

# Geoquímica y significado tectónico-deposicional de pelitas y margas cretácico-terciarias del noreste de la Patagonia argentina

Luis A. Spalletti  
Julio C. Merodio  
Sergio D. Matheos

Centro de Investigaciones Geológicas, Universidad de La Plata  
y CONICET, República Argentina

## RESUMEN

Los análisis químicos, la caracterización de su composición y el estudio estadístico de pelitas y margas cretácico-terciarias de la Patagonia, han permitido definir dos importantes asociaciones constituidas, respectivamente, por cuarzo más illita y esmectita normativas. La asociación cuarzo-illítica se considera detrítica y derivada de rocas del basamento cristalino del Macizo Norpatagónico; está vinculada con depósitos clásticos y carbonáticos de grano grueso que sugieren ambientes de deposición bajo influencias de corrientes mareales y de olas. La asociación esmectítica se relaciona con fenómenos piroclásticos y con procesos de sedimentación marina de muy baja energía dinámica. De acuerdo con esquemas generales de interpretación geoquímica, las pelitas y margas estudiadas podrían vincularse con áreas tectónicamente activas, sobre la base de los bajos valores de la relación  $K_2O/Na_2O$  y la elevada proporción de esmectita normativa. Sin embargo, se concluye aquí que dichos atributos son exclusivamente el resultado de derivación desde terrenos volcánicos. El ámbito de acumulación corresponde a una región extensional y pasiva, pero que se caracteriza por encontrarse próxima al arco andino del que habrían procedido muchos de los componentes silicoclásticos de estas sedimentitas.

*Palabras claves:* Geoquímica, Pelitas, Tectónica, Cretácico-Terciario, Patagonia argentina.

## ABSTRACT

**Geochemistry and tectonic-depositional meaning of cretaceous-tertiary pelites and marls from northeastern Argentinian Patagonia.** Through major element geochemistry, compositional characterization and statistic analysis of chemical data, two normative associations (quartz-illite and smectite) have been defined in Cretaceous-Tertiary pelites and marls from the North Patagonian Massif. The quartz-illite detrital association is related to the crystalline basement, and was formed under low-energy tidal and wave conditions. The smectite association suggests pyroclastic processes and very fine fall-out deposition in standing water bodies. According to general interpretation of geochemical data, the studied fine-grained rocks could be related to active tectonic regions. This geotectonic imprint is due to the low  $K_2O/Na_2O$  values and the high content of normative smectite; however, these features are exclusively assigned here to the volcanic provenance. The Cretaceous-Tertiary marine pelites and marls were deposited in an extensional and passive basin characterized by its proximity to the Andean magmatic arc, from which many of the siliciclastic components were derived.

*Key words:* Geochemistry, Pelites, Tectonics, Cretaceous-Tertiary, Argentinian Patagonia.

## INTRODUCCION

Las sedimentitas cretácico-terciarias en el Macizo Norpatagónico han sido objeto de numerosos estudios geológicos, estratigráficos y paleontológicos desde los trabajos pioneros de Doering (1882), Windhausen (1914) y, muy especialmente, Wichmann (1927 a, b). Estas rocas aparecen distribuidas en una amplia región, tanto en la zona oriental como occidental del norte de la Patagonia, aunque sus afloramientos son bastante escasos y discontinuos, y sus espesores totales muy rara vez superan los 50 m. Es probablemente dicha característica la que ha dificultado las correlaciones estratigráficas y la que ha hecho proliferar una abundante nomenclatura formacional (Bertels, 1969; Lizuaín y Sepúlveda, 1979; Cortés, 1980; J.M. Cortés<sup>1</sup>; M.R. Franchi y E.G. Sepúlveda<sup>2</sup>).

En términos generales, las unidades cretácico-terciarias están constituidas por depósitos clásticos y carbonáticos que se presentan en distintas proporciones según las regiones y la posición en secuencia. En algunas localidades, como por ejemplo al sudeste del Macizo Norpatagónico, el dominio de los depósitos clásticos es notable (Bonaparte *et al.*, 1984; Andreis, 1987; Andreis *et al.*, 1989). En otras, como en la costa atlántica, se destacan netamente las sedimentitas carbonáticas biogénicas. No obstante, en la mayoría de las secciones se aprecia marcada coparticipación de variedades clásticas, carbonáticas e híbridas (de naturaleza margosa).

Estudios sobre composición de estas sedimentitas son escasos. Coira (1979) dio a cono-

cer la mineralogía de areniscas líticas y esparitas arenosas de las formaciones Coli Toro y Roca de la región de Ingeniero Jacobacci. Por su parte, más al sur, en el área del río Chubut, Andreis *et al.* (1973) y Aliotta *et al.* (1977) efectuaron análisis mineralógico-petrográficos detallados de areniscas y pelitas pertenecientes a la Formación Cerro Bororó. Más recientemente, Spalletti *et al.* (1989) hicieron una investigación sobre modas detríticas y procedencia de areniscas cretácico-terciarias en los sectores sur y oeste del Macizo Norpatagónico. En lo referente a estudios mineralógicos y geoquímicos de pelitas, la contribución de Iñíguez-Rodríguez *et al.* (1988) sobre las formaciones cretácicas Paso del Sapo y Lefipán fue la primera en su tipo publicada en Argentina. Como se advierte, es obvia la carencia de información sobre la composición de las sedimentitas cretácico-terciarias en vastas áreas, particularmente en los sectores central, norte y este de la Patagonia Septentrional.

El presente trabajo tiene por finalidad contribuir al conocimiento de la composición de estas sucesiones cretácico-terciarias. En particular, se efectúa el estudio geoquímico de rocas pelíticas silicoclásticas y mixtas sílico-carbonáticas que afloran en el sector oriental de la Provincia de Río Negro. La información obtenida fue empleada para definir la composición normativa de las sedimentitas, efectuar su clasificación y, tras un análisis estadístico, producir algunas interpretaciones sobre su origen y significado geológico.

## MÉTODOS DE ESTUDIO

El estudio de la composición de las secuencias cretácico-terciarias se realizó sobre 15 muestras pertenecientes a secciones estratigráficas relevadas a escala de detalle (1:100) en la región oriental del Macizo Norpatagónico. Las localidades de trabajo fueron las siguientes: Cona Niyeu, Arroyo Pajalta (al sur de Valcheta), Aguada de Cecilio y Laguna Tres Picos (Fig.1).

