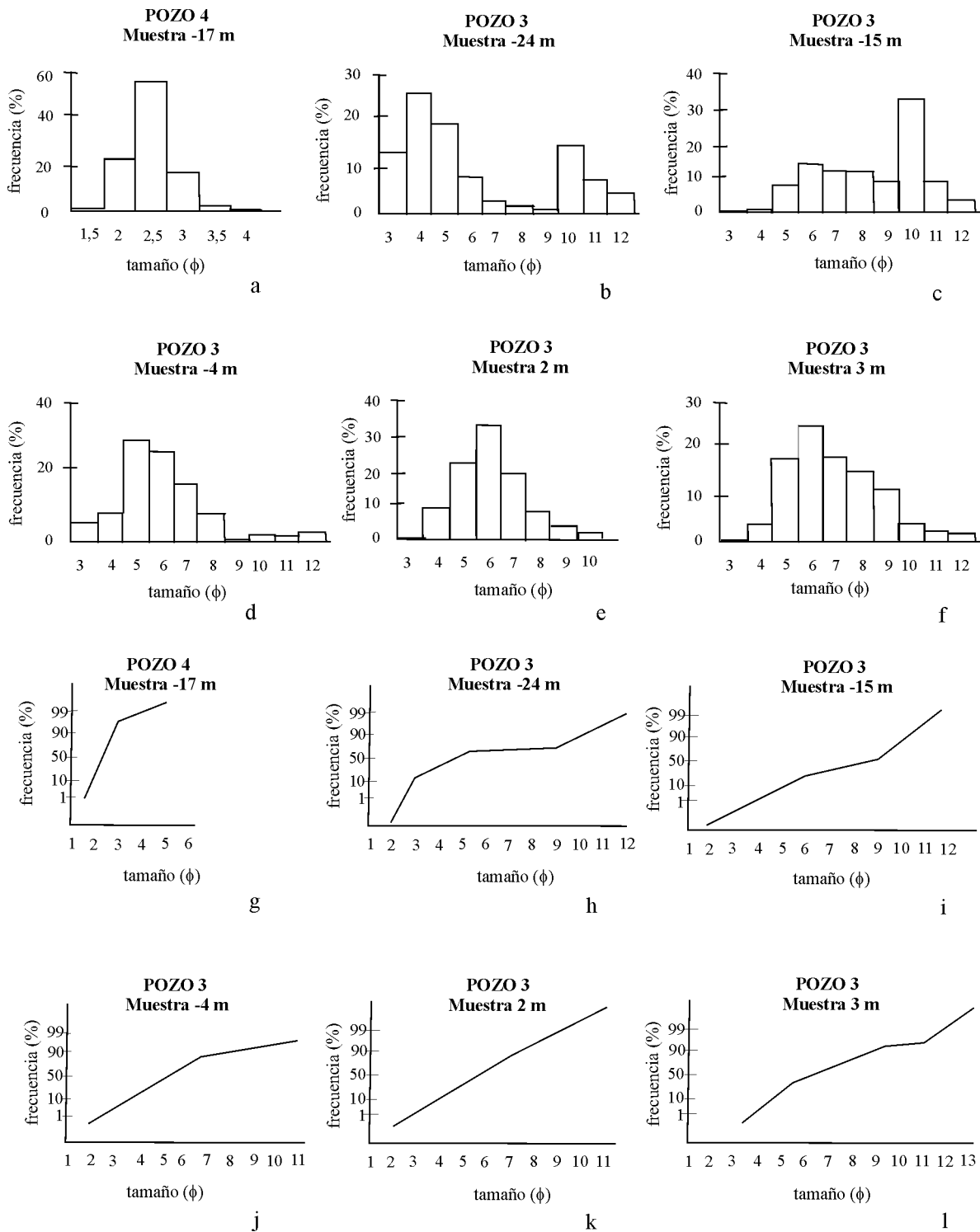


Figura 3: Histogramas y curvas acumulativas tipo de cada unidad.

9 m), se han observado minerales de la *suite* metamórfica.

Entre las arcillas se observa un leve predominio de smectita (45% a 65%) sobre illita (35% a 40%), acompañadas por caolinita en las muestras inferiores (15% a 0%). La calidad de cristalización de la smectita decrece hacia los niveles superiores.

