

Naturalia

ISSN 0327-5272

patagónica

CIENCIAS DE LA TIERRA

VOLUMEN 2

JULIO 1994

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA S. J. BOSCO





NATURALIA PATAGONICA

**Serie: Ciencias de la Tierra, Volumen 2 (1994).
Facultad de Ciencias Naturales
Universidad Nacional de la Patagonia S. J. Bosco**

EDITOR

HECTOR E. ZAIXSO

Departamento de Biología General

DIRECTOR

ALICIA L. BORASO

Departamento de Biología General

COMITE EDITOR

Néstor R. Hirtz
Enrique Estrada
Alicia L. Boraso
Mónica Stronati
Maria A. Fajardo
Alicia Cisneros
Rita Kurdelas
Maria Rosa Carstens
Diana Arcas
Maria Carballo

Departamento de Geología
Departamento de Geología
Departamento de Biología General
Departamento de Biología General
Departamento de Bioquímica
Departamento de Farmacia
Departamento de Farmacia
Departamento de Química
Departamento de Química
Departamento de Enfermería

En la portada de este número de la Serie Ciencias de la Tierra de Naturalia patagónica se muestra el logotipo de la revista, diseñado por el arquitecto Carlos Goldstein, de Comodoro Rivadavia.

Este logotipo fue escogido por el Comité editorial de la revista como distintivo gráfico de la misma, habiéndose tenido en cuenta para la elección tanto sus valores estéticos como la elocuente interpretación de sus elementos.

Trascribimos a continuación la memoria descriptiva a través de la cual su autor explica las ideas que encierra el diseño.

La metamorfosis gráfica, desde la letra "n" hasta la letra "p" expresa la constante de transformación permanente, como una de las características propias de la naturaleza.

El círculo central en color verde significa la vida, y las líneas exteriores expresan una mano humana que debe protegerla, así como las capas de la atmósfera que no deben alterarse.

El conjunto sugiere también un vórtice producido por el viento.

CONTENIDO

ARTICULOS CIENTIFICOS

ALRIC, V. I. Estudio granulométrico y mineralógico de los sedimentos de playa El Doradillo (Golfo Nuevo, Chubut, Argentina)..... 1 - 12

GENINI, A. y NILLNI, A. Estudio de las alteraciones en el cerro Coihue. Provincia del Chubut. República Argentina..... 13 - 25

SCIUTTO, J. C. y MARTINEZ, R. D. Un nuevo yacimiento fosilífero de la Formación Bajo Barreal (Cretácico tardío) y su fauna de saurópodos..... 27 - 47

GRIZINIK, M. Y FRONZA, S. Geohidrología de la región de Río Mayo, suroeste de Chubut (Argentina)..... 49 - 70

ALRIC, V. I. Caracterización petrológica de las rocas básicas del Cerro Mesa, provincia del Chubut..... 71 - 85

NOTAS

ESTRADA, E. Sobre los métodos de diferenciación de caolinita y clorita..... 87 - 90

GRIZINIK, M. Y SONNTAG, C. Sobre algunas edades de aguas subterráneas del sistema acuífero multiunitario del sureste de Chubut, Argentina..... 91 - 92

CONTENTS

RESEARCH ARTICLES

ALRIC, V. I. Granulometrical and mineralogical study from El Doradillo Beach (golfo Nuevo, Chubut, Argentina)..... 1 - 12

GENINI, A. y NILLNI, A. Study of the alterations in Cerro Coihue. Chubut. República Argentina 13 - 25

SCIUTTO, J. C. y MARTINEZ, R. D. A new fossiliferous outcrop from the Bajo Barreal Formation (Late Cretaceous) and its sauropods fauna 27 - 47

GRIZINIK, M. Y FRONZA, S. Hydrogeology from Rio Mayo Region, southwest of the Chubut Province (Argentina) 49 - 70

ALRIC, V. I. Petrological studies of alcali basaltic rocks from Cerro Mesa, Chubut Province, Argentina..... 71 - 85

NOTES

ESTRADA, E. On methods for diferentiation kaolinite and chlo-rite 87 - 90

GRIZINIK, M. Y SONNTAG, C. Ages of groundwaters from the multiuni-tary aquifer system of southeast Chubut, Argentina..... 91 - 92

**ESTUDIO GRANULOMETRICO Y MINERALOGICO DE
LOS SEDIMENTOS DE PLAYA EL DORADILLO (GOLFO
NUEVO, CHUBUT, ARGENTINA).**

Granulometrical and mineralogical study from El Doradillo Beach (golfo Nuevo, Chubut, Argentina).

Viviana I. Alric

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Centro Nacional Patagónico, Boulevard Brown 3700, (9120) Puerto Madryn, Provincia del Chubut, Argentina.

RESUMEN

El análisis de los parámetros estadísticos de 17 muestras de sedimentos de playa El Doradillo (golfo Nuevo, Chubut, Argentina), indica que los mismos se encuentran constituidos en un 93 % de arena. Texturalmente presentan un aumento en la madurez desde la playa frontal hacia la playa alta. Desde el punto de vista mineralógico, se trata de sedimentos inmaduros, ya que la relación Q/Ft es de 0.73. El análisis mineralógico realizado sobre la fracción modal 3 ϕ , indica la predominancia de plagioclasas, alteritas y feldespatos, seguida por cuarzo y cantidades menores de minerales pesados.

Palabras clave: Arenas, granulometría, mineralogía, playa, Patagonia.

ABSTRACT

The study of sediments from El Doradillo Beach (Nuevo Gulf, Chubut, Argentina), shows that coastal sediments are composed of 93 % sand.

V. I. Alric: Estudio granulométrico y mineralógico de playa El Doradillo.

Textural maturity increases from the frontal beach to the distal one. The mineralogical maturity index (Q/Ft) is 0.73, which indicates immaturity. The mineralogical analysis performed over the 3 ϕ fraction indicates that the sands are composed predominantly by alterites, plagioclases and feldspars, followed by quartz and subordinate amounts of heavy minerals.

Key words: Sands, granulometry, mineralogy, beach, Patagonia.

INTRODUCCION

Los primeros estudios relacionados a los sedimentos costeros en nuestro país corresponden a los realizados por Lannefors (1929), con miras a la posible explotación de arenas ferruginosas de la costa atlántica bonaerense. Posteriormente, Mauriño (1956) y Teruggi et al. (1959), realizan estudios sedimentológicos, granulométricos y mineralógicos, en las arenas de la costa de la Provincia de Buenos Aires. Estos trabajos son continuados y ampliados por Angelelli y Chaar (1964, 1965), quienes los extienden a la costa de la provincia de Río Negro.

En la Provincia de Chubut, son escasas las contribuciones relacionadas a éste tema, no obstante Pío Raso y Candéas (1974) realizan el análisis de los depósitos de arenas de la playa de Mina 1864, ubicada al sur de Comodoro Rivadavia, hasta 46° S.

Estudios más modernos de los sedimentos costeros y de la plataforma continental argentina desde los 39° a los 43° de latitud sur, fueron los realizados por

personal del Instituto Argentino de Oceanografía, entre los que se pueden citar los trabajos de Gelós y Spagnuolo (1986); Gelós y Chaar al. (1988 b).

En este trabajo se presentan los resultados del análisis granulométrico y mineralógico de los sedimentos de un sector del golfo Nuevo, provincia del Chubut, Argentina. El objetivo de este estudio se centró en el análisis granulométrico estadístico de las poblaciones de componentes de los sedimentos depositados en los subambientes de playa alta, media y baja con la finalidad de proceder a su clasificación textural y mineralógica.

Se agradece a la Universidad Nacional de la Patagonia "San Juan Bosco", que por intermedio del CIUNPAT financió el cargo de investigador asistente para la realización de este trabajo. Se agradece asimismo al Sr. Horacio Ocariz por el procesamiento de los datos en computación y al geólogo Carlos Meister y al personal del Centro Nacional Patagónico por su

V. I. Alric: Estudio granulométrico y mineralógico de playa El Doradillo.

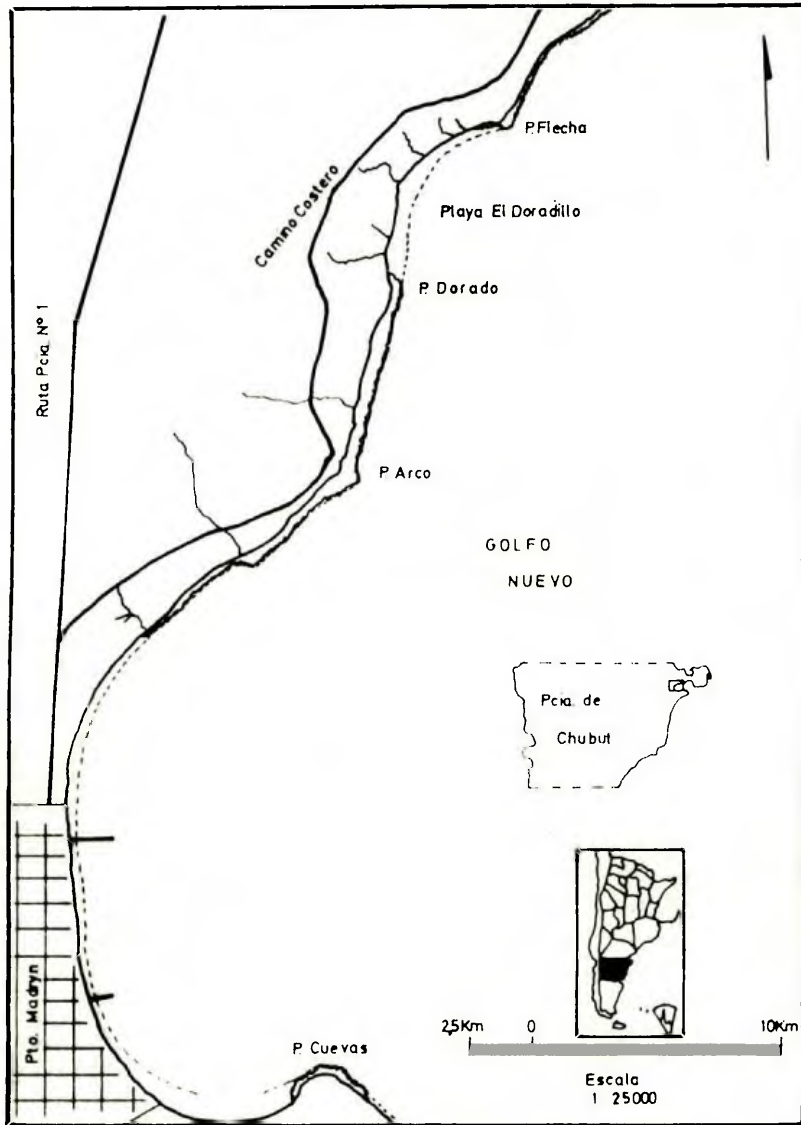


Figura 1: A, Ubicación de la provincia del Chubut en la República Argentina; B, Ubicación de la zona de muestreo en la provincia del Chubut; C, playa El Doradillo.

V. I. Alric: Estudio granulométrico y mineralógico de playa El Doradillo.

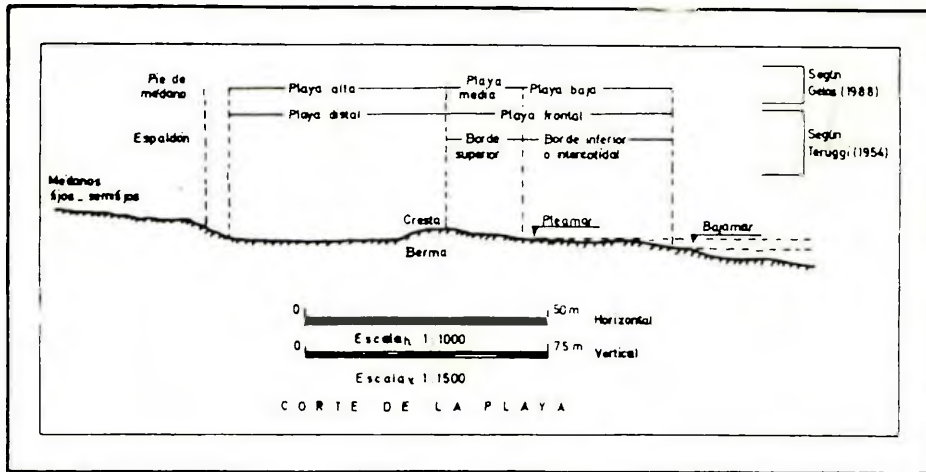


Figura 2: Corte esquemático de playa El Doradillo.

colaboración en las tareas de campaña. Se agradece finalmente al Dr. Miguel Haller, bajo cuya dirección se realizó este estudio.

DESCRIPCION DEL SITIO DE ESTUDIO

Los depósitos estudiados, son aquellos que se emplazan en las costas del golfo Nuevo, partido de Biedma, Provincia del Chubut y comprenden los sedimentos de playa que se extienden desde la punta Dorada hasta la baliza punta Flecha, ubicada al noreste, en un recorrido costero de aproximadamente 3 kilómetros (fig. 1).

Para definir geomorfológicamente la playa (fig. 2), se tuvo en cuenta la proposición de Gelós et al. (1988), de esa manera, los distintos sectores de playa fueron

denominados: pie de médano, playa alta, media y baja. Los mismos corresponden a los que Perillo y Codignotto (1987) ubican en la zona hidráulica subaérea (de lavado durante tormenta) y zona de lavado y que morfológicamente son: espaldón, playa posterior, berma y playa frontal.

La nomenclatura propuesta en primer término tiene en cuenta que la playa alta es el sector que sólo es cubierto por agua en situaciones de tormenta, mientras que la playa baja se ubica en la zona intermareal. El sector de playa media es el que corresponde al quiebre que vincula a la playa alta con la baja.

Este esquema resulta de una modificación de la tradicional conformación de playa que señalaran Teruggi et al. (1959), donde el espaldón estaría representado por

el pie de médano, la playa distal por la playa alta, la playa frontal, borde superior correspondería a la playa media y la playa frontal, borde inferior, a la playa baja.

MATERIAL Y METODOS

Se trazaron seis perfiles transversales a la línea de costa. En cada uno de ellos se tomaron tres muestras a diferentes niveles: Una muestra en la playa alta, cerca del espaldón (M1); una muestra en la playa media, cerca de la berma (M2) y una muestra en la mitad de la playa baja (M3).

Las muestras se obtuvieron por medio de un tubo metálico de 5 cm de diámetro y un metro de longitud, que fue introducido verticalmente en el terreno 0,50 m de profundidad, dos veces sucesivas para una misma muestra; este material, aproximadamente unos 6 kg., fue subdividido en el campo y reducido a la mitad, constituyendo el elemento transportado al laboratorio para su análisis posterior.

Se realizó el estudio de las muestras utilizando una pila de tamices Tyler, con un intervalo de 1 ϕ de la escala de Krumbein (1934), mediante el procedimiento tradicional denominado "por vía seca". Los datos granulométricos fueron procesados en computadora, utilizándose el programa Granus (Perillo et al., 1985), a fin de obtener los parámetros estadísticos.

Las determinaciones mineralógicas

se realizaron sobre la fracción modal 3 ϕ de la escala de Krumbein (1934), mediante microscopio petrográfico Zeiss. Para la estimación de porcentajes de los distintos minerales se escogió el método de la escuela holandesa (Vatan, 1958), el cual es una variación del método Delesse-Rosival y que consiste en desplazar la placa portadora de los granos en estudio a lo largo de líneas paralelas y contabilizar cada grano que toque el centro del retículo.

RESULTADOS Y DISCUSION

A. Análisis Granulométrico.

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla I.

Estos valores indican que los sedimentos son predominantemente arenosos, con proporciones subordinadas de grava. Esta última está compuesta de conchillas fragmentadas y rodados líticos, y se la encuentra en mayor proporción en la playa media, cerca de la cresta o berma, en el borde norte de la bahía que conforma esta playa.

B. Análisis mineralógico cualitativo.

Del estudio microscópico de las arenas sobre la fracción modal 3 ϕ de la escala de Krumbein (1934), se obtuvieron los siguientes

V. I. Alric: Estudio granulométrico y mineralógico de playa El Doradillo.

Tabla I: Análisis granulométrico en porcentaje de los sedimentos de playa El Doradillo.

	Grava	Arena	Limos y Arcillas
Playa alta	2.92	97.20	0.24
Playa media	12.62	87.08	0.29
Playa baja	5.36	94.52	0.20

tes resultados:

a. Minerales livianos.

i. Cuarzo: granos subangulosos, con escaso engolfamiento, bordes levemente corroidos, en general límpido, translúcido con extinción relámpago.

Se encuentra también silice plumosa calcedonia, y tridimita en diminutos cristales y agregados cristalinos. Se han observado además escasos granos subredondeados de cuarzo granular. Es notable la presencia de cristaloclastos con abundantes inclusiones, especialmente de tipo sólidas, cristales prismáticos de circón y cristales aciculares y capilares de rutilo. Algunos cristaloclastos se presentan teñidos por óxidos de hierro.

ii. Feldespatos

-Feldespato potásico: se observan clastos cristalinos de ortosa y en menor proporción

microclino y sanidina. La ortosa se encuentra en granos subredondeados y presenta un avanzado estado de alteración caolínica, si bien se han encontrado clastos subangulosos, con alteración incipiente en planos de clivaje y bordes. La sanidina, presenta hábito prismático, bordes redondeados y en general su aspecto es límpido.

Granos de microclino, subredondeados a redondeados, se han observado con su característica macla en parrilla y escaso grado de alteración sericítica.

-Feldespatos calco-sódicos: las plagioclasas se presentan en gran proporción como cristaloclastos zonados y maclados simple y polisintéticamente. El grado de alteración es incipiente a moderado, con formación de sericita.

En los cristaloclastos que lo permitieron, se efectuó la determinación de los ángulos de extinción de las maclas de albita (método de Michel-Levy). Los resultados obtenidos permiten clasificar las plagioclasas entre

V. I. Alric: Estudio granulométrico y mineralógico de playa El Doradillo.

An₃₉-An₅₀, composición ésta correspondiente a andesina.

Los cristaloclastos que presentan estructura zonal, tienen en general un núcleo más cálcico y un enriquecimiento progresivo en sodio hacia el exterior del cristal.

También se han observado inclusiones en las plagioclasas, en general se trata de inclusiones sólidas, prismas de apatito y agujitas de rutilo.

iii. Vidrio: granos subredondeados de vidrio volcánico alterado, color pardo claro, aún conservan en algunos casos, relictos de estructural fluidal.

La devitrificación ha transformado el vidrio original en una mezcla de feldespatos, tridimita, cristobalita, ceolitas y palagonita.

iv. Alteritas: granos subredondeados, de colores blanco-rosado a pardo claro, que no han podido ser identificados a causa de su avanzado estado de alteración. Probablemente se trate de pastas volcánicas alteradas.

v. Ceolitas: escasos granos subredondeados de ceolitas fibrosas, natrolita, presentando su característica extinción en abanico.

vi. Carbonatos: se encuentran escasas estructuras orgánicas reemplazadas por carbonatos (aragonito).

b. Minerales pesados.

i. Piroxenos: los piroxenos se presentan como granos prismáticos con sus extremos redondeados, ovoides, color verde de distintas intensidades, presentan algunas inclusiones de minerales opacos.

Se trata en general de granos cristalinos de augita, color pardo claro, sin pleocroísmo, biáxicos positivos, extinción 42° a 48°, augita-egirina, color verde, levemente pleocroica, extinción 15° a 35° y en menor proporción granos de egirina, color verde, fuertemente pleocroica, biáxica negativa, extinción 2° a 10°.

ii. Anfíboles: los granos observados de hornblenda son sumamente escasos, así como los de hornblenda basáltica; cuya observación ha sido puntual en la Muestra P5M1.

iii. Rocas volcánicas: granos subredondeados a subangulares de basaltos y andesitas. Se observa claramente su estructura intergranular, con abundantes inclusiones de minerales opacos (óxidos de hierro-iddingsita).

iv. Cloritas: se han reconocido granos subredondeados a ovoides de material clorítico, formado a expensas de feldespatos calcosódicos, en masas granulares y plumosas. También se lo ha observado constituyendo un

V. I. Alric: Estudio granulométrico y mineralógico de playa El Doradillo.

agregado de cristales entrelazados asociado con óxidos de hierro (magnetita).

v. Epidoto: si bien la presencia de granos de epidoto es muy escasa, se los encuentra en dos tipos diferentes. El más común es como producto de alteración de feldespatos calco-sódicos (saussuritización) acompañado de clorita, en agregados subredondeados a ovoides, con bordes corroídos por alteración. Otro tipo de presentación subordinada a la anterior, es en agregados columnares de bordes suaves, incoloro a verdoso, con un fuerte relieve y extinción paralela.

vi. Granate: escasos granos subangulares de granate almandino, color rosado, han sido identificados por métodos ópticos y DRX.

Presentan numerosas inclusiones sólidas aciculares y capilares de rutilo.

vii. Óxidos de hierro: la mayor proporción de opacos está constituida por magnetita (FeFe_2O_4) color negro metálico, cristales de hábito octaédrico.

Hematita: color negro metálico y en sección delgada presenta bordes rojos translúcidos, se encuentra en granos subredondeados.

Ilmenita: (FeTiO_3) se presenta en granos alargados, color negro metálico, generalmente en cristales tabulares con sus aristas

levemente redondeadas.

viii. Rutilo: (TiO_2) se lo encuentra solamente en forma de inclusiones, pequeños cristales prismáticos y en su mayoría aciculares en granos de cuarzo, plagioclasas y granate.

ix. Circón: (ZrSiO_4) en gran parte se presenta en forma de inclusiones.

C. Análisis mineralógico cuantitativo.

Los resultados obtenidos del recuento de minerales de acuerdo al método holandés, se resumen en la Tabla II.

En la Tabla III se indican los porcentajes promedio de minerales livianos y pesados en los sectores de playa alta, media y baja.

En las Tablas IV y V se indican respectivamente los minerales constituyentes de las fracciones livianas y pesados en los sectores de playa alta, media y baja.

De los datos obtenidos se puede deducir:

a. Los minerales livianos presentan una mayor concentración en la playa baja (llanura de marea).

b. Los minerales pesados, presentan mayor concentración en la playa media, seguidamente lo hacen en la playa alta, cerca del espaldón. Esta distribución de pesados es atribuida a las escasas

V. I. Alric: Estudio granulométrico y mineralógico de playa El Doradillo.

Tabla II: Porcentaje de granos de distintos minerales determinados sobre la fracción modal 3ϕ (método holandés).

Muestras	Cuarzo	Feldespatos + Alteritas	Piroxenos	Granate + Circon	Magnetita	Otros
P1M1	45,00	34,00	3,00	7,00	9,00	2,00
P1M2	46,32	37,89	4,21	3,16	4,21	4,21
P1M3	46,77	43,00	0,54	3,23	4,84	1,61
P2M1	41,10	53,37	0,61	3,68	1,23	0,00
P2M2	45,51	48,50	1,20	2,99	0,60	1,20
P2M3	37,24	52,42	1,38	0,69	5,52	2,76
P3M1	40,00	56,25	1,25	0,63	0,63	1,25
P3M2	31,74	58,08	4,79	3,59	1,80	0,00
P3M3	31,73	61,54	0,96	2,88	2,88	0,00
P4M1	34,12	59,72	0,95	2,37	0,95	1,90
P4M2	33,33	58,06	3,23	0,00	5,38	0,00
P4M3	30,30	64,64	2,02	0,00	3,03	0,00
P5M1	33,63	57,51	1,77	3,54	1,77	1,77
P5M2	37,29	53,39	5,08	1,69	1,69	0,85
P5M3	35,09	64,92	0,00	0,00	0,00	0,00
P6M2	21,74	51,30	8,70	6,09	12,17	0,00
P6M3	36,21	59,48	0,86	2,59	0,86	0,00

Tabla III: Porcentaje de las fracciones de minerales livianos y pesados en los distintos sectores de playa El Doradillo.

	LIVIANOS (cuarzo + feldespatos + + alteritas)	PESADOS (piroxenos + granate + circón + + magnetita + otros)
Playa alta	90,96	9,06
Playa media	87,18	12,80
Playa baja	93,88	6,12

V. I. Alric: Estudio granulométrico y mineralógico de playa El Doradillo.

Tabla IV: Porcentaje de los minerales constituyentes de la fracción liviana en los distintos sectores de playa El Doradillo.

