

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO

REVISTA DEL MUSEO DE LA PLATA  
(NUEVA SERIE)

TOMO XI

Geología n° 110

**COMPOSICIÓN DE LOS AGREGADOS NO DISPERSABLES  
DE SEDIMENTOS PAMPEANOS**

*Mormeneo, M.L.*

*Camilión, M.C.*

*Iasi, R.*

# COMPOSICIÓN DE LOS AGREGADOS NO DISPERSABLES DE SEDIMENTOS PAMPEANOS

María L. Mormeneo<sup>1</sup>

María C. Camilión<sup>2</sup>

Rodolfo R. Iasi<sup>3</sup>

## RESUMEN

Los sedimentos pampeanos que presentan rasgos paleopedológicos o reestructuración por acción ácida son difíciles de dispersar con los tratamientos convencionales previos al análisis granulométrico. Con la remoción de los óxidos de hierro libre disminuye la agregación; no obstante, gran parte del material persiste aglutinado por un cemento rico en sílice y alúmina constituyendo verdaderos durinódulos; los mismos son de tamaño arena y engloban partículas de menor tamaño.

Para obtener la dispersión total de las muestras es necesario aplicar un tratamiento con NaOH 0,5 M en caliente, con el cual se eliminan los cementantes amorfos o pobremente cristalinos de composición aluminosilicática; sin embargo, este método no es aplicable en forma rutinaria por la alta relación álcali/ muestra requerida.

La formación de estos durinódulos (agregados) se relacionaría con la lixiviación de sílice durante los procesos pedológicos sufridos por los materiales.

**Palabras clave:** Sedimentos pampeanos, Agregación, Cementantes, Aluminosilicatos amorfos, Análisis granulométrico.

## ABSTRACT

### COMPOSITION OF THE NON-DISPERSABLE AGGREGATES OF PAMPEAN SEDIMENTS

Dispersion by conventional treatments for grain-size analysis do not work efficiently when used in Pampean sediments modified either by pedogenesis or groundwater circulation. Although aggregation decreases when free Fe oxides are removed, most of the sediment remains aggregated by a Si-Al rich cement which forms sand size nodules made up of smaller size particles.

Total dispersion of samples is obtained with a 0,5 M NaOH dispersing agent on a hot plate. This produces the removal of amorphous and poorly crystallized aluminosilicate cements. However, this procedure is not generally used due to the high alkali-sample ratio required.

The origin of silica cement found in nodules is probably related to SiO<sub>2</sub> leaching during pedogenesis.

**Key words:** Pampean sediments, Aggregation, Cementing agents, Amorphous aluminosilicates, Grain-size analysis.

## INTRODUCCION

Numerosos autores mencionan la presencia de agregados y la imposibilidad de obtener una verdadera distribución granulométrica en algunos niveles de sedimen-

tos pampeanos, especialmente en los de mayor antigüedad (Roth, 1921; Frenguelli, 1955; González Bonorino, 1965; Teruggi, et al., 1957; Teruggi e Imbellone 1987; Riggi et al., 1986; Camilión et al., 1990).

A estos agregados les atribuyen una

naturaleza arcillosa (Riggi et al., 1986; Teruggi et al., 1957); otros sostienen que son materiales muy ligados entre sí por simple yuxtaposición sin cementación (Roth, 1921; Frenguelli, 1955); Teruggi e Imbellone (1987) los definen como porciones de la micromasa que permanece aglutinada posiblemente por cemento sesquioxídico.

En consecuencia, los análisis granulométricos en estos sedimentos brindan texturas más gruesas que las verdaderas, puesto que la fracción arena está constituida predominantemente por agregados de partículas más finas. Así se ha consignado que los materiales, en su mayoría, son limoarenosos, con medias entre 4 y 5  $\phi$  (Imbellone y Teruggi, 1993). Bidart (1993) menciona que en nuestro país el material loésico presenta la moda entre 3 y 4  $\phi$ , mientras que los de otras partes del mundo la presentan en el intervalo 4-5 ó 5-6  $\phi$ .

El objetivo del trabajo es dilucidar la naturaleza de estos agregados, en la búsqueda de un método dispersivo eficaz.

### MATERIALES

Se seleccionaron siete muestras de distintos niveles y áreas geográficas, pertenecientes a estudios de caracterización efectuados con anterioridad. Cinco de las mismas presentaban deficiencias notables en su dispersión, no así las dos restantes que fueron incluidas para observar sus diferencias.

De las muestras con dificultades, dos pertenecen a sedimentos aflorantes en los Acanilados de Mar del Plata-Miramar. Una (MP1) corresponde al sector medio de la Aloformación Playa San Carlos descrita por Zárate (1990) y atribuida al Plioceno. Según Orgueira y Valencio (1984) su antigüedad se remonta a los 3,4 - 4,5 m.a. La otra muestra (MP2) corresponde al miembro inferior de la Aloformación Punta San Andrés (Zárate, 1990) del Plio-Pleistoceno. Roucco (1989) establece para estos sedimentos una edad menor a 2,48

m.a. y mayor a 1,89 m.a.

Otras dos muestras provienen de las barrancas del río Paraná en la localidad de Baradero. Pertenecen a las "unidades aloestratigráficas" III (B1) y V (B2) descritas por Nabel (1993). Por encima de la primera la autora ubica el límite Brunhes-Matuyama (0,73 m.a.) y en el techo de la segunda la culminación de la Fm. Ensenada.

La restante pertenece a un perfil expuesto en una cantera de la localidad de Hernández, en los alrededores de la ciudad de La Plata (H), asignada al Pleistoceno superior por Imbellone et al. (1990).

Las muestras sin dificultades en cuanto a su dispersión son del área de Lobos y corresponden a la Fm. Ensenada (L1) y Fm. Buenos Aires (L2) (Dangavs et al., 1990).

### MÉTODOS

Se efectuaron determinaciones de caracterización como contenido de C orgánico (método de Walkley y Black, 1965) y carbonato de calcio equivalente (método de neutralización ácida, según Allison y Moodie, 1965).

El análisis químico total, por vía húmeda, se efectuó sobre la muestra completa sin pretratamiento alguno, utilizando métodos convencionales (colorimétricos y absorción atómica).

Se realizó la determinación de óxidos libres de Si, Al y Fe según el método de citrato-bicarbonato-ditionito (Mehra y Jackson, 1965).

Asimismo, se experimentó con la metodología de disolución de cementos con CIH según ASTM (1980); este método descompone sólo los aluminosilicatos lábiles y la sílice amorfa, no alterando los argilominerales y el cuarzo.