*Grupo IV*

*Características generales:* Alcanza un desarrollo vertical máximo de 9 m, aunque en el pozo más cercano al río Reconquista (pozo 1) no hay registro del mismo (Fig. 2). Las sedimentitas que lo constituyen son macizas, bien consolidadas

**Cuadro 2:** Parámetros estadísticos de las muestras estudiadas.

Perforación	Profundidad m	Mediana Md ( $\phi$ )	Media Mz ( $\phi$ )	Selección $\sigma$	Asimetría Sk	Agudeza Kg	Grupo	Formación
1	1	5,85	6,03	1,79 MPS	0,27 AP	1,50 L	V	Luján
1	-7	6,80	7,15	2,00 MPS	0,24 AP	1,20 L	V	Luján
1	-11	11,80	12,30	6,4 EMS	0,35 AMP	0,82 P	III	Puelches
1	-15	10,25	10,65	4,43 EMS	0,22 AP	0,93 P	III	Puelches
1	-18	9,65	10,06	5,06 EMS	0,34 AMP	0,80 P	III	Puelches
3	3	6,8	7,06	2,01EMS	0,17 AP	1,14 L	VI	Querandí
3	2	5,66	5,63	1,34 MPS	0,06 S	1,1 L	V	Luján
3	-4	5,50	5,45	1,83 MPS	0,17 AP	1,72 ML	IV	Ensenada
3	-6	5,66	5,67	2,25 EMS	0,09 S	1,60 ML	IV	Ensenada
3	-8	5,35	5,60	1,89 MPS	0,12 AP	1,39 L	IV	Ensenada
3	-9	11,0	11,0	5,07 EMS	0,06 S	0,31 P	III	Puelches
3	-12	7,7	8,68	4,20 EMS	0,61 AMP	1,01 M	III	Puelches
3	-13	7,0	8,8	4,42 EMS	0,63 AMP	1,05 M	III	Puelches
3	-15	8,75	8,12	2,11 EMS	-0,43 AMN	0,75 P	III	Puelches
3	-16	7,66	10,16	5,42 EMS	0,45 AMP	0,80 P	III	Puelches
3	-18	7,50	8,83	4,51 EMS	0,47 AMP	0,92 M	III	Puelches
3	-19	7,70	7,50	2,08 EMS	-0,11 AN	0,51 MP	III	Puelches
3	-21	7,33	7,13	1,56 MPS	-0,2 AN	0,76 P	II	Puelches
3	-24	4,66	5,87	2,86 MPS	0,54 AMP	0,62 MP	II	Puelches
3	-26	2,75	2,82	0,34 MBS	0,34 AP	1,13 LL	I	Puelches
4	-17	2,30	2,27	0,37 BS	-0,10 S	1,12 LL	I	Puelches

\* EMS: extremadamente mal seleccionada, MPS: muy pobremente seleccionada, MBS: muy bien seleccionada; AMP: asimetría muy positiva, AP: asimetría positiva, S: simétrica, AN: asimetría negativa, AMN: asimetría muy negativa, MP: muy platicúrtica, P: platicúrtica, M: mesocúrtica, LL: ligeramente leptocúrtica, L: leptocúrtica ML: muy leptocúrtica.

das y muestran similitud cromática y homogeneidad granulométrica. Son limos arcillosos naranja rosado grisáceos (5YR 7/4), porosos, con parches negros e irregulares de óxido de manganeso de hasta 2 mm de diámetro, con ocasional presencia de rizolitos.

*Análisis granulométrico:* Son sedimentitas bimodales o polimodales, con moda principal (30%) en la clase limo grueso (Fig. 3d). Las admixturas proximales psamíticas incluyen bajos porcentajes de material (<5%), y son superadas por las limolíticas (25 a 10%). La presencia de pequeñas modas de material arcilloso (hasta 3%) son las que marcan las distribuciones bi y polimodales. Los valores de la mediana y la media son similares e indican que la fracción dominante es el limo grueso (Cuadro 2). Están muy pobremente seleccionadas a extremadamente mal seleccionadas, sus curvas son simétricas o muestran ligera asimetría positiva y son leptocúrticas a muy leptocúrticas. El segmento de la curva acumulativa que representa a las poblaciones de arena fina, muy fina y limo grueso y mediano (80%) es el que posee mayor desarrollo, mientras que el que caracteriza al resto de la fracción pelítica es reducido (20%) (Fig. 3j).

*Litofacies:* El carácter macizo de las sedimentitas, sumado a sus atributos texturales permiten equipararlas a la litofacies Fsm (limos y arcillas macizos).

