

# ANÁLISIS COMPOSICIONAL Y PROCEDENCIA DE LA FORMACIÓN PEÑAS COLORADAS, GRUPO RÍO CHICO (PALEOCENO SUPERIOR-EOCENO?), EN LA REGIÓN ORIENTAL DE LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE, CHUBUT, ARGENTINA

*María Sol RAIGEMBORN*

Centro de Investigaciones Geológicas (CONICET-UNLP).  
Calle 1 # 644 (1900) La Plata, República Argentina. msol@cig.museo.unlp.edu.ar 0221-4215677

**Resumen:** Se estudian preliminarmente, desde el punto de vista composicional, niveles arenosos de la Formación Peñas Coloradas (unidad inferior del Grupo Río Chico) del Paleoceno superior-Eoceno?, en los perfiles de Punta Peligro, Estancia La Rosa y Cañadón Hondo, ubicados en el sector oriental de la cuenca del Golfo San Jorge (provincia del Chubut). A partir de las modas detríticas obtenidas se clasificaron las muestras como litoarenitas feldespáticas y feldarenitas líticas, con una moda promedio Q21F43L36. Así mismo se diferenciaron dos petrofacies a fin de inferir el área de aporte de los materiales. La petrofacies I (litoarenitas feldespáticas > feldarenitas líticas), de escaso contenido de cuarzo e importantes tenores de líticas volcánicas, caracteriza a los niveles inferiores de la unidad y se corresponde con una procedencia de arco magmático transicional (Q14F44L42). Por su parte los niveles superiores de la unidad se corresponden con la petrofacies II (feldarenitas líticas), donde los valores de cuarzo son mayores al 28% y las proporciones de feldespatos más altas que las de fragmentos líticos, indicando un área de aporte de arco magmático disectado (Q36F40L24). Conjuntamente los análisis por difracción de rayos X revelan la importante participación de esmectita, material amorfo (ópalo) y zeolitas, interpretados como el producto de la meteorización química, actuante bajo climas cálidos y húmedos, sobre materiales volcánicos inestables. La tendencia general observada en sentido estratigráfico, revela un enriquecimiento en el contenido de cuarzo y feldespato y una disminución de fragmentos líticos. La misma sugiere un aumento en la disección del arco hacia los términos superiores de la unidad, con la erosión gradual de la cubierta volcánica y la posterior exhumación, al menos somera, de las raíces plutónicas del arco. Las características composicionales y los datos de paleocorrientes medidos, sugieren un aporte principal de los materiales desde el arco volcánico de la Patagonia que se mantuvo activo durante el Paleoceno-Eoceno (Cinturón de Pilcaniyeu), ubicado al noroeste de la zona de estudio y desarrollado en un contexto de clima cálido y húmedo con cierta estacionalidad.

## EXTENDED ABSTRACT

*Compositional analysis and origin of the Peñas Coloradas Formation, Río Chico Group (Late Paleocene-Eocene?), in the eastern region of the Golfo de San Jorge basin, Chubut, Argentina*

This work describes the sandstone composition and

provenance of the Peñas Coloradas Formation (Late Paleocene-Eocene?) located in the eastern sector of the Golfo de San Jorge basin, in the Chubut Province. Sandy sections in the unit from the profiles of the localities of Punta Peligro, Estancia La Rosa and Cañadón Hondo (Fig. 1) were analyzed petrographically, together with the diffractometric analysis of sandy and shale levels. The obtained data were used to define detritic

modes, classify sandstones, differentiate petrofacies, and to infer the possible source of materials, in a warm and humid paleoclimatic context.

In this part of the basin, the Peñas Coloradas Formation is composed of thin bedded conglomerates and sandstones of variable grain sizes (fine to coarse) with intercalated mudstone beds, which show evidences of pedogenesis. They are composed by grey to reddish epiclastic and volcanoclastics, with an average thickness of 80 m and representing a fluvial system of high to moderate energy (Fig. 2). The paleontological record is represented by fossil woods suggesting a warm and humid weather (Brea *et al.*, 2004, Brea and Zucol, 2006 and Raigemborn *et al.*, 2006) and mammals remnants of Late Paleocene age belonging to the *Carodnia* Fauna (Simpson, 1935).

The Golfo San Jorge extensional basin was developed during the Jurassic and Cretaceous in a cratonic setting (Hechem and Strelkov, 2002). An extensive marine flooding took place from Maastrichtian to Early Paleocene, when the Salamanca Formation was deposited (Uliana and Legarreta, 1999). During the late Paleocene, the sedimentation evolved into a continental environment with the deposition of the Río Chico Group: Peñas Coloradas, Las Flores and Koluél Kaike formations was characterized by recurrence of lacustrine and fluvial conditions (Legarreta and Uliana, 1994). Contemporarily, a bimodal calcoalcaline volcanism developed in the Pilcaniyeu Belt (Rapela and Kay, 1988).

Medium to coarse sandstones with matrix < 15% was used in order to analyze provenance using the Gazzi-Dickinson method (Ingersoll *et al.*, 1984; Zuffa, 1985). At least 300 clasts were counted per thin section. The recognized components are shown in Table 1. The average composition of the plagioclases is andesine-oligoclase and that of the K-feldspar is sanidine and microcline. Scarce volcanic lithics show dissolution (Figure 3-c), developing a pseudomatrix (Dickinson, 1970). Clay and siliceous cements are abundant in many sandstone samples (Figure 3a and b). Less commonly, cementation is by iron oxide and calcite. Sandstones from Peñas Coloradas Formation are not intensely altered diagenetically.

The classification diagram of Folk *et al.*, (1970) shows an average  $Q_{21}F_{43}L_{36}$  (Fig. 4 and Table 2). In general, the analyzed samples present a predominance of plagioclase over K-feldspar and relationships of Lv/L close to 1. These sandstones show increased proportions of quartz and feldspar, and decreases in the relative proportion of lithics with time.

Two petrofacies were differentiated (Table 2). The petrofacies I ( $Q < 28\%$ ) are composed of feldspathic litharenites and lithic feldarenites ( $Q_{14}F_{44}L_{42}$ ), with high P/K relations, the volcanic lithics are very abundant, and variety with microlithic texture predominates (Fig. 3-b and 3-d). This petrofacies characterizes the lower levels of the Peñas Coloradas Formation. The petrofacies II ( $Q > 28\%$ ) is integrated by lithic feldarenites ( $Q_{36}F_{40}L_{24}$ ), showing a P/K relation smaller than in petrofacies I with more abundant feldspar than in lithic fragments (Fig. 3-a and 3-c). This petrofacies is observed in the upper sections of the Peñas Coloradas Formation.

The X-Ray analysis (Table 3) was carried out in air-dried, glycolated and heated samples (550 °C) over samples coming from shales (< 4 ¼m fraction). Semi-quantitative estimations of contents of identified species were performed by measuring peak areas on glycolate preparations (Biscaye, 1965). The smectite is the most abundant clay mineral, with kaolinite, illite and interstratified I/S. Clinoptilolite and amorphous silica (opal-CT) are present in all of the samples. This mineralogical association can be attributed to the alteration of ash (De Ros *et al.*, 1997) under warm and humid climatic conditions, with certain seasonality (Dingle and Lavelle, 2000).

Cross-bedding and orient trunks of the Peñas Coloradas Formation indicate a uniform axial sedimentary transport from NW and W to SE and W (Fig. 2). The provenance area is viewed in the diagrams QtFL (Fig. 4b) and QmFLt (Fig. 4c) (Dickinson y Suczek, 1979 and Dickinson *et al.*, 1983). The samples show magmatic arc provenance from transitional arc (petrofacies I) to dissected arc (petrofacies II), and they show increased proportions of quartz and feldspar. This compositional change may record the arc dissection (Dickinson *et al.*, 1983), being the volcanic cover removed gradually, leading to the partial exposition of the batholithic rocks of the arc, during the latest stages.

The characteristics of the petrofacies I indicate a supply from the volcanic cover of the magmatic arc (Valloni and Mezzadri, 1984). The petrofacies II displacement is related to the gradual removal of the volcanic cover and the partial exposition of the arc granitic roots (Marsaglia and Ingersoll, 1992). The absence of plutonic origin fragments could also be due to the fact that these are separate in their individual mineral components in the analyzed sandy fraction. At the same time, the partial dissolution and alteration observed in the majority of potassic feldspar grains may be attributed to their low chemical stability under humid and

warm weather (Suttner *et al.*, 1981). It is interesting to note that the proportion of K-feldspar in the QmPK diagram (Fig. 4d) does not vary significantly, indicating that the arc provenance was not exhumed deeply enough to expose its plutonic root (Yan *et al.*, 2006).

Petrography data from Peñas Coloradas Formation suggest that they were derived mainly from a magmatic arc, where the sedimentary-volcanic cover was removed gradually, leading to the partial exposition of the batholithic rocks during the latest stages. Paleocurrent indicators demonstrate that this arc was located in the west and northwest of the study area.

Given the compositional characteristics of the Peñas Coloradas Formation and the important volcanic activity during the Paleocene in Patagonia, it may be deduced that the main part of the materials have been provided from the Paleocene-Eocene arc of Pilcaniyeu Belt (Rapela and Kay, 1988), situated to the northwest of the study area (Raigemborn, 2005). The latter was developed between 60 and 43 Ma in northern Patagonian (40 to 43°S), represented by a bimodal calcoalcaline volcanism composed of basaltic to rhyolitic rocks with ignimbritic facies (Rapela *et al.*, 1984), under a warm and humid but seasonal climate (Aragón and Romero, 1984).