En el área de Cona Niyeu se levantaron dos perfiles de la Formación Los Alamitos (M.R. Franchi

y E.G. Sepúlveda<sup>2</sup>): una sección de alrededor de 9 m, con abundantes clásticos gruesos, 1 km al este de dicha localidad, y otra de 19 m compuesta por rocas de grano fino ubicada 19 km más al este (Fig. 1, secciones 1, 2). A la primera sección corresponde la muestra CNI-6, y a la segunda las muestras CNI-1, CNI-2, CNI-3, CNI-4 y CNI-5.

En Arroyo Pajalta, al sur de Valcheta, se levantó un perfil compuesto. Como se aprecia en la figura 1 (sección 3), los 15 m basales están formados por una

<sup>1</sup>1979. Descripción geológica de la Hoja 42h, Puerto Lobos, provincia del Chubut. *Servicio Geológico Nacional* (Informe inédito), 95 p. Buenos Aires.

<sup>2</sup>1983. Descripción geológica de la Hoja 41, Cona-Niyeu, provincia de Río Negro. *Servicio Geológico Nacional* (Informe inédito), 122 p. Buenos Aires.

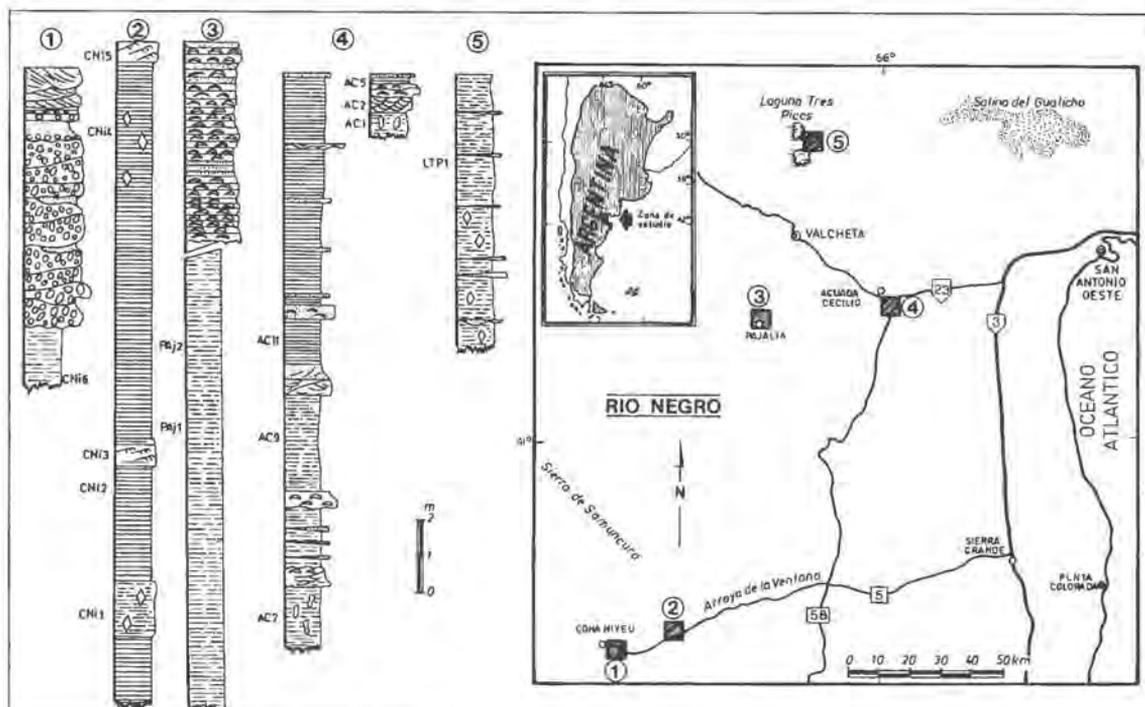


FIG.1. Mapa de ubicación de las localidades estudiadas y perfiles columnares de las sedimentitas cretácico-terciarias.

monótona sucesión de grano fino y los 6 m restantes por calcirruditas y calcarenitas bioclásticas, que se pueden asignar a las formaciones Coli Toro y Roca, respectivamente (Núñez *et al.*, 1975). En la primera de estas unidades se recolectaron las muestras PAj-1 y PAj-2.

A lo largo de la ruta nacional 23, entre 4 y 1 km al este de Aguada de Cecilio, y en la formación homónima (Bertels, 1969), se relevaron dos secciones, la más potente de las cuales alcanza los 16 m (Fig. 1, sección 4). En esta localidad predominan las sedimentitas de grano fino, margosas con intercalaciones delgadas de coquinas y de areniscas entrecruzadas con óndulas de olas. Las muestras AC-1, AC-2, AC-5, AC-7, AC-9 y AC-11 fueron obtenidas de los términos de grano fino. Por último, al sur de la laguna Tres Picos aparece una muy pobre exposición de alrededor de 7 m (Fig. 1, sección 5), constituida por rocas de grano fino (muestra LTP-1) que se atribuyen a la Formación Arroyo Barbudo (Lizuaín, 1983; Sepúlveda, 1983).

En el laboratorio del Centro de Investigaciones Geológicas, las 15 muestras se sometieron a análisis difractométricos y químicos. Los de rayos X se efectuaron con un equipo Phillips con tubo emisor de cobre ( $\lambda=1,54 \text{ \AA}$ ) sobre láminas orientadas y con tres tratamientos por muestra (normal, glicolada y calcinada). Estos estudios tuvieron carácter auxiliar, con la intención de determinar los tipos de argilominerales presentes y seleccionar el modelo de cálculo para composición normativa de pelitas o de la porción de silicatos de las margas.

El análisis químico de las muestras seleccionadas comprendió la determinación de los contenidos de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y pérdida por calcinación. La evaluación se realizó siguiendo la metodología propuesta por Merodio (1978) y Merodio y Martínez (1985). La determinación de carbonatos ( $\text{CO}_2$ ) se efectuó según Shapiro (1952) y la de sulfatos de acuerdo con la propuesta de Donaldson (1974).