Las muestras fueron caracterizadas macroscópicamente (color, consistencia, estructura, presencia de moteados, concreciones) y con la lupa binocular se observaron aspectos tales como porosidad, empaquetamiento, morfología de los car-

bonatos, cutanes, concreciones, etc.

Previo desmenuzamiento de las muestras en mortero de madera, se ensayaron los siguientes tratamientos dispersivos:

- T 1.- Dispersión en agua destilada.  
 T 2.- Tratamiento con acetato de sodio 1 N a pH 5, para remover cementos calcáreos (Método de Grossman y Millet, 1986).  
 T 3.- Tratamiento con  $H_2O_2$  100 vol. para remover componentes orgánicos y óxidos de manganeso (Método de Kunze y Rich, 1986).  
 T 4.- Tratamiento CBD con citrato, bicarbonato, ditionito (Mehra y Jackson, 1965) para remover óxidos de hierro, sílice y alúmina libre.  
 T 5.- Tratamiento con NaOH 0,5 M durante 2,5 minutos a ebullición (Jackson et al, 1986) para remover geles aluminosilicatos amorfos o pobremente cristalinos.

Posterior a cada tratamiento, las muestras se agitaron mecánicamente y por gravimetría se determinó la fracción retenida en tamiz de malla 230 (63  $\mu$ m). Para valorar la eficacia de los tratamientos se efectuó control óptico con lupa y microscopio polarizante. Un análisis con mayor detalle se efectuó mediante microscopía electrónica de barrido (Leitz AMR 1200) combinado con análisis químico puntual en un espectrómetro de dispersión de energía (Philips 005). Por difracción de rayos X se analizó la composición mineralógica de los agregados molidos.

## RESULTADOS

### GENERALIDADES

Los materiales, en general, corresponden a limos arenosos de color castaño rojizo a castaño claro, con numerosos poros dejados por raicillas. No obstante, se pueden señalar algunas diferencias entre las muestras con problemas dispersivos y las que no los tienen. Así, las primeras

presentan una marcada compactación, estructuras poliédricas o laminares y presencia de moteados de hierro y manganeso. Al romper los poliedros y analizarlos bajo lupa binocular se observan superficies irregulares y lisas; estas últimas tapizadas por un delgado barniz transparente de brillo vítreo. Con frecuencia se observan concentraciones blanquecinas de carbonato de calcio. Los canalículos que atraviesan el sedimento en todas las direcciones tienen de 0,10 a 0,50 mm de diámetro y se encuentran tapizados por cutanes generalmente opalinos de variado espesor. Además, son frecuentes las manchas oscuras, que aparecen tanto en los poros como impregnando la masa del sedimento (Fig. 1). Por otro lado, las muestras de la región de Lobos, que se dispersan con facilidad, presentan compactación más ligera y ausencia de estructuras. Observadas bajo la lupa, el empaquetamiento de los granos es menos denso, mas poroso y el rasgo más destacable es la ausencia de recubrimientos en los poros.

Los contenidos de carbono orgánico son bajos (menos del 0,8%) al igual que los de carbonato de calcio que varían entre 0,42 y 1,10 %, a excepción de la muestra B2 que llega a 3,20%.

### ANÁLISIS QUÍMICO TOTAL

La composición química de las muestras estudiadas es muy similar, con ligero incremento de sílice en las procedentes del área de Lobos (Tabla 1).

En algunas muestras, se obtuvieron bajos valores de alúmina, en relación a los registrados por otros autores (Bade, 1921 y Herrero Ducloux, 1908). Exceptuando estos casos, la relación  $Al_2O_3 / SiO_2$  es 1: 3,3 a 1: 3,8.

### OXIDOS LIBRES

El método CBD ha sido indicado para la remoción y cuantificación de los óxidos cristalinos, paracristalinos y amorfos denominados libres, que proceden de los