	Cuarzo	Feldespatos	Alteritas
Playa alta	38.77	25.83	26.34
Playa media	35.98	37.28	23.92
Playa baja	36.22	28.97	28.69

Tabla V: Porcentaje de los minerales constituyentes de la fracción pesada en los distintos sectores de playa El Doradillo.

	Piroxenos- Anfiboles	Granate- Rutilo- Epidoto	Magnetita- Hematita- Alteritas
Playa alta	1.51	3.44	4.10
Playa media	4.53	2.92	5.35
Playa baja	0.96	1.56	3.58

situaciones de tormenta, con vientos predominantes del sector sur, necesarias para que el sector de playa alta sea cubierta por agua, con el consiguiente transporte y depositación de minerales pesados. Mientras que en la playa media se acumulan diariamente los sedimentos seleccionados por la acción de las mareas.

D. Madurez mineralógica y textural.

El índice de madurez mineralógica calculado según Pettijohn

(1963), arroja los siguientes valores promedio:

Playa alta: 0.791
 Playa media: 0.733
 Playa baja: 0.709

Estos resultados demuestran el carácter inmaduro de los sedimentos, debido principalmente al importante porcentaje de alteritas presentes, que indicaría una escasa abrasión del sedimento.

Resultados similares fueron obtenidos por Gelós y Chaar (1988) y Gelós et al. (1988 a) para los sedimentos de plataforma continental argentina entre los

39° y 43° S.

En cuanto a la madurez textural, calculada sobre la base del coeficiente de selección de Folk y Ward (Perillo et al., 1985), arrojó los siguientes valores promedio:

Playa alta: 0.676

Playa media: 1.070

Playa baja: 0.933

Estos valores indican que la madurez textural aumenta en la playa alta, correspondiendo a una selección moderadamente buena a muy buena.

En los sectores de playa media y baja, disminuye la madurez textural, la selección se vuelve pobre debido a la presencia de "colas" de sedimentos más gruesos.

CONCLUSIONES

De lo expuesto precedentemente, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. El análisis granulométrico permite caracterizar estos sedimentos como preponderantemente arenosos, constituidos por un porcentaje general de 92,75% de arena fina, con mezcla de grava en el sector de playa media.

2. La fracción de minerales livianos presenta las siguientes características: predominio de alteritas más feldespatos, en todos los sectores, seguida en importancia por cuarzo, por lo que puede considerarse a estos sedimentos como mineralógica-

mente inmaduros.

3. En la fracción de minerales pesados los minerales magnéticos presentan una media de $5,35 \pm 3,85$ % del total de minerales, en el sector de playa media, seguidos por piroxenos, principalmente augita, augita-egirina y granate.

4. Desde el punto de vista de la madurez textural, encontramos sedimentos relativamente maduros en la playa alta, y sedimentos de carácter inmaduro en los sectores de playa media y baja.

BIBLIOGRAFIA

- Angelleli, V. & Chaar, E. 1964. Las arenas de la Bahía San Blas, su investigación por minerales de hierro, titanio y circonio. C.N.E.A. Buenos Aires, Inf. 122.
- Angelleli, V. & Chaar, E. 1965. Los depósitos de titanomagnetita, ilmenita y zircón de la Bahía San Blas, tramo Baliza La Ballena-Faro Segunda Barranca. C.N.E.A. Buenos Aires.
- Folk, R. L. & Waard, W. C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petr.* 27 (1): 3-26.
- Gelos, E. & Chaar, E. 1988. Estudio sedimentológico-mineralógico de testigos de la plataforma continental argentina entre los paralelos 39° y 42° de latitud sur. *Actas II Jorn. Geol. Bon., Bahía Blanca*: 441-452.
- Gelos, E. M. & Spagnuolo, J. O. 1986. Estudio mineralógico de las arenas ferrotitaníferas de la isla Wood, Prov. de Bs. As. *Asoc. Min. Petrol. y Sed., Rev.* 17 (1-4): 39-46.

V. I. Alric: Estudio granulométrico y mineralógico de playa El Doradillo.

- Gelos, E. M., Spagnuolo, J. O. & Liza-soain, G. O. 1988 a. Mineralogía y caracterización granulométrica de sedimentos actuales de la plataforma argentina entre los 39° y 43° de lat. sur y del Golfo San Matías. *Asoc. Geol. Arg., Rev.* 43 (1): 63-79.
- Gelos, E. M., Spagnuolo, J. O. & Schillizzi, R. A. 1988 b. Las unidades morfológicas de la costa norte del Golfo San Matías y su evolución. *Rev. Asoc. Geol. Arg., Buenos Aires*, 43 (3): 315-326.
- Krumbein, W. C. 1934. Size frequency distribution of sediments. *Jour. Sed. Petr.* 4: 65-77.
- Lannefors, N. A. 1929. Posibilidades de explotar arena ferruginosa existente en la costa atlántica de la provincia de Buenos Aires. *Dir. Gral. de Min. Geol. e Hidrol., Publ., Buenos Aires*, N° 63.
- Mauriño, V. E., 1956. Los sedimentos psamíticos actuales de la región costera comprendida entre Faro Recalada y Faro Monte Hermoso. *Publ. L.E.M.I.T., La Plata*, N° 61.S.II.
- Perillo, G. M. E. & Codignotto, J. O. 1989. Ambientes costeros. En C. E. Bossi (ed.) *Primer Simposio de Ambientes y Modelos Sedimentarios*. *Bol. Sedimentológico, San Miguel de Tucumán*, 4: 137-159.
- Perillo, G. M. E., Gómez, E. A., Aliotta, S. & Galindez, D. E. 1985. Granus: un programa fortran para el análisis estadístico de muestras de sedimentos. *Rev. Asoc. Min. Petrol. y Sed., Buenos Aires* 16(4): 1-5.
- Pettijohn, F. 1963. *Rocas Sedimentarias*. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Pio Raso, M. & de Candeas, P. K. 1974. Arenas de playa de Mina 1864, contenido de minerales de hierro y titanio, Departamento Escalante, Chubut. Informe interno, Dirección de Minas y Geología, Comodoro Rivadavia, 27 pp.
- Teruggi, M., Chaar, E., Remiro, J. & Limousin, J. 1959. Las arenas de la costa de la Provincia de Buenos Aires entre Cabo San Antonio y Bahía Blanca. *Publ. L.E.M.I.T. La Plata*, N° 77.S II.
- Vatan, A. 1958. *Petrographie sedimentaire*. Ecole Nationale Supérieure du Pétrole. Soc. des Editions Technip, Paris.

**ESTUDIO DE LAS ALTERACIONES EN EL CERRO
COIHUE. PROVINCIA DEL CHUBUT. REPUBLICA
ARGENTINA.**

**Study of the alterations in Cerro Coihue. Chubut.
República Argentina.**

Adolfo Genini y Adriana Nillni

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Geología, Cátedra de Mineralogía. Ciudad Universitaria, Km 4 (9000) Comodoro Rivadavia, Provincia del Chubut, Argentina.

RESUMEN

El área Cerro Coihue se caracteriza por la presencia de mineralización y una conspicua alteración. Se ubica en el ambiente de los Andes Nordpatagónicos, aproximadamente a los 42° Sur de latitud, en la provincia del Chubut, República Argentina.

Por medio de los análisis por difracción de rayos X, realizados sobre una serie de muestras correspondientes a perfiles de dos sectores dentro del rea, quebrada Baya y quebrada Gabriel, se confeccionaron los respectivos mapas de distribución de zonas de alteración, caracterizados por la aparición en general, de una especie mineral diagnóstica. Para la quebrada Baya se observan tres zonas: "A", Clorita, epidota y **sericita**. "B", Clorita, epidota y calcita con **caolinita** y **montmorillonita** y muy subordinadas **sericita** y **pirofilita**. "C", Clorita, epidota, calcita, **prhenita** y **laumontita**. Para la quebrada Gabriel quedan igualmente conformadas tres zonas representadas por: "A", Clorita, epidota y **sericita**. "B", Clorita, epidota y calcita, con **caolinita**. "C", Clorita, epidota y **laumontita**.

A. Genini y A. Nilni: Alteraciones en Cerro Coihue.

Se concluye que la mineralización es más importante en aquella franja en donde los productos de alteración responden al tipo "B" y en parte al "C", consistiendo principalmente en calcopirita y pirita, pocas veces molibdenita y muy poca cantidad de oro asociado.

Palabras clave: Mineralogía, alteraciones, difracción, Cordillera Nordpatagónica.

ABSTRACT

The Cerro Coihue area is characterized by occurrence of mineralization and conspicuous alteration. This area is located in North Patagonian Andean environment, near 42° south latitude.

Analysis of X-ray diffraction, made over a series of samples, corresponding to profiles of two locations in the area, quebrada Baya and quebrada Gabriel, were used to prepare maps with the distribution of "zones" of alteration, characterized by the occurrence in general, of a diagnostic mineral.

There are three zones in quebrada Baya: "A", Chlorite, epidote and **sericite**. "B", Chlorite, epidote and calcite with **kaolinite** and **montmorillonite** and very subordinated sericite and pyrophyllite. "C", Chlorite, epidote, calcite, phrenite and **laumontite**.

There are three zones in quebrada Gabriel too, which are represented by: "A", Chlorite, epidote and **sericite**. "B", Chlorite, epidote and calcite with **kaolinite**. "C", Chlorite, epidote and **laumontite**.

All these combinations correspond to the Burnham (1962) argillic facies of propylitic type, with the presence of kaolinite, montmorillonite sometimes sericite, but never like predominant minerals.

The mineralization (chalcopyrite and pyrite and sometimes molybdenite and scarce associated gold) is more important in these zones with alteration of the type "B" and part of "C".

Laumontite, characteristic of type "C", represents probably a product of hydrothermal alteration, where a transformation with depth by replacing basic plagioclase for albite-laumontite and laumontite for pumpellyite-phrenite exists. In our case, the laumontite-albite-phrenite assemblage is observed with the common minerals of propylitization. The albitization is frequent in these zones.

Key words: Mineralogy, alterations, diffraction, North Patagonian Andes.

INTRODUCCION

El área Cerro Coihue, fue parte de las reservas andinas de la provincia del Chubut, originalmente dentro del proyecto 04 "Epu-yén", de la Secretaría de Minería de la Nación. Se encuentra ubicada en el departamento Cushamen, al noroeste de la provincia (fig. 1).

Se trata de un área con una superficie aproximada de 20 km². Está constituida por un cuerpo granitoide que aflora en el faldeo oriental del Cerro Coihue y que se observa a lo largo de varias quebradas. En el presente trabajo se han seleccionado para el estudio las quebradas Baya y Gabriel por la mejor calidad de sus afloramientos, lo que permitió una mayor densidad de muestreo.

Las alteraciones fueron descritas petrográficamente (Godeas y Pezzutti, 1981) como distintos conjuntos de minerales agrupados bajo los términos de propilitización, sericitización y argilitización. Sin embargo, la sobreimposición de los conjuntos mencionados en el 90% de las muestras, posibilitó en forma relativa diferenciar áreas caracterizadas por uno u otro de los conjuntos.

Por lo tanto con este trabajo se pretende conocer más profundamente las alteraciones del área y su distribución, junto a la relación con la mineralización presente.

Los primeros estudios realiza-

dos en la zona y de carácter regional, se deben entre otros a Petersen y Gonzalez Bonorino (1947) en sus observaciones geológicas a través del Chubut occidental. Más tarde Gonzalez Bonorino (1974), trabaja en la formación Millaqueo y la Serie Porfírica y hace un esquema de la evolución geológica de la cordillera Nordpatagónica. Otros estudios son efectuados por Piatnisky (1944), Miró (1966), Flint y Fidalgo (1968) y Lizuain (1982). Este último autor entre sus conclusiones destaca la presencia de una faja granítica de edad jurásica superior (Granito Leleque), de características inéditas para el tramo septentrional de la cordillera patagónica. El análisis estructural basado en imágenes Landsat que realizó Lizuain (1982), indica la coincidencia de áreas mineralizadas conocidas, con zonas de máxima fracturación, como por ejemplo Cerro Coihue.

Trabajos específicos sobre manifestaciones minerales o tendientes a hallar su ubicación, fueron realizadas por Angelelli (1948), Stoll (1949) y Tabachi (1953). Estos autores trabajaron sobre el yacimiento cuprífero Condorcarqui, mientras Jutoran y Takashima (1969) realizaron trabajos de prospección geoquímica en las sierras occidentales de El Maitén de las que forma parte el Cerro Coihue. En el faldeo oriental de las sierras (5 a 10 km al noroeste del Cerro Coihue), locali-

zaron varias vetas de cobre nativo dentro de tobas ácidas.

En el área de este trabajo, Genini y Griznik (1982) y Genini et al. (1988), describen los trabajos realizados con especial énfasis en la mineralización, la cual comprende: magnetita, ilmenita, rutilo, hematita, calcosina, covelina, pirrotina, esfalerita, marcasita y oro. Estos minerales aparecen diseminados en la roca de caja en escasa proporción y en estructuras vetiformes junto a piritita. Cuando este último mineral se presenta diseminado, es considerado como producto de alteración hidrotermal.

MATERIAL Y METODOS

Los trabajos consistieron en la obtención de diagramas de difracción de rayos X en muestras de roca total, con el objeto de determinar la presencia de material arcilloso y corroborar la mineralogía presente con la obtenida en trabajos anteriores (Genini et al., 1988). Se efectuaron análisis en muestras pertenecientes al trazado de perfiles de orientación norte-sur y este-oeste para la quebrada Baya (A'-A'' y B'-B'') y norte-sur aproximadamente para la quebrada Gabriel (A'-A'') (fig. 1 y 2). Se utilizó un equipo Phillips PW 1050/81, perteneciente al laboratorio de Fluorescencia y Difracción de Rayos X de la Universidad de la Patagonia. Los barridos de go-

niómetro se hicieron hasta $2\theta = 63^\circ$, para disponer de una amplia gama de difracciones.

A partir de las muestras más alteradas, se extrajo el material en algunos casos en forma mecánica y en otros, se realizaron suspensiones, con 2 a 3 g de muestra en 50 ml de agua destilada y mediante fuerte agitación mecánica y centrifuga se extrajo la fracción menor que 4μ . Se realizaron muestras orientadas normales, saturadas con líquidos orgánicos (etilenglicol) y por último calcinadas a $500-550^\circ\text{C}$. La distinción entre los minerales del grupo de las cloritas y la caolinita, se realizó en base al pico de $3,75 \text{ \AA}$ y en la muestra orientada y calcinada, por la desaparición del pico de $7,13 \text{ \AA}$.

En base a la información disponible, que se completó con algunas muestras no pertenecientes a los perfiles, se elaboraron los mapas de alteración en los que se definieron "zonas" caracterizadas por la presencia de minerales exclusivos o que se encuentran en forma mayoritaria.

GEOLOGIA

Si bien en el marco geológico, las unidades aflorantes presentan edades que varían desde el Precámbrico/Paleozoico Inferior (Formación Cushamen) hasta el Cenozoico (Formación Ventana y depósitos del cuartario), en la

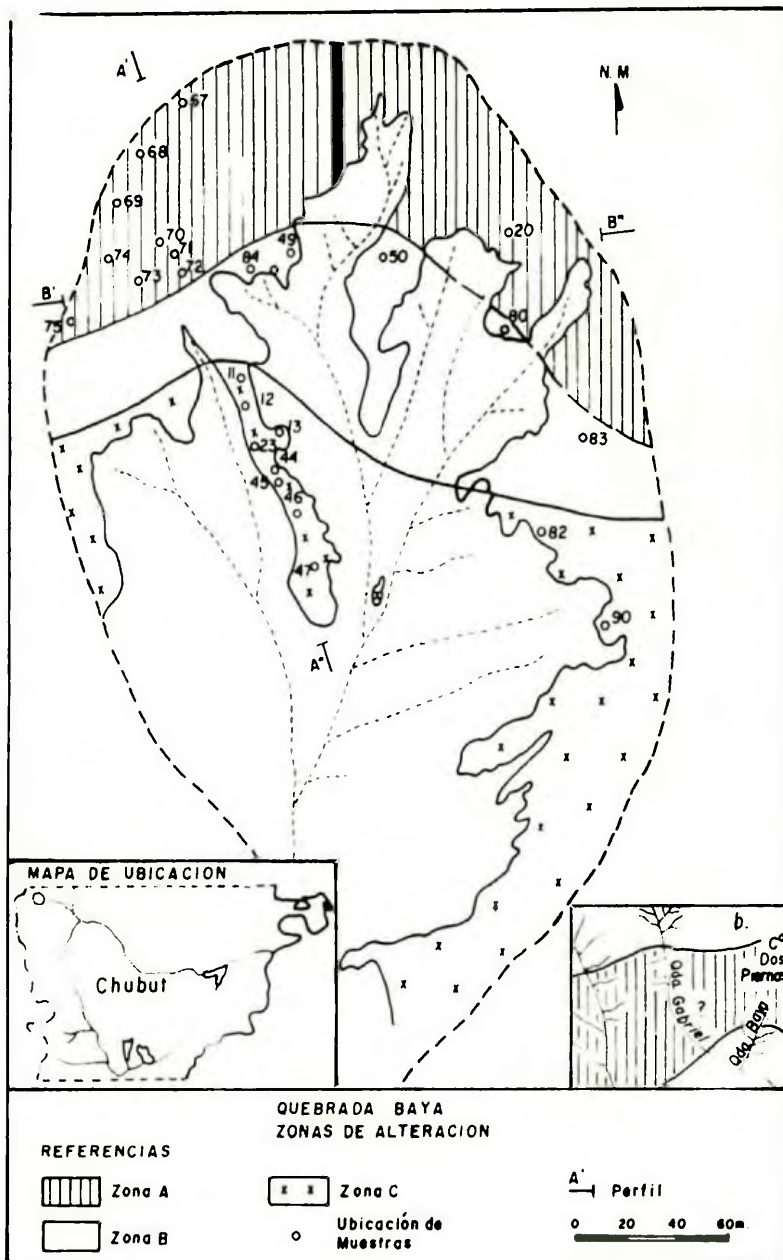


Figura 1: a. Zona de alteración quebrada Baya; b. Ubicación de las quebradas Baya y Gabriel y zona de alteración común a ambas.

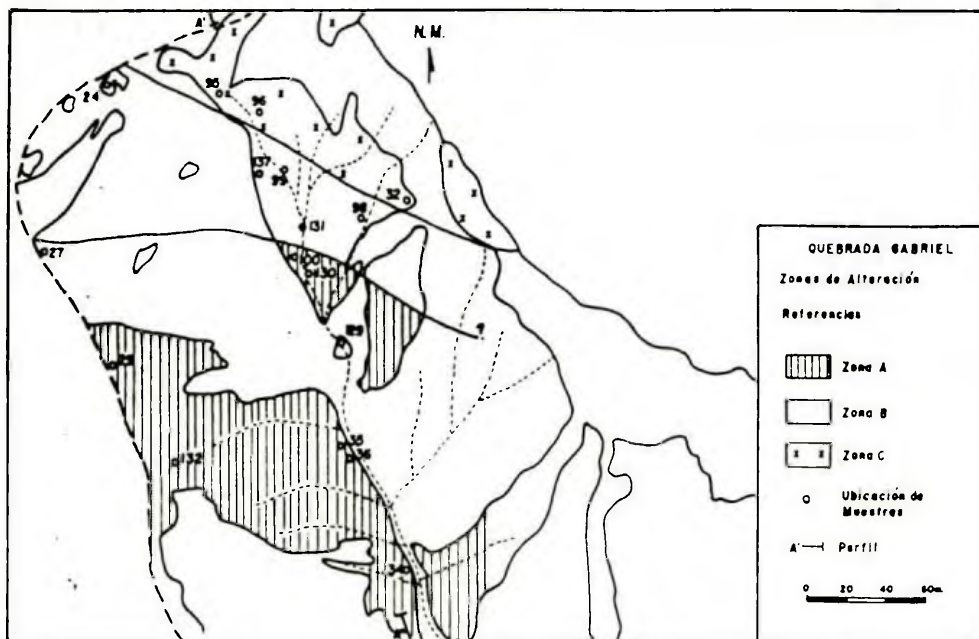


Figura 2: Zona de alteración quebrada Gabriel.

zona sólo se identificaron rocas del "Complejo Granítico Lago Puelo" y en particular, dentro de este complejo a las plutonitas del "Granito Leleque" (Lizuain, 1982) de edad jurásica tardía.

Estas rocas plutónicas constituyen un cuerpo intrusivo que está representado por granitos, granodioritas, tonalitas y tonalitas porfíricas que gradan de un tipo a otro insensiblemente. En la descripción de las dos quebradas tomadas en cuenta para este trabajo, se hace una breve reseña de los tipos litológicos presentes, teniendo en cuenta que en trabajos anteriores

este tema ya ha sido explicitado (Genini et al., 1988).

a. Quebrada Baya

La litología predominante corresponde a tonalitas y en orden decreciente, granodioritas, tonalitas porfíroides, granitos y dioritas, que como ya se ha señalado pertenecen a un mismo cuerpo plutónico. Las tonalitas son de colores claros, del rosado al gris y en general de grano mediano. La textura es alotriomorfa, compuestas por plagioclasa (oligoclasa media), cuarzo y hornblenda como

mineral máfico dominante, estando subordinado a este último, biotita y relictos de piroxeno.

Las granodioritas son de color rosado claro, con texturas porfiroides. El feldespatos es hipidiomorfo (ortosa, peritita, oligoclasa). Los mafitos son biotita y hornblenda en igual proporción.

Los granitos son de grano mediano y color gris rosado. Presentan textura granular panalotriomorfa, compuestos por ortosa, oligoclasa, cuarzo y biotita. Como accesorios aparecen zircón, apatita y titanita. Las dioritas son de color gris y de similar textura, con oligoclasa, hornblenda y cuarzo. Tanto granitos como dioritas constituyen afloramientos aislados y pequeños que se confunden con las litologías anteriores, en especial en la observación de campo.

b. Quebrada Gabriel

No presenta variaciones importantes ya que exceptuando pequeños afloramientos de vulcanitas de la Formación Ventana, el 90% restante corresponde a litologías de tipo tonalítico, tales como leucotonalitas o bien pequeños asomos de granodioritas.

Las tonalitas son composicionalmente similares a las de la quebrada Baya, pero en lo que respecta a su textura, predominan las porfiroides en donde los mafitos (hornblenda y relictos de clinopiroxenos) llegan a ser megacrístales de hasta 4mm de

tamaño. El mayor afloramiento de leucotonalitas se ubica en el extremo noroeste de la quebrada y las granodioritas constituyen un único afloramiento al norte. Las primeras son rocas de colores claros de tonalidades grises y sus componentes principales son plagioclasa (oligoclasa media) y cuarzo, con escasa hornblenda.

ALTERACION HIDROTHERMAL

a. Quebrada Baya

Tanto las tonalitas como las granodioritas presentan como producto de alteración los siguientes minerales: clorita (probablemente thuringita), epidota y calcita, muchas veces acompañados por prhenita, laumontita y menos frecuentemente montmorillonita y/o un interestratificado clorita-esmectita (14C- 14M), caolinita y mica (illita).

Petrográficamente sólo pudieron determinarse los cuatro primeros minerales, por lo que se denominó en su oportunidad al conjunto como propilítico, junto a sericitización y argilitización. En este trabajo se definieron por difracción de rayos X la zeolita y los minerales de las arcillas.

En base a estas determinaciones se ajustó la clasificación según Burnham (1962) y se definieron zonas de alteración, en función de los minerales ya conocidos y los encontrados mediante

Tabla I: Valores de difracción (Å)

1	Prehnita	2	3	Laumontita	4
	I/I°			I/I°	
5.28	10	5.27	9.49	100	9.40
4.60	20	4.61	6.86	35	6.86
4.15	10	4.13	6.19	3	6.17
3.53	10	3.52	5.05	6	5.01
3.48	90	3.46	4.73	20	4.71
3.28	60	3.29	4.50	8	4.48
3.08	100	3.07	4.15	60	4.14
2.81	30	2.81	3.66	14	3.64
2.55	100	2.55	3.51	30	3.49
2.37	40	2.35	3.41	8	3.39
2.31	40	2.31	3.27	20	3.25
2.13	10	2.13	3.20	8	-----
			3.15	16	3.13
			3.03	25	3.02
			2.88	14	2.87
			2.57	14	2.56
			2.43	14	2.43
			2.36	12	2.35
			2.26	6	2.26
			2.18	6	2.17
			2.15	18	2.15

- 1- Muestra de Ashcroft, British Columbia, Canadá (ASTM).
 2- Muestra 80. Quebrada Baya.
 3- Muestra de Dillburg, Pensylvania, USA (ASTM).
 4- Muestra 42. Quebrada Baya.

difractometría.