TABLA 1. COMPOSICION QUIMICA DE PELITAS Y MARGAS CRETACICO-TERCIARIAS DEL MACIZO NORPATAGONICO (100% BASE SECA)

	Mat. silicoclástico	Tipo litológico*	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	PxC
	Met. carbonático															
CNI-1	100/0	arcilla	59,93	0,74	16,32	6,00	0,18	0,02	2,69	1,22	2,18	2,83	0,10	0,34	1,53	6,26
CNI-2	100/0	arcilla	68,70	0,67	13,57	3,67	0,21	0,03	1,63	0,72	2,71	1,31	0,15	0,22	0,86	5,77
CNI-3	64/36	marga	46,26	0,58	9,72	2,06	0,16	0,12	0,56	20,58	2,38	1,16	0,14	15,80	0,12	16,13
CNI-4	100/0	arcilla	61,68	0,84	13,33	4,46	0,01	0,33	2,24	1,91	2,95	1,58	0,14	0,06	2,15	8,39
CNI-5	73/27	marga-arcilla	48,04	0,55	11,49	1,93	0,01	0,04	0,56	15,73	2,01	1,30	0,17	11,97	0,28	17,89
CNI-6	100/0	arcilla	73,95	0,37	9,36	1,15	0,21	0,01	0,71	1,08	2,50	1,67	0,08	1,07	0,32	8,59
AC-1	52/48	marga	39,74	0,34	5,54	0,77	0,19	0,10	0,99	27,19	0,99	0,82	0,15	21,22	n.d	23,18
AC-2	48/52	marga	32,96	0,32	6,50	0,74	0,20	0,10	0,96	29,32	1,01	0,83	0,16	22,70	n.d	27,20
AC-5	45/55	marga	31,42	0,35	5,68	0,81	0,19	0,07	0,75	31,78	0,29	0,67	0,13	24,42	n.d	27,89
AC-7	82/18	marga-arcilla	55,30	0,48	10,55	5,04	0,16	0,07	1,93	10,49	2,22	1,52	0,21	7,80	n.d	12,03
AC-9	90/10	arcilla margosa	55,38	0,75	13,63	3,84	0,21	0,03	3,18	6,03	1,64	1,81	0,26	4,32	n.d	13,24
AC-11	88/12	arcilla margosa	63,14	0,72	10,28	3,10	0,22	0,03	1,44	7,88	1,81	1,59	0,15	5,16	n.d	9,63
PAJ-1	84-16	marga-arcilla	55,96	0,74	11,65	3,70	0,17	0,04	2,14	9,80	2,25	1,82	0,19	7,21	n.d	11,54
PAJ-2	86/14	arcilla margosa	55,85	0,68	12,72	3,61	0,32	0,04	2,70	8,79	2,20	1,93	0,20	6,00	n.d	10,96
LTP-1	62/38**	marga	26,73	0,45	4,48	0,73	0,22	0,05	1,07	29,64	1,06	0,56	0,09	11,76	20,24	14,68

n.d. no detectado

\* Teruggi (1984)

\*\* arcilla/yeso/carbonato (40:35:25)

## RESULTADOS OBTENIDOS

### CARACTERIZACION DE LA COMPOSICION Y CLASIFICACION

La tabla 1 muestra los resultados de los análisis químicos expresados en 100% de base seca (libre de agua higroscópica). En función de la heterogeneidad litológica que ha caracterizado al muestreo, se ha incluido una columna con las proporciones de material silicoclástico en cada espécimen. También la tabla presenta el tipo litológico correspondiente, según criterio definido por Teruggi (1984).

Puede observarse que solamente cuatro muestras (CNI-1, CNI-2, CNI-4 y CNI-6) se clasifican como pelitas puras muy finas (arcilitas); el resto del material oscila entre arcilla-marga, marga arcillosa y marga. Un único espécimen (LTP-1) muestra una cantidad significativa de yeso asociado a arcilla y carbonato. El grupo de individuos correspondientes a la región de Cona Niyeu presenta valores de SO<sub>3</sub> que indican presencia de yeso aunque en proporciones menores, de poca significación.

La naturaleza heterogénea del material analizado (distintos tipos litológicos) dificulta en parte el estudio comparativo de los resultados obtenidos. Sin embargo, algún intento puede efectuarse, si el mismo se limita a evaluar relaciones de contenidos de

ciertos componentes químicos. Por ejemplo, es válido considerar en especial los valores de Na<sub>2</sub>O y de K<sub>2</sub>O, que en la mayoría de las muestras (con exclusión de CNI-1, AC-5 y AC-9) indican proporciones mayores del primer componente, resultado que adquiere importancia en la ponderación de ambientes tectónicos.

De este modo, y con el objeto de producir interpretaciones de carácter geológico, se ha procedido a definir la composición y clasificación normativa de la fracción silicoclástica de las muestras analizadas (Merodio y Spalletti, 1988), recalculando su composición química a 100% con exclusión de su contenido carbonático (y sulfático en LTP-1).

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos y se observa que en general, y con excepción de CNI-3, CNI-5 y CNI-6, las fracciones pelíticas pueden ser definidas como esencialmente esmectíticas. Importante es destacar el contenido elevado de cuarzo normativo que caracteriza a la muestra CNI-6, que contrasta con la CNI-1 que posee mínimo valor de cuarzo y máximo de esmectita normativas. Nótese que es manifiesta la estrecha correlación negativa entre los contenidos de estos dos minerales. Las cifras relativamente altas de Na<sub>2</sub>O que pueden observarse en la mayoría de las sedimentitas (Tabla 1),