A minor contribution from Paleocene Plateau Basalt and older volcanic units is not ruled out, such as the Middle Jurassic of the Marifil Complex and Cretaceous of the Divisadero Group or equivalents, which crop out towards the W and NW of the study area.

**Palabras clave:** modas detríticas, petrofacies, procedencia, Formación Peñas Coloradas, Cuenca del Golfo San Jorge

**Keywords:** detritic modes, petrofacies, provenance, Peñas Coloradas Formation, Golfo de San Jorge Basin

## INTRODUCCION

Las sedimentitas clásticas continentales del Paleoceno superior, atribuidas a la Formación Peñas Coloradas, unidad inferior del Grupo Río Chico (Legarreta y Uliana, 1994), se distribuyen ampliamente en el área de la cuenca del Golfo San Jorge, siendo sus afloramientos más conspicuos los restringidos a los acantilados costeros del litoral atlántico y a las márgenes del río Chico de Chubut (Fig. 1). El citado grupo ha sido objeto de diversos estudios geológicos, estratigráficos y paleontológicos desde los trabajos pioneros de Ameghino (1906); Windhausen (1924); Simpson (1933, 1935);

Feruglio (1929, 1938, 1949), y más recientemente los estudios sedimentológicos de Andreis *et al.* (1975) y Andreis (1977). Desde el punto de vista composicional la Formación Peñas Coloradas resulta escasamente caracterizada, ya que sólo se cuenta con los trabajos mineralógicos de Andreis y Zalba (2003) y de procedencia de Raigemborn (2005). Como se advierte, existe una carencia de información detallada sobre la composición de dicha unidad en el ámbito de la cuenca del Golfo San Jorge.

El presente trabajo tiene por finalidad aportar datos preliminares sobre la composición mineralógica y la procedencia de la Formación Peñas Coloradas en la región oriental de la cuenca del Golfo San Jorge, en un contexto de clima cálido y húmedo con características subtropicales. Para tal fin se analizaron petrográficamente secciones arenosas de la unidad, provenientes de los perfiles de las localidades de Punta Peligro, Estancia La Rosa y Cañadón Hondo (Fig. 1), conjuntamente con el análisis difractométrico de niveles pelíticos y arenosos. Los datos obtenidos se utilizarán para definir las modas detríticas, clasificar a las areniscas, diferenciar petrofacies e inferir la posible procedencia de los materiales.

## MARCO GEOLOGICO-ESTRATIGRAFICO Y UBICACION

La cuenca del Golfo San Jorge, de carácter predominantemente extensional, se desarrolló durante el Jurásico y Cretácico en un ámbito cratónico o de intraplaca sobre una corteza continental de edad Eopaleozoica. Tal evento tuvo lugar en el marco de los procesos geotectónicos que acompañaron a la fragmentación de Gondwana y a la apertura del océano Atlántico durante el Jurásico superior (Hechem y Strelkov, 2002). Hacia el fin del Cretácico, la subsidencia generalizada del margen continental patagónico hizo posible una extensa inundación epírica iniciándose en el Maastrichtiano y permaneciendo hasta el Paleoceno temprano sin mayores interrupciones, representada por los depósitos de la Formación Salamanca (Uliana y Legarreta, 1999). Hacia el Paleoceno superior la sedimentación fue esencialmente continental dando lugar a la depositación del Grupo Río Chico: formaciones Peñas Coloradas, Las Flores y Koluél Kaike (Legarreta y Uliana, 1994), persistiendo un régimen sedimentario con fluctuaciones de condiciones fluviales y lacustres, bajo un clima con características de tipo subtropical a tropical húmedo (Petriella y Archangelsky, 1975; Raigemborn, 2004;

Raigemborn *et al.*, 2006). Contemporáneamente con la sedimentación del Grupo Río Chico, fuera del ámbito de la cuenca, se desarrollaba el arco volcánico paleoceno-eoceno del Cinturón de Pilcaniyeu (Serie Andesítica Extraandina) (Rapela y Kay, 1988). El área de emplazamiento del mismo se extiende desde los 40° a los 43° de latitud sur, desarrollándose con un vulcanismo bimodal calcoalcalino, de composición basáltica hasta riolítica (Rapela *et al.*, 1984).

Este estudio se realizó en afloramientos de la Formación Peñas Coloradas (Paleoceno superior-Eoceno?) en

la región sudoriental de la provincia del Chubut. El mismo comprende un sector costero, ubicado 40 km al norte de la ciudad de Comodoro Rivadavia, conformado por las localidades de Punta Peligro (PPN) por el norte y Estancia La Rosa (ELR) por el sur, y un sector occidental ubicado en la intersección del río Chico con la ruta provincial 27, precisamente en el Cañadón Hondo (CH) (Fig. 1).

En ambos sectores de estudio se encuentra aflorando la sección superior del Miembro Hansen de la Formación Salamanca (Andreis *et al.*, 1975), seguida mediante

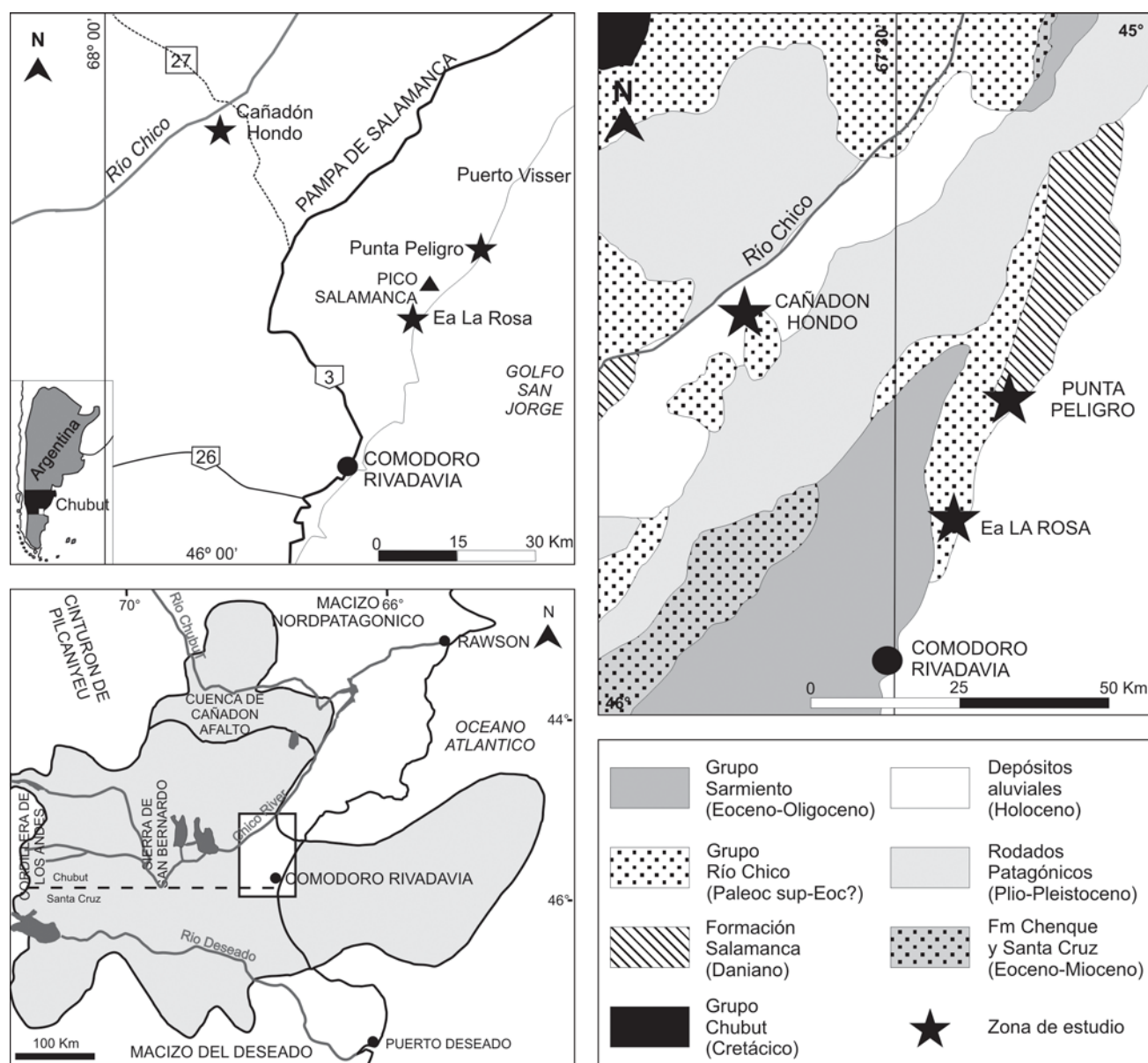


Figura 1. Mapa geológico y de ubicación del área de estudio y mapa de ubicación de la cuenca del Golfo San Jorge.

Figure 1. Geologic and location map of the study area and location map of the Golfo de San Jorge basin.