Si bien la alteración en toda el área es del tipo propilitico, se determinaron de norte a sur (A'-A'') diferencias en la composición mineralógica de dicha alteración. Mientras que hacia el norte se basa sólo en la presencia de clori-

ta y epidota a los que se suma prhenita, que aparece con sus picos característicos de 3.08 Å, 2.55 Å y 3.48 Å (Tabla I), hacia el sur la alteración comprende clorita, epidota, prhenita y calcita en paragénesis con laumontita (fig. 3). Esta última es a veces domi-

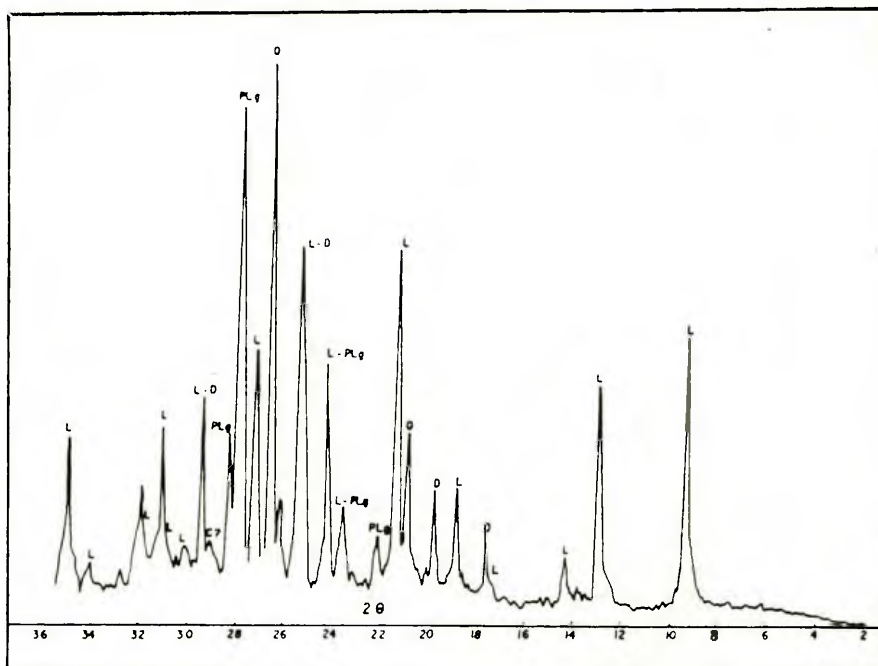


Figura 3: Diagrama de difracción de rayos X de la muestra N° 42 de quebrada Baya. L, laumontita; D, dravita; C, calcita?.

nante y otras está subordinada a los anteriores (difracciones en la Tabla I).

El perfil B'-B" presenta escasas diferencias en la mineralogía de alteración, predominando clorita y epidota. En la zona central aparecen arcillas del grupo de la caolinita y la montmorillonita y hacia los extremos hay pequeñas proporciones de mica y/o pirofilita.

b. Quebrada Gabriel

Los mismos productos de alteración de la quebrada Baya, se repiten en este sector.

En la parte norte la alteración propilitica queda representada por

clorita, epidota muy subordinada y laumontita. En muestras sucesivas y hacia la sección meridional, aparece la calcita junto a epidota y clorita.

La argilitización a la que se hace referencia en trabajos anteriores, estaría representada por la caolinita (muestras 99, 24) o algún mineral del grupo y en menor grado por la montmorillonita y/o un interestratificado irregular de clorita esmectita (fig. 4), los que podrían ser considerados como parte de la alteración propilitica, ya que aparecen siempre subordinados (fig. 5).

Por último se repite la aparición de una zona (fig. 2: zona A)

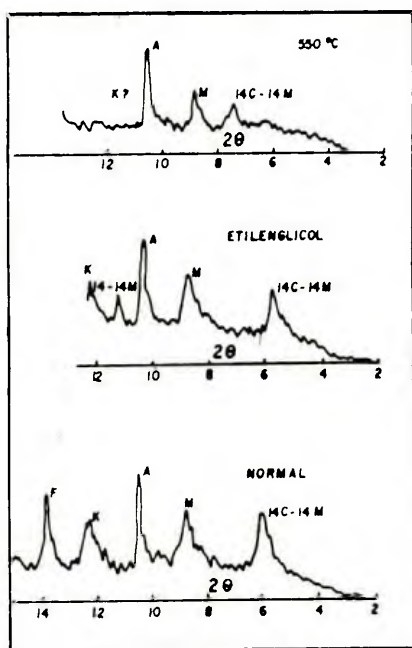


Figura 4: Diagrama de difracción de rayos X de la muestra N° 51 de quebrada Baya. M, mica; A, anfíbol; K, caolinita.

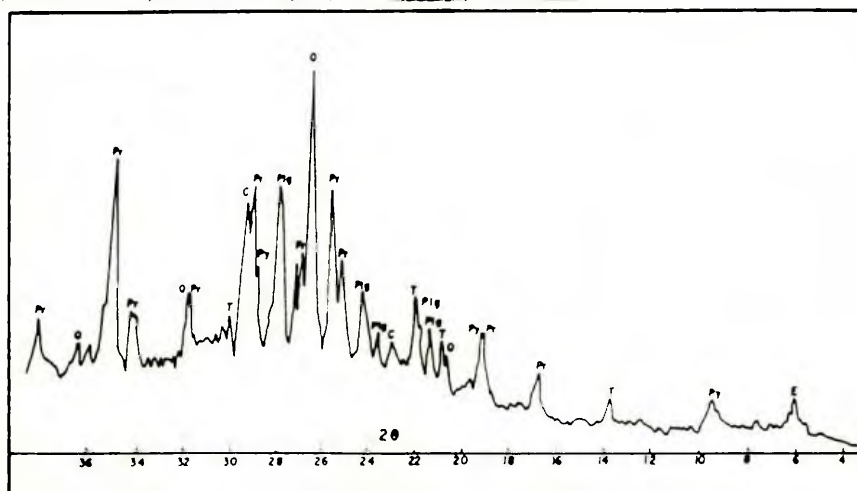


Figura 5: Diagrama de difracción de rayos X de la muestra N° 80 de quebrada Baya. Pr, prehnita; Py, pirofilita; T, turmalina; E, esmectitas y/o interestratificados.

con presencia de mica (illita, pico de 10 Å).

CONCLUSIONES

A través de los resultados obtenidos, se confeccionaron mapas de distribución de alteraciones, en los que se identifican distintas "zonas" definidas en base a un mineral que les es propio.

Para la quebrada Baya se muestran tres zonas que comprenden: "A" alteración representada por clorita, epidota y **sericita** (mica, illita); "B" clorita, epidota y **calcita** a los que se suma **caolinita** y **montmorillonita** y en algunos casos, sericita y/o **pirofilita** y por último "C" con clorita, epidota y calcita, con **prehnita** y **laumontita**.

Para la quebrada Gabriel las zonas responden en forma similar: "A" con clorita, epidota y **sericita**. "B" con clorita, epidota y **calcita** a los que se suman **caolinita** y **montmorillonita** muy subordinada. "C" con clorita, epidota y **laumontita**.

La alteración de las zonas "B" y "C" corresponde entonces, a una facies argílica de Burnham (1962) que podría gradar en la zona "A" a una facies filica (Tabla II). Según el autor, epidota, clorita y montmorillonita tienen límites de estabilidad muy próximos, lo que permite hablar de una facies única (argílica) con tipos propilítico, montmorillonítico y caolinítico

según el mineral predominante.

En nuestro esquema la zona "B" representaría la superposición de los tres tipos de Burnham, la zona "C" sólo al tipo propilítico, mientras que la zona "A" podría interpretarse como la gradación a la facies filica.

La laumontita presente como mineral principal en algunas muestras de la quebrada Baya, podría dar lugar a considerar la alteración como zeolítica (según Meyer y Hemley, 1967); sin embargo, corresponde a un mineral más de todo el conjunto propilítico, debido a su escasa representatividad. Con respecto a su génesis es reconocido su origen hidrotermal, como producto de alteración de sedimentitas piroclásticas (Steiner, 1955). Coombs (1954) reconoce en profundidad cambios en la zeolitización, la cual sería en esencia un proceso metasomático, en donde las plagioclasas básicas son reemplazadas por albita-laumontita y la laumontita por pumpellytá-prehnita. Dado que petrográficamente se han observado fenómenos de albitización (Godeas y Pezzutti, 1981) en muestras con laumontita, cabría la posibilidad de este origen.

La mineralización representada por una asociación de media a alta temperatura y de carácter hidrotermal, está vinculada al magmatismo del Cretácico Superior y su relación con las alteraciones descritas puede resumirse de la siguiente manera: en la

Tabla II: Mineralogía de Alteración hidrotermal en las quebradas Baya y Gabriel.

A	B	C
Clorita Epidota Mica *	Clorita Epidota Calcita Caolinita Montmorillonita Mica ** Pirofilita **	Clorita Epidota Calcita Prehnita *** Laumontita
TIPOS	Caol.--Mont.--Prop.	Propilítica
FACIES --> Filica		Argilica -->

Según Burnham (1962)

* Muy abundante.

** Escasamente representado (no aparecen en quebrada Gabriel).

*** No aparece en quebrada Gabriel.

quebrada Baya la calcopirita se encuentra en el afloramiento central, diseminada o asociada a pirita; la alteración de la roca de caja en este caso corresponde a la zona "B" y en parte "C". En quebrada Gabriel, la mineralización es diseminada en todo el sector, predominando la pirita y escasa calcopirita. A lo largo del perfil realizado, puede observarse que la piritización se hace presente en forma importante al norte, zona con caolinita ("B") y en parte "C".

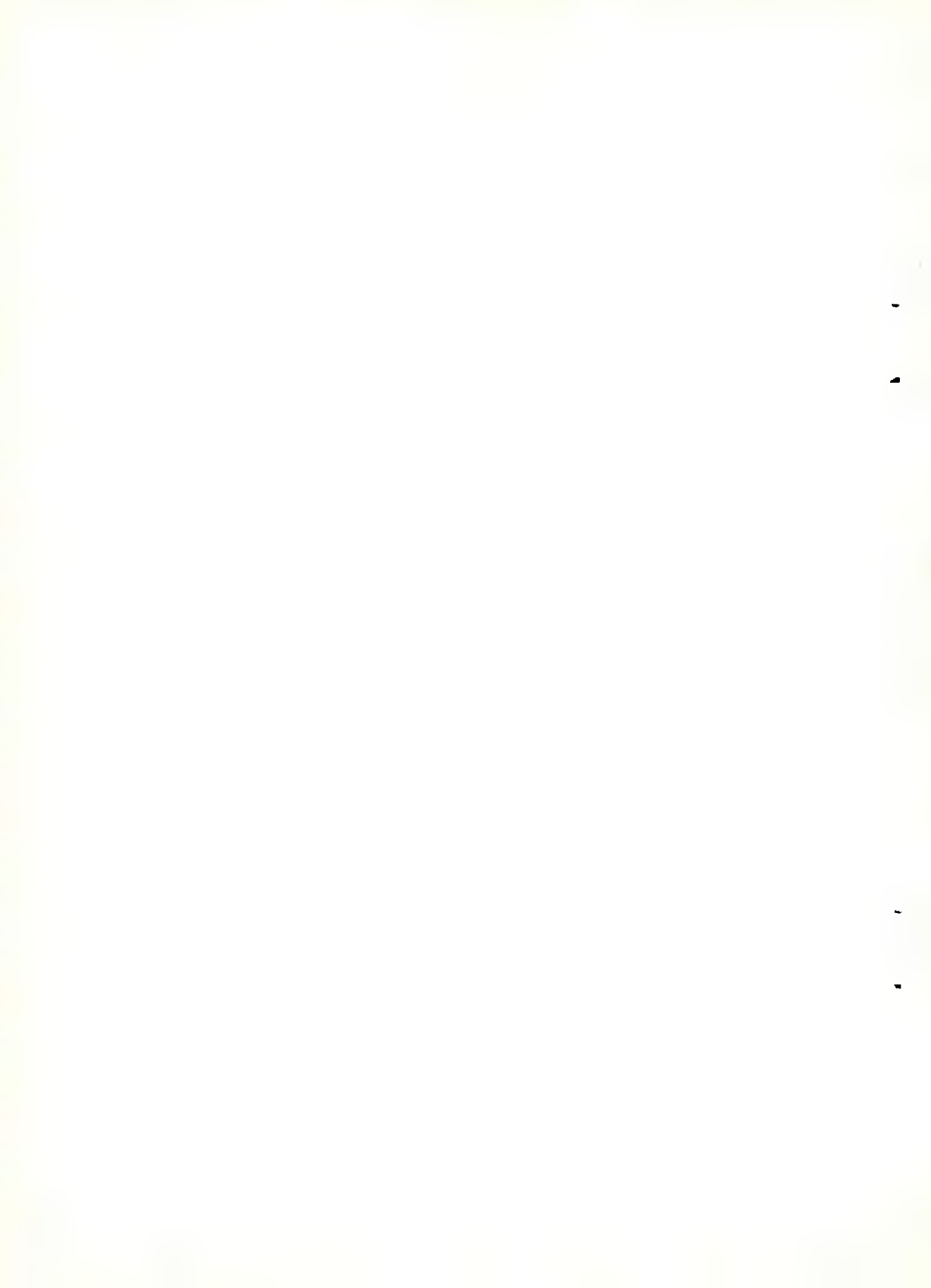
Finalmente, los datos disponibles a partir del presente trabajo, considerando que el mismo fue

realizado sólo en base a muestras extraídas en áreas de afloramientos con muy buena exposición, determinan un aumento del grado de alteración (zona "A") al norte de la quebrada Baya y al sur de la quebrada Gabriel. Esto en principio permitiría inferir la posibilidad de un área geográfica intermedia, si bien extensa, con alteración más avanzada, ubicada entre las quebradas citadas, área que se corresponde con una potente cubierta vegetal y sobre la cual no se realizaron estudios petrográficos ni geoquímicos. Obviamente la certeza de esta inferencia está

suspeditada a la realización de trabajos complementarios en dicha área.

BIBLIOGRAFIA

- Angelelli, V. 1948. Informe acerca de la Mina Condorcarqui. Dto. Cushamen, Territorio del Chubut. Fabricaciones Militares, Buenos Aires, Informe inédito, 22 pp.
- Burnham, C. W. 1962. Facies and types of hydrothermal alteration. *Economic Geology*, 57: 768-784.
- Coombs, D. S. 1954. The nature and alteration of some Triassic sediments from Southland (New Zealand). *Trans. Royal Soc. New Zealand*, 2: 65-109.
- Flint, R. & Fidalgo, F. 1968. Drift glacial al este de los Andes entre Bariloche y Esquel. *Bol. Inst. Nac. Geol. y Min.*, Buenos Aires, N° 119.
- Genini, A. & Griznik, M. 1982. Informe preliminar Cerro Coihue, Chubut. Area de reserva N° 8. Serv. Min. Nac. Plan Patagonia Comahue. Informe inédito. Comodoro Rivadavia.
- Genini, A., Pezzuchi, H. & Griznik, M. 1988. Geología y Mineralización del sector suroriental del Cerro Coihue. Provincia del Chubut. Actas III Congreso Nacional de Geología Económica, Olavarria, Argentina, 3.
- Godeas, M. & Pezzutti, N. 1981. Informe Petrográfico O4 Hc, Cerro Coihue. Serv. Min. Nac. Plan Patagonia Comahue. Informe inédito. Comodoro Rivadavia.
- González Bonorino, F. 1974. La Formación Millaqueo y la Serie Porfírica de la Cordillera Nordpatagónica. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, Buenos Aires, 34 (3): 184-202.
- Jutoran, A. & Takashima, K. 1969. Prospección Geoquímica del área Epuyén. Chubut. Serv. Min. Nac., Buenos Aires, Carpeta 660, Informe inédito, 30 pp.
- Lizuiain, A. 1982. Geología de la Cordillera Patagónica entre las localidades de Lago Puelo y Leleque. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- Meyer, C. & Hemley, J. J. 1967. Wall rock alteration. En H. L. Barnes (ed.) *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. Holt, Rinehart and Wiston, New York:
- Miro, R. C. 1966. Geología Glaciar y Preglaciar del valle de Epuyén. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, Buenos Aires, 22 (3): 179-202.
- Petersen, C. F. & González Bonorino, F. 1947. Observaciones geológicas en el Chubut occidental. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, Buenos Aires, 2: 177-222.
- Piatnisky, A. 1944. Reconocimiento geológico, tercer año de exploración carbonífera entre Bariloche y Esquel. Yacimientos Carboníferos Fiscales, Buenos Aires, Informe inédito, 5 pp.
- Steiner, A. 1955. Hydrothermal rock alteration. *Dep. Scie. Industr. Res. Bull.*, 117: 21-26.
- Stoll, N. 1949. Depósito de Cobre Condorcarqui. Dir. Nac. Geol. y Min. Buenos Aires. Informe inédito.
- Tabachi, M. 1953. Estudio geológico minero del yacimiento cuprífero Condorcarqui. Dto. Cushamen. Chubut. Fabricaciones Militares, Buenos Aires, Informe inédito.



UN NUEVO YACIMIENTO FOSILIFERO DE LA FORMACION BAJO BARREAL (CRETACICO TARDIO) Y SU FAUNA DE SAUROPODOS.

A new fossiliferous outcrop from the Bajo Barreal Formation (Late Cretaceous) and its sauropod fauna.

Juan C. Sciutto y Rubén D. Martínez

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Facultad de Ciencias Naturales, Ciudad Universitaria Km 4, (9000) Comodoro Rivadavia, Provincia del Chubut.

RESUMEN

Los restos óseos de dinosaurios hallados en la Formación Bajo Barreal, aflorante en las proximidades del Cañadón de Las Horquetas, sudoeste de la Provincia del Chubut, proceden de areniscas y conglomerados de tonalidades verdosas y morfologías tabulares, donde intervinieron favorables factores para la preservación de fósiles, coincidente con la zona más propicia para el desarrollo de estos vertebrados, ya que el clima podría ser más húmedo, con escasa participación piroclástica, poca oxidación y elevada proporción de arcillas. Junto con los habituales restos óseos de titanosaurios, se documenta por primera vez en Sudamérica, la presencia de saurópodos de la familia Diplodocidae. Un maxilar de saurópodo, anteroposteriormente corto, con la abertura nasal anterior y dientes con una morfología intermedia entre los de los diplodócidos y los camarasáuridos se considera como probablemente perteneciente a la familia Titanosauridae.

Palabras clave: Chubut, Formación Bajo Barreal, estratigrafía, paleoambiente, dinosaurios, Diplodocidae, Titanosauridae.

ABSTRACT

Remains of sauropod dinosaurs were found in the surrounding of Cañadón de Las Horquetas in rocks of the Upper Cretaceous. These bones were inside sandstones and conglomerates greenish and tabular morphologies placed at the top of the lower part of the Bajo Barreal Formation and most of them at the upper part of it. The zone must have been appropriate for the preservation and development of dinosaurs, the climate should have had more wetness, with less pyroclastic participation, little oxidation and bigger amount of clay. Together with the habitual vertebral remains of titanosaurids, the occurrence of sauropods of Diplodocidae family is documented by first in South America. A short maxilla with an anterior nasal opening and teeth with a morphology intermediate between the diplodocids and camarasaurids is considered belonging, probably, to the Titanosauridae family.

Key words: Chubut, Bajo Barreal Formation, stratigraphy, palaeoenvironment, dinosaurs, Diplodocidae, Titanosauridae.

INTRODUCCION

Desde los comienzos exploratorios, realizados en las serranías ubicadas dentro del Codo del Río Senguerr, se han encontrado restos fósiles continentales, entre ellos dinosaurios, incluidos en sedimentitas del Grupo Chubut y especialmente en la Formación Bajo Barreal (Rodríguez, 1993).

El registro de saurópodos cretácicos en la provincia del Chubut, comienza con *Chubutisaurus insignis* (Del Corro, 1975) de la Formación Gorro Frigio (Aptiano). Originalmente asignado a una nueva familia Chubutisauridae, es considerado por Salgado

(1993) como "Sauropoda incertae sedis". Martínez et al. (1987), dieron a conocer restos gigantes (huesos largos) hallados en niveles de la Formación Matasiete (Aptiano) en la Estancia "Las Horquetas". Estos restos, sin caracteres diagnósticos, no pertenecen a la familia Titanosauridae. Es precisamente dentro de esta última familia y ya en el Cretácico superior que se registran los más numerosos hallazgos de saurópodos chubutenses. Siguiendo la tesis doctoral de Powell (1986), se pueden considerar los siguientes géneros como registrados en

la provincia: *Argirosaurus*, *Aeolosaurus* (observación personal vértebra caudal aislada) y *Epachtosaurus*.

Mientras que la mayoría de los restos de titanosaurios registrados en la provincia han sido en base a vértebras aisladas y huesos largos, el hallazgo realizado en 1986 de un titanosaurio articulado, en afloramientos de la Formación Bajo Barreal, al que sólo le faltaban unas pocas dorsales, el cuello y la cabeza (Martínez et al., 1989) revistió una importancia excepcional ya que permitió conocer muchos detalles de la estructura de estos saurópodos, desconocidos hasta entonces, como por ejemplo los autópodos. Este titanosaurio fue referido al género *Epachtosaurus*, previamente descrito por Powell (1990) en base a una vértebra dorsal aislada hallada en el mismo yacimiento.

A raíz de informaciones sobre la existencia de restos de dinosaurios en la estancia "Los sauces" del Sr. Modesto Viviers, el grupo investigador de vertebrados mesozoicos del Laboratorio de Paleontología de Vertebrados de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco de Comodoro Rivadavia organizó, en cumplimiento del proyecto "Los vertebrados del Grupo Chubut: características y evolución", una serie de salidas de campo a dicha zona. Estas salidas se realizaron en diciembre de 1990, enero de 1991, febrero y noviembre de 1992

y febrero de 1993. La exploración de los amplísimos afloramientos allí existentes llevó a examinar también la vecina estancia "La peligrosa" de los señores E. Legari y R. Cambareri, ubicada en pleno cañadón "Las Horquetas".

Los autores desean manifestar su agradecimiento a las autoridades de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de la Patagonia y a la empresa ASTRA C.A.P.S.A. por el generoso apoyo prestado para el desarrollo de este trabajo. Agradecen también al señor Gabriel Casal por sus dibujos y al señor Marcelo Luna por su preparación del material fósil. Uno de los autores (R.M.) agradece al Dr. Jaime Powell por su lectura crítica del manuscrito. Extendemos nuestro reconocimiento a Fernando Novas, a la familia Viviers y a los señores O. Legari y R. Cambareri que con su generosa hospitalidad facilitaron enormemente nuestro trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSION

A. DESCRIPCION DEL YACIMIENTO

1. UBICACION.

El yacimiento fosilífero del cañadón "Las Horquetas" se encuentra ubicado aproximadamente a los 44° 56' S. y a los 69° 22' W. (fig. 1).