TABLA 2. COMPOSICION Y CLASIFICACION NORMATIVAS DE LA FRACCION SILICOCLASTICA DE LAS SEDIMENTITAS ESTUDIADAS

	CNI-1	CNI-2	CNI-3	CNI-4	CNI-5	CNI-6	AC-1	AC-2	AC-5	AC-7	AC-9	AC-11	PAJ-1	PAJ-2	LTP-1
Cuarzo	7,90	33,80	38,53	26,31	33,63	51,09	39,28	27,89	44,29	30,61	19,73	35,36	26,08	20,77	32,79
Anortita	-	-	1,47	-	0,70	-	-	2,01	6,09	-	1,17	1,31	2,20	2,78	-
Albita	3,04	16,72	28,63	20,71	22,86	20,76	3,88	5,04	-	16,15	4,40	8,18	15,36	12,16	14,62
Ortosa	17,93	-	-	5,18	-	6,51	8,80	11,10	-	8,74	13,30	11,24	13,69	14,14	9,35
Clorita	-	1,12	-	4,09	-	1,17	-	-	3,82	4,99	8,18	-	5,65	6,93	6,31
Illita	-	18,33	24,37	11,60	25,94	10,82	-	-	18,83	6,15	-	-	-	-	-
Caolinita	2,31	-	0,51	-	7,69	1,27	-	0,62	4,38	-	4,51	-	1,82	0,84	-
Esmectita	61,30	26,00	8,74	24,59	6,63	8,72	47,65	52,65	22,10	28,73	47,07	41,22	32,52	40,42	36,32
Hematita	3,91	1,76	1,85	2,25	1,23	0,40	-	-	-	3,97	0,91	2,17	2,12	1,42	-
Calcita	0,01	0,52	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnesita	0,64	-	-	-	-	0,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Apatita	0,23	0,36	0,49	0,33	0,56	0,20	0,69	0,85	0,76	0,62	0,76	0,43	0,56	0,59	0,59
Yeso	2,79	1,57	0,32	4,36	0,71	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clasificación: Merodio y Spalletti (1988)	PAF	PAC	PAC	PAC	PAC	PCF	PAC	PAC	PAC	PAC	PAC	PAC	PAF	PAF	PAC

PAF pelita arcillo-feldespática

PAC pelita arcillo-cuarzosa

PCF pelita cuarzo-feldespática

se reflejan en los contenidos significativos de albita normativa. Cuantitativamente, los tenores observados de clorita y caolinita no son relevantes, resultado que se puede vincular con los contenidos respectivos de MgO y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que caracterizan a las rocas analizadas. La illita no está presente en todas las sedimentitas, notándose su carencia, en especial, en Pajalta (PA j-1, PA j-2), Laguna Tres Picos (LTP-1) y en casi todas las muestras de Aguada Cecilio.

La clasificación normativa de las pelitas, incluida en la tabla 2, destaca la preeminencia de los argilominerales respecto de los tres componentes mineralógicos que definen dicha clasificación (arcillas, cuarzo y feldespatos). Con excepción del espécimen CNI-6 (pelita cuarzo-feldespática), el resto responde al tipo arcillo-cuarzoso o arcillo-feldespático,

illita. La figura 2 muestra el resultado obtenido, el que se caracteriza por un elevado coeficiente de correlación negativo ( $r=-0,91$ ). Asimismo, fue calculada una ecuación de regresión lineal definida por una pendiente negativa muy próxima a 1 ( $b=-0,90$ ). Solamente el espécimen AC-5 exhibe un comportamiento errático, 'alejándose' en forma significativa de la recta

TABLA 3. MATRIZ DE CORRELACION DE LOS MINERALES NORMATIVOS

	Cuarzo	Feldespatos	Illita	Caolinita	Esmectita
Cuarzo	1,0000				
Feldespatos	-0,2492	1,0000			
Illita	0,4607	-0,1127	1,0000		
Caolinita	-0,0886	-0,2006	0,3701	1,0000	
Esmectita	-0,7291	-0,1816	-0,8348	-0,2056	1,0000

TABLA 4. MATRIZ VARIMAX DE MARCAS (MODO-Q)

	I	II	III
Cuarzo	7,6759	38,2463	-34,8028
Feldespatos	21,2848	24,1865	43,4869
Illita	-11,0554	24,7632	-4,8700
Caolinita	0,1120	2,2799	-1,1253
Esmectita	58,0600	-13,5503	-17,1572

## ESTUDIO ESTADISTICO

Con el propósito de profundizar en el estudio de la composición del material se ha procedido a desarrollar dos métodos estadísticos de amplia aplicación en estos temas: correlación-regresión y análisis factorial Modo-Q (Merodio, 1985).

En función de la estrecha correlación existente entre las variables esmectita, cuarzo e illita (Tabla 3), se ha efectuado el análisis de regresión simple lineal, entre la primera variable y la suma de cuarzo con

de regresión.

En la figura 2 pueden distinguirse tres grupos bien delimitados que responden, esencialmente, a contenidos diferentes de esmectita normativa. Importante es destacar que sedimentitas de una misma región (Cona Niyeu) muestran los valores extremos de este intervalo de composición: CNI-1 representa el límite superior, y CNI-3, CNI-5 y CNI-6, los valores mínimos de esmectita, lo que pone de manifiesto la general independencia que distingue al modelo obtenido respecto de los diferentes perfiles relevados.

Los resultados alcanzados por aplicación del análisis factorial Modo-Q, y que se consignan en la tabla 4 y la figura 3, muestran, también, una clara diferenciación de tres grupos de individuos, estrechamente coincidentes con los logrados en el estudio de correlación-regresión (Fig. 2). Como lo refleja

la tabla 4, el factor I es un miembro extremo que representa a un objeto hipotético con alto contenido de esmectita; el factor II, por otra parte, es asimilado a una muestra rica en cuarzo y en menor proporción en illita y feldespatos, lo que explica la coincidencia anteriormente señalada.

Los factores I y II acumulan el 96,5% de la varianza total con 85,0% para el factor I y II. La representación gráfica de la figura 3 define claramente los límites que permiten separar los distintos grupos: grupo 1, caracterizado por valores del factor II mayores que 0,85; grupo 2, con cifras del factor II entre 0,25 y 0,85; y grupo 3, con tenores del mismo factor, menores que 0,25. También, la discriminación puede intentarse considerando límites definidos para el factor I, con los mismos resultados.

## INTERPRETACION SOBRE TIPOS LITOLÓGICOS Y ASOCIACIONES DE MINERALES NORMATIVOS

El estudio de la composición permitió determinar dos grandes grupos de sedimentos de grano fino: las pelitas puras (pelitas silicoclásticas) y las pelitas híbridas (margosas o clástico-carbonáticas).

Por su posición en las secuencias y la asociación con otros tipos de facies sedimentarias (de areniscas y carbonatos), las pelitas puras se interpretan como depósitos producidos, con preferencia, en cuerpos

de agua continentales a transicionales (albuferas, planicies de marea y planicies 'chenier'). Por su parte, las variedades margosas caracterizan a los depósitos de grano fino generados en ambiente netamente marino.

En cuanto a la composición normativa, los sedimentos esmectíticos que se encuentran tanto entre las pelitas puras como las margosas, son evidencia de procedencia piroclástica. Esta argilofacies puede ser consecuencia del aporte eólico o ácuo (retrabajo) de arcillas ligadas a la alteración de vidrio volcánico en sedimentos piroclásticos preexistentes. Tampoco se descarta la contribución directa de material volcánico explosivo por lluvias de ceniza o de polvo, y ulterior alteración *in situ* del vidrio volcánico a esmectita.