*Composición:* Predominan las plagioclasas integradas mayoritariamente por oligoclasa media, determinada por ángu-

los de extinción simétrica, acompañadas por cantidades subordinadas de litoclastos, cuarzo, feldespatos potásicos, vitroclastos y vestigios de colofanita (Cuadro 3). Los fragmentos de plagioclasa, que son tabulares, angulosos a subangulosos y frescos o con incipiente alteración arcillosa de los más ácidos, suelen incluir burbujas fluidas, granos opacos, cristales negativos y/o de apatita, alineados o desordenadamente distribuidos; el crecimiento zonal es inusual. Los litoclastos son componentes característicos, aproximadamente ecuanes, subredondeados y están cubiertos por una densa alteración arcillo-ferruginosa, que dificulta su observación; no obstante se reconocieron pastas felsíticas de volcanitas y/o piroclastitas ácidas y texturas pilotácicas e intersetales de andesitas y basaltos, junto a grumos pelíticos. Dentro de los feldespatos potásicos, subangulosos a subredondeados, la ortosa es el componente principal y sus clastos tabulares anchos, aparecen enturbiados por alteración arcillosa; el microclino es muy escaso y está fresco. El cuarzo está representado por granos aproximadamente ecuanes, subangulosos a subredondeados, en su mayoría monocristalinos, con muy escasa participación de policristalinos. No se observaron casos de extinción ondulante y las escasas inclusiones corresponden a gránulos opacos, cristales de rutilo o son fluidas. La frecuencia de los vitroclastos aumenta en sentido ascendente; son trizas de composición ácida ( $n = 1,48$  a  $1,51$ ), en su mayoría incoloras, con pequeñas cantidades de color castaño grisáceo, con formas variadas, muy angulosas y suelen presentar canalículos y burbujas con frecuencia rellenos con polvo arcilloso, escamas cloríticas y gránulos opacos. La colofanita

**Cuadro 3.** Composición porcentual de la fracción liviana.

Perforación	Profundidad m	Grupo	Livianos totales %	Cuarzo %	Plagioclasa %	Ortosa %	Microclino %	Vitroclastos %	Litoclastos %	Colofanita %	Yeso %	Fitolitos %	Espículas %
3	3	VI	99	11	43	13	x	13	18	2	-	-	
3	2	V	99	10	43	14	x	15	18	x	-	-	
3	-4	IV	99	14	42	11	x	12	21	-	-	-	
3	-8	IV	99,2	13	44	14	x	3	26	x	x	-	
3	-9	III	97,3	45	36	11	1	x	7	-	-	x	
3	-13	III	99	31	45	8	1	3	10	1	-	1	
3	-15	III	99,2	38	45	9	x	x	8	-	-	-	
3	-18	III	98	38	45	8	2	x	5	-	-	x	2
3	-19	III	98,2	37	45	10	x	x	8	-	-	x	x
3	-21	II	97,5	38	39	12	1	-	10	x	-	-	
3	-24	II	97,9	60	28	9	2	-	1	-	-	-	
3	-26	I	87,5	35	40	12	x	-	13	x	-	-	
4	-17	I	96,3	66	15	10	3	-	6	-	-	-	

\* x: vestigios

es un componente accidental y aparece como vestigios.

Dentro de los componentes pesados (Cuadro 4), predominan los anfíboles: hornblenda verde, castaña y basáltica; seguidos por los minerales opacos: magnetita, hematita, ilmenita; los del grupo del epidoto: epidoto y zoicita y los piroxenos: hipersteno, enstatita y augita.

Entre los minerales arcillosos se han observado porcentajes equivalentes de smectita e illita (45% a 55%). La primera es de muy baja calidad, con picos (001), anchos y extendidos.

#### Grupo V

*Características generales:* Es de color gris oliva claro (5Y 6/1) uniformemente distribuido y su potencia oscila entre 0 y 12 m (Fig. 2). Las sedimentitas son macizas, friables o están moderadamente consolidadas; son porosas, tienen huecos y se fisuran fácilmente según planos. Se observan valvas desarticuladas, en ocasiones fragmentadas, principalmente de *Erodona mactroides* y briozoarios del orden Cheilostomata (comunicación personal M. Quintana).

*Análisis granulométrico:* Los histogramas (Fig. 3e), reflejan poblaciones unimodales, con moda (35%) en el intervalo limo mediano y admixturas proximales de desarrollo similar. El limo constituye alrededor del 85% del material, con limitados porcentajes de arena (9%) y de arcilla (13%). Los valores de la mediana y la media son similares e indican el predominio de sedimentos limosos medianos a finos (Cuadro 2); el valor del coeficiente de selección clasifica a estos sedimentos como muy pobremente seleccionados, representados por curvas simétricas o con asimetría positiva, mesocúrticas a leptocúrticas. El segmento de las curvas correspondiente a las poblaciones que se desplazan por rolido solo está en las muestras que tienen conchillas; el correspondiente a salta-

ción, que escasamente alcanza 10%, es corto y de baja pendiente; el de suspensión, que se inicia a partir de 4  $\phi$  y que puede superar el 90%, muestra un trazado recto, sin truncamientos importantes (Fig. 3k).