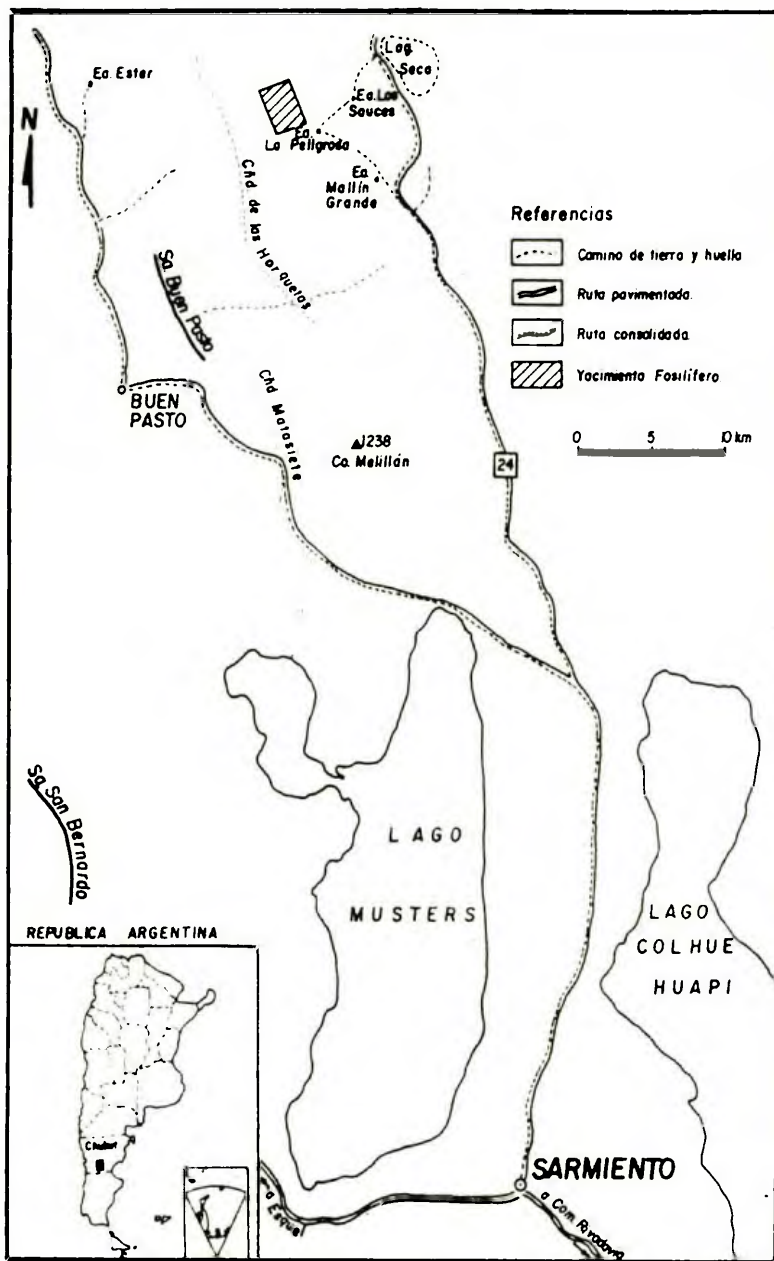


Figura 1: Ubicación geográfica del yacimiento del cañadón Las Horquetas.

Al sector del yacimiento ubicado en la estancia "Los sauces" se llega desde Comodoro Rivadavia por la ruta provincial 26 hasta Sarmiento y desde allí, a unos 100 kilómetros al Norte por la ruta provincial 24 que une Sarmiento con Paso de Indios, se toma la huella de 11 kilómetros que conduce al casco de la estancia. Desde allí, hacia el Oeste, hay unos 7 kilómetros hasta el yacimiento.

Al sector del yacimiento ubicado en la estancia "La peligrosa" se llega desde Buen Pasto, recorriendo estimativamente treinta kilómetros por una huella que se interna hacia el Este, hasta pasar a sólo dos kilómetros aproximadamente de los yacimientos.

2. ESTRATIGRAFIA.

En el entorno del área aquí tratada, afloran rocas sedimentarias cretácicas y terciarias continentales, en buenas exposiciones, muchas veces preservadas por extensos mantos de coladas de rocas basálticas, mientras que las unidades más antiguas permanecen ocultas en el subsuelo, aunque fueron detectadas mediante pozos exploratorios (fig. 2 y 3).

Las exposiciones rocosas son claras aunque no poseen abundantes estructuras internas, las cuales son importantes para la diagnosis de las características genéticas.

Las unidades sedimentarias que son portadoras de restos

óseos de dinosaurios, pertenecen al Grupo Chubut (Cretácico), comprendiendo las Formaciones Bajo Barreal inferior, Bajo Barreal superior y Laguna Palacios, donde su tope se encuentra erosionado parcialmente, por la Formación Río Chico (Paleoceno).

Si bien en las exposiciones cretácicas se identifican varias secciones, éstas se pueden agrupar en 3 unidades, visualmente diferenciables y con características propias. Desde la más antigua a la más moderna no se observan discontinuidades estratigráficas de importancia y sí una variación gradual entre ellas y una migración progresiva de facies. De entre sus características, se destacan las siguientes:

a. Formación Bajo Barreal inferior (110 metros).

Para algunos autores esta unidad pertenece a la parte alta de la "Serie del Castillo" (Ferello, 1950; Ferello y Tealdi, 1950).

Está constituida por tobas grises y verdosas alternantes. Paulatinamente va incorporando bancos areniscosos, cada vez más frecuentes hacia arriba, mostrando una megasecuencia inversa y una composición cada vez más epiclástica en esa dirección.

La presencia de clastos pumíceos y escasas pequeñas bombas, indicarían la cercanía de los centros explosivos, los cuales habrían aportado la gran cantidad

CUART	RODADOS Y SEDIMENTOS MODERNOS		
TERCIARIO	BASALTOS		
	FORMACION SARMIENTO		
	FORMACION RIO CHICO		
CRETACICO	SUPER.	FORM. LAGUNA PALACIOS	
		FORM. BAJO BARREAL (FORM. COMODORO RIVADAVIA)	
	INFERIOR	FORMACION CASTILLO (FORMACION MINA EL CARMEN)	GRUPO CHUBUT
		FORMACION MATASIETE	FORMACION POZO PASO RIO MAYO
		FORM. POZO D-129	
		NEOCOMIANO	FORMACION POZO CERRO GUADAL (FORMACION APELEG)
FORM. POZO ANTICLINAL AGUADA BANDERA (FORMACION KATTERFELD)			
JURASICO	DOGGER MALM	COMPLEJO VOLCANICO - SEDIMENTARIO	
	LIAS	SEDIMENTITAS ATRIBUIDAS AL LIASICO	
PALEO-ZOICO	GRUPO RIO GENOA		

Figura 2: Cuadro estratigráfico del área de la Sierra de San Bernardo.

de material piroclástico presente en esta unidad.

Existe una gradual variación litológica desde la base al techo, pasando progresivamente desde:

i. La base, constituida por fangolitas tobáceas y tobas grises, masivas, depositadas sobre un relieve de suave pendiente; podría corresponder a un ambiente continental de barreales.

ii. En la zona central, eminentemente piroclástica, predominan las tobas castañas claras, con características edafogénicas, tobas verdes ceolitizadas y otras verdes, laminadas, sugerentes de ambientes lacustres.

En el medio de esta sección fueron exhumados pequeños huesos bien conservados de un dinosaurio (J. Rodríguez, com. pers.), procedentes de una toba castaña verdosa, de fractura botroidal a subesferoidal, bioturbada (raíces ?), inmediatamente debajo de un conspicuo banco de toba verde, de 1,5 metro de espesor, laminado, ondulado, tabular, de aspecto lacustre y que tiene regionalidad. Este último no es el único estrato de estas características ya que aparecen interestratificados otros, debajo y sobre el mismo.

Intercalados entre estas sedimentitas, aparecen cauces areniscosos efímeros, de base neta y erosiva, granodecrecientes y de reducida extensión lateral; desaparecen para aparecer en otros niveles, alternantes y con

similares características, es decir, con poca fluidalidad en el movimiento detrítico, quizás como flujos de detritos de alta densidad y viscosidad. Estos cursos fluviales efímeros aportarían los sedimentos a los barreales y a los pequeños lagos antes citados.

iii. La sección superior se caracteriza por la presencia de areniscas y conglomerados de tonalidades verdosas, que se disponen en forma tabular dentro de fangolitas tobáceas y tobas finas de colores grises y grises verdosos. Si bien tienen una base neta y erosiva, tanto ésta como su techo son netamente planares, similares a las facies G4 y G5 de Hechem et al. (1989).

Estas areniscas tienen, en general, una extensión lateral importante, comparadas con las del nivel inferior, sugiriendo, su estructuración interna, un origen mediante corrientes densas intermitentes, veloces pero de corta duración, donde el área de aporte estaría en la proximidad o en áreas no lejanas. Si bien gradan normalmente a areniscas finas y fangolitas, con evidencias de paleosuelos en el techo (cubiertos, eventualmente por lluvias de cenizas volcánicas de pocos centímetros de espesor), en muchos casos la interrupción del flujo fue bastante rápida ya que hay frecuentes topes gruesos y netos. Internamente presentan estructuras tractivas variables en la vertical, aunque difusas, desde masi-

EDAD	UNIDAD	ESP.	DESCRIPCION SOMERA
PALEOCENO	RIO CHICO		Conglomerados, areniscas y arcilitas varicolores.
CRETACICO SUPERIOR	FORM. LAGUNA PALACIOS	130 m	Tobas y areniscas amarillentas, con evidencia de exposición subaérea y paleosuelos conspicuos.
		70 m	Fangolitas y tobas grises, semicubiertas por meteorización arcillosa. Areniscas gris verdosas que hacia la base pasan a ser verdes y tabulares.
	Incluirión de restos óseos grandes de dinosaurios en las areniscas verdes tabulares.		
		FORMACION BAJO BARREAL	SUPERIOR
INFERIOR	110 m		
			Fangolitas y tobas grises (barreales).

Figura 3: Cuadro estratigráfico del área fosilífera del cañadón de Las Horquetas,

vas en la base, estratificación paralela de alto régimen de flujo encima y estratificación entrecruzada en el tope. Estos ciclos granodecrecientes se superponen varias veces y sugieren una red de drenaje no bien definida sobre un relieve aparentemente plano, donde se localizaban lagunas y lagos de poca profundidad.

Englobadas en estas areniscas, que no son exclusivas de la sección, dado que siguen apareciendo en el miembro superior de la Formación Bajo Barreal, es donde se han encontrado los restos fósiles de dinosaurios y otros vertebrados.

Este sector de la Formación Bajo Barreal, que comprende el tope del miembro inferior y gran parte del miembro superior, está controlada tafonómicamente por un rápido enterramiento y además, fue más favorable para el desarrollo de estos vertebrados, ya que el clima habría sido más húmedo con respecto a las sedimentitas subyacentes, de acuerdo a lo que indican las características texturales y estructurales de las areniscas, la menor participación piroclástica, poca oxidación, y mayor proporción de rocas tobáceas alteradas a arcillas bentónicas (expansibles).

b. Formación Bajo Barreal superior (70 metros).

Corresponde al denominado "Barreal Gris" de los informes

internos de los investigadores de Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.A. Normalmente aparece semicubierta por una costra de meteorización arcillosa (característica regional).

Está constituida por una repetición de ciclos de 2 a 5 metros de potencia, entre areniscas y materiales fangolíticos tobáceos, grises y grisverdosos. Las areniscas inferiores son de iguales características que las del tope del miembro antes citado (también aquí incluyen restos de dinosaurios).

c. Formación Laguna Palacios (130 metros).

Se desarrolla transicionalmente sobre la Formación Bajo Barreal superior. La Formación Laguna Palacios se diferencia de esta última unidad por su morfología abrupta a la erosión, conformando cornisas y su bandeado colorimétrico amarillento ocráceo característico.

Litológicamente está constituida por tufitas amarillentas rojizas y tobas gris amarillentas, que conforman amplias superficies planas horizontales o de muy baja pendiente deposicional, de exposición subaérea y/o paleosuelos. Sus escasas areniscas son grises y amarillentas, intraclásticas, gradadas, de canales, y localmente con evidencias de transporte eólico.

Estos conspicuos bancos

edafogénicos se desarrollan a partir de sedimentos fundamentalmente piroclásticos y sólo localmente lo hacen a expensas de epiclastitas al final de cada ciclo gradacional; en este último caso resultan llamativos los abundantes conductos dejados por la actividad orgánica y que le confieren a la roca elevada porosidad y permeabilidad.

O sea que en esta última unidad aflorante del Cretácico, se darían condiciones tafonómicas y ambientales diferentes, aparentemente desfavorables, para el desarrollo y la preservación de los dinosaurios.

Este cambio climático progresivo, desde la Formación Bajo Barreal inferior hasta la Formación Laguna Palacios, no ha sido local sino regional (o mayor), ya que se lo puede visualizar con características similares, en esta zona, en el entorno del paraje Laguna Palacios, Sierra San Bernardo, como también en un amplio sector al Sur del Río Deseado, desde Sierra España hasta el Suroeste de la localidad de Las Heras, en la provincia de Santa Cruz; zonas que están separadas, en algunos casos, por más de 300 kilómetros de distancia.

3. EDAD DE LAS SEDIMENTITAS.

Dado que no se han encontrado restos fósiles característicos de una edad determinada, ni se efectuaron dataciones radiométricas

en el entorno al área aquí tratada, sólo resta por el momento analizar las relaciones estratigráficas existentes desde el punto de vista regional.

Estas sedimentitas fueron depositadas muy por encima de la Formación Pozo D-129, de edad posiblemente Aptiana (Musacchio, 1987; Chaia, 1987) e inmediatamente por debajo y en discordancia erosiva, localmente levemente angular, de la Formación Río Chico, del Paleoceno.

La Formación Laguna Palacios es una variación facial de la sección superior de la Formación Bajo Barreal (Sciutto, 1981). Si se lleva esta sección, desde los afloramientos al subsuelo y desde aquí se propaga a lo largo de las líneas sísmicas hacia el centro de la Cuenca del Golfo San Jorge, la misma engranaría lateralmente, con sedimentos depositados casi al final del período Cretácico, por debajo de la transgresión regional de la Formación Salamanca (Fitzgerald et al., 1992). Esta transgresión fue progresiva y de forma engolfada y centrífuga, produciendo una erosión paulatinamente mayor a medida que el mar se expandía, pero no originando un gran hiato erosional o depositacional entre los sedimentos que están por debajo y encima de esta superficie erosiva, en particular, donde la acumulación del Grupo Chubut fue continua.

Por lo tanto, se interpretan como depósitos producidos duran-

te el Cretácico tardío, probablemente Senoniano, a los sedimentos aquí involucrados.

Es conveniente aclarar que, las dataciones radimétricas en litologías adecuadas, serán fundamentales en el futuro para lograr una cronología más confiable y exacta.

B. PALEONTOLOGIA

La fauna de tetrápodos registrada hasta el presente en los afloramientos de la Formación Bajo Barreal en esta localidad, es la siguiente:

a. **Chelonia** (representado por un húmero).

b. **Crocodylia** (conocido por placas y dientes).

c. **Ornithischia**, un pequeño ornitópodo (representado por numerosos huesos "in situ").

d. **Saurischia. Theropoda** (documentado sólo por dientes).

Sauropoda

(diversas especies documentadas por huesos de las extremidades anteriores y posteriores, vértebras cervicales, dorsales y caudales y dientes).

Se examinará aquí sólo lo referido a la peculiar, por la presencia de diplodócidos, fauna de saurópodos registrada en este yacimiento.

Orden **SAURISCHIA** Seeley, 1888.

Suborden **SAUROPODOMOR-**

PHA Huene, 1932.

Infraorden **SAUROPODA** Marsh, 1878.

Familia **TITANOSAURIDAE** Lydekker, 1893.

Subfamilia **TITANOSAURINAE** indet.

En el yacimiento se encontraron numerosas vértebras caudales rodadas, con la típica procelia de los Titanosauridae, pero sin mayores rasgos identificatorios. Sin embargo, se cuenta con una serie de cuatro vértebras caudales anteriores de modesto tamaño (UNPSJB - PV: 584, 585, 586 y 587) cuyas espinas neurales, las zigapófisis y los procesos transversos están dañados (fig. 4). Estas vértebras tienen centros anteriormente más anchos que altos y sus caras ventrales angostas. Lateralmente los centros son cóncavos en sentido anteroposterior.

Discusión: De acuerdo con la clasificación propuesta por Powell (1986) para la familia Titanosauridae y teniendo en cuenta las proporciones del centro y su tejido, éstas vértebras son referidas a la Subfamilia Titanosaurinae.

Familia **DIPLODOCIDAE** indet.

El material referido a esta familia se restringe a una vértebra

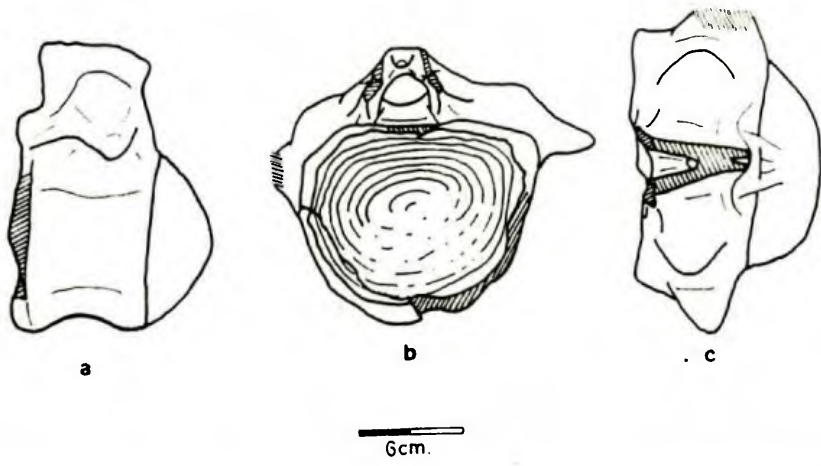


Figura 4: Titanosaurinae indet. Vértebra caudal anterior (UNPSJB-PV 584). a, vista lateral; b, vista anterior; c, vista dorsal.

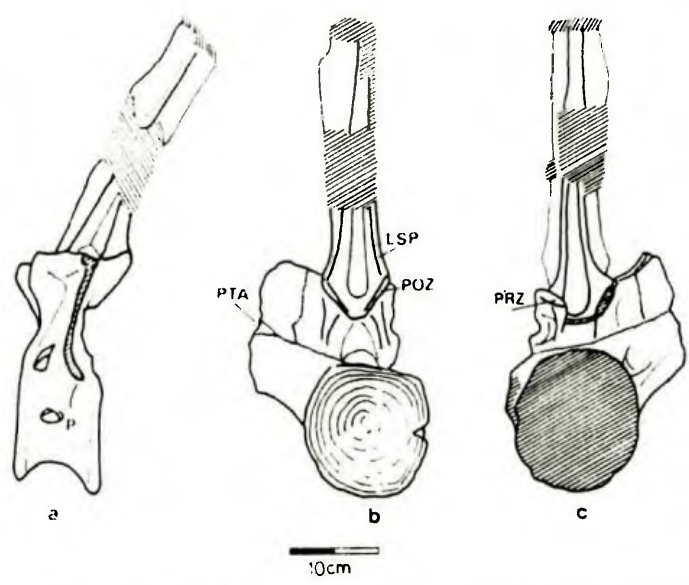


Figura 5: Diplodocidae indet. Vértebra caudal anterior (UNPSJB-PV 580). a, vista lateral; b, vista posterior; c, vista anterior. LSP, lámina suprapostzigapofisial; P, pleurocelo; PRZ, prezigapofisis; POZ, postzigapofisis; PTA, proceso transverso aliforme.

caudal anterior (UNPSJB-PV: 580) cuyo centro (fig. 5) es anteroposteriormente corto con la cara posterior cóncava. La condición de la cara articular anterior no puede determinarse debido a que esta dañada. En vista lateral el centro vertebral tiene forma de carretel, con un pleurocelo pequeño y bien definido, tabicado por debajo de los procesos transversos. Estos últimos son aliformes como en los diplodócidos y dicraeosáuridos (McIntosh, 1990). En los extremos superior e inferior de los procesos transversos existe un engrosamiento de la lámina que representaría rudimentos de la diapófisis y de las parapófisis (Hatcher, 1903). En vista anterior, en el dorso del centro hay una gran oquedad situada entre la base del proceso transversal y el borde del centro vertebral. El arco neural es bajo.

La espina neural es remarkablemente alta, ya que la parte conservada mide más del doble que la altura del centro y está algo inclinada hacia atrás. En vista posterior se destacan las fuertes láminas suprapostzigapofisiales que delimitan una profunda depresión que conserva vestigios de la lámina postespinal. La superficie anterior de la espina está dañada y deformada aunque se observa la lámina prespinal bifurcada anteroventralmente en láminas espino-prezigapofisiales.

Discusión: Esta vértebra reúne los caracteres diagnósticos

de las vértebras caudales anteriores de la familia Diplodocidae como los procesos transversos aliformes y la presencia de pleurocelos (McIntosh, 1990). Los saurópodos dicraeosáuridos, como el neuquino *Amargasaurus cazau* (Salgado y Bonaparte, 1991), si bien tienen procesos transversos aliformes en las caudales anteriores carecen de pleurocelos (McIntosh, 1990; Salgado y Bonaparte, 1991) y son además robustas y pesadas (Salgado y Bonaparte, 1991) y no ligeras como la caudal objeto de este estudio. En *Chubutisaurus insignis* (Del Corro, 1975) del Aptiano de Chubut, las caudales anteriores tienen el centro comprimido anteroposteriormente en forma comparable a la vértebra del diplodócido chubutense, pero carece de procesos aliformes y de pleurocelos. Por otra parte, las vértebras caudales anteriores de los Titanosauridae, incluyendo *Andesaurus delgadoi* (Calvo y Bonaparte, 1991) no tienen similitudes con la caudal en estudio.

Si comparamos la vértebra chubutense con material equivalente de diplodócidos como *Diplodocus* o *Apatosaurus* vemos que además de los procesos transversos aliformes y de los pleurocelos, la morfología general es muy similar, como la espina neural muy alta, la disposición de las zigapófisis y ubicación de los procesos transversos. Si bien el centro de la caudal de "Las Horquetas" parece

haber sido anficélico y no procélico como en las caudales anteriores de los diplodócidos, este carácter parece presentar gran variabilidad como lo demuestran las caudales de *Apatosaurus louisae* (Gilmore, 1936), las siete primeras de las cuales son procélicas (con la convexidad restringida a la parte inferior del centro), luego se transforman en anficélicas hasta la vértebra número 34 donde de nuevo aparece la convexidad posterior y en la número 35 las vértebras se hacen biconvexas hasta el final de la cola.

Infraorden **SAUROPODA**
indet.

Se cuenta con dos vértebras dorsales anteriores (UNPSJB-PV: 581, 582). Fueron halladas "in situ" y casi articuladas (fig. 6).

El centro es pequeño, opistocélico, con el tejido interno formando celdillas y los pleurocelos chicos.

El arco neural es alto con el orificio neural pequeño; sobre él, en vista anterior, hay dos oquedades supraneurales bien definidas separadas por una fuerte lámina ósea reforzada por bordes laterales en el sector superior. Las láminas infraprezigapofisiales están bien desarrolladas y posteriormente a ellas existe un par de profundas oquedades prediapofisiales. Las prezigapófisis están ubicadas relativamente altas sobre el centro y hay láminas suprapre-

zigapofisiales. En estas vértebras no existe la articulación accesoria hipósfero-hipantro. Las diapófisis, incompletas, se dirigen casi horizontalmente hacia los lados.

En vista posterior las superficies articulares de las vértebras son marcadamente cóncavas. Lateralmente en el arco neural se ven las dos láminas infradiapofisiales que delimitan una profunda cavidad triangular.

La espina neural está incompleta pero es simple y parece haber sido baja, con láminas pre- y postespinales indivisas y láminas espinodiapofisiales que la hacen ancha en vista anterior.

Las dos vértebras tienen la parte posterior del arco neural muy dañado, pero en la vértebra dorsal más posterior se conservan las dos oquedades supraneurales y en la vértebra dorsal más anterior hay dos fuertes láminas suprapostzigapofisiales que delimitan una bien marcada cavidad entre ellas, en el fondo de la cual hay rastros de la lámina postespinal.