Por su parte, la asociación cuarzo-illítica muestra otro tipo de procedencia, muy probablemente vinculada con rocas y minerales del basamento cristalino del Macizo Norpatagónico. Con todo, debe destacarse que, en comparación con los argilominerales de las rocas del basamento, las sedimentitas cretácico-terciarias muestran muy fuerte degradación de la illita e, inclusive, falta total de clorita.

Por estas razones, y aparte de los criterios de procedencia, la distribución de las asociaciones esmectítica y cuarzo-illítica permite inferir algún control de tipo ambiental o dinámico sobre la composición.

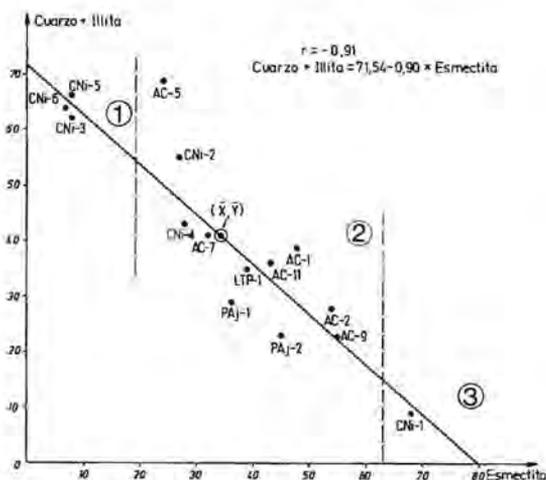


FIG. 2. Análisis de correlación y regresión.

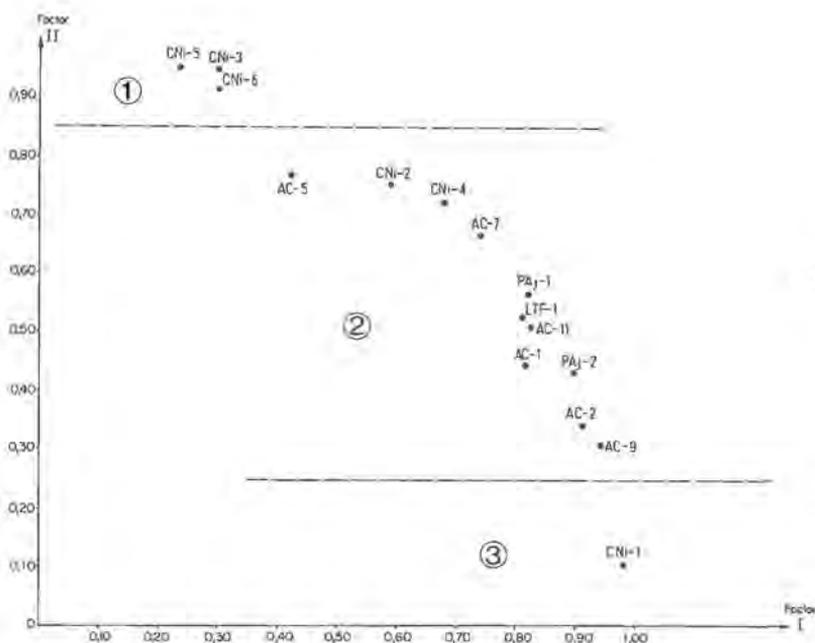


FIG. 3. Análisis factorial Modo-Q.

En tal sentido, es evidente que las variedades esmectíticas aparecen en secciones de grano muy fino depositadas en condiciones de baja energía dinámica a partir de procesos de decantación desde suspensiones acuáticas, tanto de la plataforma marina (margas) como de áreas litorales (pelitas de albufera y planicies de marea). En cambio, las argilofacies cuarzo-illíticas se encuentran relacionadas con depósitos clásticos y carbonáticos de grano grueso que sugieren condiciones de deposición bastante más energéticas, bajo la influencia de corrientes (mareales) y de olas. Al respecto, estudios realizados por Edzwal y O' Melia (1975), Gibbs (1977) y Knebel *et al.* (1977) mostraron la estrecha relación entre composición argilomineral y tamaño de partículas, y la consecuente segregación mineralógica por razones estrictamente hidrodinámicas.

#### DISCRIMINACION DE AMBIENTES TECTONICOS

Diversos autores han reconocido que la mineralogía y la composición química global de pelitas son controladas por las características en la composición de la roca de origen y los modelos de meteorización que la han afectado. De este modo, en virtud de que la composición de la roca madre y las

condiciones de meteorización son variables estrechamente dependientes de las características tectónicas de las áreas de aporte, es posible concluir que los parámetros geoquímicos de los sedimentos resultantes puedan ser empleados, a su vez, para diferenciar de un modo general al marco tectónico en el que tuvo lugar la deposición (Weaver, 1978; Potter *et al.*, 1980; Blatt *et al.*, 1980; Bhatia, 1985; Roser y Korsch, 1986; Merodio y Spalletti, 1990).

En este orden de ideas, se ha procedido a aplicar una serie de diagramas especialmente diseñados para estos fines empleando las fracciones silicoclásticas de las muestras analizadas. Así, por ejemplo, siguiendo a Roser y Korsch (1986), se ubicaron en el diagrama  $K_2O/Na_2O - SiO_2$  la totalidad de los especímenes. La figura 4 permite apreciar que la mayoría se emplaza en el campo correspondiente a un margen continental activo.