*Litofacies:* Las características texturales y las conchillas permiten asimilar este grupo a la litofacies Fcf (pelitas con moluscos).

*Composición:* La composición mineralógica es similar a la del grupo IV (Cuadro 3), predominan las plagioclasas acompañadas por litoclastos, cuarzo, feldespatos potásicos con leve incremento del microclino y vitroclastos. La fracción pesada es reducida (Cuadro 4) y está compuesta por la misma asociación que el grupo IV.

Entre los minerales arcillosos hay un incremento de la illita (60%), que predomina sobre la smectita (40%), de muy baja cristalinidad.

#### Grupo VI

*Características generales:* Tiene un espesor que varía entre 2 y 3,60 m (Fig. 2) y está formado por sedimentitas moderadamente consolidadas, macizas, de color gris castaño claro (5YR 6/1), con sectores gris castaños (5YR 4/1) de distribución irregular, ricos en materia orgánica y pequeños parches ferruginosos naranja amarillentos oscuros (10YR 6/8); incluyen sales blanquecinas.

*Análisis granulométrico:* Está constituido por limo arcilloso, sin participación de arena (Fig. 3f). La mediana y la media son muy similares y corresponden a la fracción limo (Cuadro 1). Las sedimentitas, extremadamente mal seleccionadas, poseen asimetría positiva y el diseño de las curvas es

**Cuadro 4:** Composición porcentual de la fracción pesada.

Perforación	Profundidad m	Grupo	Pesados totales %	Hornblenda	Enstatita	Hipersteno	Augita	Epidoto	Zoicita	Opacos	Granate	Turmalina	Zircón	Rutilo	Biotita	Muscovita	Apatita	Cianita	Andalucita	Estaurrolita
3	3	VI	1	44	1	2	x	16	4	20	2	2	x	x	1	4	-	-	-	-
3	2	V	1	48	2	1	2	18	4	21	2	1	x	-	x	1	-	-	-	-
3	-4	IV	1	42	2	1	4	17	4	25	3	x	x	-	-	2	-	-	-	-
3	-8	IV	0,8	40	1	2	3	16	3	25	2	1	x	-	3	4	x	-	-	-
3	-9	III	2,7	1	x	-	-	3	x	72	1	x	1	x	-	x	x	12	10	x
3	-13	III	1	3	x	-	x	4	1	41	x	1	x	1	7	4	-	-	-	-
3	-15	III	0,8	4	x	x	x	6	1	43	x	1	x	x	2	43	-	-	-	-
3	-18	III	2	4	x	1	-	2	-	30	-	-	-	-	16	48	-	-	-	-
3	-19	III	1,8	3	x	-	-	2	x	22	-	1	-	-	23	49	-	-	-	-
3	-21	II	2,5	13	-	1	-	15	4	55	x	x	x	-	4	8	-	-	-	-
3	-24	II	2,1	7	1	1	2	17	4	43	2	8	2	7	x	1	-	1	x	4
3	-26	I	12,5	3	1	x	x	12	3	58	3	2	8	6	1	x	-	2	-	1
4	-17	I	3,7	2	-	-	-	7	x	69	2	2	6	4	x	x	-	1	7	-

\* x: vestigios.

leptocúrtico. Falta la población que se mueve por rolido, mientras que la de saltación es escasa (<5%) y abundante la de suspensión (>95%) representada por segmentos poco inclinados que se inician a partir de 4,5  $\phi$  (Fig. 3I).

*Litofacies:* El carácter macizo de las sedimentitas y su tamaño de grano, permiten equipararlas a litofacies Fsm (limos y arcillas masizos).

*Composición:* Es similar a la de los grupos IV y V, con ligeras variaciones de algunos componentes (Cuadro 3). Persiste el predominio de las plagioclasas que constituyen cerca de la mitad de la fracción liviana y cuya composición más frecuente es andesina media, aunque también se han detectado otras variedades comprendidas entre oligoclasa ácida y andesina básica. Completan la fracción liviana litoclastos; trizas vítreas frescas, incoloras y de color castaño claro en relación 3:1; ortosa y vestigios de microclino; cuarzo y escasos fragmentos irregulares de collofanita.