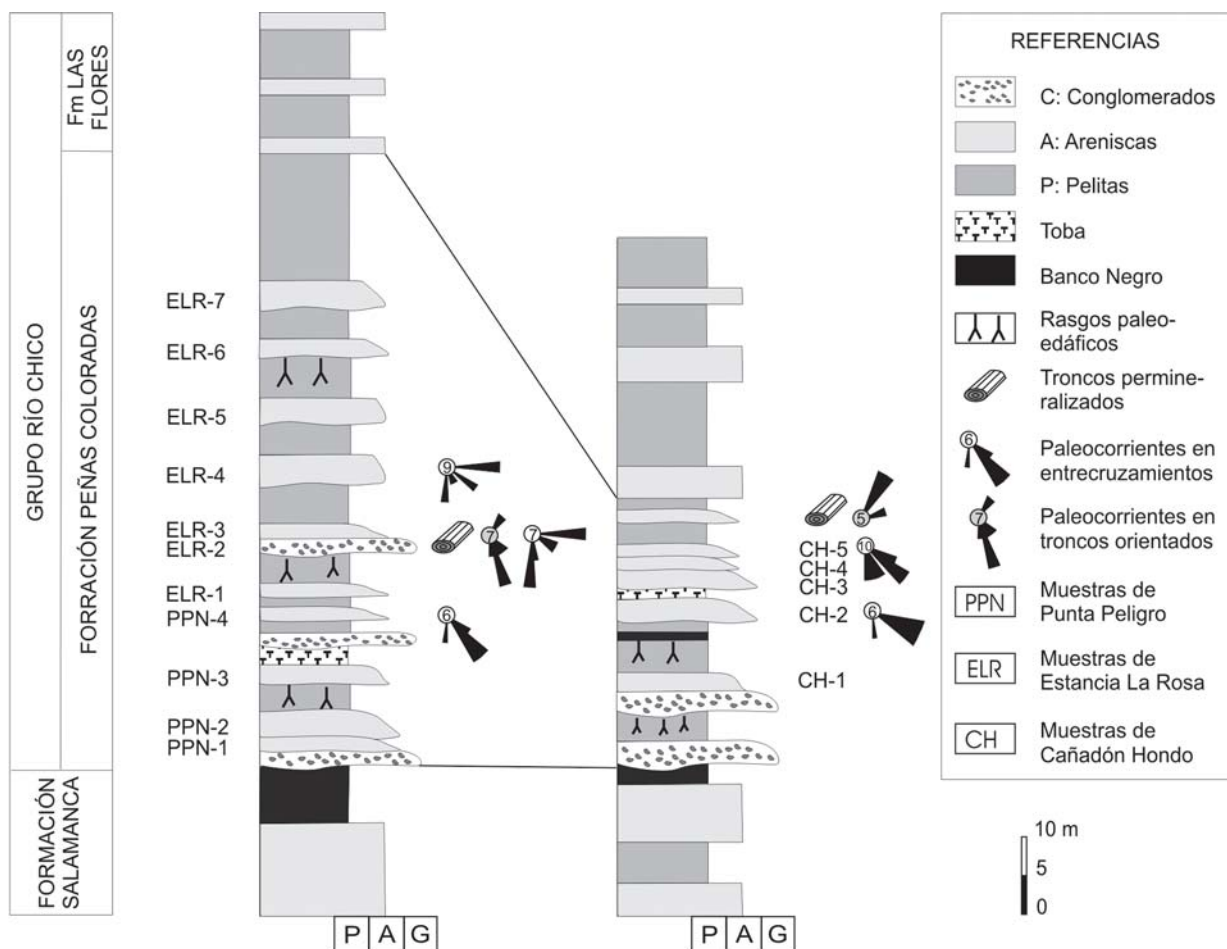
discordancia, por las secciones arenosas de la Formación Peñas Coloradas (Miembro Las Violetas y parte inferior del Miembro Visser de Andreis *et al.*, 1975; Andreis, 1977). Esta unidad se compone de conglomerados finos, areniscas desde muy finas a muy gruesas y niveles pelíticos frecuentemente pedogenizados, tanto de composición epiclástica como volcániclástica, con coloraciones grises a rojizas. La unidad se presenta con un espesor promedio de 80 m y representa un sistema fluvial de alta a moderada energía. En diferentes niveles conglomerádicos se hallaron restos de leños fósiles permineralizados (Brea *et al.*, 2004; Brea y Zucol, 2006), los cuales sugieren para este período de tiempo, la existencia de pluviselvas desarrolladas bajo condiciones climáticas cálidas y húmedas (Brea y Zucol, 2006; Raigemborn *et al.*, 2006), y restos de mamíferos pertenecientes a la Fauna de *Carodnia* (Simpson, 1935). Le

suceden las secciones areno-pelíticas de la Formación Las Flores, las tobas y chonitas del Grupo Sarmiento (Eoceno-Oligoceno) y los depósitos paleógenos-neógenos de la Formación Chenque y Formación Santa Cruz, cubiertos a su vez por sedimentos cuaternarios (Fig. 1).

## METODOLOGIA

El análisis petrográfico se realizó sobre 16 muestras pertenecientes a la Formación Peñas Coloradas, provenientes de estratos arenosos de granulometría media a gruesa (Fig. 2). Las rocas seleccionadas para este estudio presentan escaso grado de alteración y porcentajes de matriz (fracción inferior a 0,03 mm) menores al 15 %, límite establecido por Pettijohn *et al.*, (1987) para diferenciar arenitas de arenitas fangosas.

Sobre cada sección delgada se determinaron las



**Figura 2.** Perfiles esquemáticos de la Formación Peñas Coloradas en Punta Peligro (PPN) - Estancia La Rosa (ELR) y Cañadón Hondo (CH), señalando las muestras petrográficas y los datos de paleocorrientes.

**Figure 2.** Schematic profiles of the Peñas Coloradas Formation in Punta Peligro (PPN) - Estancia La Rosa (ELR) and Cañadón Hondo (CH), showing petrographic samples and paleocurrents.

modas detríticas por conteo de puntos siguiendo las técnicas de Gazzi-Dickinson (Ingersoll *et al.*, 1984; Zuffa, 1985), donde todo cristal mayor a 0,0625 mm es contabilizado como un fragmento mineral. El propósito de esta técnica es minimizar el efecto del tamaño de grano, estandarizando las muestras a la granulometría de arena fina. Se contabilizaron al menos 300 clastos por sección delgada con un espaciado variable en función del tamaño de grano de la muestra. Las categorías de conteo y los criterios utilizados para la identificación de los componentes del entramado se basaron en Limarino *et al.*, (2000).

El análisis difractométrico de rayos-X se realizó sobre 14 muestras de niveles pelíticos y arenosos de la Formación Peñas Coloradas, provenientes de las tres localidades de estudio. Los mismos fueron conducidos secuencialmente, sobre la fracción menor a 4 mm, en muestras naturales, glicoladas y calcinadas (550° C).

Tanto la composición mineralógica esencial, obtenida a partir del difractograma sobre roca total, como la de los argilominerales fueron identificadas en base a las características de la reflexión basal de sus picos (Brindley y Brown, 1980). La estimación semicuantitativa del contenido de las especies fueron interpretados sobre la base de la medida del área encerrada bajo los picos en la muestra glicolada (Biscaye, 1965). Los porcentajes relativos de cada argilomineral fueron determinados aplicando factores empíricos (Moore y Reynolds, 1989). En tanto, los minerales esenciales fueron semicuantificados.

### PETROGRAFIA DE LAS ARENISCAS

#### Componentes modales

En la Tabla 1 se observan los componentes modales contabilizados en este trabajo, estando expresados en

MUESTRA	Qm%	Qp%	Ch%	K%	P%	LS%	Lm%	Lp%	Lvf%	Lvm%	Lvl%	
FORMACION PEÑAS COLORADAS	CH-5	23,4	17,2	2,7	3,1	46,4	3,8	0,0	0,0	0,0	1,4	2,1
	CH-4	28,4	0	3,3	3	32,3	3,3	0	0	5	13,3	11,3
	CH-3	24,9	5,7	0,0	1,3	31,9	10,0	0,0	0,0	3,9	15,7	6,6
	CH-2	21,1	3,7	0,5	0,0	25,3	10,0	0,0	2,6	4,7	17,4	14,7
	CH-1	16,3	1,1	1,1	3,4	21,9	29,2	0,0	0,0	2,8	14,6	9,6
	ELR-7	27,2	4,9	2,0	7,7	38,2	8,5	0,8	0,4	4,1	2,4	3,7
	ELR-6	18,3	5,4	0,4	7,9	25,0	7,9	0,0	0,8	12,9	15,4	5,8
	ELR-5	27,0	5,2	2,8	4,8	35,7	2,0	0,0	0,0	8,7	11,9	2,0
	ELR-4	26,6	11,9	2,9	11,5	25,8	9,8	0,0	0,0	0,0	7,0	4,5
	ELR-3	8,8	3,2	0,4	16,4	48,4	6,0	0,0	0,8	2,8	6,8	6,4
	ELR-2	16,5	4,3	0,0	6,7	31,8	0,8	0,0	0,0	0,4	27,5	12,2
	ELR-1	9,6	2,2	0,0	11,8	35,5	8,3	0,0	0,4	9,6	17,1	5,3
	PPN-4	20,5	0,9	0,0	2,8	36,7	10,4	0,0	0,0	0,9	22,0	5,8
	PPN-3	9,4	0,0	0,4	1,2	51,2	2,4	0,0	0,0	4,7	22,0	8,7
	PPN-2	14,1	1,4	0,0	0,7	50,0	1,4	0,0	0,0	0,0	13,4	19,0
	PPN-1	10,4	0,8	0,0	2,7	42,9	1,5	0,0	0,0	1,2	2,3	38,2
<b>Promedio</b>	<b>18,9</b>	<b>4,2</b>	<b>1,0</b>	<b>5,3</b>	<b>36,2</b>	<b>7,2</b>	<b>0,05</b>	<b>0,3</b>	<b>3,6</b>	<b>13,1</b>	<b>9,7</b>	

**Tabla 1.** Composición de los clastos recalculados al 100%. Qm: cuarzo monocristalino, Qp: cuarzo policristalino, Ch: chert, K: feldspatos potásicos, P: plagioclasas, Ls: líticos sedimentarios, Lm: líticos metamórficos, Lp: líticos plutónicos, Lvf: líticos volcánicos con textura felsítica, Lvm: líticos volcánicos con textura microlítica y Lvl: líticos volcánicos con textura intersertal o lathwork. CH: perfil Cañadón Hondo, ELR: perfil Estancia La Rosa y PPN: perfil Punta Peligro.