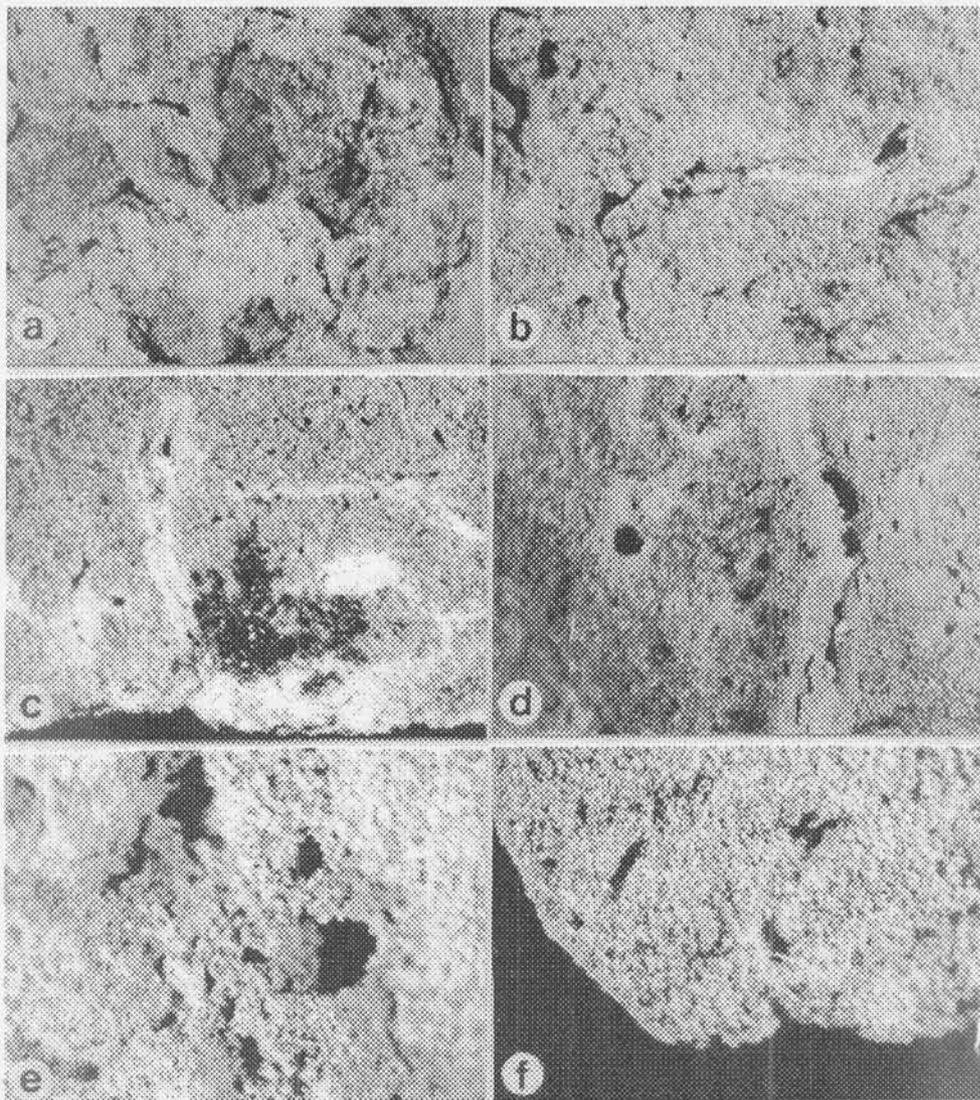


Fig. 1- Muestras de sedimentos pampeanos vistos bajo lupa binocular. a: MP1- empaquetamiento denso y superficies con recubrimientos de brillo vitreo. x 45; b: MP2- canales recubiertos por cutanes. x 20; c: MP2- concentración de sesquióxidos. x 30; d: B2- canales recubiertos por cutanes. x 45; e: L1- poros y canales sin recubrimientos. x 60; f: L2- material poroso y sin recubrimientos. x 45.

procesos de intemperización. No se disuelven con el mismo los aluminosilicatos combinados no cristalinos, incluyendo alofano (Jackson et al., 1986).

Con esta metodología se obtienen valores bajos de sílice libre en todas las muestras (Tabla 2), no alcanzando a constituir el 1% del presente en el análisis químico total. La alúmina libre varía entre 0,05 y 4,2% respecto del total y el hierro libre, en

algunas muestras alcanza valores superiores al 8% del total.

Cuando las muestras se someten a digestión con HCl al 50%, los porcentajes de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{FeO}$  son notoriamente superiores a los registrados con el método CBD; en dos muestras se alcanzó a disolver más del 40% del total. La sílice reactiva es la menos abundante de los tres óxidos analizados, siguiendo en orden creciente

TABLA 1. ANÁLISIS QUÍMICO TOTAL

Muestra	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	K <sub>2</sub> O %	Na <sub>2</sub> O %	TiO <sub>2</sub> %	MnO %
MP1	56,6	7,8	6,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd
(*)	57,2	17,3	5,4	1,7	2,8	nd	nd	nd	nd
(**)	56,8	15,8	5,5	1,6	nd	0,9	2,4	0,2	0,02
MP2	56,8	16,1	5,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B1	58,2	8,5	4,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B2	57,0	11,1	5,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd
(*)	59,9	17,4	4,8	1,7	3,1	2,0	1,7	nd	0,0
H	59,8	10,0	5,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd
(*)	62,7	15,0	6,0	1,9	2,8	1,9	1,4	nd	0,6
L1	66,2	12,9	3,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L2	60,9	13,0	4,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd

(\*) datos extraídos de Bade (1921)

(\*\*) datos extraídos de Herrero Ducloux (1908); nd: no determinado

la alúmina en algunos casos y el hierro en otros.

El método CBD produce un ataque suave que combina la acción reductora del ditionito, el poder complejante del citrato para el hierro y la baja alcalinidad del bicarbonato, relegando el ataque de algunos componentes amorfos (sílice), por lo cual se obtienen bajos contenidos de óxidos libres. Por otro lado, el ataque con HCl al 50 % es de mediana intensidad provocando la descomposición y disolución de los minerales degradados, aunque sin modificaciones importantes en el cuarzo y los argilominerales presentes. Ya Frenguelli (1955) señalaba que la solubilidad del loess pampeano en HCl representaba por lo menos un 30% por la abundancia de silicatos hidratados turbios y profundamente alterados, que previamente habían sido atribuidos a zeolitas por Bade (1921). Los valores de óxidos libres encontrados por este último autor, especialmente los de sílice, son notablemente mayores, y este incremento se debe a la intensidad de ataque del método por

él utilizado, específicamente el tercer paso realizado con ácido sulfúrico concentrado que modifica y dispersa coloidalmente los vidrios volcánicos y algunos minerales arcillosos.

#### PRETRATAMIENTOS DISPERSIVOS

En la Fig. 2 se visualiza cómo disminuye el porcentaje de material retenido en malla 230 a medida que se incorporan los distintos pretratamientos para remover cementantes.

Con agitación mecánica en agua destilada (tratamiento 1), el material retenido alcanza un máximo de 64% en la muestra MP2 y valores mínimos de 36 y 37% en las provenientes de Lobos. Con este tratamiento, sólo en las muestras L1 y L2 no se observa agregación del material; en las restantes la proporción de material agregado es muy variable, llegando en algunas a formar casi la totalidad de lo retenido. En la Fig. 3 se puede apreciar el aspecto de estos agregados observados con lupa binocular y con microscopio electrónico

TABLA 2. OXIDOS LIBRES

Muestra	Método	SiO <sub>2</sub> %	% del total	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	% del total	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	% del total
MP1	CBD	0,31	0,55	0,03	0,05	0,52	8,20
	ASTM	0,94	1,66	1,02	13,01	0,53	8,40
	(*)	4,76	8,32	0,89	5,14	1,54	28,50
MP2	CBD	0,34	0,60	0,55	0,97	0,17	3,20
	ASTM	1,08	1,90	0,93	5,80	0,42	7,90
B1	CBD	0,43	0,74	0,36	4,20	0,21	4,40
	ASTM	3,21	5,50	2,05	24,10	0,70	14,60
B2	CBD	0,30	0,53	0,27	2,40	0,08	1,60
	ASTM	1,01	1,80	0,84	7,60	0,28	5,60
	(*)	4,97	8,30	0,83	4,77	0,39	8,12
H	CBD	0,33	0,55	0,29	2,90	0,18	3,20
	ASTM	0,89	1,49	0,82	8,20	0,53	9,50
	(*)	3,52	5,61	nd		nd	
L1	CBD	0,27	0,41	0,32	2,48	0,34	9,44
	ASTM	1,81	2,73	1,27	9,84	1,60	44,44
L2	CBD	0,23	0,38	0,27	2,08	0,19	4,32
	ASTM	0,60	1,01	0,92	7,07	0,35	7,95

(\*) extraído de Bade (1921); nd: no determinado

de barrido. Los análisis químicos puntuales efectuados sobre la superficie de estos agregados indican una relación SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de 3,5 a 3,8 (Tabla 3). El óxido de hierro supera siempre el 11%, mientras que los óxidos restantes (Ca, Mg, K y Ti) no alcanzan cada uno de ellos el 3%. Cabe destacar el alto contenido de titanio detectado en la superficie de una concentración de sesquióxidos (Fig. 4).