Los componentes pesados (Cuadro 4) más abundantes son los anfíboles (hornblenda castaña, verde y basáltica), seguidos en orden decreciente de frecuencia por minerales opacos (magnetita, hematita e ilmenita), micas (muscovita y biotita), piroxenos (hipersteno, enstatita y augita), granate y turmalina. Los componentes accidentales como zircón, rutilo, brookitita, etc, aparecen solo como vestigios.

Las arcillas tienen estructuras ordenadas y de buena calidad. La illita (55%) es el material dominante y parece tener una baja proporción de interestratificados expandibles. La smectita (30%) aparece bastante bien cristalizada, con un pico (001) relativamente bien desarrollado, que en la preparación natural

se registra en 12 A y en la glicolada pasa a 17 A. La caolinita, si bien subordinada a las anteriores (15%), es de buena calidad.

## Discusión

### Grupos texturales

Los seis grupos tienen distintos espesores en las cuatro perforaciones, esa desigualdad se relaciona con las irregularidades topográficas de los lugares donde están ubicadas dichas perforaciones y con la evolución de la red de drenaje vinculada con los cambios climáticos.

*Grupo I:* La muy buena selección de las arenas finas, refleja su madurez textural y el carácter ligeramente leptocúrtico de las curvas indica intensa acción selectiva, ejercida sobre el material de la porción central de las mismas, por un agente de transporte fluido, con velocidad constante (Sahú 1964), cuya competencia y carga debieron ser relativamente poco variables. Las características de las curvas, especialmente la ausencia o escaso desarrollo de las poblaciones suspensivas, las hacen compatibles con las que Visser (1969), asigna a arenas de antiguos depósitos fluviales. Su posición estratigráfica y las características texturales y composicionales permiten asimilar este grupo a los típicos niveles arenosos de la Formación Puelches (Santa Cruz 1972).

*Grupo II:* La merma de la fracción psamítica se atribuye a la reducción de la velocidad y competencia del agente de trans-



porte. En las curvas, la ausencia de las poblaciones que se mueven por rolido y el diseño del segmento correspondiente a las de saltación, sugieren la acción de corrientes tractivas débiles que han desplazado a la arena y al limo grueso. Los quiebres secundarios observados en el segmento correspondiente a las poblaciones suspensivas indican variaciones decrecientes e irregulares de la energía del agente de transporte. Este grupo corresponde a la litofacies Fsm y representa depósitos masivos de planicie de inundación formados por material pelítico, con predominio de limo, abundante material arcilloso transportado por suspensión y escasa arena fina y muy fina, sin que se identifiquen niveles tractivos arenosos.

*Grupo III:* Persiste el debilitamiento progresivo de las corrientes fluviales y de su poder selectivo, que se refleja en un depósito netamente arcilloso y polimodal, formado por un importante apilamiento de litofacies Fm. La mera reducción de la velocidad que produce la decantación de las partículas limosas, tiene menor incidencia sobre las arcillosas de dimensiones coloidales, para cuya floculación se requieren aguas estancas y/o la acción de electrolitos. Asimismo, la alta concentración de micas en los tramos inferior y medio, sugieren decantación en medio de muy baja energía. Esto indica que el grupo representa depósitos suspensivos en planicies de inundación cubiertas por agua durante prolongados períodos, formando lagunas y pantanos estancos. Estas condiciones se dan en regiones de muy baja pendiente, donde, sí se establece un buen drenaje, existen condiciones oxidantes cerca de la superficie, lo que explicaría la escasa proporción de materia orgánica (Reading 1986). La escasa intercalación de pelitas laminadas, correspondientes a la litofacies Fl, revela la esporádica participación de corrientes tractivas muy débiles, mientras que la presencia de moldes de raicillas y cutanes en el tope de este grupo, litofacies Fr y de fitolitos, sugieren una incipiente acción pedológica en sedimentos de llanura de inundación, probablemente vinculada a reducción de la cubierta de agua en la planicie, lo que permitió el crecimiento de vegetación. La ausencia de nódulos carbonáticos implica que los procesos edáficos se desarrollaron bajo clima húmedo.