**Table 1.** Clastic fraction recalculated to the 100%. Qm: monocrystalline quartz, Qp: polycrystalline quartz, Ch: chert, K: K-feldspar, P: plagioclases, Ls: sedimentary lithics, Lm: metamorphic lithics, Lp: plutonio lithics, Lvf: volcanic lithics with felsitic texture, Lvm: volcanic lithics with microlitic texture and Lvl: volcanic lithics with intersertal texture or lathwork. CH: Cañadón Hondo section, ELR: Estancia La Rosa section and PPN: Punta Peligro section.

porcentaje respecto a la totalidad de la muestra. Dentro de éstos se reconocieron tres variedades de cuarzo: cuarzo monocristalino (Qm), tanto con extinción recta como con extinción ondulosa, cuarzo policristalino de origen milonítico con subgranos de más de 4 mm (Qp) y cuarzo policristalino de grano muy fino (menor a 62 mm) tipo chert (Ch). El cuarzo monocristalino es el más abundante de los tres tipos (78 %) y dentro de éste la variedad con extinción recta predomina en la mayoría de las muestras. En general se presenta con cristales idiomorfos, engolfados, libres de inclusiones y con aspecto fresco (Fig. 3a). En menor proporción se han reconocido cristales con bordes redondeados, inclusiones de rutilo y extinción ondulosa. El cuarzo policristalino es menos frecuente (18 %) y se presenta por lo general con más de 3 subgranos por individuo. Por su parte, el chert es el menos abundante de las tres variedades de cuarzo, representando sólo el 4 %.

Dentro de los feldespatos se reconocieron los de tipo alcalino (K) y las plagioclasas (P), distinguiéndose los primeros por su menor índice de refracción, menor birrefringencia y ausencia de zonación. Entre los alcalinos (13 %) el mineral más común es la sanidina y en menor medida el microclino, mostrando su típica macla en enrejado. Si bien los individuos de feldespato potásico se presentan parcialmente disueltos y alterados a minerales arcillosos (caolinita > illita), es posible su reconocimiento y contabilización como tal. Las plagioclasas (87 %) en cambio, dominan ampliamente por sobre los feldespatos potásicos. La composición promedio de las mismas, determinada por método óptico, es del tipo oligoclasa-andesina y se muestran con cristales euhedrales, subangulosos, frescos, con maclas según Ley de Albita y Carlsbad y muy frecuentemente zonadas (Fig. 3d).

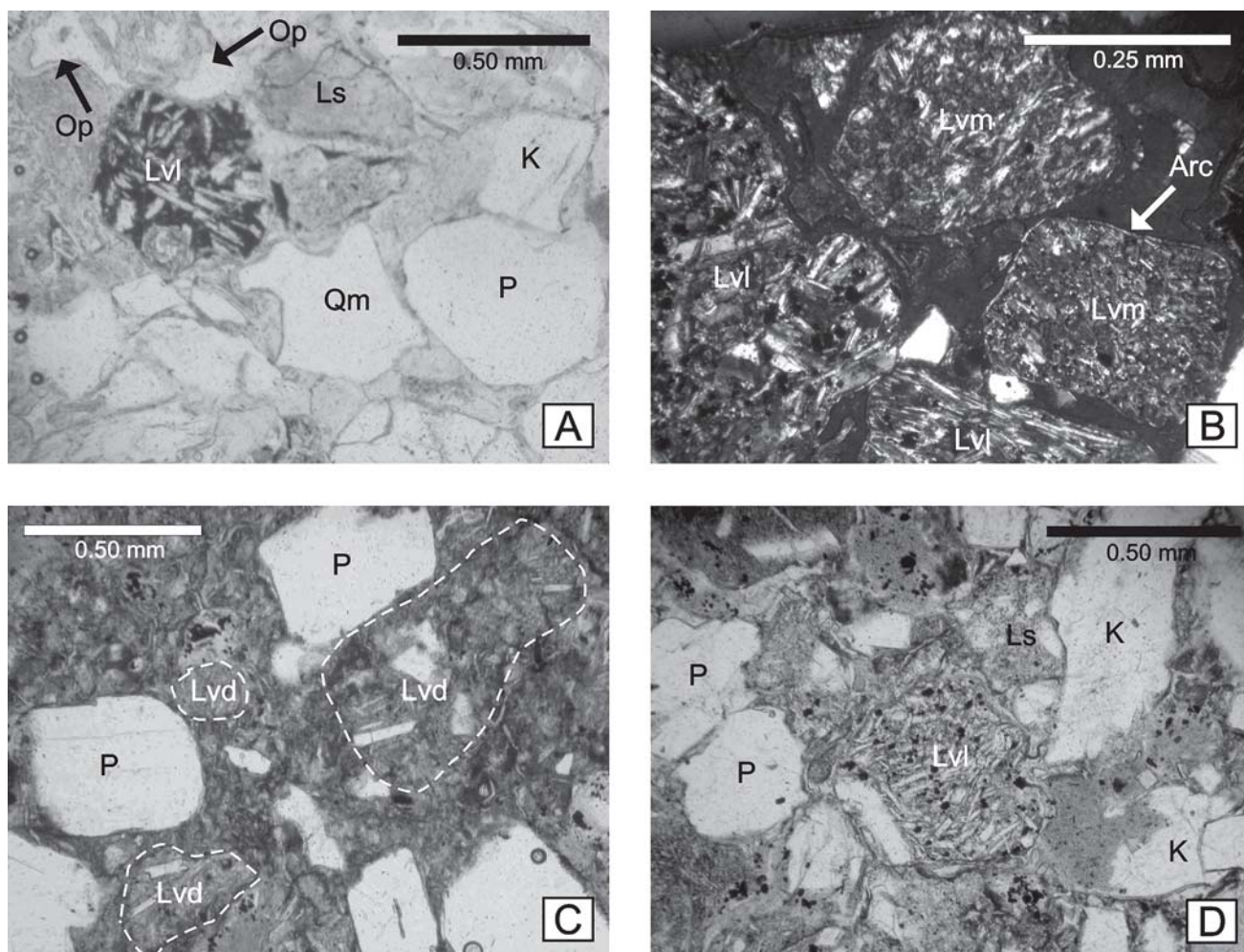
Dado que en las muestras analizadas los fragmentos líticos representan una importante fracción dentro de la moda detrítica y que su reconocimiento y diferenciación tiene una gran importancia en el estudio de procedencia de las sucesiones sedimentaria (Critelli *et al.*, 1995), se han distinguido 4 clases de fragmentos de roca. Los líticos volcánicos (Lv) son los más abundantes (78%), siguiéndole en orden de abundancia los líticos sedimentarios de pelitas y areniscas muy finas (Ls), los plutónicos graníticos (Lp) y los metamórficos (Lm), que se presentan con poblaciones de 21, 0,9 y 0,1 %, respectivamente. Dentro de los líticos volcánicos se reconocieron fragmentos con textura microlítica (Lvm), compuesta por fenocristales de plagioclasas inmersos en una pasta afanítica (Fig. 3b) y líticos con

textura intersertal a intergranular (*lathwork texture* de Dickinson, 1970) (Lvl), donde las tablillas de plagioclasa presentan cierta orientación (Fig. 3a-c). Ambas variedades texturales se corresponden con composiciones mesosilíceas, aunque las de tipo *lathwork* se asocian con composiciones más básicas. También se reconocieron líticos con textura felsítica (Lvfl), compuesta por una pasta microcristalina de cuarzo y feldespato, comúnmente desarrollada en rocas volcánicas de composiciones ácidas. Las variedades con textura microlítica y *lathwork* son las más abundantes. En general estos líticos se presentan subredondeados y con escaso a nulo grado de alteración, características de fragmentos volcánicos generados contemporáneamente con la sedimentación, denominados clastos neovolcánicos según De Rosa *et al.* (1986) y Critelli e Ingersoll (1995). Asimismo se han observado escasos líticos volcánicos parcialmente disueltos (Fig. 3c), conformando una pseudomatriz (Dickinson, 1970), los cuales podrían ser los representantes de ciclos magmáticos anteriores, correspondiéndose con fragmentos de tipo paleovolcánicos según De Rosa *et al.* (1986) y Critelli e Ingersoll (1995). En proporciones muy escasas se han identificado minerales accesorios tales como anfíboles, piroxenos, biotita y minerales opacos, todos ellos subhedrales a euhedrales y con aspecto fresco.

Las variedades de cemento observadas son de tipo argílico, silíceo, hematítico y carbonático, siendo los dos primeros los tipos predominantes. El cemento arcilloso se presenta tanto como capas alrededor de los granos (Fig. 3b), y como cemento de oclusión rellenando fracturas y poros, siendo la esmectita el argilomineral más abundante. El cemento silíceo se presenta como cemento de oclusión rellenando el espacio poral, formado principalmente por calcedonia zebraica y/u ópalo (Fig. 3a). El cemento de óxidos de hierro (hematina) es reconocido como pigmento en la matriz. Por su parte el cemento carbonático es el menos frecuente y se presenta como un cemento de oclusión de tipo poiquilítico.