Al someter el material retenido en el tratamiento 1 a la acción del acetato de sodio (tratamiento 2), se logra disminuir la cantidad de agregados en proporciones variables, desde un mínimo de 9% (MP2) hasta un máximo de 50% (B2), respecto del material retenido en el paso anterior. El efecto de este tratamiento mantiene relación directa con el contenido de carbonato de calcio determinado en la muestra total molida.

Bajo la lupa el material continúa apareciendo como partículas aglutinadas blanquecinas de aspecto vítreo, con escasa o abundante participación de pátinas negras. Pocos de los granos corresponden a individuos aislados.

Al tratar este material con agua oxigenada (tratamiento 3) se registra una nueva disminución del material retenido, que varía entre 7% (MP2) y 70% (B2).

Una vez cumplimentado el tratamiento 4, con citrato-bicarbonato-ditionito, la cantidad de material mayor a 62 μm disminuye entre 9% (MP2) y 28% (MP1) en relación al paso anterior.

Si se observa la Fig. 2 se puede apreciar que la incidencia de los tratamientos dispersivos es variable de acuerdo al material que participa en la aglutinación del sedimento.

En materiales agregados, como son

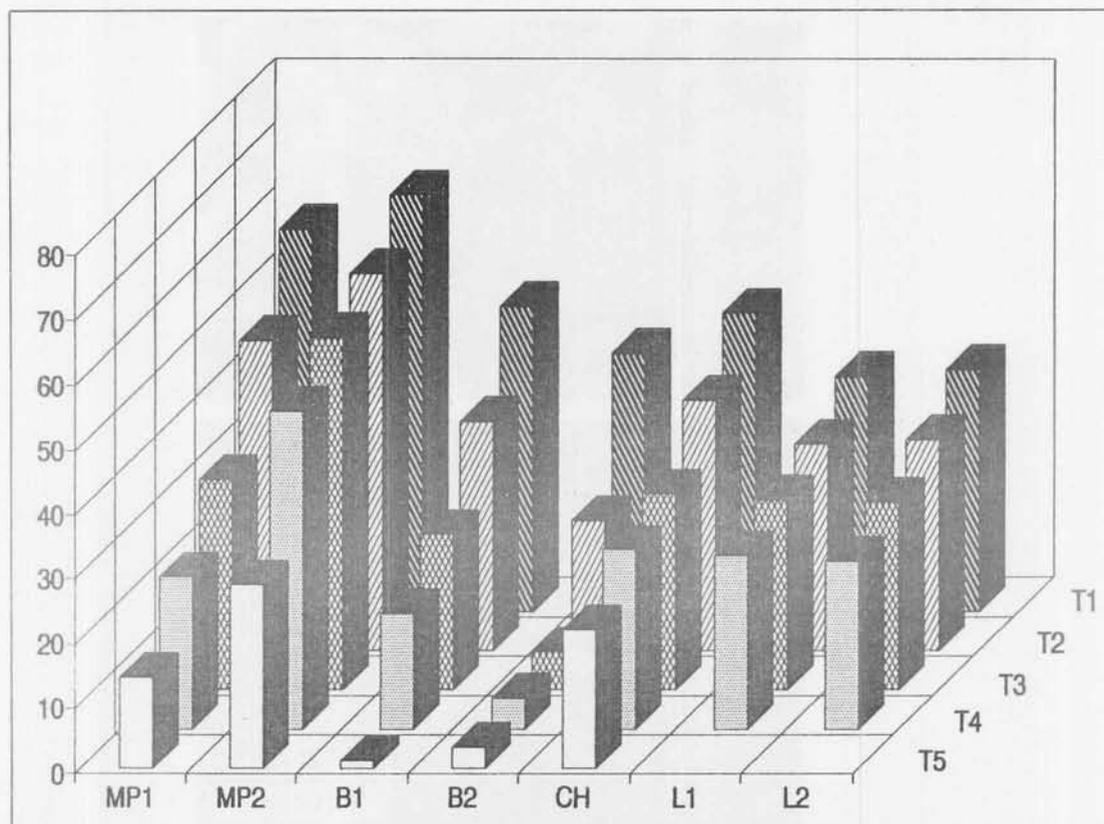


Fig. 2- Relación entre el porcentaje de material agregado y los tratamientos de remoción de los cementantes.

**TABLA 3. CONCENTRACIONES RELATIVAS DE LOS COMPONENTES MAYORITARIOS DE LA SUPERFICIE DE LOS AGREGADOS RESULTANTES DEL TRATAMIENTO 1**

Muestra	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	K <sub>2</sub> O %	CaO %	TiO <sub>2</sub> %
MP1(n=2)	58,59	16,82	16,27	2,17	2,36	2,44	1,37
MP2(n=2)	50,60	13,22	24,11	1,07	2,99	2,70	1,83
B1(n=2)	64,60	17,75	10,85	2,64	1,57	1,00	0,81
B2(n=2)	57,96	18,23	15,52	1,51	3,38	2,13	1,38
H(n=2)	59,74	17,25	14,85	2,38	2,53	2,21	1,05

n: número de análisis realizados

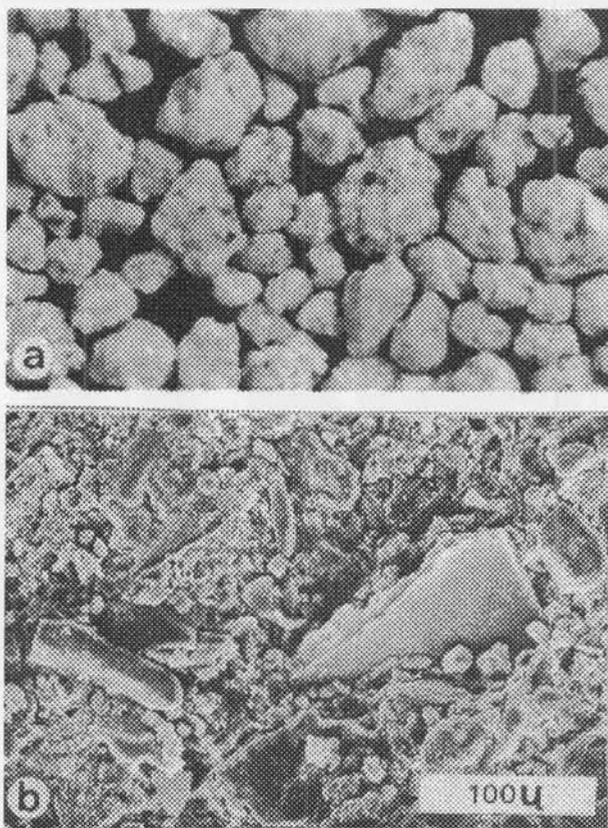


Fig. 3- Agregados vistos con lupa binocular, x 120 (a) y detalle visto con microscopio electrónico, x 252 (b).