Discusión: La determinación sistemática de estas vértebras dorsales es incierta, pero los rasgos son claramente distintos de los existentes en las dorsales de los saurópodos de la familia Titanosauridae, dominantes en el Cretácico superior de Sudamérica, con centros vertebrales anteroposteriormente largos y arcos neurales relativamente bajos, sin oquedades supraneurales y con

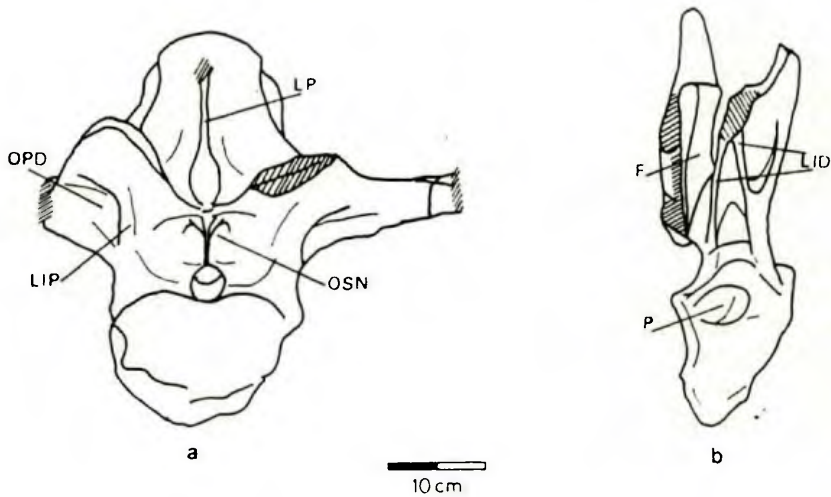


Figura 6: Saurpoda indet. Vértebra dorsal anterior (UNPSJB-PV 581). a, vista anterior; b, vista lateral.

F, fragmento fusionado de la vértebra posterior; LID, láminas infradiapofisiales; LIP, lámina infraprezigapofisial; LP, lámina prespinal; OPD, oquedad prediapofisial; OSN, oquedad supraneural; P, pleurocelo.

láminas centrodiapofisiales (L. Salgado, com. pers.). La espina neural simple es un carácter que en diplodócidos y dicraeosáuridos ha sido reemplazado en las vértebras dorsales anteriores por la espina neural bifurcada. En este caso estaríamos ante la evidencia de dos grupos de saurópodos no titanosáuridos en este yacimiento. Por otra parte, el pequeño y corto centro vertebral y las relativamente delicadas diapófisis tampoco concuerdan con las dorsales anteriores de diplodócidos como

Apatosaurus, *Diplodocus* o dicraeosáuridos como *Amargasaurus*.

El robusto centro con enormes pleurocelos y la disposición de las láminas sobre el arco neural en *Haplocanthosaurus* (Hatcher, 1903) separan a este saurópodo de las vértebras de "Las Horquetas". Con *Patagosaurus fariasi* Bonaparte (1986), las diferencias son aún más notorias: centro grande con pleurocelo pequeño desplazado hacia adelante, prezygapófisis muy altas sobre el

centro y diapófisis con otra morfología.

El hallazgo de un saurópodo en el Miembro Candeleros de la Formación Río Limay (Albiano-Cenomaniano), del que se ha conservado abundante material postcraneano (L. Salgado, com. pers.), plantea una interpretación diferente ya que posee vértebras dorsales anteriores con espina neural simple y caudales anficélicas o anfipláticas muy similares a las UNPSJB-PV: 581, 582. En el ejemplar de saurópodo de la Formación Río Limay no puede verificarse la presencia de pleurocelos (L. Salgado, com. pers.).

Infraorden SAUROPODA

Familia TITANOSAURIDAE
indet.

Se trata de un maxilar izquierdo que se caracteriza por ser un hueso corto (fig. 7), alto en su porción anterior y angosto posteriormente (UNPSJB-PV: 583). El cuerpo principal del maxilar es el que porta los dientes. El proceso dorsal del maxilar es prominente y delimita la parte anterior de la redondeada abertura preorbital y más dorsalmente, el borde látero-inferior del orificio nasal.

El cuerpo principal del maxilar presenta su extremo anterior intacto, incluyendo la superficie para la articulación del premaxilar. Posteriormente el maxilar está incompleto. El extremo superior de

la rama nasal está erosionado, pero permite ubicar con precisión, teniendo en cuenta la superficie intacta de su borde anterodorsal, la posición de los orificios nasales las que se encontraban en una posición relativamente anterior, ligeramente por delante y por encima de la abertura preorbital.

Lateralmente la superficie del maxilar es relativamente lisa, carente de forámenes. Medialmente presenta una fuerte elevación que corre longitudinalmente y donde se originan los dientes de reemplazo. Hay ocho alvéolos dentarios y muy junto a ellos medialmente, los forámenes para los gérmenes dentarios.

No hay placas interdientales diferenciadas. En por lo menos dos alvéolos hay dientes en erupción y en el primero el diente está roto, pero deja ver su estructura cilíndrica, por lo menos en su base. Se ha extraído uno de los dientes que estaba en erupción (el cuarto desde el extremo anterior) y su forma es cilíndrica con punta cónica (fig. 8). Su cara anterior es convexa y la posterior algo aplana, aunque hay un leve reborde que la recorre longitudinalmente. Ambas caras están limitadas entre sí por un borde agudo. La superficie del diente es lisa. La robustez es intermedia entre la de los dientes cilíndricos de los titanosaurios y el espatulado de los saurópodos no titanosaurios, como por ejemplo *Camarasaurus lentus* (Gilmore, 1925).

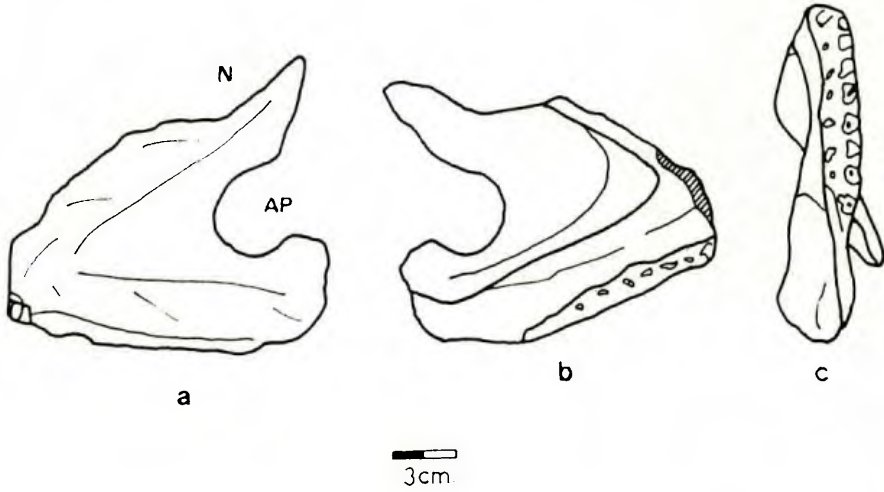


Figura 7: Titanosauridae indet. Maxilar izquierdo (UNPSJB-PV 583). a, vista lateral; b, vista medial; c, vista ventral AP, abertura preorbital; N, orificio nasal.

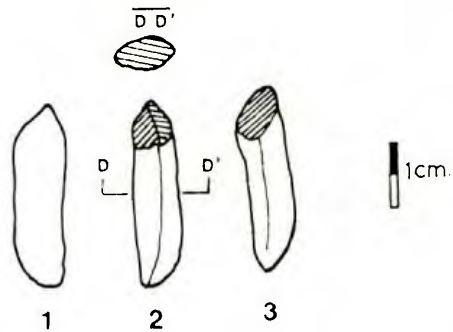


Figura 8: Titanosauridae indet. Diente (UNPSJB-PV 583). a, vista anterior; b, vista posterior; c, vista lateral. D-D', corte transversal.

Discusión: En general el maxilar recuerda al de un camarasáurido por sus proporciones y ubicación de las narinas. Difiere de los diplodócidos ya que estos últimos poseen maxilares largos, bajos y fenestrados, con orificios nasales en posición muy posterior (Berman y McIntosh, 1978) y también de la morfología diplodócida atribuida a algunos titanosáuridos como *Antarctosaurus wichmannianus* (Powell, 1986). Los ocho alvéolos dentarios del maxilar de "Las Horquetas" constituyen, junto con el de *Apatosaurus*, el número más bajo encontrado en un saurópodo.

Se conoce un maxilar incompleto descrito por Huene (1929) como el holotipo de *Campylodon ameghinoi* (posteriormente *Campylodoniscus ameghinoi* Kuhn, 1961), procedente de la Sierra de San Bernardo, Grupo Chubut. El maxilar está incompleto, es corto y alto y tiene siete dientes intermedios en su morfología entre los de los diplodócidos y camarasáuridos. Podría tratarse de una forma relacionada con la de cañadón "Las Horquetas", aunque la cara externa del maxilar de *Campylodoniscus* está perforada por varios forámenes.

Powell (1979, 1986) dió a conocer un premaxilar de saurópodo de la Formación Los Blanquitos (Cretácico Superior, prov. de Salta). Este premaxilar fue referido a *Laplatasaurus* sp., anteriormente *Titanosaurus* sp. en Powell

(1986), al encontrarse asociado a varios huesos largos considerados como pertenecientes a ese género de titanosaurio. La morfología de este premaxilar, un hueso corto y alto, no se puede asignar a un cráneo de tipo "diplodocoide" (Powell, 1986) sino más bien a uno de tipo "camarasauróide" como el que se puede inferir a partir del maxilar de "Las Horquetas". Los dientes del maxilar salteño son muy similares al de Chubut. Teniendo en cuenta lo expuesto más arriba se considera, con reservas, al maxilar como referido a la familia Titanosauridae.

CONCLUSIONES

1. Los restos de vertebrados fósiles hallados en proximidades de cañadón "Las Horquetas" están incluidos en areniscas y conglomerados verdosos, tabulares y se localizan, preferentemente, en el tope del Miembro inferior y gran parte del Miembro superior de la Formación Bajo Barreal.

2. El clima debe haber sido más húmedo, con menos actividad volcánica, poca oxidación y mayor cantidad de arcilitas bentónicas (expansibles).

3. Habría habido un cambio climático progresivo y regional, desde la base de la Formación Bajo Barreal inferior hasta el tope

de la Formación Laguna Palacios, siendo probablemente la sección pelítica inferior del Miembro superior de la Formación Bajo Barreal, el lugar más benigno para el desarrollo de la vida y donde se dieron adecuadas condiciones para la conservación de los restos óseos, mediante un rápido enterramiento.

4. De acuerdo con las relaciones estratigráficas observadas regionalmente puede decirse que las formaciones arriba citadas corresponden al Cretácico superior, probablemente Senoniano.

5. Se registra en este yacimiento la habitual y abundante presencia de restos de titanosáuridos, la familia de saurópodos ampliamente dominante en el Cretácico tardío (McIntosh, 1990), algunos de la Subfamilia Titanosaurinae (sensu Powell, 1986), con sus típicas vértebras caudales procélicas.

6. Se documenta, por primera vez en Sudamérica, la presencia de saurópodos de la familia Diplodocidae conviviendo en el Cretácico tardío del Chubut con saurópodos titanosáuridos.

7. El hallazgo de un maxilar de tipo "camarasauriforme" con la abertura nasal anterior y dientes cilíndricos referido a la familia Titanosauridae plantea la posibilidad de la existencia de por lo

menos dos morfologías distintas para el cráneo de los titanosaurios.

BIBLIOGRAFIA

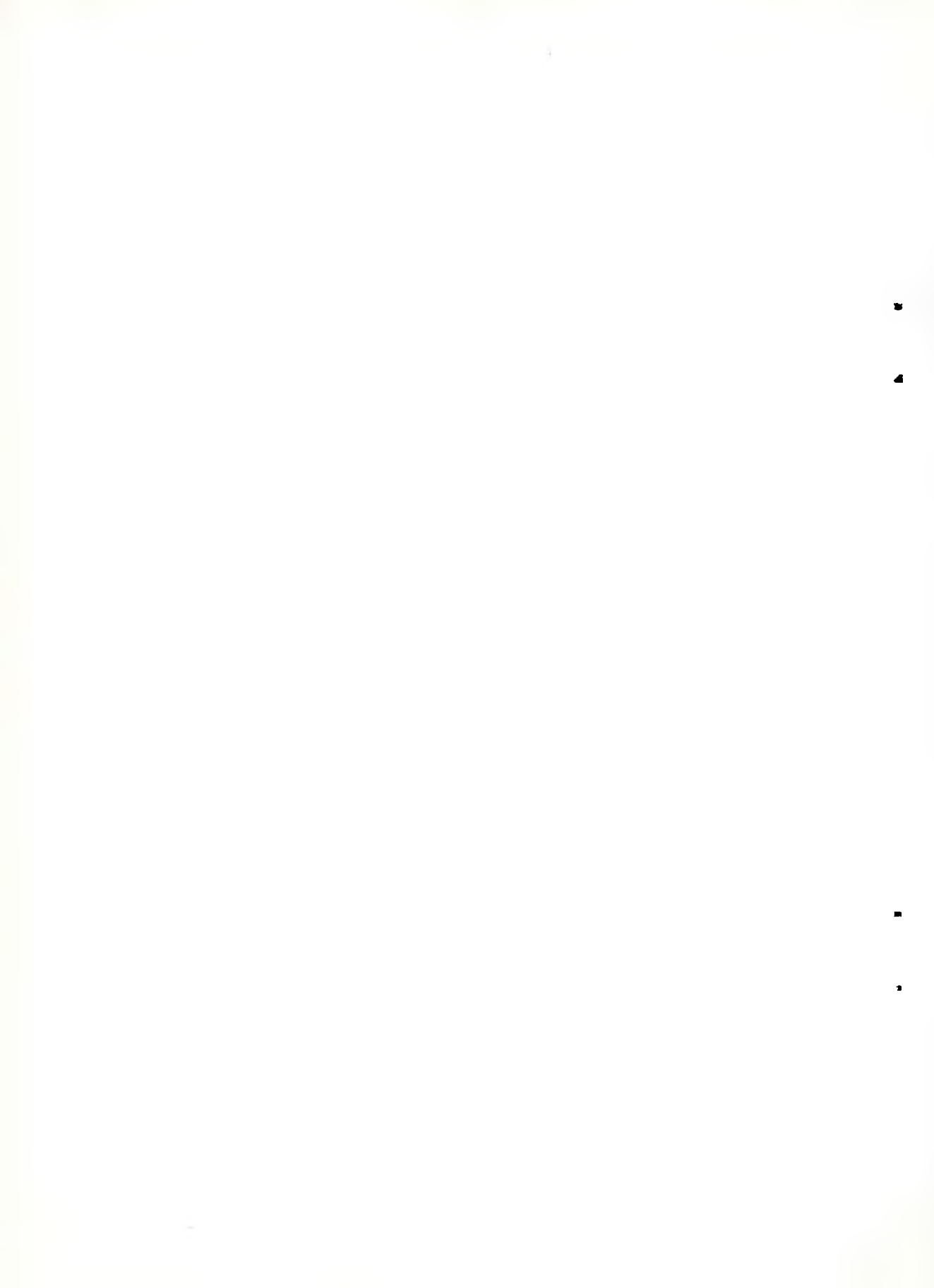
- Berman, D. & McIntosh, J. 1978. Skull and relationships of the Upper Jurassic sauropod *Apatosaurus* (Reptilia, Saurischia). Bull. Carnegie Mus. Nat. Hist., 8: 1-35.
- Bonaparte, J. 1986 a. The early radiation and phylogenetic relationships of the Jurassic sauropod dinosaurs, based on vertebral anatomy. En K. Padian (ed.) The beginning of the age of dinosaurs. Cambridge Univ. Press, Cambridge: 247-258.
- Bonaparte, J. 1986 b. Les dinosaures (carnosaures, allosauridés, saurópodes, cetiosauridés) du Jurassique Moyen de Cerro Córdor (Chubut, Argentina). Ann. Paléontol. 72: 247-289, 325-386.
- Calvo, J. & Bonaparte, J. 1991. *Andesaurus delgadoi*, gen. et sp. nov. (Saurischia: Sauropoda) dinosaurio Titanosauridae de la Fm. Río Limay (Albiano - Cenomaniano), Neuquén, Argentina. Ameghiniana, 28 (3-4): 303-310.
- Chala, A. 1987. Informe micropaleontológico del perfil complementario Cerro Chenque, prov. del Chubut. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Informe inédito.
- Ferello, R. 1950. Estudio geológico de la Sierra del Castillo. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Informe inédito.
- Fitzgerald, M., Mitchum, Ulana, & Biddle, 1992. Evolución de la Cuenca

J. C. Sciotto y R. D. Martínez: Un nuevo yacimiento fosilífero.

- del Golfo San Jorge, Argentina: Rev. Comunicación Yacimientos Petrolíferos Fiscales, 13 (303): 35-79.
- Gilmore, C. 1925. Nearly complete articulated skeleton of *Camarasaurus*, a saurischian dinosaur from the Dinosaur National Monument, Utah. Mem. Carnegie Mus., 10 (3): 347-383.
- Gilmore, C. 1936. Osteology of *Apatosaurus* with special reference to specimens in the Carnegie Museum. Mem. Carnegie Mus., 11: 175-300.
- Hatcher, J. 1901. *Diplodocus* (Marsh): its osteology, taxonomy, and probable habits, with a restoration of the skeleton. Mem. Carnegie Mus., 1: 1-63.
- Hatcher, J. 1903. Osteology of *Haplocanthosaurus* with description of a new species and some remarks on the probable habits of the *Sauropoda* and the age and origin of the *Atlantosaurus* beds. Mem. Carnegie Mus., 2: 1-72.
- Hechem, J., Homocv, J. & Figari, E. 1989. Estratigrafía del Chubutiano en la Sierra de San Bernardo. Cuenca del Golfo San Jorge, provincia del Chubut Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito, Comisión Geológica N° 2.
- Huene, F. 1929. Los sauriosquios y ornitisquios del Cretáceo argentino. An. Mus. La Plata, 3 (Ser. 2), 194 pp.
- Kuhn, O. 1961. Die familien der rezenten und fossilen Amphibien und Reptilien. Meisenbach, Bamberg.
- Martínez, R., Giménez, O., Rodríguez, J. & Luna, M. 1989 a. Hallazgo de restos de Saurópodos en Cañadón Las Horquetas, Formación Matasiete (Aptiano), Chubut. Actas VI Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados, San Juan: 49-51.
- Martínez, R., Giménez, O., Rodríguez, J. & Luna, M. 1989 b. Un titanosaurio articulado del género *Epachthosaurus*, de la Formación Bajo Barreal, Cretácico del Chubut. *Ameghiniana*, 26 (3-4): 246.
- McIntosh, J. 1990. *Sauropoda*. En Dodson, Osmólska & Weishampel (eds) *The Dinosauria*. California Univ. Press: 345-407.
- McIntosh, J. & Williams, M. 1988. A new species of sauropod dinosaur, *Haplocanthosaurus delfsi* sp. nov. from the Upper Jurassic Morrison Formation of Colorado. *Kirtlandia*, 43: 3-26.
- Musacchio, E. 1987. Bioestratigrafía del Cretácico no marino en las cuencas del golfo San Jorge, del Neuquén y del Norte Argentino. Resúmenes 3er. Simp. Cretácico de América Latina, Tucumán: 33-35.
- Osborn, H. 1899. A skeleton of *Diplodocus*. Mem. Amer. Mus. Nat. Hist., 1: 191-214.
- Powell, J. 1979. Sobre una asociación de dinosaurios y otras evidencias de vertebrados del Cretácico Superior de la región de la Candelana, Prov. de Salta, Argentina. *Ameghiniana*, 16: 1-2.
- Powell, J. 1986. Revisión de los titanosáuridos de América del Sur. Tesis doctoral Universidad Nacional de Tucumán, 493 pp.
- Powell, J. 1990. *Epachthosaurus sciottoi* (gen. et sp. nov.) un Dinosaurio Saurópodo del Cretácico de Patagonia (Provincia de Chubut, Argentina). Actas V Congreso Argentino de Paleontología y

J. C. Sciotto y R. D. Martínez: Un nuevo yacimiento fosilífero.

- Bioestratigrafía, Tucumán, 1: 123-128.
- Rodríguez, J. 1993. La depositación de las areniscas verdes (Formación Bajo Barreal - Cretácico tardío) y sus implicancias tafonómicas. Actas XII Congreso Geológico Argentino, 1: 194-199.
- Salgado, L. 1993. Comments on *Chubutisaurus insignis* Del Corro (Saurischia, Sauropoda). Ameghiniana, 30 (3): 265-270.
- Salgado, L., Calvo, J & Corta, R. 1991. Estudio preliminar de dinosaurios saurópodos de la Formación Río Limay (Cretácico, Presenoniano), provincia del Neuquén. Ameghiniana, 28 (1-2): 134.
- Salgado, L. & Bonaparte, J. 1991. Un nuevo saurópodo Dicraeosauridae *Amargasaurus cazau* gen. et sp. nov. de la Formación La Amarga, Neocomiano de la provincia de Neuquén, Argentina. Ameghiniana, 28 (3-4): 333-346.
- Sciotto, J. 1981. Geología del codo del Río Senguerr, Chubut, Argentina. Actas Octavo Congreso Geológico Argentino, 3: 203-219.



**GEOHIDROLOGIA DE LA REGION DE RIO MAYO,
SUROESTE DE CHUBUT (ARGENTINA).**

**Hydrogeology from Rio Mayo Region, southwest of the
Chubut Province (Argentina).**

Mario Grizinik (*) y Silvana Fronza (*)(**)

(*) Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Geología. Ciudad Universitaria, Km 4, (9000) Comodoro Rivadavia, Provincia del Chubut, Argentina.

(**) Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.A., Comodoro Rivadavia, Provincia del Chubut, Argentina.

RESUMEN

Se esbozan las principales características hidrogeológicas del suroeste de la provincia del Chubut, en la región de Río Mayo. El Sistema Acuífero Regional es definido a partir de la interpretación geológica e hidrogeoquímica, con especial referencia en los niveles más superficiales, definiendo un sistema multiunitario, conformado por materiales terciarios y cuaternarios.

Palabras clave: Aguas subterráneas, hidroquímica, modelo sintético, Río Mayo.

ABSTRACT

This hydrogeological study is about the SW portion of the Chubut Province. The hydrogeochemical and geological interpretation was carried out to obtain information about the aquifer system, in the region of Río Mayo. Special reference is made of the more superficial aquifers, defining a multiunitary system.

Key words: Groundwaters, hydrochemistry, synthetic model, Río Mayo.

INTRODUCCION

Siendo el recurso hídrico subterráneo de suma importancia y constituyendo en algunos sectores de la provincia del Chubut, el único disponible para abastecimiento humano y ganadero, obliga a realizar un esfuerzo para fijar ciertas pautas que ayuden a orientar la prospección y evaluación del mismo. En ese sentido apunta el plan de tareas que realiza la Cátedra de Hidrogeología, aportando el presente trabajo y pretendiendo contribuir a un mejor conocimiento de los sistemas acuíferos regionales, en este caso el de la región suroeste del Chubut.

AREA DE TRABAJO

1. Ubicación.

La zona de trabajo se halla ubicada en la porción SW de la provincia del Chubut, y tiene como epicentro a la localidad de Río Mayo. Cubre una extensión de 5.500 km^2 . Son sus límites por el norte el Cañadón Tacho y al sur el paralelo 46° S (límite con la provincia de Santa Cruz). Al oeste, el meridiano de $70^\circ 45' \text{ W}$, mientras que hacia el sector oriental, lo constituye la margen derecha del río Senguer (fig. 1).