### Clasificación de las areniscas

Las modas detríticas contabilizadas fueron graficadas en el triángulo QFL de Folk *et al.* (1970) con fines clasificatorios (Fig. 4a), el cual está orientado al análisis de procedencia de las areniscas. De este modo las areniscas de la Formación Peñas Coloradas, fueron clasificadas preliminarmente como feldarenitas líticas y litoarenitas feldespáticas, siendo el promedio general  $Q_{21}F_{43}L_{36}$  (Tabla 2). En general las muestras



**Figura 3.** Microfotografías de las areniscas de la Formación Peñas Coloradas. a) Aspecto general de una feldarenita lítica de la petrofacies II (ELR-8), mostrando cuarzo monocristalino engolfado (Qm), lítico volcánico con textura lathwork (Lvl), lítico sedimentario (Ls) y cemento de ópalo (Op). b) Vista general de una litoarenita feldespática, perteneciente a la petrofacies I (CH-1), mostrando líticos volcánicos con textura lathwork (Lvl) y textura microlítica (Lvm) y cemento arcilloso (Arc). c) Líticos parcialmente disueltos (Lvd) (pseudomatriz) en una feldarenita lítica (ELR-7), perteneciente a la petrofacies II. d) Vista general de una litoarenita feldespática (ELR-3), perteneciente a la petrofacies I. Microfotografía a, c y d con nicoles paralelos. Microfotografía b con nicoles cruzados.

**Figure 3.** Photomicrographs of the Peñas Coloradas Formation sandstone. a) General view of lithic feldarenite of petrofacies II (ELR-8), having monocrystalline quartz with embayments (Qm), volcanic lithic with lathwork texture (Lvl), sedimentary lithic fragment (Ls) and opal cement (Op). b) General view of a feldspathic litharenite, of petrofacies I (CH-1), with volcanic lithics having lathwork texture (Lvl) and microlitic texture (Lvm) and clay-cement (Arc). c) Partially dissolved volcanic lithic fragment (Lvd) (pseudomatrix) in a lithic feldarenite (ELR-7) of petrofacies II. d) General view of lithic feldarenite (ELR-3) of petrofacies I. Photomicrographs a, c and d with parallel nicols. Photomicrographs b with crossed nicols.

analizadas presentan un predominio de plagioclasas sobre feldespatos potásicos y relaciones de Lv/L cercanas a 1. Si bien los valores de QFL son variables a lo largo de las secciones estudiadas, existe una tendencia general al aumento en la proporción de cuarzo y feldespato y a la disminución en el contenido de fragmentos líticos a medida que se asciende en la columna estratigráfica.

Sobre la base de las variaciones en las modas

detríticas se diferenciaron dos petrofacies (Mansfield, 1971; Ingersoll, 1983) que pueden ser visualizadas en la Tabla 2. La petrofacies I es de bajo contenido de cuarzo, con Q menor al 28 %, y la petrofacies II, de alto contenido de cuarzo (Q > 28%). La primera de éstas (Fig. 3b y d) está integrada por litoarenitas feldespáticas y, en menor medida, por feldarenitas líticas, con relaciones P/K muy altas. Los líticos volcánicos son ampliamente abundantes, predominando la variedad



MUESTRA	PTF	Folk et al (1970)			Dickinson et al (1983)			Dickinson et al (1983)			Dickinson y Suczek (1979)			
		Q%	F%	L%	Qt%	F%	Li%	Qm%	F%	Lt%	Qm%	P%	F%	
FORMACION PEÑAS COLORADAS	CH-5	II	47,8	40,5	11,7	51,0	40,5	8,5	27,5	40,5	32,0	40,5	54,2	5,4
	CH-4	II	28,3	36,3	35,3	31,7	35,3	33	28,3	35,3	36,3	46,2	48,9	4,9
	CH-3	I	23,6	34,8	41,6	23,6	34,8	41,6	19,3	34,8	45,9	35,6	62,5	1,9
	CH-2	I	15,9	38,9	46,6	16,2	38,9	46,3	13,5	38,9	49,0	25,8	74,2	0,0
	CH-1	I	9,3	38,2	52,5	9,9	38,2	51,9	8,7	38,2	53,1	18,5	77,7	3,8
	ELR-7	II	32,1	45,9	22,0	34,1	45,9	19,9	27,2	45,9	26,8	37,2	52,2	10,6
	ELR-6	II	32,1	40,5	27,4	34,9	40,5	24,6	27,0	40,5	32,5	40,0	52,9	7,1
	ELR-5	II	38,5	37,3	24,2	41,4	37,3	21,3	26,6	37,3	36,1	41,7	40,4	17,9
	ELR-4	I	22,8	31,6	45,6	23,2	31,6	45,2	17,6	31,6	50,8	35,8	48,8	15,4
	ELR-3	I	12,0	64,8	23,2	12,4	64,8	22,8	8,8	64,8	26,4	12,0	65,8	22,3
	ELR-2	I	20,8	38,4	40,8	20,8	38,4	40,8	16,5	38,4	45,1	30,0	57,9	12,1
	ELR-1	I	10,8	43,0	46,2	10,8	43,0	46,2	8,8	43,0	48,2	16,9	62,3	20,8
	PPN-4	I	11,6	47,3	41,2	23,3	43,0	33,7	22,3	43,0	34,7	34,2	61,2	4,6
	PPN-3	I	9,4	52,4	38,2	9,8	52,4	37,8	9,4	52,4	37,8	15,3	82,8	1,9
	PPN-2	I	15,5	50,7	33,8	15,5	50,7	33,8	14,1	50,7	35,2	21,7	77,2	1,1
	PPN-1	I	9,7	39,3	51,0	9,7	39,3	51,0	9,0	39,3	51,7	18,6	76,6	4,8
<b>Promedio</b>			21,26	42,5	36,33	23,02	42,16	34,90	17,79	42,2	40,04	29,38	62,23	8,41

**Tabla 2.** Porcentajes modales recalculados y petrofacies (PTF) para la Formación Peñas Coloradas. QFL: cuarzo monocristalino y policristalino - feldespatos totales - fragmentos líticos (incluyendo chert). QtFLi: cuarzo total (incluyendo chert) - feldespatos totales - líticos inestables. QmFLt: cuarzo monocristalino - feldespatos totales - líticos totales (incluyendo cuarzo policristalino y chert). QmPK: cuarzo monocristalino - plagioclasas - feldespatos potásicos. CH: perfil Cañadón Hondo, ELR: perfil Estancia La Rosa y PPN: perfil Punta Peligro.

**Table 2.** Recalculated modal percentages and petrofacies (PTF) for the Peñas Coloradas Formation. QFL: monocristalline and polycrystalline quartz - total feldspars - lithic fragments (including chert). QtFLi: total quartz (including chert) - total feldspars - unstable lithics. QmFLt: monocristalline quartz - total feldspars - total lithics (including polycrystalline quartz and chert). QmPK: monocristalline quartz - plagioclases - K feldspars. CH: Cañadón Hondo section, ELR: Estancia La Rosa section and PPN: Punta Peligro section.

con textura microlítica. Esta petrofacies caracteriza a los niveles inferiores de la Formación Peñas Coloradas en los tres perfiles analizados, siendo su promedio  $Q_{14}F_{44}L_{42}$ . Por su parte, la petrofacies II (Fig. 3a y c) está integrada por feldarenitas líticas con relaciones P/K menores que en la petrofacies I, predominando los feldespatos sobre los fragmentos líticos. Si bien los líticos volcánicos son abundantes, los fragmentos sedimentarios también se presentan con valores significativos. Esta petrofacies es observada en la sección superior de la Formación Peñas Coloradas en el perfil de Cañadón Hondo y de Estancia La Rosa, presentándose con promedio  $Q_{36}F_{40}L_{24}$ .

#### DIFRACTOMETRIA DE RAYOS-X

Asumiendo que la asociación de minerales de arcilla

en secuencias que no han sufrido una importante diagénesis es controlada por la litología del área de aporte, el ambiente depositacional y el paleoclima, entre otros factores (Inglés y Ramos-Guerrero, 1995), es posible utilizar a los argilominerales como una herramienta en estudios de procedencia (Chamley, 1989). En este sentido se determinó la mineralogía esencial y los argilominerales presentes en muestras de pelitas y areniscas de la Formación Peñas Coloradas, mediante difracción de rayos X.

Los minerales de arcilla de la Formación Peñas Coloradas incluyen esmectita, caolinita, illita e interestratificados de illita/esmectita, de manera similar a lo establecido por Andreis y Zalba (2003). La esmectita es el mineral de arcilla más abundante presentándose con más del 88 % en la totalidad de las muestras analizadas. Por su parte la caolinita se encuentra escasamente

MUESTRA		MINERALOGIA EN ROCA TOTAL					ARGILOMINERALES EN MUESTRA GLICOLADA			
		Qz	Op	F	Arc	Zeo	K	I	Sm	I/S
		Abundancia relativa					Porcentajes relativos			
FORMACION PEÑAS COLORADAS	CH-A6	++++	++++	+	++++	+	5	0	95	tr
	CH-A5	+	+	+	++++	+	0	5	95	tr
	CH-A4	+	++	++++	+	+	0	5	95	tr
	CH-A3	++++	+++	+++	++	+	8	4	88	-
	CH-A1	+++	++++	+	++	+	0	0	100	-
	CH-A2	+	++++	+++	+++	++	0	0	100	-
	ELR-A3	+++	++	++++	+	++	0	0	100	-
	ELR-A2	+++	++++	-	++	+	0	5	95	-
	ELR-A1	+++	+++	+	+++	+	11	0	89	-
	PPN-A5	++++	+++	++++	++	+++	5	0	95	-
	PPN-A4	+	++++	+++	++++	+	0	0	100	-
	PPN-A3	+	++++	+++	+++	+	0	0	100	-
	PPN-A2	++++	+++	+	++	+	0	0	100	-
	PPN-A1	+	++	++++	++	+	0	0	100	-

**Tabla 3.** Composición mineralógica de muestras pelíticas de la Formación Peñas Coloradas. Qz: cuarzo, Op: ópalo, F: feldspatos, Arc: argilominerales, Zeo: zeolitas, K: caolinita, I: illita, Sm: esmectita, I/S: interestratificados illita/esmectita. Abundancia: + + + +: muy abundante, + + +: abundante, + +: moderado, +: escaso, tr: trazas y -: ausente. CH: perfil Cañadón Hondo, ELR: perfil Estancia La Rosa y PPN: perfil Punta Peligro.