generalmente los sedimentos pedogenizados, después de aplicar las metodologías convencionales de remoción de cementantes, es de esperar una dispersión total. No obstante, la observación del material resultante por vía submicroscópica indica que en forma parcial o total continúa agregado (Fig.5). La composición química puntual de estos agregados muestra una disminución significativa de hierro, que se ve acompañada por pérdidas menores de Mg, K, Ca y a veces Ti (Tabla 4). La alúmina, por su parte, sufre una ligera disminución en general y la sílice se encuentra enriquecida respecto a su participación inicial. La relación  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  asciende a 4,2-5,3.

Este material que aglutina los cristales minerales y actúa como cementante, rico en Si y Al, es amorfo frente a la

difractometría de rayos X. En los preparados en polvo de los agregados se obtienen únicamente las reflexiones distintivas de cuarzo y plagioclasa. En los preparados orientados sólo se registran trazas de argilominerales que difieren de los presentes en la fracción arcillosa de estos sedimentos (Fig. 6).

Al tratar las muestras provenientes del tratamiento 4 con NaOH 0,5 M (tratamiento 5) se observan dos hechos notables: un decrecimiento importante en algunas muestras de la cantidad de material retenido en malla 230 y por otro lado la desaparición de la agregación del material. En líneas generales la cantidad de material retenido en malla 230 disminuye de 12 a 30%, con excepción de la muestra B1 donde se reduce en más de un 90% (Fig. 2). La eficacia del tratamiento con NaOH

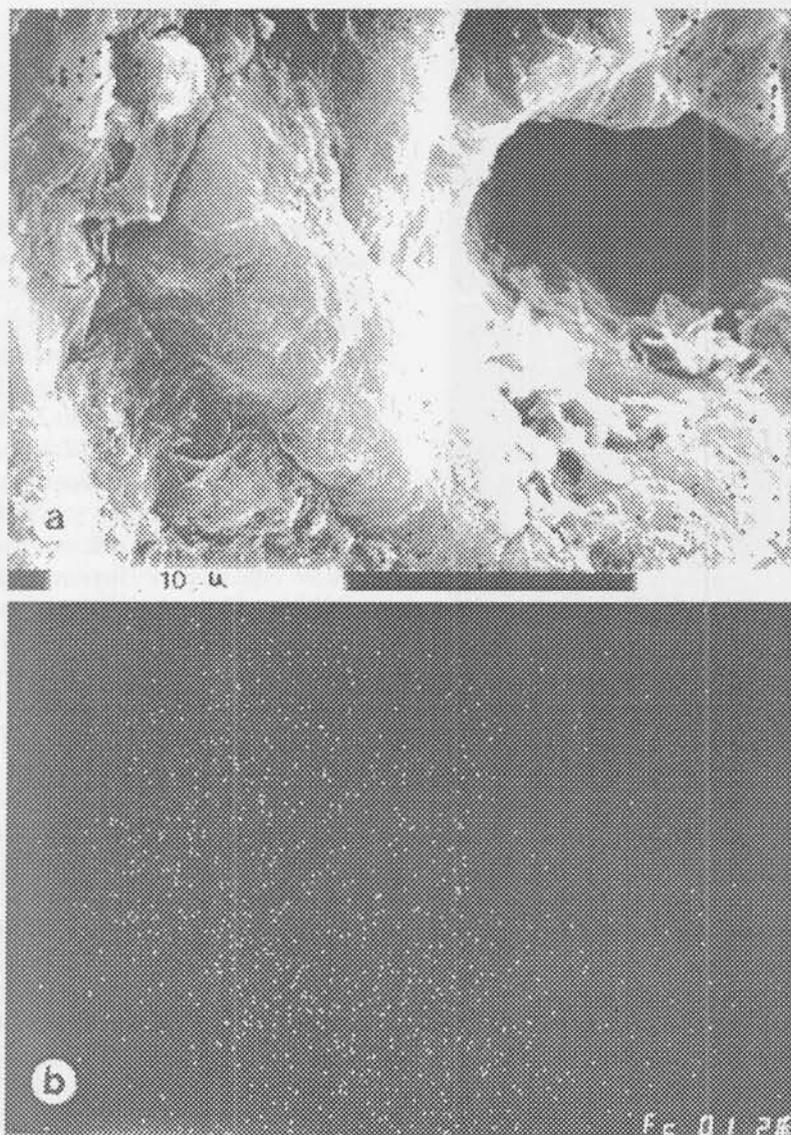


Fig. 4- a: Concentraci6n de sesqu6xidos (izquierda del poro) y b: distribuci6n de titanio en EDE; la composici6n qu6mica puntual es (%):  $\text{SiO}_2$  41,02,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  11,82,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  24,77,  $\text{MgO}$  0,30,  $\text{K}_2\text{O}$  1,48,  $\text{MnO}$  2,41,  $\text{TiO}_2$  18,21.

en la eliminaci6n del cemento se puede observar antes (Fig. 7a y 7b) y despu6s del tratamiento de la muestra (Fig. 7c y 7d). El material mayor a  $62\ \mu\text{m}$  est6 integrado en orden decreciente de abundancia por trizas de vidrio volc6nico, cuarzo, plagioclasas, hornblenda, hipersteno y otros minerales accesorios, permanecien-

do a6n algunos cristales con aspecto sucio, especialmente las plagioclasas. En la muestra B1 la mayor6a de los cristales presentan aspecto turbio, y una parte significativa del material menor a  $62\ \mu\text{m}$  corresponde a la fracci6n arcilla. A excepci6n de esta muestra, el material pel6tico no retenido en el tamiz corresponde a la