2. Características climatológicas

Las características de aridez de la zona, quedan evidenciadas cuando se analizan los valores de precipitación anual que la misma soporta (localidad de Río Mayo, 470 m.s.n.m.). Su valor anual de precipitación media es de 126 mm (Coronato y Del Valle, 1988), contrastando marcadamente con el extremo occidental de la provincia del Chubut, el cual recibe alrededor de 800 mm (zona cordillerana). Al igual que en el resto de la provincia, en la estación invernal se producen los mayores aportes pluviales. La relación de precipitación invierno/verano, se acentúa en forma más marcada, hacia la región occidental, donde prevalecen las fuertes nevadas, pudiendo éstas producirse en el período que va de marzo a noviembre. Las precipitaciones no están uniformemente distribuidas en los meses en que se producen (43 mm para invierno y 23 mm en verano), puesto que no es raro que un alto porcentaje de la lluvia anual se descargue en una misma tormenta, erosionando laderas y cauces. En general el clima es fresco suave con precipitaciones escasas durante el verano y frío moderado, con lluvias cada vez menos frecuentes hacia el este, durante el invierno, con algunas nevadas ocasionales. Las tempera-

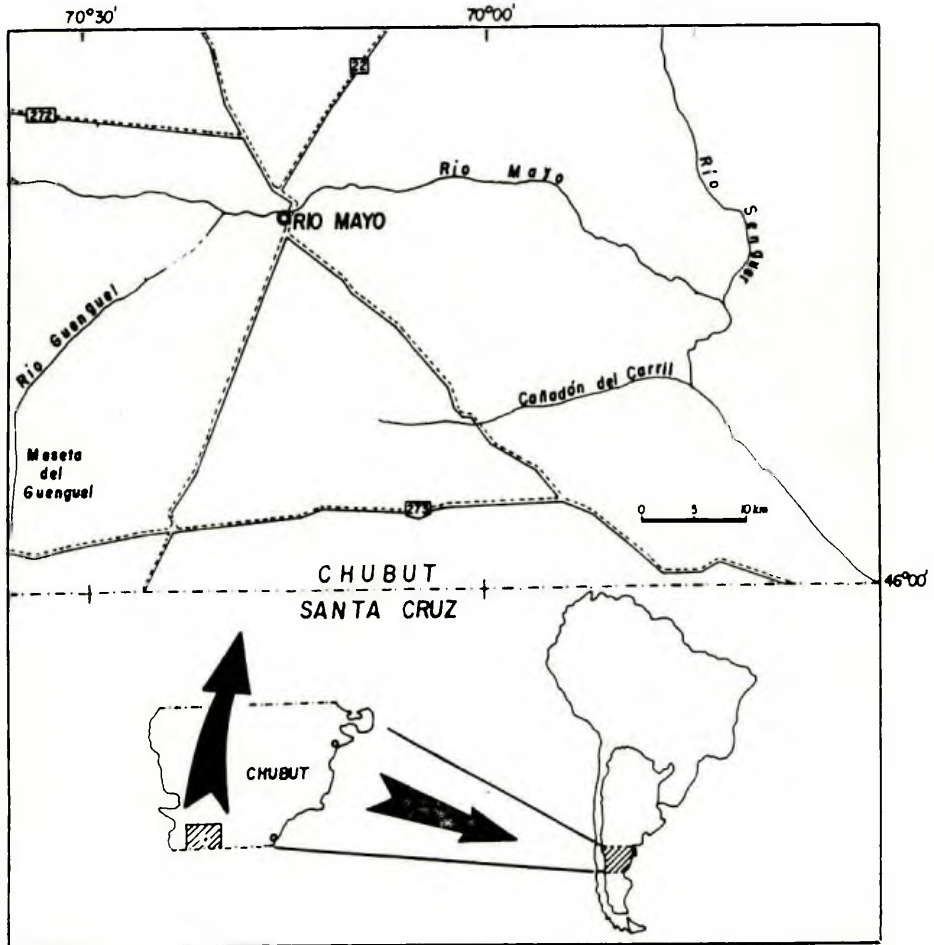


Figura 1: Región de Río Mayo, mapa de ubicación.

turas medias, también evidencian fuertes contrastes estacionales; el valor correspondiente al mes de enero es de $14,1^{\circ}\text{C}$, mientras que para julio solo alcanza $1,4^{\circ}\text{C}$.

El régimen de vientos imperante es del cuadrante oeste durante todo el año, con ligeras variaciones hacia el noroeste. Su constancia prevalece durante los

meses de primavera y verano, decreciendo en intensidad a partir del otoño. La elevada energía de los mismos trae consecuencias devastadoras, la deflación produce sectores desprovistos de toda vegetación, transportando la arena removida hasta varios kilómetros al este, donde da lugar a formas medianosas de enormes extensiones.

La acción eólica se ve favorecida durante el verano, por la escasez de precipitaciones y por la intensidad de la evaporación, especialmente en el fondo de bajos y depresiones donde los sedimentos no poseen, a veces por la falta de humedad, cohesión alguna. La evapotranspiración no será tratada en este punto, dado que no existen aparatos de medición directa en el área y los métodos empíricos por sí solos, no son aconsejables para las características de esta región.

METODOLOGIA

Toda cuenca hidrogeológica presupone un determinado volumen de materiales, con relativa porosidad, que se apoya y queda separado de otras cuencas por materiales o barreras impermeables o límites hidrológicos en el caso de llanuras. Dentro de la misma circula y almacena el agua subterránea.

Como paso primero y primor-

dial, para la obtención de datos sobre los materiales mencionados, se realizó una búsqueda, análisis, y evaluación crítica de todos los antecedentes inherentes a esta temática. Con esta evaluación básica, se procedió a compilar los datos geológicos sobre una base topográfica del Instituto Geográfico Militar a escala 1:100.000, como así también una interpretación de imágenes satelitarias a escala 1:250.000. Posteriores tareas de campo permitieron los ajustes geológicos correspondientes. Las observaciones y mediciones, se realizaron aprovechando cortes naturales en barrancos cañadones y faldeos de mesetas. También fueron utilizados bordes de caminos y locaciones de pozos petrolíferos.

Para la información de subsuelo, se procedió a la ubicación de las perforaciones con fines petrolíferos realizadas por YPF, en planos a escala 1:100.000.

Los datos de estas perforaciones, permitieron la realización de los planos estructural e isopáquico de la región referidos a los horizontes de interés. Su interpretación permitió aproximar potencialmente, las condiciones hidrológicas e hidroestratigráficas para el almacenamiento y circulación de las aguas subterráneas.

El censo de pozos y perforaciones (febrero 1991) diagramado previamente a fin de realizarlo en el menor tiempo posible permitió, además de la medición de los

niveles estáticos, la colección de 34 muestras de agua a fin de conocer el comportamiento hidroquímico del sistema. Las ubicaciones de las muestras fue seleccionada de manera tal de lograr una distribución regular sobre la mayor parte del área de estudio.

Los cationes analizados fueron: calcio, magnesio, hierro y sodio + potasio. Los aniones fueron: carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros. Además se midió pH, residuo seco, dureza y conductividad eléctrica en μ S/cm. Con el fin de clasificar las aguas, se recurrió al diagrama triangular de Piper, tendiente a definir familias o grupos de aguas, y analizar su comportamiento y grado de evolución en sentido hidrodinámico. Se ejecutaron diferentes mapas de contenidos iónicos y de relaciones entre ellos, con el objeto de trazar la distribución areal de los componentes hidroquímicos y su relación con el patrón de flujo.

Se realizó asimismo el análisis geoestadístico de las muestras de agua mediante análisis de correlación múltiple y análisis de agrupamiento, los cuales no fueron incluidos en el presente trabajo por razones de espacio.

El estado actual del conocimiento, permite establecer como hipótesis de trabajo un premodelo hidrogeológico conceptual, para el cual se consignan los datos geológicos, hidráulicos, químicos e hidroestratigráficos que se tuvieron

en cuenta para definir el mismo y fijar los lineamientos generales para un manejo racional.

RESULTADOS

1. GEOLOGIA.

Para la confección de la base geológica se utilizó muy especialmente la descripción geológica de las hojas de la región (González, 1978), las contribuciones resumidas en el trabajo de Feruglio (1950), la información proveniente de organismos estatales (YPF, SEM) y observaciones directas de integrantes de la Cátedra de Hidrogeología de la Universidad Nacional de la Patagonia. En el cuadro hidroestratigráfico indicado en la figura 2 se pueden observar las distintas unidades geológicas presentes en el área y también las relaciones con el esquema hidrogeológico que se describe más adelante.

a. Grupo Chubut.

Estos depósitos solo se hallan representados en el sector oriental, conformando afloramientos de reducida extensión, sobre las márgenes del río Senguer en la zona de Confluencia. Los mismos han sido denominados **Serie de las tobas amarillas** (González, 1971).

Se trata de bancos formados por tobas arcillosas blanquecinas

LITOLOGIA	HIDROESTRATIGRAFIA	GEOLOGIA			
		UNIDAD	EDAD		
GRAVAS Y GRAVAS ARENOSAS	ACUIFERO MULTITABARRADO R. MAYO	FLUJO LOCAL	RODADOS	PLEISTOCENO	CUARTARIO
BANCOS DE ARENISCAS Y NIVELES TOBACEOS		FLUJO SUBREGIONAL	FORMACION SANTA CRUZ	MIOCENO	
ARENISCAS Y ARENISCAS LIMO ARCILLOSAS		FLUJO REGIONAL	FORMACION PATAGONIA	OLIGOCENO	TERCIARIO
ARCILLACINERITICAS TOBAS, CHONITAS		SISTEMA ACUITARDO	FORMACION SARMIENTO	EOCENO	
ARCILLAS PLASTICAS		BASAMENTO HIDROGEOLOGICO	FORMACION RIO CHICO	PALEOCENO	

Figura 2: Cuadro hidroestratigráfico del área de Río Mayo.

y grisáceas, con intercalaciones de areniscas. Entran en su composición tobas amarillentas claras y líticas intercalados. Se le atribuye edad cretácica.

b. Formación Sarmiento.

Su presencia se halla limitada al sector nororiental, sobre los laterales del camino pavimentado en la margen derecha del río Senguer, y por espacio de pocos kilómetros.

La formación del epigrafe, presenta una homogeneidad litológica piroclástica, que incluye tipos primarios, loésicos y redepositados (Mazzoni, 1985). Las chonitas y tobas, constituyentes

principales de la unidad, corresponden a depósitos distales de caída de tefras, generadas por efusiones de estilo pliniano explosivo y de carácter dacítico en el margen convergente occidental de América del Sud (Mazzoni, 1985).

La depositación de piroclastos tuvo lugar en planicies de escaso relieve, donde se implantaron también cuerpos lacustres y palustres de agua dulce (Piatnizky, 1942), y cursos fluviales meandri-formes temporarios (Spalletti y Mazzoni, 1977).

El transporte de los materiales fue básicamente eólico, habiéndose acumulado subaéreamente, como lo demuestran las numerosas evidencias de paleosuelos.

Además de éstos, es posible observar en los afloramientos citados más arriba, la presencia de pequeños nódulos de manganeso. Se le atribuye edad eocena.

c. Formación Patagonia.

Esta formación se presenta, relativamente expuesta hacia el este de la zona. Sus afloramientos son observables en los bordes de los cañadones, que tributan al río Senguer, siendo cubiertos hacia el oeste por los depósitos de la formación Santa Cruz a través de un pasaje gradual e insensible.

Los sedimentos correspondientes a esta ingresión ocupan las barrancas de ambas márgenes del río Senguer, donde se lo reconoce desde el lugar conocido como la Confluencia hasta más de veinte kilómetros aguas arriba.

Litológicamente constan de areniscas finas grises y pardas de estratificación entrecruzada, lentes limo arcillosos e intercalaciones en distintos niveles de grandes bancos fosilíferos, con abundante material paleontológico.

Si bien la transgresión atlántica cubrió una muy amplia faja costanera en Santa Cruz y Chubut, fue justamente en el límite entre ambas provincias donde el mar experimentó una mayor penetración hacia el occidente, debido al previo desarrollo de la cuenca desde tiempos jurásicos, cretácicos y paleocenos. En ella el suministro de materiales fue

sensiblemente diferente al de la cuenca San Julián - Santa Cruz, en donde el **Patagoniano** superior (miembro Monte León), posee mayor proporción de sedimentos piroclásticos que el **Juliense**. Por el contrario en la cuenca del golfo de San Jorge, se aprecia que son los tramos inferiores los enriquecidos en tales materiales. Sin duda y como lo adelantara Windhausen (1924), el principal factor actuante, radica en el retrabajo de las tefras de la Formación Sarmiento por parte de la transgresión, sin descartar la continuidad decreciente del aporte primario volcánico (Bellosi, 1988).

Hacia la parte superior, en la región de la Cuenca del Golfo de San Jorge, se producen cambios de facies, en el espesor y en el carácter genético de los depósitos constituyentes de esta formación.

A través del análisis de perforaciones de YPF los sedimentos de la Formación Patagonia constituyen en la región de Río Mayo, la prolongación hacia el noroeste de la ingresión del **Patagoniano** en la cuenca. Este hecho ya fue propuesto por Ramos (1982), quien conecta las exposiciones de Río Senguer con la cuenca del Golfo de San Jorge, a través de un estrecho canal que atraviesa nuestra zona de trabajo. Consecuentemente, la depositación de la Formación Patagonia (Oligoceno sup. Mioc.?), en el suroeste de Chubut estaría circunscripta a un estrechamiento hacia el rincón

noroccidental, delimitado al sudoeste por la Península Deseado (Windhausen, 1931), y al norte por la Protopatagonia (Camacho, 1967), que se mantuvo elevada desde el Paleoceno al Mioceno. (Sciutto, 1981).

d. Formación Santa Cruz.

Conforma un complejo sedimentario de potente espesor, desarrollado en aparente concordancia sobre la Fm. Patagonia. Se trata de sedimentitas continentales, sensiblemente horizontales, formando el cuerpo de las mesetas y la base de todo el manto de rodados. Sus afloramientos se observan en las barrancas, donde los ríos y arroyos han erosionado y provocado el desgarramiento de los extensos mantos de grava que las cubren. Los más importantes se hallan sobre ambas márgenes del Río Mayo, y también constituyendo paredones y cornisas en los cañadones labrados en el cuerpo de la meseta. Su continuidad se presenta desde unos kilómetros al oeste del río Senguer hasta el sector occidental del área, llegando en algunos casos a tener espesores superiores a 200 metros (observables en los registros de perforaciones).

Se compone de areniscas y tobas de granulometría variable, clastos subredondeados, con importantes estructuras internas y tonalidades rojizas y amarillentas. Presenta bancos de tobas areno-

sas que en algunos casos llegan a 15 ó 20 metros de espesor, separados por intercalaciones de materiales limoarcillosos. En algunos casos, bancos conglomerádicos se suceden alternativamente en todo el espesor de la formación.

En algunos sectores, se aprecian potentes bancos psamíticos, con marcada estratificación diagonal de origen eólico (Lomas del Faquico), con granulometría uniforme y buena selección.

Se le atribuye a todo el conjunto edad miocena.

e. Niveles Terrazados.

Sobre una superficie discordante, labrada sobre los sedimentos de las dos formaciones pre-descriptas, se extiende un manto tabular, psefítico, no consolidado, con una ligera inclinación al este y que en forma gradual suaviza insensiblemente las planicies que va cubriendo. El más antiguo es el segundo nivel, siendo el que corona la Sierra del Portezuelo, la Meseta del Guenguel y la Sierra del Carril. Constituye un material retransportado de niveles superiores ubicados al oeste. El tercer nivel de rodados es el que conforma la totalidad de la cubierta del cuerpo mesetiforme de menor altitud. Este manto de grava y arenas, como retransporte de niveles más elevados, es de reducido espesor, salvo en aquellos lugares donde ha habido una

mayor acumulación, por efectos del transporte.

Estos materiales con origen en el sector cordillerano, presentan una gran variedad litológica, con predominio de la asociación volcánica sobre los restantes tipos litológicos. En la porción superior, estas gravas se encuentran cementadas por material calcáreo. Estos carbonatos contribuyen a la consolidación de los depósitos.

f. Depósitos modernos.

Dentro de este grupo se incluye a todos aquellos sedimentos que ocupan tanto los pisos de los valles como los bajos en general. Entre los materiales presentes en los aluviones, existen limos, arcillas y arenas, además de rodados que rellenan actualmente sus lechos.

Los bajos poseen su fondo ocupado por lagunas salitrosas, secas durante el verano y que han servido como lugar de deposición de las sales disueltas en su camino, por los arroyos que los alimentan.

Asimismo, favorecidos por los vientos predominantes del oeste, se están generando montículos arenosos y extensas "plumas", que van tomando cuerpo paulatinamente por la continua desagregación de las partículas areniscas, pertenecientes a la Formación Santa Cruz, que afloran en las barrancas.

2. GEOMORFOLOGIA.

Los sedimentos aflorantes en la mayor parte de la región, presentan una disposición tabular y se hallan cubiertos ininterrumpidamente por mantos de rodados caracterizados por una morfología muy particular. Las extensas mesetas, son disectadas por ríos que han excavado sus cauces por efecto de erosión retrocedente, junto con el paulatino levantamiento de los niveles mesetiformes. Estos ríos se encuentran en estado de madurez, excepto algunos afluentes en los primeros tramos de su recorrido; esto ocurre muy cerca de sus cabecezas, al oeste de la zona.

La escasez de corrientes de agua y los bajos valores de precipitaciones, hacen que en la zona se presente un único colector importante, el río Mayo, el cual nace fuera del área de trabajo y recibe en ésta, la descarga del río Guenguel por el sur. Solamente algunos arroyos originados en el Tercer Nivel Terrazado se convierten en tributarios estacionales del río Senguer. En los cañadones menores, durante la mayor parte del año no hay circulación de aguas.

El Segundo Nivel de Terraza constituye un rasgo geomórfico insuliforme, como en la meseta del Guenguel ubicada al suroeste y la Sierra del Carril más al sur. Dichas geoformas configuran aislados remanentes de rodados sobre la

Formación Santa Cruz. Los procesos de erosión y formación del Tercer Nivel que cubren la mayor parte de la zona, no lograron nivelar totalmente la superficie sobre la cual actuaban. La pendiente general es oeste-este con valores comprendidos entre 5 y 10 m/Km. La horizontalidad de los terrenos infrayacentes (F. Patagonia y Santa Cruz), constituyeron factores propicios para la formación de estos extensos mantos de grava a lo cual se suma la fácil disgregabilidad de dichos terrenos. En algunos casos estos mantos de grava suelen deslizarse en los bordes de los cañadones, cubriendo parcialmente las pendientes.

Los depósitos glaciarios se hallan ausentes, estando solamente representados depósitos morénicos, por un pequeño remanente ubicado sobre el arroyo Chalia, reconocidos por sus caracteres texturales y la presencia de bloques erráticos.

La fuerte acción eólica a que es sometida la región, también aporta al paisaje características particulares, con el desarrollo de crecientes acumulaciones medanosas. Estas son observables desarrollándose ampliamente en las márgenes del río Mayo al oeste, como así también en el sector sur de la zona, cercano a la Meseta del Guenguel.

Completan el panorama los bajos de comportamiento endorreico, con desarrollo de lagunas o

salinas en su porción más deprimida.

3. ESTRUCTURA.

El área de trabajo es coincidente con el sector occidental de la cuenca sedimentaria del Golfo de San Jorge. Durante el Cretácico Superior y el Cenozoico, esta cuenca se comportó como una depresión amplia con moderada subsidencia, acorde con el momento de evolución geotectónica de la misma.

Se trata de una depresión elongada en sentido este-oeste, cuyos espesores se van adelgazando gradualmente hacia el norte y el oeste. Dentro de este marco, la existencia de altos basamentales (liásicos), hacen sentir su influencia, traducándose en una disminución de espesores coincidente con dichos altos (Cayeli, Lomas del Faquico, Sierra del Carril). Es así que para la base de la Formación Patagonia, presenta una forma de cubeta, con el sector más deprimido ubicado en las cercanías del río Mayo, siendo su eje elongado coincidente con la dirección del mismo. En sentido meridiano, presenta hacia el sur una regular pendiente en la Sierra del Carril, mientras que hacia el norte ésta es mucho más atenuada. La estructura de la Sierra de San Bernardo, limita el desarrollo de la Formación Patagonia y Formación Santa Cruz, ya que

estos niveles se encuentran erosionados casi en su totalidad en el borde oriental. Las sedimentitas marinas muestran un brusco cambio y un elevado gradiente, producto del levantamiento de la Sierra de San Bernardo ubicada más al este. Cabe recordar el afloramiento de terrenos cretácicos en las barrancas del río Senguer.

4. HIDROGEOLOGIA.

Nos referiremos a continuación la geología del agua subterránea, con énfasis predominante en su desarrollo para los términos del terciario medio a superior.

Las características hidrogeológicas de superficie y subsuelo se describen en base al plano geológico y a la interpretación de perfiles geofísicos de perforaciones petrolíferas, tanto en pozos de exploración como de explotación. Observaciones directas efectuadas en el campo por los autores, como así también el valioso aporte de diversos investigadores que realizaron tareas en la zona complementan la información obtenida.

Se propone designar como **Acuífero multiunitario Río Mayo** al conjunto de rocas componentes de las Formaciones Patagonia, Santa Cruz, manto de Rodados Patagónicos y depósitos aluviales y coluviales que se hallan presentes, desde un punto de vista hidrogeológico (fig. 2).

El conjunto constituye un potente espesor de materiales y ambientes geológicos diversos, con condiciones para la recarga, almacenamiento, conducción y descarga de las aguas subterráneas de esa región. La marcada anisotropía local que puede presentar el sistema, no es impedimento para que a escala regional pueda ser considerado en algunos sectores como homogéneo e interconectado hidráulicamente. Las características hidroestratigráficas e hidrolitológicas de este conjunto le confieren un comportamiento hidrodinámico muy particular. Los depósitos modernos y manto de rodados configuran, para las aguas circulantes, un "flujo local" de corto recorrido. Estas están limitadas a una recarga autóctona directa, con infiltración prevalente durante la temporada invernal, flujo de corta extensión y aparición en superficie a través de manantiales o mallines. En algunos casos también ocupa la porción cuspidal de la Formación Santa Cruz, sobre todo cuando se halla desprovista de cobertura de rodados. El "flujo subregional" se halla limitado a la circulación de las aguas subterráneas en el ámbito de la Formación Santa Cruz. El carácter fluvioeólico de sus depósitos ofrece marcados cambios faciales, determinando que los mismos produzcan interrupciones en el sentido de escurrimiento, originando sectores de descarga. Los depósi-

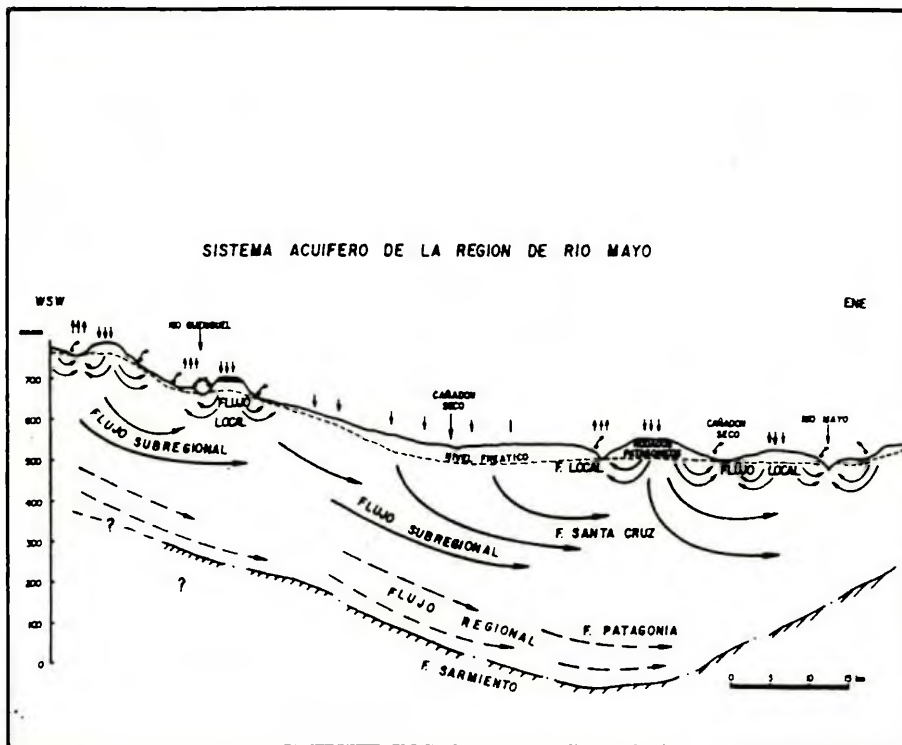


Figura 3: Sistema acuífero de la región de Río Mayo.

tos infrayacentes, correspondientes a la Formación Patagonia de génesis marina, presentan en cambio una continuidad muy marcada de los paquetes de areniscas. Pueden seguirse a través del análisis de los perfiles eléctricos de pozos, por varios kilómetros. Su relativa permeabilidad y extensión lateral, permiten determinar para la sección inferior del sistema multiunitario, un "flujo regional", con recarga a través de los niveles suprayacentes por filtración profunda. Probablemente reciba además recarga alóctona

(fig. 3), desde el sector occidental, donde el régimen de precipitaciones es mayor.