**Table 3.** Mineralogic composition of mudstone samples of the Peñas Coloradas Formation. Qz: quartz, Op: opal, F: feldspar, Arc: clay-minerals, Zeo: zeolites, K: Kaolinite, I: illite, Sm: smectite, I/S: mixed layers illite/smectite. Abundance: + + + +: very abundant, + + +: abundant, + +: moderate, +: scarce, tr: traces and -: absent. CH: Cañadón Hondo section, ELR: Estancia La Rosa section and PPN: Punta Peligro section.

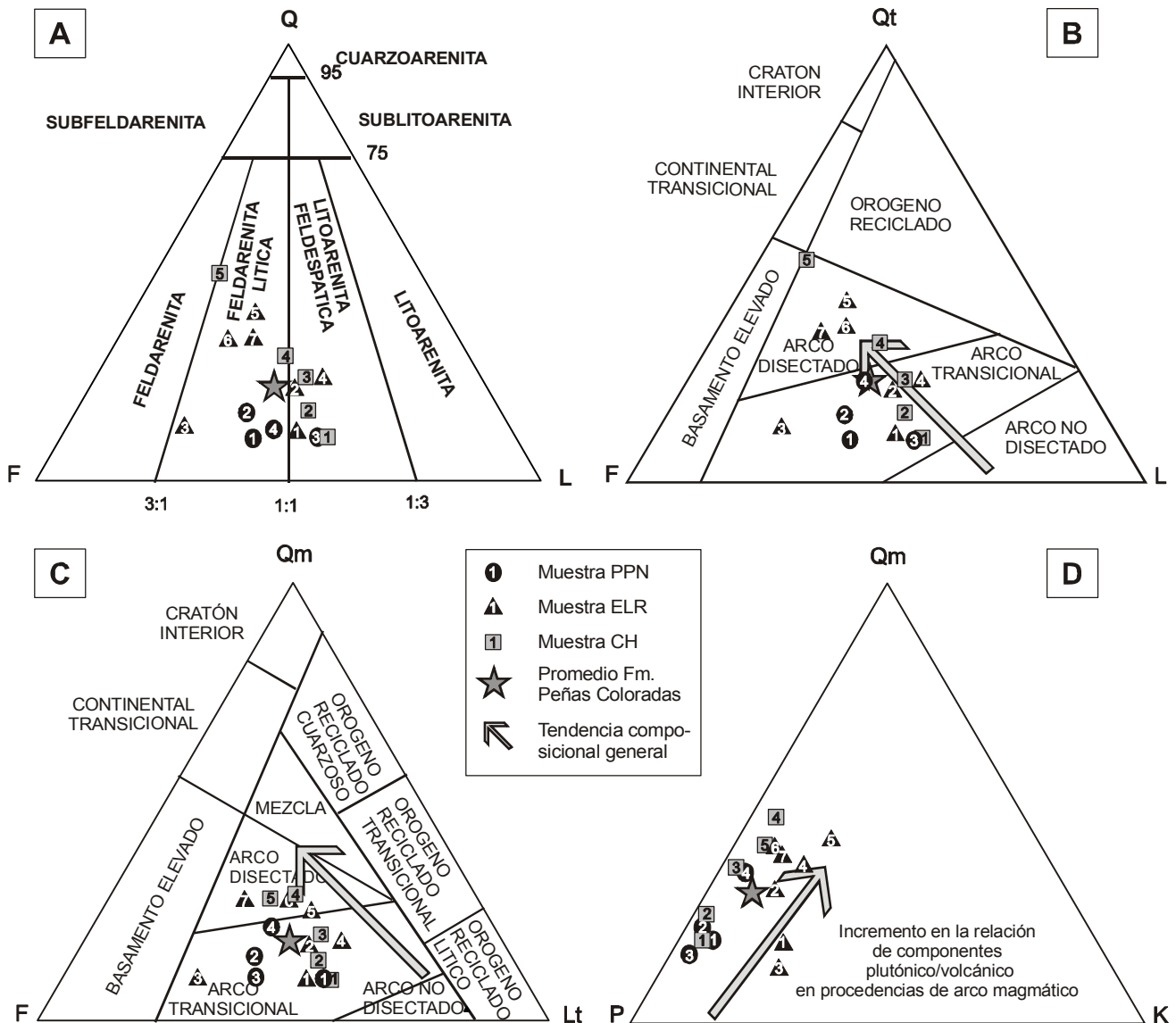
representada con valores menores al 11 %, mientras que la illita y los interestratificados de illita/esmectita sólo se presentan en proporciones muy bajas (<5 %) hasta trazas (Tabla 3). Dentro de las especies minerales no arcillosas analizadas sobre roca total (Tabla 3), se observan en general concentraciones muy bajas pero constantes de zeolitas, en especial de clinoptilolita, y una gran abundancia de sílice amorfa (ópalo C-T), junto con proporciones variables de cuarzo y de feldspatos. Como surge a partir de estos datos, los argilominerales a lo largo de la Formación Peñas Coloradas se muestran homogéneos, con una total dominancia de esmectita sobre el resto de los minerales de arcilla. Al mismo tiempo resulta uniforme la presencia de sílice amorfa y de zeolitas en la fracción no arcillosa.

### ANÁLISIS DE PROCEDENCIA

A partir del estudio petrográfico de las areniscas de la Formación Peñas Coloradas es posible caracterizar

la tendencia y variación composicional a través de la unidad y establecer el área tectónica de aporte de los mismos. Se considera que las variaciones composicionales observadas en las modas detríticas corresponden solo a variaciones en el área de aporte, considerando el contexto paleoclimático de tipo cálido y húmedo, sin tener en cuenta que la interacción del agente y distancia de transporte, la tectónica, el mecanismo de subsidencia de la cuenca y los procesos diagenéticos ocurridos (Marsaglia e Ingersoll, 1992; Espejo y López Gamundi, 1994) influyen en la composición de los sedimentos.

Los datos obtenidos a partir del análisis modal de las areniscas (Tabla 2) fueron representados en diagramas ternarios QtFL (Fig. 4b) y QmFLt (Fig. 4c) de discriminación tectónica del área de aporte de Dickinson y Suczek (1979) y Dickinson *et al* (1983). En la Figura 4 se observa como en ambos triángulos las modas detríticas se distribuyen en el campo de procedencia de arco magmático, tanto en la región de arco



**Figura 4.** a) Diagrama de clasificación de areniscas según Folk et al (1970), b) Diagrama de proveniencia QtFL según Dickinson et al (1983), c) Diagrama de proveniencia QmFLt según Dickinson et al (1983) y d) Diagrama QmPK según Dickinson and Suczek (1979). La flecha indica la tendencia composicional general.

**Figure 4.** a) Sandstones classification diagram according to Folk et al (1970), b) QtFL provenance diagram according to Dickinson et al (1983), c) QmFLt provenance diagram according to Dickinson et al (1983) and d) QmPK diagram according to Dickinson and Suczek (1979). The arrow indicates the general compositional trend.

transicional como en la de arco disectado. Las litoarenitas feldespáticas y feldarenitas líticas de la petrofacies I corresponden al campo de arco transicional, mientras que el incremento en el contenido de cuarzo y de feldespatos, junto a la disminución en el contenido de fragmentos líticos, desplaza a las feldarenitas líticas de la petrofacies II hacia el campo de arco disectado. De este modo queda evidenciada una tendencia general en la evolución composicional en sentido estratigráfico.

Conjuntamente se utilizó el diagrama QmPK (Fig. 4d) donde se evidencia claramente el aumento en el contenido de cuarzo desde la petrofacies I hacia la petrofacies II, pudiendo reflejar el mismo un incremento en la proporción de materiales plutónicos respecto a los volcánicos en ambientes de arco magmático (Dickinson y Suczek, 1979). En este mismo diagrama se advierte que el contenido de feldespato potásico no varía significativamente a través de la unidad.

Composiciones argílicas con total dominancia de

esmectita, junto a proporciones bajas de caolinita y prácticamente inexistentes de clorita, illita e illita/esmectita, caracterizan a ambientes donde ha actuado una intensa hidrólisis, bajo condiciones climáticas cálidas y húmedas con cierta estacionalidad, sobre materiales volcánicos inestables (e.g., Robert y Kennett, 1994; Dingle y Lavelle, 2000; Egger *et al.*, 2002; Suresh *et al.*, 2004). Del mismo modo la presencia del material amorfo (ópalo) y de zeolita en las muestras analizadas, resultan ser el producto de alteración de cenizas volcánicas (De Ros *et al.*, 1997). Tal asociación mineralógica refleja un vulcanismo relativamente contemporáneo con la sedimentación, donde la alteración de los materiales ocurre bajo un clima cálido y húmedo (Dingle y Lavelle, 2000).