Por las características enunciadas y su posición estratigráfica, los grupos II y III, podrían ser asignados a los sedimentos que Ameghino (1908) designó como preensenadense y a los que González Bonorino (1965) denominó pampeano inferior (Cuadro 1). El primer autor indica que estaban formados por capas de poco espesor, de arenas cuarzosas, margas verdosas y arcillas grises, que alternaban reemplazándose unas a otras y el segundo que consistían en areniscas limosas, limos y arcillas bien estratificados. Sin embargo, cabe destacar que el grupo II es netamente transicional entre el I y el III y los tres corresponden a subambientes fluviales genéticamente vinculados, por lo que consideramos que representan los depósitos póstumos de la Formación Puelches. La mineralogía apoya esta interpretación, ya que en las muestras de los tres grupos la smectita predomina sobre la illita y el cuarzo es el mineral principal o el segundo en abundancia, siendo su porcentaje siempre superior a 30%, mientras que en las muestras de los grupos superiores (IV a VI), el cuarzo nunca sobrepasa el 14%, la composición está dominada por plagioclasas y la illita es la arcilla dominante.

*Grupo IV:* Todas las características texturales de las sedimentitas indican que corresponden a depósitos loessicos, acumulados por el viento en regiones semiáridas de escasa pendiente. El amplio predominio de las plagioclasas sobre el cuarzo, la importante contribución de fragmentos líticos de volcanitas y vitroclastos y el ambiente de depositación estimado, diferencian claramente a las sedimentitas de este grupo de las infrayacentes. Sus características loésicas y la posición estratigráfica permiten asimilarlo a la Formación Ensenada.

*Grupo V:* Está formado por litofacies Fcf, pelitas masivas, porosas. La variabilidad de su espesor y de las formaciones que lo infrayacen son el resultado de la paleotopografía del área, labrada por intensa acción erosiva en un período de mar bajo. La escasez de arena y el predominio de poblaciones suspensivas, se atribuye a sedimentación producida por un agente de transporte de baja energía, sin capacidad selectiva. Este grupo representa depósitos de estanques y charcos de agua poco profundos, ubicados en la planicie de inundación. La presencia de valvas desarticuladas de *Erodona mactroides*, propia de zonas marginales del Río de La Plata, sugiere cierto grado de retrabajo *in situ*, sin transporte fuera del área.

De acuerdo a sus características, estas sedimentitas corresponden al Miembro Río Salado de la Formación Luján, acumuladas bajo condiciones climáticas templadas y húmedas del inicio de Holoceno durante el período megatermal (Orgeira *et al.* 2001). Ameghino (1898) las designó como Lujanense o Piso Pampeano Lacustre.

La semejanza composicional con los sedimentos infrayacentes de la Formación Ensenada indica procedencia desde la misma área de aporte y/o remoción y redepositación a partir de estos. La significativa, aunque escasa presencia de augita con extremos dentados por disolución intraestratal, indicadora de ciclos sedimentarios previos, corrobora al menos una remoción parcial.

*Grupo VI:* Los sedimentos limo arcillosos que lo constituyen fueron depositados por un agente de baja energía y poder selectivo. El material muy fino fue eliminado por acción del oleaje y la irregular distribución de materia orgánica, revela aumento de las condiciones de reducción del ambiente depositacional, que pueden relacionarse con variaciones climáticas estacionales, fenómenos cíclicos como las mareas (Villar *et al.* 1999) y con diferencias en las concentraciones salinas del agua. Estos sedimentos se atribuyen a los designados como querandino por Doering (1882), que para González Bonorino (1965) constituyen depósitos estuáricos.

#### *Petrofacies*

Un rasgo común de los depósitos analizados es el acentuado predominio de la fracción liviana cuyos componentes, relativamente constantes en especies, guardan relaciones cuantitativas variables, con alternancia en el predominio de los más abundantes: el cuarzo y las plagioclasas (Fig. 4). Este rasgo, sumado a la participación de material volcánico y piroclástico (vidrio volcánico y pastas de volcanitas), en el tramo superior y a la variación de las *suites* de minerales pesados, permiten



**Figura 4:** Variación de los principales constituyentes de la fracción liviana en el pozo 3.

definir claramente dos petrofacies, una característica de los tres grupos basales (A) y otra de los tres cuspidales (B).

La petrofacies A, con moda Qt:F:L promedio 43:49:8, se localiza por debajo de -9 m en el pozo 3 (Fig. 4), es rica en feldespatos y cuarzo, pobre en litoclastos y el vidrio volcánico es muy escaso (Cuadro 3). La asociación de minerales pesados (Cuadro 4) incluye minerales de origen ígneo y metamórfico, es rica en opacos, con cantidades muy inferiores de epidoto y hornblenda; las micas son porcentualmente importantes en algunos niveles. De acuerdo con Santa Cruz (1972), los minerales de la Formación Puelches, de origen ígneo-metamórfico, proceden de rocas sedimentarias derivadas de la

destrucción del basamento cristalino brasileño y en menor medida del aporte directo del mismo. Las rocas efusivas principalmente basálticas de la Formación Serra Geral, habrían sido las generadoras de smectita en clima subtropical a templado.