Por otra parte, la figura 5 muestra los resultados alcanzados al aplicar parcialmente el diagrama desarrollado por Bhatia (1985), en donde se confrontan el parámetro  $\log K_2O/Na_2O$  con un índice de madurez basado en relaciones de contenidos modales de filosilicatos contra cuarzo y feldespatos. En el presente estudio, el índice de madurez ha sido calculado a partir de la composición mineralógica normativa (cf. Merodio y Spalletti, 1990). La citada figura permi-

te apreciar los límites que definen los campos de pelitas técticas y filotécticas propuestos por Bhatia (1985), no consignándose el área asignada a la variedad filica. Puede observarse que las muestras se distribuyen en un sector con valores similares de índice de madurez a los correspondientes a las pelitas filotécticas, pero con tenores menores de  $\log K_2O/Na_2O$ . La figura refleja con claridad la preferencial ubicación de las muestras estudiadas en campos correspondientes a áreas tectónicamente inestables, ya que para Bhatia las pelitas técticas se asocian con ambientes de arcos de islas, mientras que las filotécticas lo hacen con márgenes continentales activos. Los componentes silicoclásticos de las sedimentitas cretácico-terciarias se ubicaron, también, en el diagrama triangular arcillas-feldespatos-cuarzo, propuesto por Merodio y Spalletti (1988) para la clasificación normativa de rocas pelíticas. Desde el punto de vista del tectonismo, Merodio y Spalletti (1990) fijaron en él límites tentativos de separación de diferentes ambientes sobre la base de la relación arcillas/feldespatos normativos (Fig. 6). Puede apreciarse que la mayoría de los datos del presente estudio se ubican, nuevamente, en el campo de composición correspondiente a un ambiente de margen continental activo.

## DISCUSION SOBRE EL MARCO TECTONICO DE LA SEDIMENTACION

Numerosos trabajos han mostrado la potencial utilidad de las rocas clásticas para definir el marco tectónico de las áreas de procedencia y de las cuencas sedimentarias. No obstante, debe señalarse que estas inferencias pueden traducirse en peligrosas generalizaciones. Así, por ejemplo, uno de los elementos que ha servido para determinar aportes desde arcos magmáticos y deposición en márgenes activos es la abundancia de clastos líticos volcánicos en sedimentitas arenosas (Dickinson y Suczek, 1979; Maynard *et al.*, 1982; Dickinson *et al.*, 1983; Mack *et al.*, 1983). Sin embargo, diversas investigaciones sobre la composición, efectuadas en el sector austral de Sudamérica (Potter, 1986; Bercowski, 1986; Spalletti *et al.*, 1986), evidencian la particular abundancia de elementos volcánicos en arenas y gravas actuales depositadas en un ámbito netamente extensional y pasivo como es el margen atlántico. Asimismo, de acuerdo a lo manifestado por Spalletti *et al.* (1986), dichos componentes no sólo reflejan aportes desde el arco magmático andino, sino, también, desde terrenos volcánicos de intraplaca ubicados en plena Patagonia extraandina.

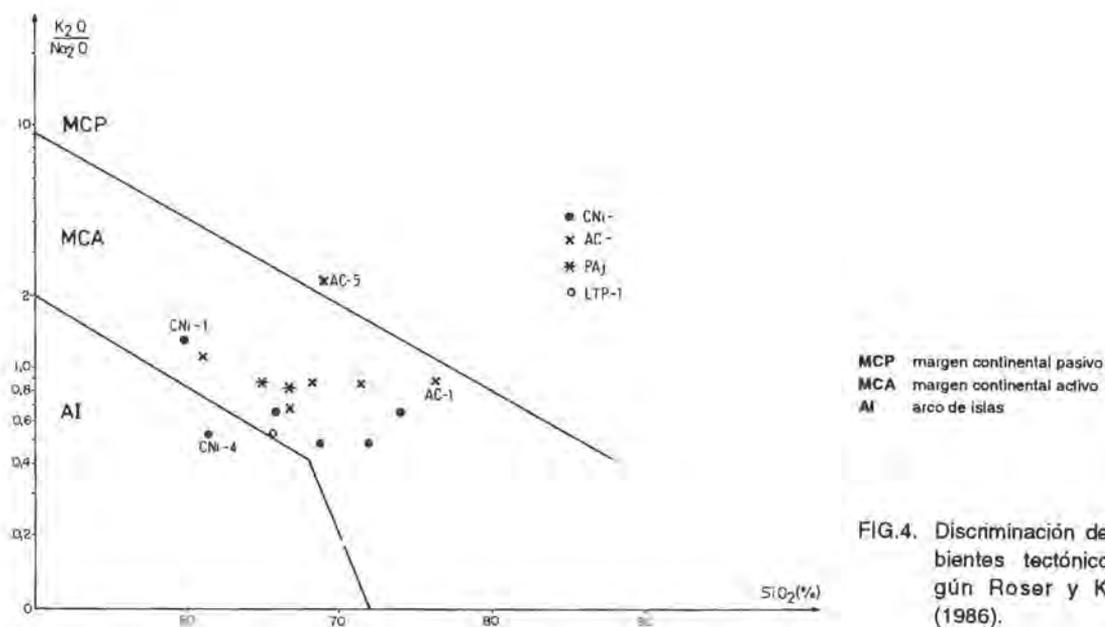
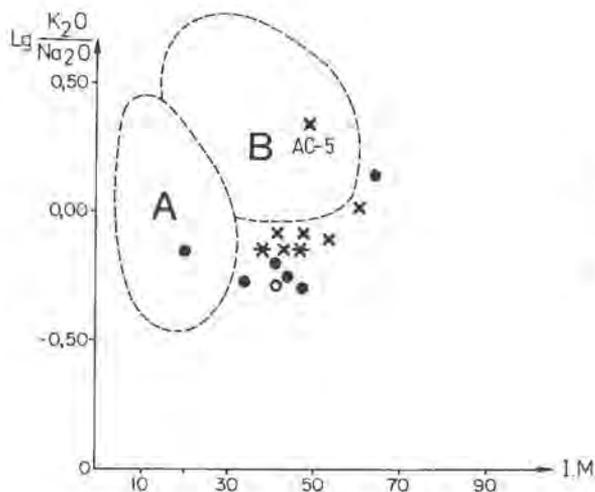
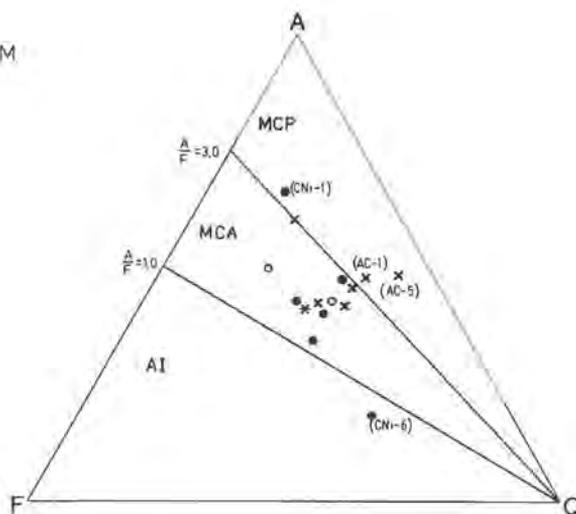


FIG.4. Discriminación de ambientes tectónicos según Roser y Korsh (1986).