Todo el sistema en su conjunto presenta variaciones de espesor, condicionados principalmente por la forma de cubeta que presenta la cuenca (fig. 4) y sus rasgos topográficos. Los mayores espesores se hallan en el sector sudeste donde alcanzan valores cercanos a los 300 m, en la porción central inmediatamente al norte del río Mayo, con valores similares al anterior, solo reducidos en el "alto de Cayelli" (alto

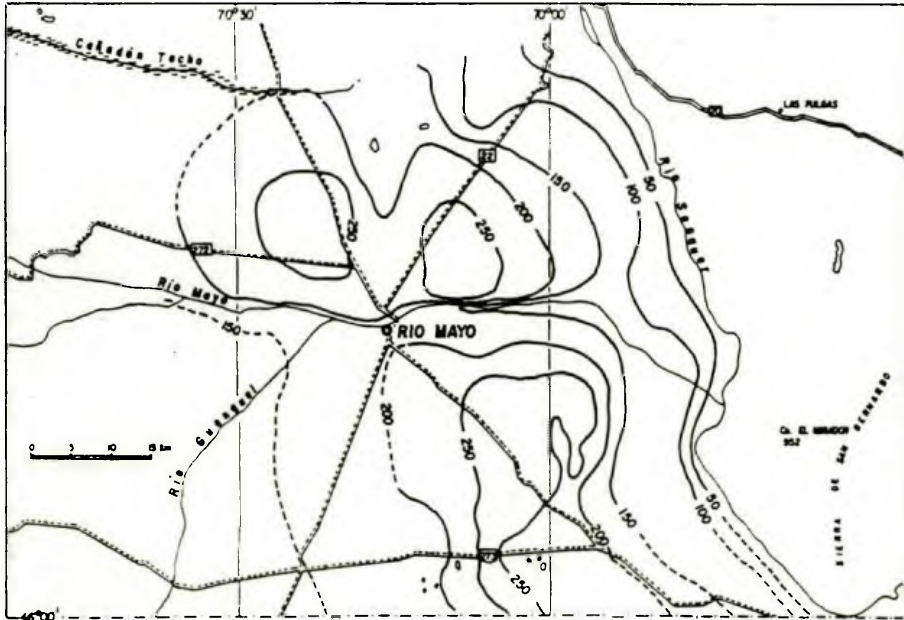


Figura 4: Acuífero multiunitario Río Mayo. Plano isopáquico del espesor útil.

jurásico preexistente). Es de hacer notar que en el extremo sudeste estos espesores se continuarían hacia la provincia de Santa Cruz, ya fuera del área de estudio.

En el plano hidrogeológico que se adjunta (fig. 5), se han marcado para señalar la dirección de escurrimiento, únicamente los ejes principales del movimiento del agua subterránea. Las curvas isofreáticas se han construido en base a una equidistancia de 25 metros, limitadas por la cantidad de pozos existentes y la escala del plano, destacando las probables

áreas de recarga, conducción y descarga.

La dirección del escurrimiento subterráneo al norte del río Mayo, es aproximadamente oeste-este sufriendo una inflexión en el sector oriental hacia el sudeste. El sector sur se caracteriza por una dirección de flujo sudoeste-noreste, con descarga final bien en el río Mayo o en el Cañadón del Carril. En el límite sudeste del rea, el flujo es marcadamente noroeste-sudeste, originando gran cantidad de manantiales sobre la margen derecha del río Senguer.

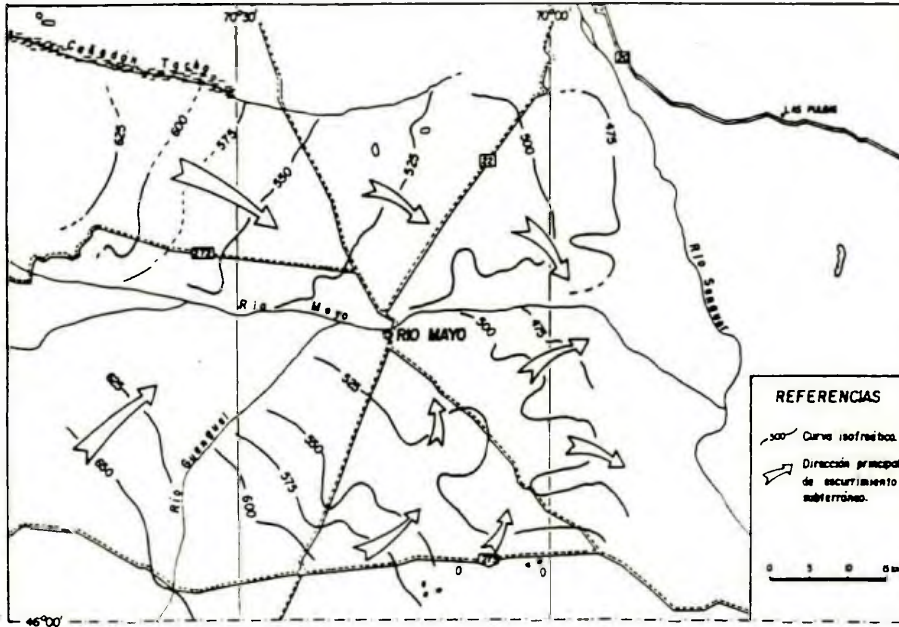


Figura 5: Acuífero multiunitario Río Mayo. Plano isofreático (febrero de 1991).

Asimismo va dando lugar a la formación de lagunas de descarga de gran magnitud en bajos ubicados sobre el manto de rodados, fuera ya del área de trabajo.

La recarga más importante se produce en el sector occidental, donde las precipitaciones son mayores, ingresando al sistema a través del flujo regional. Existen zonas de recarga (Meseta del Guenguel, Lomas del Faquico), vinculadas a mayores alturas topográficas, o como en el caso de la divisoria Cañadón Seco - Cañadón del Carril, donde un fino tapiz

de material eólico cubre y se mezcla con el manto de rodados, aumentando las posibilidades de infiltración y evitando la evaporación temprana de las aguas precipitadas. En estas zonas llanas dada la elevada permeabilidad de la cubierta de rodados y la escasez de cursos que permitan evacuar las aguas de precipitación a otras áreas, se produce una activa recarga hacia la capa freática. Es de destacar que la cementación carbonática en las capas de rodados, a pesar de su dureza, permite la filtración vertical del

agua a niveles más profundos, ayudada probablemente por permeabilidad secundaria. Si bien se han observado encharcamientos que ocurren sobre el manto de rodados, es muy factible la existencia de sectores preferenciales de infiltración y recarga, promoviendo de esta manera una llegada rápida a los niveles saturados del subsuelo.

El gradiente hidráulico presenta algunas variaciones. En el sector septentrional, desde el extremo oeste, donde se ubican las mayores alturas de la capa freática (625 m.s.n.m.), y hasta el extremo oriental donde la cota alcanza un valor de 475 m.s.n.m., el gradiente posee un valor medio de $2,4 \cdot 10^{-3}$ para una extensión de 62 km. En cambio para el sector ubicado al este de la Meseta del Guenguel, los gradientes aumentan, hasta $1 \cdot 10^{-2}$. En este último sector también se encuentran las mayores profundidades del nivel freático (38 metros). Para el resto de la zona el espesor no saturado varía entre 4 y 30 metros, estando más cercanos a superficie los niveles estáticos correspondientes a la zona ubicada al norte del río Mayo.

Existen lagunas temporarias de muy poca profundidad. Se ubican mayormente en bajos sin salida, o alineados en los ejes de los cañadones. Por lo general están secas y cubiertas por una delgada película de sales. En otros casos contienen agua, inclu-

so en períodos de escasa precipitación (primavera-verano) y fuertes vientos (alto poder evaporante de la atmósfera). En el último caso, están relacionadas directamente a zonas de descarga de aguas subterráneas, donde hay sectores de menor permeabilidad o donde la superficie freática es interceptada topográficamente, provocando su aparición en superficie.

En otros sectores es importante destacar la presencia de una cantidad considerable de manantiales de diferente orden en lo que se refiere a sus caudales. Se detectaron líneas de afloramientos de aguas subterráneas en los bordes de los cañadones, principalmente sobre el flanco oriental, dando lugar a numerosos mallines. Generalmente estos manantiales se ubican en el contacto de las capas de rodados y la Formación Santa Cruz, o en los términos intermedios de ésta última; a veces cuando se halla ausente lo hacen en los niveles de la Formación Patagonia, (Estancia Pérez - Cañadón Tacho).

Los datos de ensayos de bombeo son escasos o nulos. En la mayoría de las perforaciones realizadas tanto para la industria petrolera como para la actividad ganadera, no se los ha tenido en cuenta, a pesar de la gran importancia que poseen. Generalmente tampoco se les ha realizado un análisis químico, habiéndose hecho en muchos casos una rápida determinación organoléptica

para poner en funcionamiento un molino. Esto ha hecho difícil estimar los parámetros hidráulicos del sistema, hasta contar con ensayos de bombeo apropiados. Solamente se hará mención de un ensayo, realizado para un pozo ubicado en Río Mayo y construido por una empresa particular en junio de 1988. El mismo, con una profundidad de 75 metros, arrojó un caudal de $11,8 \text{ m}^3/\text{hora}$ para una depresión de veinte metros, luego de doce horas de operación. La obra de captación posee un total de 20 metros de filtro, ubicados en forma alternada. La capacidad específica obtenida fue de $13,6 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}$, teniendo el agua una conductividad de $578 \mu\text{mho}/\text{cm}$.

El conjunto de formaciones más antiguas, ubicadas por debajo de la Formación Río Chico (incluso algunos niveles algo arenosos de ésta), aportan en algunos casos, cantidades de agua, que son aprovechadas por la industria petrolera. Si bien no se tienen datos de caudales o de análisis químicos de las mismas, por comunicaciones verbales, se conoce que en todos los casos se trata de aguas salobres. La profundidad, imposibilidad de acceso y el probable carácter químico de las mismas, hace que no se las haya investigado en el presente trabajo.

5. HIDROQUIMICA.

Los resultados de los análisis químicos de las muestras de agua son indicados en la Tabla I.

Los procesos más importantes que colaboran en la composición química del agua en la zona y que proveen una importante información en cuanto al modelado del sistema acuífero, se pueden resumir en:

- Leve aumento de salinidad.
- Concentración por evaporación.
- Disolución de calcio.
- Ablandamiento en sentido de flujo.
- Leve incremento de cloruros.

Los valores de residuo seco de las aguas, muestran en general, contenidos muy bajos, en su mayoría comprendidos entre 150 y 600 ppm y representan aguas de buena calidad. Solamente tres muestras de agua (8, 11 y 31) exceden estos valores y corresponden a zonas de descarga. Estas aguas se hallan afectadas por un mayor tiempo de contacto agua-sólido dentro de la formación Santa Cruz y principalmente por el efecto de la elevada evapotranspiración, en su salida a superficie. Las curvas isosalinas corroboran este comportamiento, con una densificación en la por-

Tabla I: Análisis químico de muestras de agua del área de Rio Mayo.

MUEST.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ + K ⁺	CO ₃ H ⁻	SO ₄ ⁻	CL	RESIDUO SECO	Ph	DUREZA	ICB
1	1.400	0.738	1.290	2.848	0.084	0.420	290	7.8	105	-2.07
2	1.650	0.738	2.623	3.600	0.210	0.700	380	8.45	119	-2.74
3	2.000	1.312	0.430	1.776	0.168	1.680	290	8.10	166	-0.74
4	1.500	0.984	1.892	3.392	0.336	0.560	370	8.10	124	-2.37
5	1.350	0.738	1.677	3.280	0.168	0.224	350	7.95	103	-6.64
6	1.100	1.066	0.946	2.576	0.126	0.420	290	7.70	111	-1.26
7	1.500	0.820	1.290	2.848	0.294	0.364	310	7.80	114	-1.29
8	5.000	2.624	2.795	5.760	1.386	2.968	920	8.10	380	+0.06
9	1.919	1.515	4.324	4.230	1.429	2.099	557	7.50	172	-1.06
10	0.606	0.808	4.297	3.960	0.714	1.037	434	7.30	71	-3.14
11	1.111	1.010	9.951	4.860	2.449	2.963	828	8.80	106	-2.36
12	1.212	0.808	0.902	2.700	0.000	0.222	228	7.00	101	-3.06
13	1.414	0.707	1.338	2.880	0.184	0.395	267	7.00	106	-2.39
14	1.313	0.808	1.030	2.880	0.000	0.271	246	7.10	106	-2.80
15	1.010	0.909	2.715	1.890	0.408	0.716	302	8.90	96	-2.79
16	1.717	1.212	2.909	4.050	0.449	0.889	430	8.30	147	-2.27
17	1.313	1.111	4.154	5.400	0.265	0.913	470	7.20	121	-3.55
18	2.020	1.313	3.561	3.600	0.408	1.086	470	8.40	167	-2.28
19	1.818	1.616	3.935	4.590	0.449	1.160	525	8.20	172	-2.96
20	2.070	1.767	1.640	4.410	0.326	0.741	411	7.30	192	-1.21
21	1.414	1.212	1.720	4.050	0.000	0.296	341	7.10	131	-4.81
22	1.212	1.212	5.383	6.300	0.347	1.160	605	7.20	121	-3.64
23	0.707	0.404	0.886	1.800	0.000	0.197	156	7.20	56	-3.50
24	2.020	1.111	0.954	3.690	0.000	0.395	315	7.30	157	-1.41
25	0.909	0.404	3.532	3.240	0.388	1.037	363	8.20	66	-2.40
26	0.960	0.859	2.513	3.300	0.286	0.716	329	7.30	91	-2.51
27	1.768	1.262	3.250	4.950	0.367	0.963	479	7.60	152	-2.37
28	1.212	0.808	2.033	3.150	0.286	0.617	308	6.90	101	-2.29
29	1.919	1.313	2.464	4.320	0.388	0.988	429	7.70	162	-1.49
30	1.414	1.111	2.933	4.140	0.429	0.889	415	7.30	126	-2.30
31	5.151	4.141	17.430	18.900	2.143	5.679	2014	7.00	465	-2.07
32	1.414	1.111	3.202	4.770	0.184	0.593	442	8.20	126	-4.40
33	1.212	0.808	1.294	2.520	0.163	0.271	246	8.30	101	-3.37
34	0.909	0.606	1.535	2.340	0.265	0.444	232	6.80	232	-2.46

ción centro-oriental. Esta última también es coincidente con los mayores valores de la relación dureza/profundidad, donde las muestras 8 y 31 corresponden a las más duras con valores de 380 y 456 ppm respectivamente.

Las aguas bicarbonatadas constituyen el tipo dominante en la zona. Los valores correspondientes a la relación $r\text{CO}_3\text{H}^-/\text{Cl}^-$ muestran un proceso de concentración para las aguas subterráneas, en el mismo sentido de circulación, con un incremento en el contenido de cloruros que se manifiesta principalmente en el sector septentrional. Las isolíneas que en el sector oeste llegan a tener valores de 9, poseen en el sector oriental menos de la mitad, coincidiendo con el incremento de salinidad en esa dirección.

La relación $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, es útil para resaltar los fenómenos que conducen a una disolución preferente de calcio o de sodio. Los valores mayores a 1 indican un predominio de la alteración de silicatos sódicos sobre los carbonatos, y aparecen generalmente en zonas de baja dureza y de aumento en el contenido de cloruros. Se observa la concentración de valores superiores a 2 nuevamente en el sector centro-oriental, y algo más atenuado en la parte sur, donde se corresponde con aguas del "Flujo Subregional", es decir circulando preferentemente en materiales de la Formación Santa Cruz.

$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$, se incrementa hacia el este donde las muestras 10 y 11 toman los mayores valores. La circulación de estas aguas se halla mayormente circunscripta a la Formación Santa Cruz, con un grado de evolución hidroquímica mayor. Probablemente la precipitación de calcio y disolución de sodio afecte esta relación, provocando su incremento.

La interpretación hidroquímica de estas aguas y el análisis del diagrama de Piper, han permitido definir tres tipos o familias principales la cuales se describen a continuación.

a. Familia I (muestras 1-3-6-7-8-12-13-14-20-24-33).

Corresponden a aguas de circulación preferentemente en el manto de rodados, donde los altos tenores de calcio y magnesio están dados por la disolución del cemento carbonático que afecta a dichos rodados. Son aguas de poca profundidad. Una excepción es la muestra 33, obtenida del río Mayo en su paso por la localidad homónima. Dicho curso recibe aportes de numerosos manantiales que drenan desde las barrancas en gran parte de su recorrido.

En general se trata de aguas bicarbonatadas-cálcicas que evolucionan a bicarbonatadas-cloruradas-cálcicas (muestras 3 y 8). Estas últimas poseen los valores más altos de ICB (-0,74 y 0.06) y además mayores concentraciones

de magnesio, que pueden deberse tanto a la disolución de este catión contenido en el cemento de los rodados como a la alteración por ataque a silicatos magnésicos y ferromagnésicos de los mismos rodados. La elevación del contenido de cloruros en la muestra 3 se debe seguramente al mayor tiempo de tránsito en tales materiales.

b. Familia II (Muestras 2-5-9-15-16-18-19-21-23-26-27-28-29-30-32)

Constituyen la variedad dominante. Son aguas bicarbonatadas-cálcicas-sódicas. Comprenden aguas de mezcla en terrenos formados por rodados y sedimentos de la Formación Santa Cruz. Son de buena calidad, donde los procesos de intercambio iónico determinan una mayor o menor dureza, evolucionando a aguas de relativa mayor salinidad (muestra 9), sin dejar de constituir un agua potable. Los procesos de ablandamiento en sentido del flujo, pueden en algunos casos deberse al efecto de mezcla de aguas, siendo acompañado a veces con un aumento del pH (muestras 15, 23 y 25). Cabe aclarar que la muestra 23 corresponde al río Guenguel, de característica efluente en el sector sudoccidental donde nace a partir de numerosos manantiales y mallines que lo alimentan.

c. Familia III (muestras 10-11-17-22-25-31)

Son aguas circulantes en los materiales de la Formación Santa Cruz, correspondientes en su mayoría al "Flujo Subregional", comprendiendo aguas bicarbonatadas-sódicas y vinculadas a sectores de descarga, con incremento de salinidad por evaporación en mallines o cañadones de descarga o en pozos de poca profundidad.

La muestra 34 perteneciente a un pozo ubicado sobre una terraza del río Senguer, en el extremo nororiental del área, no se corresponde con ninguna de las tres familias descritas más arriba, si bien en el diagrama de Piper se encuentra en la Familia II. Posee condiciones hidrogeológicas algo distintivas y menor pH. Es una muestra de agua bicarbonatada-sódica, relativamente joven, de recarga local autóctona, con circulación en materiales granulares de buena permeabilidad, exenta de cemento carbonático y con un sustrato impermeable correspondiente a la Formación Río Chico.

La imposibilidad de tomar muestras de aguas profundas, en esta oportunidad, ha impedido caracterizar desde el punto de vista hidroquímico a las aguas correspondientes al "Flujo Regional", circulante en los niveles de la Formación Patagonia. Esto determinaría la existencia de al menos una cuarta familia de aguas

y de características más salobres.

De las observaciones realizadas surge que la mayor parte de las aguas son de buena calidad, estando restringidas las de menor calidad a bajos y/o zonas de descarga. A estos últimos sectores llega el agua subterránea, a veces luego de un prolongado contacto con los sedimentos portadores. A la vez se produce allí un enriquecimiento de sales por evaporación, que da lugar a salitrales y en las depresiones mayores a salinas, algunas explotadas para consumo doméstico.

6. CONTAMINACION DE LAS AGUAS.

Una posibilidad de contaminación del sistema acuífero en algunos sectores, es el volcado de residuos asociado a la perforación y explotación petrolífera. La vinculación a derrames y/o piletas de inyección no impermeabilizadas pueden traer aparejada la introducción de estos contaminantes en la zona de conducción del agua subterránea, provocando la inutilización de áreas mucho mayores, con escasa posibilidad de recuperación de los sectores polucionados a un costo accesible. La muestra de agua 27 (molino Mata Magallanes), revela la presencia de hidrocarburos en la capa freática, con un contenido de 0,23 mg/l (contenido total no discriminado), lo cual hace imperiosa la necesi-

dad de realizar un trabajo de detalle, tendiente a definir el grado de contaminación en que se encuentra el acuífero en ese sector, como así también determinar el origen o la fuente de contaminación. En las cercanías del pozo de agua citado se hallan locaciones petroleras.

Otra forma de contaminación, lo constituye la infiltración en el sistema acuífero de aguas servidas que aportan un contenido bacteriológico de alta peligrosidad en el agua subterránea. El análisis bacteriológico realizado por la Cátedra de Microbiología de la Universidad Nacional de la Patagonia la muestra 28, revela la presencia de bacterias coliformes (NMP 1.100 y reacción *Escherichia coli* positiva); la muestra fue colectada en el pozo de agua perteneciente a un hotel de la localidad de Río Mayo. Estos valores denotan un alto grado de polución, lo cual lleva a plantear la necesidad de efectuar análisis periódicos en las aguas subterráneas en el pueblo, desaconsejando su uso o bien procediendo a un tratamiento previo para su consumo.

Los problemas de contaminación por descomposición orgánica ya fueron planteados anteriormente (González, 1978), en base a la presencia de nitritos y reacción positiva al amoníaco, asignando su origen a la escasa profundidad de los niveles freáticos en núcleos poblados y su contaminación directa con pozos ciegos.

CONCLUSIONES

Las características hidroestratigráficas e hidrolíticas, que comprenden los términos desde el Terciario medio, (Formación Patagonia), hasta depósitos modernos, conforman desde el punto de vista regional una cuenca hidrogeológica elongada en sentido este-oeste y abierta hacia el sector sudoriental, con importantes reservas de agua subterránea.

Las características granulométricas de las formaciones involucradas, como así también su génesis, continuidad y/o cambios de facies, llevan a definir dentro del premodelo hidrogeológico propuesto, al **Acuífero Multiunitario Río Mayo**, con tres subsistemas de flujo: **Local**, **Subregional** y **Regional**, vinculados principalmente a los tipos de terrenos donde circulan y al tiempo de tránsito en los mismos.

Las aguas subterráneas de la región presentan en general, un contenido químico que las define como de muy buena calidad; principalmente bicarbonatadas-cálcicas y bicarbonatadas-sódicas, agrupándose en tres familias, que se corresponden con dos de los subsistemas de flujo y la tercera con una mezcla de ambos.

El análisis multivariado realizado sobre el total de las muestras de agua con análisis químico, ha evidenciado varias correlaciones

existentes entre los distintos iones interactuantes en estas aguas, corroborando asimismo su agrupamiento en tres familias.

Cantidades de agua infiltradas durante el período invernal (aguas de recarga local) o aquellas provenientes del oeste (flujo regional), se pierden por evaporación tanto en los bordes laterales de los cañadones de descarga, como en los mallines, con el agravante de la paulatina salinización de éstos últimos por los procesos de evaporación. Ello provoca la inutilización y posterior erosión de las depresiones y un incremento en los tenores de concentración salina. Un manejo adecuado de estos sectores, podría impedir la fuga de gran parte de las aguas que se pierden por evaporación.

Estudios más detallados con ensayos de bombeo incluidos y la realización de tareas tendientes a determinar el grado de afección provocado por la explotación petrolera, deberán ser los próximos pasos a encarar para lograr una mayor comprensión y conocimiento del sistema.