La petrofacies B con moda Qt:F:L promedio 12:56:32, tiene bajo grado de madurez textural y mineralógica, se localiza por encima de los -9 m en el pozo 3 (Fig. 4) y se caracteriza por el predominio de plagioclasa, cuantitativamente constante, sobre cuarzo, que no supera el 14 %. A su vez se incrementa el porcentaje de trizas vítreas y de litoclastos volcánicos. La proporción de illita supera generalmente a la de smectita y la asociación pesada está integrada principalmente por anfíboles acompañados por epidoto y minerales opacos. Esta asociación, típicamente volcánico-piroclástica, procede del arco magmático andino.

Cabe destacar que en los grupos II y III se han observado ciertos rasgos transicionales en la evolución de las petrofacies, que serían consecuencia de desplazamientos recurrentes de la red fluvial que cambió de norte-sur a este-oeste, con la consecuente variación de las áreas de aporte (González Bonorino 1965).

### Conclusiones

Se han diferenciado seis grupos texturales y dos petrofacies.

Los grupos I, II y III, corresponden a la Formación Puelches; el grupo I representa los típicos niveles arenosos de dicha formación, el III está formado por depósitos suspensivos en lagunas y pantanos estancos y el II es netamente transicional entre los anteriores. Los grupos II y III representan los depósitos póstumos de la Formación Puelches. Todos corresponden a subambientes fluviales genéticamente vinculados y bien diferenciados textural y mineralógicamente de los sedimentos pampeanos, por lo que debería descartarse el uso de preensadense o pampeano inferior, que tienden a vincularlos con los sedimentos pampeanos.

La ausencia de materia orgánica en las sedimentitas correspondientes al grupo III indica que existió buen drenaje y condiciones oxidantes. La presencia esporádica de fitolitos y de moldes de raicillas y cutanes en el tope, indican incipiente acción pedológica, probablemente vinculada a reducción de la cubierta de agua. La ausencia de nódulos carbonáticos implica que los procesos edáficos se desarrollaron bajo clima húmedo.

Estos tres grupos basales caracterizan la petrofacies A (43:49:8) constituida principalmente por feldespatos y cuarzo, con minerales pesados de origen ígneo y metamórfico y predominio de smectita sobre illita. Procede de rocas sedimentarias derivadas de la destrucción del basamento cristalino brasileño y en menor medida del aporte directo del mismo y de las rocas efusivas principalmente basálticas de la Formación Serra Geral.

Las sedimentitas que constituyen el grupo IV corresponden a depósitos loésicos, acumulados por el viento en regiones semiáridas de escasa pendiente y por su posición estratigráfica se asimilan a la Formación Ensenada.

El grupo V representa depósitos de estanques y charcos de agua poco profundos, ubicados en la planicie de inundación. De acuerdo a sus características corresponde al Miembro Río Salado de la Formación Luján, acumulado bajo condiciones climáticas templadas y húmedas del inicio de Holoceno.

Los sedimentos limo arcillosos que constituyen el grupo VI, con materia orgánica irregularmente distribuida, representan el avance del mar y se atribuyen a los depósitos designados como querandino.

Los tres grupos cuspidales representan la petrofacies B (12:56:32) que se caracteriza por el dominio de plagioclasa, con escasa participación de cuarzo (<14%), importante contribución de litoclastos volcánicos y vitroclastos, minerales pesados de origen volcánico-piroclástico, con porcentajes de hornblenda superiores al 40% y predominio de illita sobre smectita. Procede del arco magmático andino.

### Agradecimientos

Esta contribución se ha realizado en el marco de los proyectos UBACyT X169 y X236. Las autoras desean expresar su agradecimiento al árbitro Lic. Hugo Marengo, cuyas sugerencias contribuyeron a mejorar el original, a la Lic. Susana Alonso, quien realizó el análisis mineralógico por difracción de rayos X, al Dr. M. Quintana por las determinaciones paleontológicas y a la Agrimensora Amalia González, que realizó el mapa de ubicación.

### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Ameghino, F., 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. *Actas de la Academia de Ciencias* 6: 1-1027, Córdoba
- Ameghino, F., 1908. Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapadmalal. *Anales del Museo de Buenos Aires* 3(10): 343-428.
- Ameghino, F., 1909. Le *Diprothomo Platensis*. Un précurseur de l'homme du Pleistocene inférieur de Buenos Aires. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires* 3(13): 107-207.
- Castellanos, A., 1923. Le limite plio-pleistocene et le probleme de l'homme tertiaire dans la Republique Argentine. *Revista de la Universidad Nacional de Córdoba* 10: 110-1222
- Doering, A., 1882. Informe oficial de la Comisión Científica agregada al Estado Mayor General de la Expedición al Río Negro (Patagonia). *Geología* 3: 300-530, Buenos Aires.
- Fidalgo, F., 1999. El Cuaternario de la provincia de Buenos Aires. En: Caminos, R. (Ed): *Geología Argentina, SEGEMAR, Anales* 29: 700-703, Buenos Aires.
- Fidalgo, F., De Francesco, F. y Colado, V., 1973. Geología superficial de las hojas Castelli, J. M. Cobo y Monasterio (Argentina). 5° Congreso Geológico Argentino, *Actas* 4: 27-39
- Fidalgo, F., de Francesco, F. y Pascual, R., 1975. Geología superficial de la llanura Bonaerense. En: *Geología de la provincia de Buenos Aires*. 6° Congreso Geológico Argentino, *Relatorio*: 103-138. Bahía Blanca.
- Folk, R. L. y Ward, W. C., 1957. Brazos River bar study in the significances of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27 (1): 3-26.
- Frenguelli, J., 1957. Neozoico. *Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*. Geografía de la República Argentina 2: 1-28, Buenos Aires.
- González Bonorino, F., 1965. Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 20(1): 67-148.
- Miall, A., 1996. The geology of fluvial deposits. *Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Springer, 582 p., Berlin.
- Orgeira, M. J., Walther, A., Tofalo, R., Vásquez, C., Lippai, H., Compagnucci, R., 2001. Estratigrafía y magnetismo de rocas en un perfil del arroyo Tapalqué, Cuaternario de la provincia de Buenos Aires: implicancias paleoambientales y paleoclimáticas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56(3): 353-366.
- Reading, H. G., 1986. *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Scientific Publications, 615 p., Oxford.
- Riggi, J. C., Fidalgo, F., Martínez, O. y Porro, N., 1986. Geología de los «sedimentos pampeanos» en el partido de La Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 41(3-4): 316-333.
- Rock Color Chart Committee, 1951. *Geological Society of America*. New York.
- Roth, S., 1920. Investigaciones geológicas en la llanura pampeana. *Revista del Museo de La Plata* 25: 135-342.
- Rusconi, C., 1931. Nota preliminar sobre la geología de Puerto nuevo, Capital Federal y sus proximidades. *La Ingeniería* 35: 1-686.
- Rusconi, C., 1937. Contribución al conocimiento de la geología de la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores y referencia de su fauna. *Academia Nacional de Ciencias, Actas* 10 (3): 177-384, Córdoba.
- Russo, A., Ferello, R., y Chebli, G., 1978. Llanura Chaco-Pampeana. En: Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, *Academia Nacional de Ciencias*, 1: 139-384. Córdoba.
- Sahú, B., 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *Journal of Sedimentary Petrology* 34 (1): 73-83
- Santa Cruz, J., 1972. Estudio sedimentológico de la Formación Puelches en la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 27(1): 5-62.
- Tonni, E. y Fidalgo, F., 1982. Geología y paleontología de los sedimentos del Pleistoceno en el área de Punta Hermengo (Miramar, provincia de Buenos Aires, República Argentina): aspectos paleoclimáticos. *Ameghiniana* 19: 79-108.
- Tonni, E., Nabel, P., Cione, A. L., Etchichury, M., Tofalo, R., Scillato Yané, G., San Cristobal, J., Carlini, A. y Vargas, D., 1999. The Ensenada and Buenos Aires formations (Pleistocene) in a quarry near La Plata, Argentina. *Journal of South America Earth Sciences* 12: 273-291.
- Tricart, J. L. F., 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. *Colección Científica* 12: 1-202, Buenos Aires.
- Villar, C., de Cabo, L. y Bonetto, C., 1999. Tidal exchange of water between a coastal marsh and the Río de La Plata estuary, the effect on the main physical and chemical variables. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia*. Nueva Serie 1(2): 139-144.
- Visher, G. S., 1969. Grain size distributions and depositional processes. *Journal of Sedimentary Petrology* 39 (3): 1074-1106.
- Yrigoyen, M. R., 1993. Morfología y geología de la ciudad de Buenos Aires. Evaluación e incidencia geotectónica. *Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, Actas* 7: 7-38.

Recibido: 02/03/05

Aceptado: 30/05/05