- A** arcillas  
**F** feldespatos  
**Q** cuarzo  
**MCA** margen continental activo  
**MCP** margen continental pasivo  
**AI** arco de islas

FIG. 6. Discriminación de ambientes tectónicos según Merodio y Spalletti (1990).



I.M. Índice de madurez

FIG. 5. Diagrama (parcial) de Bhatia (1985), distribución de pelitas tectónicas (A) y filotectónicas (B).

Al mismo tiempo, puede mencionarse que a nivel de las rocas pelíticas, los valores bajos a intermedios de la relación  $K_2O/Na_2O$  han sido considerados indicativos de condiciones tectónicas y tectosedimentarias activas (cf. Roser y Korsch, 1986). En opinión de los presentes autores, los tenores bajos de la relación  $K_2O/Na_2O$  reflejan fundamentalmente la existencia de fenómenos volcánicos. Por tal razón, se considera que este parámetro cumple, en las rocas pelíticas, el mismo rol que los fragmentos volcánicos (y las plagioclasas) en las areniscas y conglomerados.

Desde el punto de vista geotectónico, los depósitos cretácico-terciarios del norte de la Patagonia forman parte del relleno de una cuenca sedimentaria netamente extensional ubicada en el margen pasivo oriental de Sudamérica (Urien *et al.*, 1981). En tal contexto, las sedimentitas estudiadas son el resulta-

do de una importante transgresión atlántica sobre las áreas cratónicas del Macizo Norpatagónico o de Somuncurá y regiones aledañas. Obviamente, el bajo valor de la relación  $K_2O/Na_2O$  en las pelitas estudiadas pone de manifiesto una importante contribución de ceniza y polvo volcánico procedentes del arco magmático andino. Sin embargo, y tal como ocurre con la composición mineralógico-petrográfica de rocas clásticas de grano más grueso, el quimismo de las pelitas no puede ser empleado para inferir el marco tectónico de la cuenca sedimentaria, al menos en un área como el extremo sur de Sudamérica, donde la distancia entre los ámbitos geotectónicos, pasivo y activo, es escasa, y donde las contribuciones detríticas del arco magmático llegan con facilidad y sin mayores modificaciones a las cuencas relacionadas con el margen pasivo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con fondos procedentes de los Proyectos de Investigación y Desarrollo 3904502-85 y 3006200-88 del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

(CONICET) de la Argentina. Los autores agradecen a los revisores de la Revista las importantes recomendaciones efectuadas.

## REFERENCIAS

- Aliotta, G.; Domínguez, E.; Whewel, R. 1977. Sedimentología de las psamitas del Terciario inferior entre Dique Ameghino y Boca Toma, provincia del Chubut, Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, Vol. 32, No. 2, p. 81-98.
- Andreis, R. 1987. Stratigraphy and paleoenvironments. In *The Late Cretaceous fauna of Los Alamitos, Patagonia, Argentina* (Bonaparte, J.F.; editor). *Museo Argentino de Ciencias Naturales 'Bernardino Rivadavia', Revista, Paleontología*, Vol. 3, No. 3, p. 103-110.
- Andreis, R.R.; Bense, C.A.; Rial, G. 1989. La transgresión marina del Cretácico tardío en el borde SE de la Meseta de Somuncurá, Río Negro, Patagonia Septentrional, Argentina. In *Contribuciones de los Simposios sobre Cretácico de América Latina, Parte A: Eventos y Registro Sedimentario* (Spalletti, L.A.; editor), p.165-194. Buenos Aires.
- Andreis, R.R.; Mazzoni, M.M.; Spalletti, L.A. 1973. Geología y sedimentología del Cerro Bororó (Provincia del Chubut). In *Congreso Geológico Argentino, No. 5, Actas*, Vol. 3, p. 21-55. Ciudad de Villa Carlos Paz, Provincia de Córdoba.
- Bercowski, F. 1986. Arenas del Río de la Plata: una excepción a la relación entre composición de areniscas y la tectónica de placas. In *Reunión Argentina de Sedimentología, No. 1, Resúmenes Expandidos*, p.263-266. La Plata.
- Bertels, A. 1969. Estratigrafía del límite Cretácico-Terciario en la Patagonia Septentrional. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, Vol. 24, p. 41-54.
- Bhatia, M.R. 1985. Composition and classification of Paleozoic Flysch mud rocks of eastern Australia: implications in provenance and tectonic setting interpretation. *Sedimentary Geology*, Vol. 41, p. 249-268.
- Blatt, H.; Middleton, G.; Murray, R. 1980. Origin of Sedimentary Rocks (2nd edition). *Prentice-Hall, Inglewood Cliffs*, 782 p. New Jersey.
- Bonaparte, J.F.; Franchi, M.R.; Powell, J.E.; Sepúlveda, E.C. 1984. La Formación Los Alamitos (Campaniano-Maastrichtiano) del sudeste de Río Negro, con descripción de *Kritosaurus australis* nov. sp. (Hadrosauridae). Significado paleogeográfico de los vertebrados. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, Vol.39, No. 3-4, p. 284-299.
- Coira, B. L. 1979. Descripción geológica de la Hoja No. 40d, Ingeniero Jacobacci, provincia de Río Negro. *Servicio Geológico Nacional, Boletín*, No.168, 94 p. Buenos Aires.
- Cortés, J. M. 1980. Senoniano marino en el flanco nororiental del macizo Nordpatagónico. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, Vol. 35, No. 3, p. 438-439.
- Dickinson, W.R.; Suczek, C.A. 1979. Plate tectonics and sandstone compositions. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, Vol. 63, p. 2164-2182.
- Dickinson, W.R.; Beard, L.S.; Brakenridge, G.R.; Erjavec, J.L.; Ferguson, R.C.; Inman, K.F.; Knepp, R.A.; Lindberg, F.A.; Ryberg, P.T. 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of America, Bulletin*, Vol. 94, p.222-235.
- Doering, A. 1882. Geología. In *Informe oficial de la Comisión Científica agregada al estado mayor general de la Expedición al Río Negro (Patagonia 1879)*, bajo las órdenes del General Julio A. Roca. (Doering, D.A.; editor), Vol. 3, p. 299-530. Buenos Aires.
- Donaldson, E.M. 1974. Methods for the analysis of ores, rocks and related materials. *Department of Energy, Mines and Resources of Canada, Mines Branch, Monograph*, No. 881, 379 p.
- Edzward, J.; O' Melia, C. 1975. Clay distributions in Recent estuarine sediments. *Clays and Clay Minerals*, Vol. 23, p. 39-40.
- Gibbs, R. 1977. Clay mineral segregation in the marine environment. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 47, p. 237-243.
- Iñiguez-Rodríguez, A.M.; Merodio, J.C.; Spalletti, L.A. 1988. Mineralogía y geoquímica de pelitas de las formaciones Paso del Sapo y Lefipan (Cretácico-Terciario), provincia del Chubut. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, Vol. 43, No. 1, p. 13-23.
- Knebel, H.; Conomos, T.; Commean, J. 1977. Clay mineral variability in the suspended sediments of the San Francisco Bay System, California. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 47, p. 229-236.
- Lizúain, A. 1983. Descripción geológica de la Hoja 38j, Salinas del Gualicho (provincia de Río Negro). *Servicio Geológico Nacional, Boletín*, No. 195, p. 1-48. Buenos Aires.
- Lizúain, A.; Sepúlveda, E. 1979. Geología del Gran Bajo del Gualicho (provincia de Río Negro). *Congreso Geológico*