Los datos de paleocorrientes propios, medidas en entrecruzamientos de niveles arenosos y conglomerádicos y en troncos orientados de la Formación Peñas Coloradas, junto a datos tomados de Andreis *et al.* (1975) y Andreis (1977), indican una dirección principal de las corrientes desde el oeste y noroeste (Fig. 2).

## DISCUSION

Los resultados preliminares que surgen a partir del análisis petrográfico de las modas detríticas y los análisis difractométricos de las sedimentitas de la Formación Peñas Coloradas, permiten inferir el área de aporte de los materiales. En este sentido, las características de los granos de cuarzo monocristalino (extinción recta, libres de inclusiones, engolfamientos), la euhedralidad de las plagioclasas, frecuentemente zonadas y de composición intermedia, junto a la gran cantidad de fragmentos líticos volcánicos, en especial con textura microlítica e intersertal, sugieren una procedencia volcánica de composición principalmente mesosilíceica. Otros datos, tales como la frecuencia de clastos pumíceos en los niveles conglomerádicos, la presencia de horizontes tobáceos a lo largo de la unidad y la abundancia de líticos volcánicos con características de fragmentos neovolcánicos, especialmente con textura microlítica y *lathwork* (Critelli e Ingersoll, 1995), indican la existencia de actividad magmática en la Patagonia durante el Paleoceno. Así mismo sustenta esta interpretación la presencia de zeolitas, la participación constante de material amorfo (ópalo) y de esmectita, tanto en la fracción arcilla como en el cemento de las areniscas, dado que dicha asociación mineralógica resulta como producto de la alteración de cenizas volcánicas (De Ros *et al.*, 1997) bajo un clima cálido y húmedo; al mismo

tiempo que indica condiciones diagenéticas muy someras (Huggett *et al.*, 2005).

Asumiendo un área de aporte restringida, la tendencia composicional observada en sentido estratigráfico en la Formación Peñas Coloradas podría relacionarse con la disección del arco (Dickinson *et al.*, 1983) donde, a medida que se produce la remoción gradual de la cubierta volcánica, las raíces graníticas del arco pueden ser progresivamente expuestas (Marsaglia e Ingersoll, 1992).

De este modo, en los niveles inferiores de la unidad (petrofacies I) la disección del arco debió haber sido escasa dando lugar a un importante aporte de fragmentos líticos volcánicos, proporciones mayores de plagioclasa de feldespato potásico y escasas cantidades de cuarzo. Tales modas detríticas son características de aportes desde la cubierta volcánica del arco magmático (Valloni y Mezzadri, 1984), ocurriendo principalmente sus modas detríticas en el campo de arco transicional (Fig. 4b y c).

Posteriormente, un suministro mayor de cuarzo y feldespato y una disminución en la proporción de los fragmentos líticos, tal como se evidencia en los niveles superiores de la unidad (petrofacies II), ubica a las modas detríticas en el campo de arco disectado (Fig. 4b y c). Este desplazamiento en la composición de las areniscas reflejaría una mayor disección del arco, donde a medida que ocurre la remoción gradual de la cubierta volcánica, las raíces graníticas del mismo comienzan a ser expuestas (Marsaglia e Ingersoll, 1992). Si bien bajo tales circunstancias sería esperable encontrar una mayor participación de fragmentos plutónicos, la ausencia de éstos puede deberse a que, en la fracción arena analizada, se hallan separados en sus componentes minerales individuales. Así mismo, la parcial disolución y alteración a argilominerales observados en la mayoría de los granos de feldespato potásico puede atribuirse a su baja estabilidad química frente a climas cálidos y húmedos (Suttner *et al.*, 1981). Al mismo tiempo, la ausencia de variación significativa en el contenido de feldespato potásico (diagrama QmPK) a lo largo de la unidad, posiblemente se relacione con una exhumación somera de los plutones relacionados al arco magmático (Yan *et al.*, 2006).

De acuerdo a lo expuesto, la importante participación de líticos volcánicos junto a la mayor proporción de plagioclasa que de feldespato potásico, reflejan el continuo aporte desde un arco volcánico. De ese arco no sólo participaban las rocas volcánicas propias del edificio volcánico, sino que también lo hacían rocas

sedimentarias, ígneas y metamórficas, como producto de la denudación de la cubierta volcánica y la parcial exposición de su núcleo batolítico.

Dada las características de los componentes detríticos de la Formación Peñas Coloradas, los datos de paleocorriente obtenidos y la importante actividad volcánica que actuó en la Patagonia durante el Paleógeno puede deducirse que la mayor parte de los materiales han sido aportados desde el arco Paleoceno-Eoceno del Cinturón de Pilcaniyeu (Rapela y Kay, 1988) ubicado al NW de la zona de estudio (Raigemborn, 2005). El mismo se desarrolló entre los 60 y 43 Ma como un arco volcánico ensiálico en la Cordillera Patagónica Septentrional y borde occidental del Macizo Nordpatagónico. Se caracteriza por un vulcanismo de tipo bimodal calcoalcalino, de composición ácida a intermedia, con facies ignimbríticas asociadas (Rapela *et al.*, 1984), desarrollado bajo un clima cálido y húmedo pero con cierta estacionalidad (Aragón y Romero, 1984).

De todos modos no se descartan posibles aportes, al menos en menor medida, desde las vulcanitas Paleocenas del Plateau Basáltico, aflorantes al norte de la cuenca del Golfo San Jorge, como así también desde unidades volcánicas más antiguas como las mesojurásicas del Complejo Marifil y equivalentes y cretácicas del Grupo Divisadero y equivalentes, las cuales también afloran hacia el oeste y noroeste del área de estudio.

## CONCLUSIONES

Los datos preliminares obtenidos a partir del estudio petrográfico de las areniscas de la Formación Peñas Coloradas permiten clasificar a las mismas como litoarenitas feldespáticas y feldarenitas líticas, predominando la primera en los niveles inferiores de la unidad (petrofacies I) y la segunda en los niveles superiores (petrofacies II).

Ambas petrofacies se caracterizan por presentar abundantes fragmentos volcánicos con texturas de rocas de composición mesosilíceas y con rasgos de clastos neovolcánicos y por poseer más plagioclasa, principalmente de composición intermedia, que feldespato potásico. En sentido estratigráfico ocurre un enriquecimiento en el contenido de cuarzo y de feldespato en desmedro de los fragmentos líticos. Dicha composición detrítica refleja la vinculación de los materiales con un arco magmático activo, al mismo tiempo que la abundancia de esmectita, material amorfo (ópalo) y zeolitas demuestran el efecto de la meteorización química actuante en climas cálidos y húmedos con cierta estacio-

nalidad sobre los materiales volcánicos inestables.

La variación composicional es atribuida a una posible exposición y disección del arco magmático, aportando inicialmente materiales desde un arco transicional (petrofacies I) a uno disectado (petrofacies II), la cual manifiesta la gradual denudación de la cubierta volcánica y la posterior exhumación, al menos somera, de los plutones graníticos relacionados al arco.

Sobre la base de las características de las modas detríticas, los datos de paleocorriente indicando paleopendientes desde el NW y W, y la existencia de un arco volcánico activo en la Patagonia durante el Paleoceno, se considera al Cinturón de Pilcaniyeu, aflorante al norte de los 43° LS, como principal área de aporte de los materiales. Sin embargo, no se descartan aportes menores desde unidades volcánicas tanto paleocenas como más antiguas, aflorantes hacia el norte y noroeste de zona de estudio.

Se considera que la incorporación de un mayor número de muestras al análisis petrográfico de la Formación Peñas Coloradas, logrará una caracterización más acabada de la evolución y tendencia aquí planteada, como así también en la definición de las áreas de aporte secundarias.

## Agradecimientos

El presente trabajo forma parte del proyecto PICT 07-08671 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Se agradece a los árbitros, Dra. Tunik y Dr. Dávila, dado que sus correcciones y sugerencias mejoraron sustancialmente la calidad del manuscrito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ameghino, F.**, 1906. Les formations sédimentaires du Crétacé et du Tertiaire de Patagonie entre les faunes mammalogiques et celles de l'ancien continent. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires*, 15(8):1-568.
- Andreis, R. R.**, 1977. Geología del área de Cañadón Hondo. Departamento de Escalante, Provincia del Chubut, Republica Argentina. *Obra del Centenario del Museo de La Plata*, 4:77-102.
- Andreis, R., Mazzoni M. y Spalletti, L.**, 1975. Estudio estratigráfico y paleoambiental de las sedimentitas terciarias entre Pico Salamanca y Bahía Bustamante, Provincia de Chubut, República Argentina. *Asociación Geológica Argentina Revista*, 30 (1): 85-103.
- Andreis, R. y Zalba, P.**, 2003. Procesos diagenéticos en las piroclastitas terciarias de la Patagonia: Formaciones Río Chico y Sarmiento (Chubut, Argentina). 3º Congreso Mexicano de Zeolitas Naturales: 73-74.
- Aragón, E. y Romero, E.**, 1984. Geología, Paleoambientes y Paleobotánica de Yacimientos terciarios del occidente de Río Negro, Neuquén