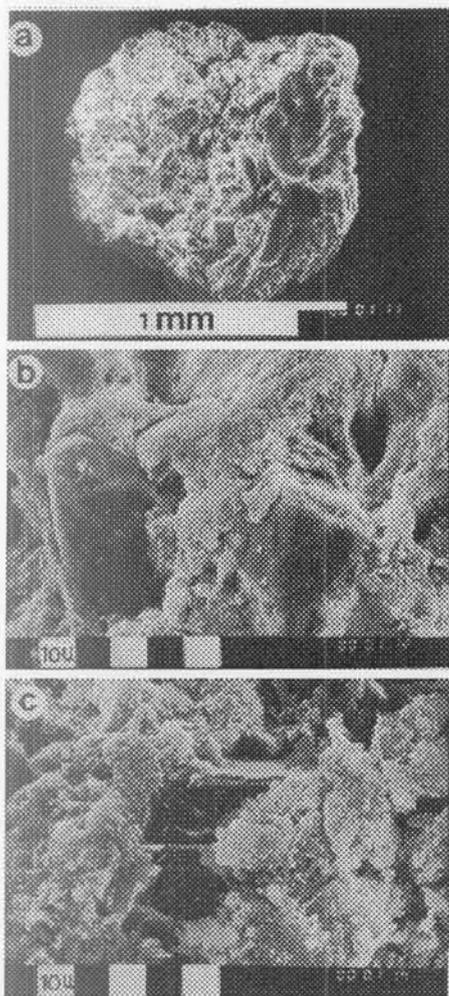


Fig. 5- a: Morfología de un agregado, b: granos de arena inmersos en la masa del agregado y c: cristal de plagioclasa incluido en el agregado.

fracción limo. En la composición mineralógica de dicha fracción interviene principalmente vidrio volcánico, cuarzo, plagioclasas (algunas corroídas), algunos minerales pesados y sílice amorfa. Esta última aparece bajo la forma de fitolitos, los que son muy abundantes, principalmente en las muestras M2 y B1. Este ópalo organógeno se presenta bajo variadas formas, con tamaños predominantes entre 4 y 10  $\mu\text{m}$ , acompañadas en menor medida por otros cuyo eje mayor alcanza 40-50  $\mu\text{m}$ .

## DISCUSIÓN

Después de los tratamientos convencionales de remoción de cementantes, las partículas minerales continúan aglutinadas por abundante material amorfo rico en Si y Al.

Experimentos realizados por diversos autores indican que el cemento síliceo es altamente soluble con NaOH 0,5 M en caliente y que con el mismo la mayoría de la sílice es disuelta en muestras finamente molidas (Flach et al., 1969). Según Jackson et al. (1986), utilizando sólo 2,5 minutos de digestión en NaOH 0,5 M se produce la disolución de algo de la sílice no cristalina (no ópalo), alúmina libre y grandes proporciones de aluminosilicatos combinados no cristalinos incluyendo alofano e imogolita. McNeal y Sansoterra (1964) consideran que toda la alúmina disuelta por este método deriva de minerales amorfos y la asignan a alofano; la sílice disuelta, no combinada en el alofano, la atribuyen a sílice coloidal.

La presencia de abundantes silicofitolitos en estos sedimentos cenozoicos ha sido señalada por Teruggi et al. (1957) y atribuida fundamentalmente a la vegetación gramínea, por ser ésta la más importante en la producción de ópalo (Tecchi, 1983). Su máxima concentración se encuentra en los horizontes eluviales de los suelos pampeanos actuales (1-1,5% en la masa total), con un máximo secundario a los 100-150 cm de profundidad, atribuido a variaciones de la velocidad de sedimentación o a un cambio en la producción vegetal. Los silicofitolitos se forman a partir de la sílice transportada por la savia bajo la forma de ácido silícico ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) que se encuentra en la solución del suelo. Se calcula que la riqueza en ópalo en las gramíneas comúnmente es de 3 a 5% en peso; al morir liberan en el suelo estos silicofitolitos, que en la fracción 5-50  $\mu\text{m}$  representan el 38% del total del ópalo presente (Tecchi, 1983). Para la existencia de estos contenidos de ópalo, es indispen-

TABLA 4. CONCENTRACIONES RELATIVAS DE LOS COMPONENTES MAYORITARIOS DE LA SUPERFICIE DE LOS AGREGADOS RESULTANTES DEL TRATAMIENTO 4

Muestra	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	K <sub>2</sub> O %	CaO %	TiO <sub>2</sub> %	MnO %
MP1(n=2)	69,34	15,33	11,17	*	1,50	0,98	1,68	*
MP2(n=4)	77,59	17,11	1,37	2,30	0,66	0,56	0,61	0,13
B1(n=2)	70,39	15,64	10,54	*	1,24	0,57	1,07	*
B2(n=2)	75,36	14,52	5,39	2,23	1,77	0,90	0,96	*
H(n=2)	75,14	14,25	7,30	*	1,51	0,78	1,18	*

n: número de análisis realizados

\*: debajo del límite de detección

sable la disponibilidad de sílice soluble en el medio.

Se ha demostrado que la disolución de minerales silíceos se ve inhibida cuando cationes metálicos son químicamente absorbidos a la superficie silícea, especialmente en el caso del Al, por la formación de un recubrimiento silicatado relativamente insoluble del tipo SiOAl(OH)<sub>2</sub>. Incluso se ha explicado a través de este mecanismo la estabilidad del cuarzo. En cambio, cuando en el sistema existen sesquióxidos libres, estos absorben el ácido monosilícico y posibilitan la disolución de las distintas formas de sílice (Wilding et al., 1986).

Se sabe que en los materiales pedogenizados, la disolución de minerales silíceos, incluyendo al cuarzo, se incrementa debido a la existencia de lixiviados ricos en moléculas orgánicas, especialmente los aminoácidos, que aumentan la solubilidad de las diversas formas de sílice.

Según Flach et al. (1969), sólo un 10% de Si como Si(OH)<sub>4</sub> podría cementar efectivamente horizontes de suelos, al igual que pequeñas cantidades de sílice cementan arcillas en agregados que no pueden romperse por tratamientos de dispersión convencionales para análisis mecánico, perdiendo dicha arcilla su propiedad de

expansión y contracción.

Recientemente se ha mencionado que suelos volcánicos con consistencia de fragipán poseen abundantes fitolitos opalinos en su fracción limo, asociados a vidrio riolítico y algunos silanes (Hidalgo et al., 1993).