- Argentino, No. 7, *Actas*, Vol. 1, p. 407-422. Neuquén.
- Mack, G.H.; Thomas, W.A.; Horsey, C.A. 1983. Composition of Carboniferous sandstones and tectonic framework of southern Appalachian-Ouachita Orogen. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 63, p. 931-947.
- Maynard, J.B.; Valloni, R.; Yu, S. 1982. Composition of modern deep-sea sands from arc-related basins. In *Trench and fore-arc sedimentation* (Leggett, J.K., editor). *Geological Society of London, Special Publication*, Vol. 10, p. 551-561.
- Merodio, J.C. 1978. Determinación del contenido de elementos mayoritarios en materiales aluminosilícicos por espectrometría de absorción atómica. Exclusión de sílice. *Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, Revista*, Vol. 9, No. 1-2, p. 27-41.
- Merodio, J.C. 1985. Métodos estadísticos en geología. *Asociación Geológica Argentina, Serie B- Didáctica y Complementaria*, No. 13, 230 p.
- Merodio, J.C.; Martínez, J.M. 1985. Análisis químico de componentes mayoritarios en rocas silicatadas. *Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, Revista*, Vol. 16, No. 1-4, p. 7-16.
- Merodio, J.C.; Spalletti, L.A. 1988. Composición normativa y clasificación de rocas pelíticas. *Museo de la Plata, Revista (Nueva Serie), Sección Geología*, No. 10, p. 149-170.
- Merodio, J.C.; Spalletti, L.A. 1990. Geoquímica de pelitas: su empleo en la definición de ambientes sedimentarios y tectónicos para el Ordovícico de la Precordillera Occidental. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, Vol. 45, No. 3-4, p. 336-345.
- Núñez, P.E.; De Bachmann, E.W.; Ravazzoli, I.; Britos, A.; Franchi, M.; Lizuain, A.; Sepúlveda, E. 1975. Rasgos geológicos del sector oriental del macizo de Somuncará, provincia de Río Negro República Argentina. In *Congreso Ibero-americano de Geología Económica, No. 2, Actas*, Vol. 4, p. 247-266. Buenos Aires.
- Potter, P.E. 1986. South America and a few grains of sand: part I- Beach sands. *Journal of Geology*, Vol. 94, p. 301-319.
- Potter, P.E.; Maynard, J.B.; Pryor, W.A. 1980. *Sedimentology of shale*. Springer-Verlag, 277 p. New York.
- Roser, B.P.; Korsh, R.J. 1986. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio. *Journal of Geology*, Vol. 94, p. 635-650.
- Sepúlveda, E.G. 1983. Descripción geológica de la Hoja 38i, Gran Bajo del Gualicho, provincia de Río Negro. *Servicio Geológico Nacional, Boletín*, No. 194, 61 p. Buenos Aires.
- Shapiro, L. 1952. Rapid analysis of silicate, carbonate and phosphate rocks. *United States Geological Survey, Bulletin*, No. 1401, 42 p.
- Spalletti, L.A.; Blasi, A.; Matheos, S.D. 1986. Estudio composicional de pefitas actuales de la Argentina y su significado tectónico. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, Vol. 41, No. 4, p. 356-366.
- Spalletti, L.A.; Del Valle, A.; Manassero, M.; Matheos, S.D. 1989. Procedencia y ambiente tectónico de las areniscas cretácico-terciarias en el sector norte de la Patagonia, Argentina. In *Contribuciones de los Simposios sobre el Cretácico de América Latina* (Spalletti, L.A.; editor), Parte A, p. 149-163. Buenos Aires.
- Teruggi, M.E. 1984. Diccionario Sedimentológico, Vol. 2. Rocas Aclásticas y Suelos. *Ediciones Científicas Argentinas Librart*, p. 105-236. Buenos Aires.
- Urien, C.M.; Zambrano, J.J.; Martins, L.R. 1981. The basins of southeastern South America (southern Brazil, Uruguay and eastern Argentina) including the Malvinas Plateau and southern South Atlantic paleogeographic evolution. In *Cuencas Sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur* (Volkheimer, W.; Musacchio, E.A.; editores). *Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico*, Vol. 1, p. 45-125. Buenos Aires.
- Weaver, C.E. 1978. Clay sedimentation facies. In *The Encyclopedia of Sedimentology* (Fairbridge, R.W.; Bourgeois, E.; editors). *Dowden, Hutchinson and Ross*, p. 159-164. Stroudsburg.
- Wichmann, R. 1927a. Resultado de un viaje de estudios geológicos en los territorios de Río Negro y del Chubut, efectuado durante los meses de enero hasta junio del año 1923. *Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Publicación*, No. 33, p. 1-59. Buenos Aires.
- Wichmann, R. 1927b. Sobre las facies lacustres senonianas de los Estratos con dinosaurios y su fauna. *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Boletín*, Vol. 30, p. 383-405.
- Windhausen, A. 1914. Contribución al conocimiento geológico de los territorios de río Negro y Neuquén. *Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Anales*, Vol. 1, p. 1-60. Buenos Aires.