- y Chubut. IX Congreso Geológico Argentino, Actas IV: 475-507.
- Biscaye, P. E.**, 1965. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. *Geological Society American Bulletin*, 76:803-832.
- Brea, M., Zucol, A. F., Raigemborn, M. S. y Matheos, S.**, 2004. Leños fósiles del Paleoceno superior (Grupo Río Chico), provincia del Chubut, Argentina. *Ameghiniana*, Resúmenes, 41(4):7-8
- Brea, M. y Zucol, A. F.**, 2006. Leños fósiles de Boraginaceae de la Formación Peñas Coloradas (Paleoceno superior), Puerto Visser, Chubut, Argentina. *Ameghiniana* 43(1):139-146.
- Brindley, G. y Brown, G.**, 1980. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. *Mineral. Soc. Monogr.* 5.
- Chamley, H.**, 1989. *Clay sedimentology*, Springer-Verlag, New York, 623 pp.
- Critelli, S. e Ingersoll, R.**, 1995. Interpretation of neovolcanic versus palaeovolcanic sand grains: an example from Miocene deep-marine sandstone of the Topanga Group (Southern California). *Sedimentology*, 42:783-804.
- Critelli, S., Rumelhart, P. y Ingersoll, R.**, 1995. Petrofacies and provenance of the Puente Formation (Middle to upper Miocene), Los Angeles Basin, Southern California: implications for rapid uplift and accumulation rates. *Journal of Sedimentary Research*, A65(4):656-667.
- De Ros, L., Morad, S. y Al-Aasm, I.**, 1997. Diagénesis of silicoclastic and volcanoclastic sediments in the Cretaceous and Miocene sequences of the NW African margin (DSDP Leg 47A, Site 397). *Sedimentary Geology*, 112:137-156.
- De Rosa, R., Zuffa, G., Taira, A. y Leggett, J.**, 1986. Petrography of trench sands from the Nakai Trough, southwest Japan: implications for long-distance turbidites transportation. *Geological Magazine* 23:477-486.
- Dickinson W.**, 1970. Interpreting detrital modes of greywacke and arkose. *Journal of Sedimentary Petrology*, 40:695-707.
- Dickinson W. y Suczek, C.**, 1979. Plate tectonics and sandstone composition. *The American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 63:2164-2182.
- Dickinson W., Breard L., Brakenridge G., Erjavec J., Ferguson R., Inman K., Knepp R., Lindberg, F. y Ryberg P.**, 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of America Bulletin*, 94:222-235.
- Dingle, R., y Lavelle, M.**, 2000. Antarctic Peninsula Late Cretaceous-Early Cenozoic paleoenvironments and Gondwana palaeogeographies. *Journal of African Earth Sciences*, 31(1):91-105.
- Egger, H., Homayoun, M. y Schnabel, W.**, 2002. Tectonic and climatic control of Paleogene sedimentation in the Rhenodanubian Flysch basin (Eastern Alps, Austria). *Sedimentary Geology*, 152:247-262.
- Espejo, I. y López Gamundí, O.**, 1994. Source versus depositional controls on sandstone composition in a foreland basin: the El Imperial Formation (mid Carboniferous-lower Permian), San Rafael basin, Western Argentina. *Journal of sedimentary research*, A64(1):8-16.
- Feruglio, E.**, 1929. Apuntes sobre la constitución geológica de la región del Golfo de San Jorge. En: *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos (GAEA)*, III:395-486.
- Feruglio, E.**, 1938. Relaciones estratigráficas entre el Patagoniano y el Santacruciano en la Patagonia Austral. *Revista del Museo de La Plata (nueva serie) I, sección Geología* 4:129-159.
- Feruglio, E.**, 1949. Descripción geológica de la Patagonia. YPF Tomo II:1-349.
- Folk, R., Andrews P. y Lewis D.**, 1970. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zeland. *New Zeland Journal of Geology and Geophysics*, 13:937-968.
- Hechem, J. y Strelkov, E.**, 2002. Secuencia sedimentaria mesozoica del Golfo San Jorge, En M.J.Haller (Editor): *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz. Relatorio del XV Congreso Geológico Argentino*. El Calafate, 1-9:129-147.
- Huggett, J., Gale, A. y Wray, D.**, 2005. Diagenetic clinoptilolite and opalo CT from the middle Eocene Wittering Formation, Isle of Wight, UK. *Journal of Sedimentary Research* 75:585-595.
- Ingersoll, R.**, 1983. Petrofacies and provenance of Late Mesozoic Foreacr Basin, Northern and Central California. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 67(7):1125-1142.
- Ingersoll, R., Bullard, T., Ford, R., Grimm, J., Pickle, J. y Sares, S.**, 1984. The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson point-counting method. *Journal of Sedimentary Petrology* 54:103-116.
- Inglès M. y Ramos-Guerrero, E.**, 1995. Sedimentological control on the clay mineral distribution in the marine and non-marine Paleogene deposits of Mallorca (Western Mediterranean). *Sedimentary Geology*, 94:229-243.
- Legarreta, L. y Uliana, M. A.**, 1994. Asociación de fósiles y hiatus en el supracretácico-Neógeno de Patagonia: una perspectiva estratigráfico-secuencial. *Ameghiniana*, 31(3):257-281.
- Limarino O, Net L., Gutierrez P., Caselli A. y Ballent, S.**, 2000. Definición litoestratigráfica de la Formación Ciénaga del Río Huaco (Cretácico superior), Precordillera central, San Juan, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 55(1-2):83-99.
- Mansfield, C.**, 1971. Stratigraphic variation in sandstone petrology of the Great Valley Sequence in the southern Coast Ranges west of Coalinga, California. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 3:157.
- Marsaglia K., e Ingersoll R.**, 1992. Compositional trends in arc-related, deep marine sand and sandstone: a reassessment of magmatic provenance. *Geological Society of America Bulletin*, 104:1937-1649.
- Moore, D. y Reynolds Jr, R.**, 1989. *X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford Univ Press, New York: 332 pp.
- Petriella, B.T. y Archangelsky, S.**, 1975. Vegetación y ambiente en el Paleoceno de Chubut. I Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Actas 2, 257-270.
- Pettijohn, F., Potter, P. y Siever, R.**, 1987. *Sand and sandstones*. Second edition. Springer-Verlag. 1-553.
- Raigemborn, M. S.**, 2004. Caracterización de los minerales de arcilla de la Formación Koluél Kaike (Paleoceno superior-Eoceno inferior?) en el centro oeste de la cuenca del Golfo San Jorge, Chubut. X Reunión Argentina de Sedimentología. Actas:145-146.
- Raigemborn, M. S.**, 2005. Procedencia de las areniscas de la Formación Peñas Coloradas (Paleoceno superior) en la zona costera al norte de Comodoro Rivadavia, Cuenca del Golfo San Jorge (Chubut, Argentina). XVI Congreso Geológico Argentino. Actas III, 103-110.
- Raigemborn, M. S., Brea, M., Zucol, A. y Matheos, S.**, 2006. Geology, fossil wood and phytolith assemblages from the Upper Paleocene-Eocene? Of central Patagonia, Argentina. *Climate and biota of the Early Paleogene Meeting*. Volume of Abstracts: 108.
- Rapela, C., Spalletti, L., Merodio, J. y Aragón, E.**, 1984. El vulcanismo Paleoceno-Eoceno de la provincia volcánica Andino-Patagónica. IX Congreso Geológico Argentino. Actas VIII, 189-213.
- Rapela, C. y Kay S.**, 1988. Late Paleozoic to Recent magmatic evolution of northern Patagonia. *Episodes*, 11(3):175-182.
- Robert, C. y Kennett, J.**, 1994. Antarctic subtropical humid episode

- at the Paleocene-Eocene boundary: clay-mineral evidence. *Geology* 22, 211-214.
- Scasso, R. y Limarino, C.**, 1997. Petrología y diagénesis de rocas clásticas. Asociación Argentina de Sedimentología, publicación especial N° 1: 259 pp.
- Simpson G.**, 1933. Stratigraphic nomenclature of the Early Tertiary of Central Patagonia. *American Museum Novitates*, 644:1-13.
- Simpson G.**, 1935. Ocurrence and relationships of the Río Chico fauna of Patagonia. *American Museum Natural History Novitates*, 818:1-21.
- Suresh, N., Ghosh, S., Kumar, R. y Sangode, S.**, 2004. Clay-mineral distribution patterns in late Neogene fluvial sediments of the Subathu sub-basin, central sector of Himalayan foreland basin: implications for provenance and climate. *Sedimentary Geology*, 163:265-278.
- Suttner, L., Basu, A. y Mack, G.**, 1981. Climate and the origin of quartz arenitas. *Journal of sedimentary Petrology*, 51:1235-1246.
- Uliana, M. A. y Legarreta, L.**, 1999. El Jurásico y Cretácico de la Patagonia y Antártida. *Anales* 29, Capitulo 17, Buenos Aires.
- Valloni, R. y Mezzadri, G.**, 1984. Compositional suites of terrigenous deep sea sands of the present continental margins. *Sedimentology*, 31:353-364.
- Windhausen, A.**, 1924. El nacimiento de la Patagonia. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 2 (2): 95-113.
- Yan, Z., Wang, Z., Wang, T., Yan, Q., Xiao, W. y Li, J.**, 2006. Provenance and tectonic setting of clastic deposits in the Devonian Xicheng Basin, Qinling orogen, Central China. *Journal of Sedimentary Research*, 76:557-574.
- Zuffa G.**, 1985. Optical analyses of arenites: Influence of methodology on compositional results. En: Zuffa G. (ed.). *Provenance of arenites: North Atlantic*. Tretyay Organization, Advanced Study Institute series, 148:165-189.