El ópalo también puede ser sintetizado por medios inorgánicos. Se presenta como cemento o nódulos silíceos. Como cemento primario se forma sólo bajo niveles supersaturados de sílice debido a que precipita más rápidamente que la sílice cristalina. En regiones subhúmedas y áridas da origen a duripanes. Puede aparecer también bajo la forma de durinódulos, que son cuerpos aislados débilmente cementados con sílice, que otorgan a los horizontes (que de otra forma serían friables) una cementación incipiente. La presencia de estos durinódulos en horizontes BC de muchos suelos pampeanos actuales ha sido señalada por Arens (1969), al igual que la presencia de duripanes en las áreas de drenaje deficiente. Este autor, al analizar el paisaje geoquímico de los suelos pampeanos, señala que durante su formación hay pérdida de sílice que no se recombina totalmente en el mismo solum, dando lugar al enriquecimiento en sílice del agua freática. Para la región del río Salado consigna valores de 40 mg/litro en

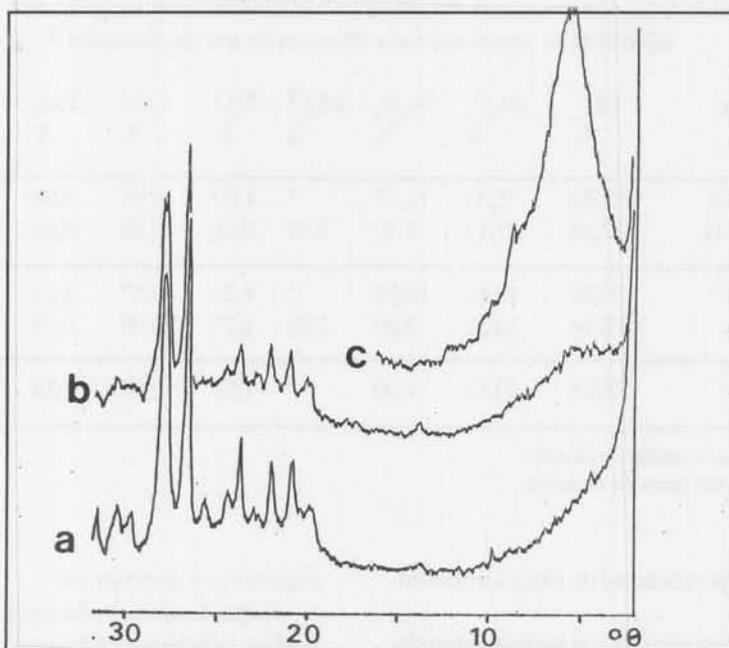


Fig. 6- Difractogramas de Rayos X (MP2). a: muestra en polvo de los agregados; b: muestra orientada de los agregados (molidos) y c: muestra orientada de la fracción arcilla.

el agua freática. Tenores entre 23 y 36 mg/litro se han mencionado para el sector sur de la provincia (Pucci et al., 1972).

Arens (1969) considera que la sílice es 10 veces más móvil que la alúmina o el hierro, con una relación  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  de 15:1 en el agua freática.

Considerando todos estos elementos de juicio se podría suponer que aquellos sedimentos loessoides que presentan durinódulos pequeños han sido afectados por la proximidad de una napa freática y/o sufrido procesos pedogenéticos. De esta manera se explicaría también que los niveles de material loésico, masivo, no asociados a procesos pedológicos o influencia de la napa freática, carezcan de los mismos.

### CONCLUSIONES

Las muestras con problemas dispersivos se restringen a aquellas que presentan estructuras macroscópicas definidas y marcada compactación. Se corresponden con niveles sedimentarios afectados por la influencia del agua y

procesos paleopedológicos bajo un régimen húmedo.

Los sedimentos con estas características no son dispersables con los métodos convencionales aplicados previamente a los análisis granulométricos. En estas condiciones persisten agregados formados por partículas minerales de menor tamaño ligadas por un cemento rico en sílice y alúmina.

La formación de este cemento que origina durinódulos tamaño arena, estaría relacionada con la lixiviación de sílice durante la pedogénesis.

La dispersión mejora efectuando la remoción de los óxidos de hierro, silicio y aluminio mediante el método del citrato-ditionito-bicarbonato de sodio de Mehra y Jackson (1965); sin embargo, para obtener una dispersión total es necesario eliminar la sílice y aluminosilicatos combinados amorfos mediante el uso de NaOH 0,5 M en caliente (Jackson et al., 1986.). La alta relación de dilución entre álcali / muestra, hace que este método no sea adecuado como rutina previa al análisis granulométrico.

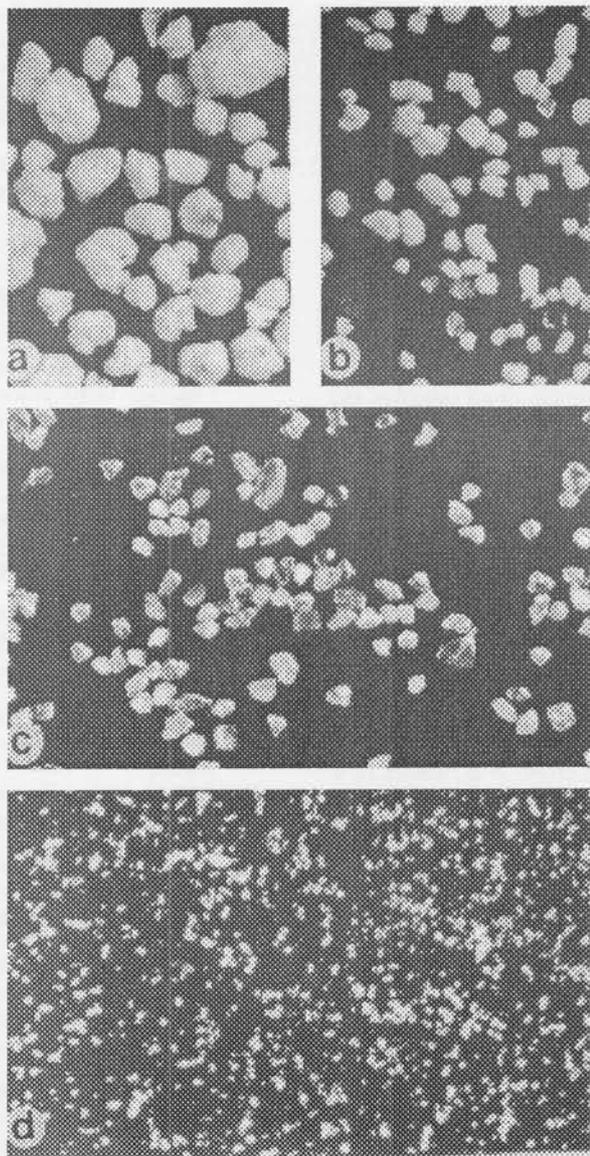


Fig. 7- Agregados mayores a 125  $\mu\text{m}$  (a) y de 62 a 125  $\mu\text{m}$  (b) después del tratamiento con CBD. Fracción arena (c) y fracción limo (d) resultantes de la dispersión de los agregados (a y b) con NaOH. (x120).

## REFERENCIAS

- ALLISON, L.E. y MOODIE, C.D. 1965. Carbonate. En: *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Black, C.A. (Ed.), 1379-1396. USA.
- ARENS, P.L. 1969. Algunos paisajes geoquímicos en la región pampeana. *Relato 5ta Reunión Arg. Ciencia del Suelo* Santa Fe. 107-115.
- ASTM. 1980. Chemical Analysis of Hydraulic Cement. En: *Annual Book of ASTM-STANDARD*. 13:88-126.
- BADE, F. 1921. Investigaciones petroquímicas del loess pampeano. En: Investigaciones geológicas en la llanura pampeana. *Rev. Museo La Plata*. XXV:213-251.
- BIDART, S. 1993. Textural characterization and stratigraphic aspects of the Pleistocene-Holocene Eolian Sediments in the Sierra de la Ventana, Buenos Aires Province, Argentina. *Quaternary International*. 17:39-47.
- CAMILION, M.C., MORMENEO, M.L., ÑIGUEZ, A. y MAGGI, J. 1990. Clay minerals and particle size distribution in loessic sediments of north-east pampa plain, Argentina. *International Symposium on loess, Argentina*. 49-54.
- DANGAVS, N.V., BLASIA, A., MORMENEO, M.L., GAILLARD, M. y BURAKOWSKY, R. 1990. Estudio geológico de la laguna de Lobos, provincia de Buenos Aires. La Plata, CISAUA, 87 p. 10 tb. 27 fig.
- FLACH, K.W., NETTLETON, W.D., GILE, L.H. y CADY, J.C. 1969. Pedocementation: induration by silica, carbonates and sesquioxides in the Quaternary. *Soil Sci.* 107:442-453.
- FRENGUELLI, J. 1955. Loess y limos pampeanos. La Plata, *Museo Ser. Técn. y Didac.* 7:89.
- 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. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* 20:67-148.
- GROSSMAN, R.B. y MILLET, J.C. 1986. Pretreatment for mineralogical Analysis. En *Methods of Soil Analysis*. Part 1, Arnold Klute (Ed.) 94-95. USA.
- HERRERO DUCLOUX, E. 1908. Estudio químico de las "escorias" y "tierras cocidas". Segunda parte. *Rev. Museo La Plata*, II:162-184.
- HIDALGO, C., BERTAUX, J. y QUANTIN, P. 1993. Forms of silica in the indurated volcanic soils of the Mexico valley. *X Int. Clay Conference*, Australia, p.84.
- IMBELLONE, P. y TERUGGI, M.E. 1993. Paleosols in loess deposits of the Argentine pampas. *Quaternary Int.* 17:49-55.
- IMBELLONE, P., TERUGGI, M.E. y MORMENEO, M. L. 1990. Crotoninas en sedimentos cuaternarios del partido de La Plata. *Simp. Int. sobre loess, Argentina*. 166-172.
- JACKSON, M.L., LIM, C.H. y ZELAZNY, L.W. 1986. Oxides, hidroxides and aluminosilicates. En: *Methods of Soil Analysis*. Part 1. A. Klute. (Ed.). 101-150. USA.
- KUNZE, G.W. y RICH, C.I. 1986. Pretreatment for mineralogical analysis. En: *Methods of Soil Analysis*. Part 1. A. Klute. (Ed.) 95-97.
- MC NEAL, B.L. y SANSOTERRA, T. 1964. Mineralogical examination of arid-land soils. *Soil Sc.* 98: 367-375.
- MEHRA, O.P. y JACKSON, M.L. 1965. Pretreatment for mineralogical Analysis. En: *Methods of Soil Analysis*. Part 1. C.A. Black (Ed.). 574-576.
- NABEL, P. 1993. The Brunhes-Matuyama Boundary in Pleistocene Sediments of Buenos Aires Province, Argentina. *Quaternary International*. 17:79-85.
- ORGEIRA, M.J. y VALENCIO, D. 1984. Estudio paleomagnético de los sedimentos asignados al Cenozoico Tardío aflorantes en la Barranca de los Lobos, provincia de Buenos Aires. *IX Cong. Geol. Arg. Actas* 162-173.
- PUCCI, A. E., CASTRO, H.A., DANUSSI, C.E. y GIACOMODONATO, R.A. 1972. Estudio químico-físico-bacteriológico de las fuentes acuíferas relevantes subterráneas y superficiales de Bahía Blanca y su zona de influencia. CIC, La Plata, *Informes* 2, 123 p.
- RIGGI, J., FIDALGO, F., MARTINEZ, O. y PORRO, N. 1986. Geología de los Sedimentos Pampeanos en el partido de La Plata. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* XLI: 316-333.
- ROTH, S. 1921. Investigaciones geológicas en la llanura pampeana. *Rev. Museo La Plata*, XXV: 135-342.
- ROUCCO, M. 1989. A 3 Ma paleomagnetic record of coastal continental deposits in Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72:105-113.
- TECCHI, R.A. 1983. Distribución de silicofitolitos en dos perfiles de suelos de la Pampa ondulada. *Ciencia del Suelo* 1(2):93-95.
- TERUGGI, M. E., ETCHICHURI, M. y REMIRO, J. 1957. Estudio sedimentológico de los terrenos de las barrancas de la zona de Mar del Plata-Miramar. *Rev. Museo Arg. Cs. Nat. Geol.* 4:167-250.
- TERUGGI, M.E. e IMBELLONE, P. 1987. Paleosuelos loessicos superpuestos en el Pleistoceno superior-Holoceno de la región de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ciencia del Suelo* 5:175-188.
- WALKLEY, A. y BLACK, C.A. 1965. Organic Carbon. En: *Methods of Soil Analysis*. Part 2, C.A. Black (Ed.), 1367-1378. USA.
- WILDING, L.P., SMECK, N.E. y DREES, L.R. 1979. Silica in soils: Quartz, Cristobalite, Tridymite and Opal. En: *Minerals in Soil Environments*. J.B. Dixon y S.B. Weed (Ed.). Soil Sci. of Am. USA. 471-554.
- ZARATE, M. 1989. Estratigrafía y geología del Cenozoico tardío aflorante en los acantilados marinos comprendidos entre Playa San Carlos y Colonia Chapadmalal, partido General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral, Museo de La Plata, 222p.