BIBLIOGRAFIA

- Bellosi, E. 1988. Litoestratigrafía y Sedimentación del "Patagoniano" en la Cuenca del Golfo San Jorge. Terciario de las Pcia. de Chubut y Santa Cruz. Tesis Doctoral n° 2072. Fac. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

M. Grizinik y S. Fronza: Geohidrología de la región de Río Mayo.

- Univ. Buenos Aires, 268 pp.
- Camacho, H. 1967. Las transgresiones del Cretácico Superior y Terciario de la Argentina. Rev. Asociación Geológica Argentina, 20 (4): 253-280.
- Coronato, R. & Del Valle, H. 1988. Características hídricas de las cuencas hidrográficas de la provincia de Chubut. CENPAT, (CONICET). Puerto Madryn, Chubut.
- Feruglio, E. 1950. Descripción Geológica de la Patagonia. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Buenos Aires, 1, 334 pp.; 2, 349 pp.; 3, 431 pp.
- González, R. 1971. Descripción Geológica de la hoja 49 c "Sierra de San Bernardo", Provincia del Chubut. Bol. Dir. Nac. Geol. y Minería, Buenos Aires, 112: 1-89.
- González, R. 1978. Descripción Geológica de las hojas 49a, "Lago Blanco" y 49b, "Paso Río Mayo", Provincia del Chubut. Bol. Servicio Geológico Nacional, Buenos Aires, 154-55: 1-45.
- Mazzoni, M. 1985. La Formación Sarmiento y el vulcanismo Paleógeno. Rev. Asociación Geológica Argentina, 40 (1-2): 60-68.
- Piatnitzky, A. 1942. Apuntes sobre la composición y estructura geológica del Golfo de San Jorge. Bol. Inf. Petrol., 19 (219): 49-63.
- Ramos, V. 1982. Las Transgresiones pacíficas del Terciario en el Norte de la Patagonia (Arg.). Actas Tercer Congreso Geológico Chileno, 1 (A): 262-288.
- Sciutto, J. C. 1981. Geología del codo del río Senguer, Chubut, Argentina. VIII Congreso Geológico Argentino, 3: 203-219.
- Spalletti, L. & Mazzoni, M. 1977. Sedimentología del Grupo Sarmiento en un perfil ubicado al Sudeste del Lago Colhué Huapí, Provincia del Chubut. Rev. Museo La Plata, Geol. 4: 261-283.
- Windhausen, A. 1924. Líneas Generales de la constitución Geológica de la región situada al Oeste del Golfo San Jorge. Bol. Acad. Nac. Ciencias, Córdoba, 27: 167-320.
- Windhausen, A. 1931. Geología Argentina. IIª parte. Ed. Peuser, Buenos Aires, 645 pp.

**CARACTERIZACION PETROLOGICA DE LAS ROCAS
BASICAS ALCALINAS DEL CERRO MESA, PROVINCIA
DEL CHUBUT.**

**Petrological studies of alcali basaltic rocks from Cerro
Mesa, Chubut Province, Argentina.**

Viviana I. Alric

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Geología. Centro Nacional Patagónico, Boulevard Brown 3700, (9120) Puerto Madryn, Provincia del Chubut, Argentina.

RESUMEN

Se presenta el estudio petrográfico y geoquímico de las rocas tescheníticas y basaníticas constituyentes del cerro Mesa, situado en las proximidades de la localidad de Cerro Cóndor, Departamento de Paso de Indios, basado en análisis de secciones delgadas y determinaciones de elementos constituyentes mayoritarios y trazas. Los datos obtenidos permiten inferir que se trata de rocas provenientes de un magma basáltico alcalino medianamente evolucionado, característico de zonas extensionales de intraplaca continental.

Palabras clave: Teschenitas, petrología, Chubut.

ABSTRACT

Petrological studies of teschenites and basanites of Cerro Mesa, near Cerro Cóndor, Departamento de Paso de Indios, were performed, based on thin sections and chemical analysis of major and trace elements. The

chemical analyses and petrographical features allow to infer that these rocks originated from a basaltic magma moderately evolved, which is typical of within plate magmatism related to extensional rifting processes.

Key words: Alkali basaltic rocks, petrology, Chubut.

INTRODUCCION

En el cañadón La Primavera, Departamento de Paso de Indios, Provincia del Chubut, aflora un pequeño cuerpo ígneo subvolcánico de composición basáltica alcalina denominado cerro Mesa. Esta geoforma es el exponente relicto de un pequeño lopolito cuyas dimensiones actuales no superan los 800 metros de diámetro y 90 metros de espesor. El mismo presenta intercalaciones basaníticas a modo de diques cuyos espesores oscilan entre 2 y 4 metros de potencia.

El cerro Mesa está situado en la Hoja Geológica 45c "Pampa de Agnia" descripta por Nullo (1983), quien define a estos afloramientos como **Basalto Vasconia**, ubicándolos en el Oligoceno. No existe al momento ninguna datación radiométrica para estos afloramientos.

Las rocas del cerro Mesa han sido clasificadas sobre la base de sus características mineralógicas y sus contenidos en elementos mayoritarios como teschenitas y basanitas (Alric et al., 1993).

En la meseta del Canquel y alrededores, al sudeste del área de estudio, el magmatismo basáltico alcalino se inició en el Eoceno (Formación El Canquel) con intrusiones básicas alcalinas (Miembro Lacoste) y sus representantes efusivos (Miembro El Riscoso) de acuerdo a Lema y Cortés (1987). Sobre las lavas se disponen depósitos fluviales y eólicos del Grupo Sarmiento, cubiertos e interdigitados en sus términos superiores con basaltos de la Formación Sierra Cuadrada, de edad oligocena-miocena (Etchart et al., 1960, según Lema y Cortés, 1987). Estos últimos constituyen cuatro niveles estructurales de coladas superpuestas, lateralmente continuos, de 6 a 30 metros de espesor, los cuales representan episodios periódicos de emisión lávica dentro de un ciclo volcánico mayor.

La meseta constituye un campo volcánico en el cual es posible reconocer más de veinticinco centros de emisión, repre-

V. Alric: Petrología del Cerro Mesa.

sentados por cráteres y aparatos volcánicos con distinto grado de preservación distribuidos en una clara alineación de dirección noreste. El Miembro El Riscoso está constituido por coladas lávicas superpuestas de basaltos olivínicos alcalinos, afíricos o con baja densidad de fenocristales de plagioclasa, vesiculares a amigdaloides con relleno ceolítico. El Miembro Lacoste está constituido por cuerpos de estructura lopolítica, dómica y espesos diques cónicos representados por gabros foidíferos olivínicos y diabasas olivínicas con analcima, de texturas granosas a ofíticas. Este Miembro, podría correlacionarse con la Teschenita Jeinemini (46 ± 3 m.a.) aflorante al norte del Lago Buenos Aires (Busteros y Lapido, 1983) y con las esexitas del río Carbón (46 ± 5 m.a. y 35 ± 5 m.a. (Riccardi, 1971, según Lema y Cortés, 1987).

Rocas de composición semejante aflorantes en los alrededores de los lagos Musters y Colué-Huapi, han sido descritas por Mortola (1923), Teruggi (1964), Fernandez Gianotti (1969), Viviers (1970), Villar (1975), Villar y Pezzutti (1976), Pezzutti y Villar (1978) y recientemente por Bitschene et al. (1991). Las mismas constituyen una serie de complejos intrusivos y subintrusivos alcalinos, predominantemente máficos asignados por sus relaciones estratigráficas al Oligoceno, posteriores a la Fm. Sarmiento y ante-

teriores a la Fm. Patagonia (Ferello, 1969)

MATERIAL Y METODOS

El cerro Mesa está situado sobre el borde norte del cañadón La Primavera, próximo a la localidad de Cerro Cóndor, accediendo al mismo por el camino vecinal que parte de la ruta provincial N° 12 hacia el casco de la estancia La Primavera (fig. 1).

Se realizó un muestreo representativo del afloramiento, obteniéndose las muestras para la realización de las secciones delgadas de roca y los análisis químicos.

Las secciones delgadas fueron estudiadas mediante técnicas convencionales de microscopía de luz polarizada.

Los análisis químicos de los elementos mayoritarios de las rocas en estudio fueron obtenidos por técnicas de fluorescencia de Rayos X en el laboratorio de Investigación y Desarrollo de la Empresa ALUAR S.A. (Puerto Madryn, Argentina). La determinación de los elementos trazas fue llevada a cabo mediante espectrometría de emisión de plasma en los Activation Laboratories L.T.D. (Ancaster, Canadá). En ambos sitios se utilizó como patrón internacional de referencia el MRG-1 de Canadian Certified Reference Materials Project (CCRM).



Figura 1: Bosquejo geológico y plano de ubicación.

RESULTADOS

A. PETROGRAFÍA

1. Teschenitas (0319 - 0519 - 0619 - 0719).

Microscópicamente, son rocas holocristalinas y granulares, de textura ofítica a subofítica de grano medio.

Los minerales esenciales son plagioclasas, piroxenos y olivino. Un alto porcentaje de la muestra está ocupado por ceolitas que han reemplazado feldespatos y feldespatoideos. Como minerales accesorios se mencionan apatita y calcita.

Las plagioclasas constituyen el 45% de la roca. Se presentan en cristales subhedrales cuyas dimensiones varían entre 0.5 mm y 4 mm. Algunos individuos presentan maclas polisintéticas tipo albita-carlsbad. Su composición corresponde a andesina (An43) con bordes y fracturas reemplazados por feldespato alcalino.

Los piroxenos constituyen el 15% de la roca, presentándose como cristales subhedrales a anhedrales, de color pardo liláceo con zonación concéntrica, que gradan a colores verdosos hacia los bordes. La composición de los mismos corresponde a titanoaugi-

V. Alric: Petrología del Cerro Mesa.

ta con bordes de aegirinaugita. En ocasiones se observan intercrecimientos de augita-feldespato. Algunos cristales de piroxeno presentan alteración en minerales opacos, probablemente magnetita poiquilítica.

El olivino constituye el 5% de la roca y se presenta en pequeños cristales euhedrales incoloros a pardo claro, fracturados y con un reborde de alteración constituido por iddingsita y óxidos de hierro.

Un alto porcentaje de los feldespatos ha sido reemplazado por ceolitas. Las mismas se presentan en grandes masas con hábito acicular y en abanico. La ceolita principal es natrolita, asociada a bajas proporciones de analcima. El porcentaje de ceolitas en la roca se estima en 30%.

Los minerales opacos se encuentran en escasa proporción (menos del 5%). Los mismos están representados principalmente por cristales esqueléticos y tabulares de ilmenita y magnetita.

Como minerales accesorios aparecen cristales prismáticos y aciculares de apatito que atraviesan a los minerales preexistentes, y esporádicamente calcita secundaria.

2. Limburgita (0219).

Microscópicamente la roca presenta textura porfírica en pasta hialofítica, constituida por fenocristales de olivino y cristales de

piroxeno inmersos en una mesotaxis vítrea.

El olivino constituye el 20% de la roca y se presenta en fenocristales euhedrales de hábito poligonal con tamaño variable entre 0,3 hasta 1 mm. de longitud. Su aspecto es límpido, aunque todos los individuos presentan un aro de reacción constituido por iddingsita de color pardo amarillento que, en los cristales menores, reemplaza totalmente al olivino.

El piroxeno constituye el 35% de la roca y se presenta en individuos subhedrales de hábito prismático corto, zonados, con macla simple y formando agregados radiales con macla de penetración. Sus dimensiones no superan los 0,5 mm, son incoloros a pardo claros y no presentan pleocroísmo. Su composición corresponde a augita diopsídica.

La pasta constituye el 40% de la roca y esta formada por vidrio de color pardo oscuro (sideromelano), acompañado de diminutas agujas de clinopiroxeno y abundante punteado de gránulos de mena de hierro.

Los opacos constituyen el 5% de la roca. Se presentan diseminados en cristales subhedrales de hábito poligonal a cúbico de óxidos de hierro, principalmente magnetita.

Como accesorios aparecen agujas de apatito. En escasa proporción se observan ceolitas y clorofacita como relleno de micro-

vesículas.

3. **Basanitas** (0419 - 0919).

Microscópicamente presentan textura porfírica en pasta granular hipidiomórfica con tendencia a ofítica de los feldespatos y feldespatoides, de grano fino a muy fino.

Están constituidas por fenocristales de olivino, cristales de piroxeno y pequeñas tablillas de plagioclasa, parches de feldespatoides y ceolitas, con opacos diseminados y apatito accesorio.

El olivino constituye el 15% de la roca y se presenta en fenocristales subhedrales incoloros, límpidos y fracturados. En bordes y fracturas se observa alteración con formación de bowlingita de color pardo verdoso.

Los piroxenos constituyen el 25% de la roca y se presentan en cristales euhedrales de hábito prismático corto, color pardo claro con tinte liláceo, frescos en su mayoría y con formación de biotita (4%) en ocasiones. Su composición corresponde a augita común y augita titanada.

Los minerales félsicos están representados por plagioclasas (25%), feldespatoides (10%) y ceolitas (15%).

La plagioclasa se presenta en pequeñas tablillas estiradas en todas direcciones, ofíticamente, con leyes de macla tipo albita, carlsbad y periclino y otra de difi-

cil interpretación. En general se presentan frescas, pero debido a su pequeño tamaño es dudosa su composición, la que ha sido interpretada como andesina, oligoclasa.

El feldespatoides se presenta en parches encerrando ofíticamente piroxenos, olivino y opacos. El mismo es incoloro, límpido y se presenta agrietado. De acuerdo a las características ópticas corresponde a nefelina.

Las ceolitas están representadas principalmente por parches de analcima, y, en menor proporción natrolita intersticial.

Los opacos constituyen el 10% de la roca y están diseminados en pequeños cristales subhedrales de hábito cúbico, correspondientes a magnetita.

Como accesorios se observan agujas de apatito y parches de calcita asociada a feldespatos.

B. GEOQUIMICA

Según su contenido en alcalis y la norma CIPW, las rocas son subsaturadas en silice, caracterizadas por un alto contenido en TiO_2 , Na_2O , K_2O (Tabla I) y nefelina normativa.

La norma CIPW se ha calculado en peso por ciento sobre base anhidra y recalculando el exceso de Fe_2O_3 a FeO , según Irvine y Baragar (1971). Los resultados se muestran en la Tabla II, donde es posible apreciar que los valores

V. Alic: Petrología del Cerro Mesa.

Tabla I: Muestras cerro Mesa. Análisis químico de elementos mayoritarios (% en peso), minoritarios (ppm) y trazas (ppm).

MUESTRA	319	419	519	619	719	919
SiO ₂	47,71	40,94	46,15	49,08	46,2	41,39
TiO ₂	1,75	2,46	1,94	1,59	2,33	3,27
Al ₂ O ₃	20,09	12,67	19,53	20,27	19,11	13,48
Fe ₂ O ₃ *	7,77	13,69	8,02	7,67	9,03	13,04
MnO	0,11	0,17	0,12	0,12	0,13	0,19
MgO	1,74	9,92	3,08	1,58	2,65	8,36
CaO	5,39	10,79	6,63	5,19	7,82	10,55
Na ₂ O	4,84	2,56	3,21	3,94	3,25	2,96
K ₂ O	3,75	1,08	4,64	5,29	4,14	1,47
P ₂ O ₅	0,85	0,86	0,76	0,51	1,31	1,67
LOI	4,06	2,62	3,37	3,67	3,75	1,84
TOTAL	98,06	97,78	97,45	98,91	99,72	99,12
Mg #	30,72	58,93	43,2	28,98	36,76	54,29
Zr/Nb	ERR	ERR	ERR	1,68	3,14	3,97
Rb/Sr	ERR	ERR	ERR	0,044	0,064	0,02
K/Rb	0	281	666	39	45	22
Ca/Yb	55,29	41,7	64,51	54,31	54,26	55,83
den	2,47	2,85	2,5	2,46	2,52	2,64
Cr	-10	240	11	-10	12	170
Ni	11	114	11	5	9	112
Co	12	46	14	13	18	42
Sc	2	21	4	2	4	19
V	11	97	31	9	38	89
Cu	38	39	67	39	72	43
Pb	8	8	5	6	4	2
Zn	40	71	62	64	81	77
Bi	-5	-5	-5	-5	-5	-5
Cd	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
W	34	38	31	71	36	30
Mo	2	-2	3	3	4	2
Zr				496	321	282
Rb	-30	34	62	60	81	17
Ce	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Ba	820	430	980	1200	810	570
Sr				1368	1257	871
Nb				295	102	71
Ta	7	3	7	12	6	4
Hf	4	6	5	7	5	5
Th	10	4,5	11	20	10	7,4
U	-0,5	2,1	2,9	5,8	-0,5	-0,5
La	77	49	82	100	86	63
Ce	120	88	140	170	140	110
Nd	35	6	37	50	46	40
Sm	5,9	8,3	6,8	7,2	8,2	7,3
Eu	2,7	2,4	2,8	2,8	3,2	3
Tb	-0,5	-0,5	1,2	1,3	1,7	1,6
Yb	2,17	2,11	2,17	3,13	2,58	1,97
Lu	0,43	0,29	0,35	0,48	0,45	0,36

V. Alic: Petrología del Cerro Mesa.

Tabla 2: Muestras cerro Mesa. Norma CIPW.

MUESTRA	319	419	519	619	719	919
or	22,2	6,4	27,4	31,3	24,5	8,7
ab	28,5	10,2	16,8	21,4	19,9	15,1
an	21,2	19,8	25,2	22	25,3	19,2
ne	6,8	6,3	5,6	6,5	4,1	5,4
C	0,3	0	0	0	0	0
di	0	22,6	2,2	0,3	3,9	17,8
ol	4,7	16,5	6	4,7	4,7	13,3
mt	4,7	5,7	5	4,5	5,6	6,9
il	3,3	4,7	3,7	3	4,4	6,2
ap	2	2	1,8	1,2	3	3,9

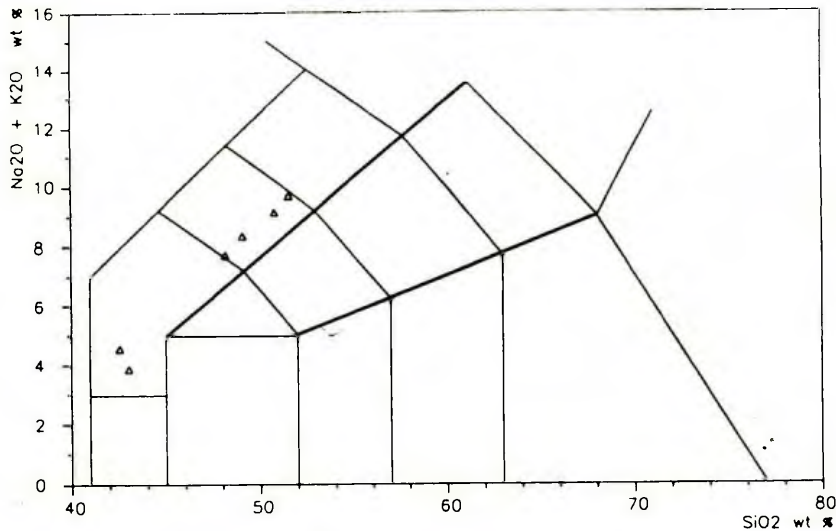


Figura 2: Diagrama álcalis totales vs. sílice. Campos definidos por Zanettin (1980).

obtenidos y comparados entre sí, indican que las teschenitas son más ricas en proporción de *or* y *ab*, mientras que las basanitas lo son en *di* y *ol*. Las proporciones de *ne*, *mt*, *il* y *ap* son semejantes para ambos tipos. Es destacable la alta proporción de *ne* en todas las muestras.

Graficadas en el diagrama álcalis versus sílice definido por Zanettin (1984), las muestras del cerro Mesa caen en los campos correspondientes a las basanitas y fonotefritas (equivalente a las teschenitas) (fig. 2).

La consanguinidad de las muestras en estudio está eviden-

V. Alric: Petrología del Cerro Mesa.

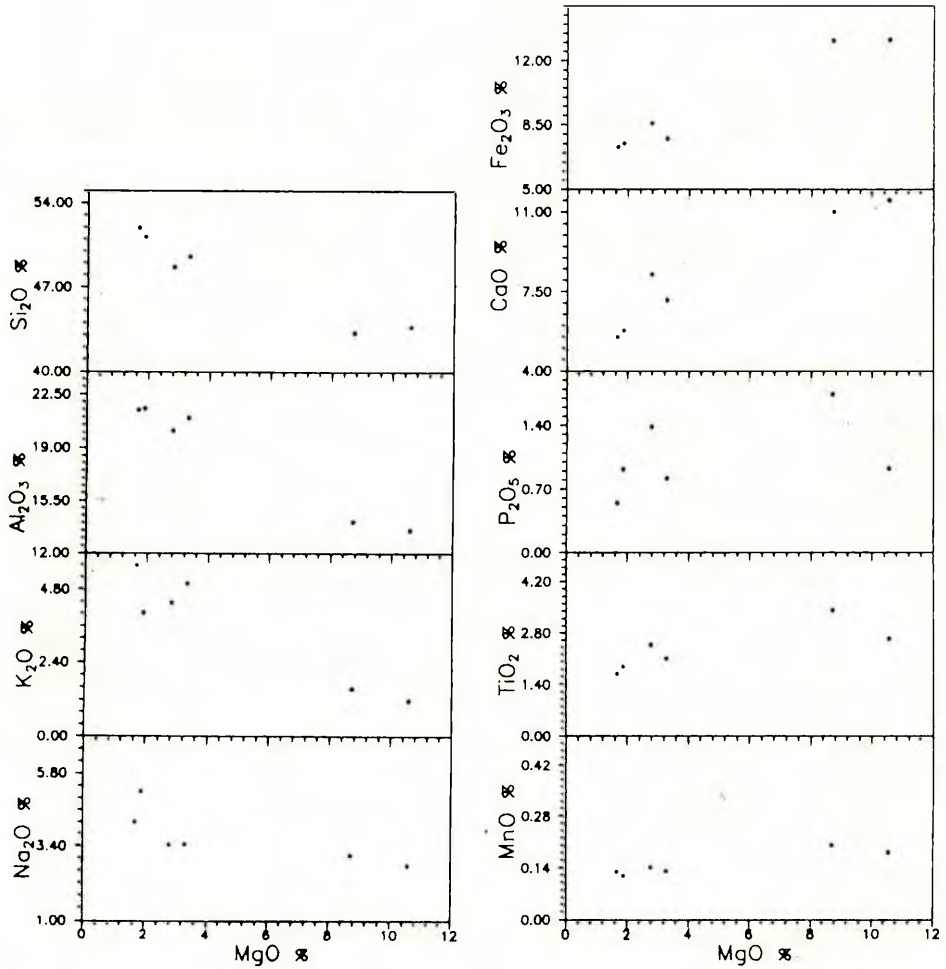


Figura 3: Diagramas de evolución de los elementos mayoritarios en función del MgO.

ciada en sus relaciones de campo, constituyendo todas las muestras parte de un pequeño cuerpo lopolítico que intruye sedimentos más antiguos. Por otra parte, la relación Ce/Yb de las rocas corrobora que las muestras son consanguíneas, al tratarse de cifras de igual orden de magnitud. Los diagramas TiO_2 y Nb versus Zr, no son muy definitorios de la situación de consanguinidad de las muestras, principalmente debido a la falta de mayor cantidad de datos analíticos.

Los diagramas de evolución de los elementos mayoritarios en función del MgO (fig. 3), indican para el SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O y Na_2O , una correlación inversa indicando el aumento de la presencia de feldespatos y ceolitas hacia los estadios finales de la diferenciación. Por otra parte, el FeO_3^* y el CaO muestran correlación positiva indicando el fraccionamiento de los minerales máficos al principio de la diferenciación. El P_2O_5 y el TiO_2 muestran una correlación inversa con respecto al MgO al principio de la diferenciación, evidenciando el comportamiento incompatible de estos elementos mientras no cristalizan los opacos y apatita, luego, para concentraciones menores al 4% de MgO la correlación se vuelve positiva, con la cristalización de apatita y titanomagnetita e ilmenita. El MnO muestra poca variación evolucionando en forma levemente negativa hacia el final

de la diferenciación.

La alta relación Zr/Y de las muestras evidencia el emplazamiento tectónico de intraplaca, lo que es visible en los diagramas de discriminación tectónica de Meschede (1986) y Wood (1980), en los cuales todas las muestras caen en los campos definidos para los basaltos alcalinos de intraplaca (fig. 4).

En los diagramas de variación de las proporciones de Nb, Zr y Ti, se interpreta en la figura 5a, TiO_2O vs. Zr, un decrecimiento del TiO_2 característico de suites volcánicas básicas de intraplaca, atribuido a la cristalización de titanomagnetita, a la vez que se incrementa el Zr con la cristalización de olivino, clinopiroxeno y plagioclasa. En la figura 5b, Nb vs. Zr, se aprecia un incremento de ambos durante la cristalización fraccionada como es de esperar para este tipo de roca y ambiente tectónico (Pearce y Norry, 1979). Por otra parte, la figura 5b muestra una relación constante para las muestras graficadas, mientras que en la figura 5a se observa mayor dispersión de los datos.

El comportamiento de elementos trazas de estas rocas, normalizados a condritos según los valores indicados por Taylor y McLennan (1985), es similar al de otros basaltos alcalinos de intraplaca. En la figura 6 se han graficado los valores correspondientes a las rocas del cerro Mesa y valores de dos muestras de basanitas del rift

V. Alric: Petrología del Cerro Mesa.

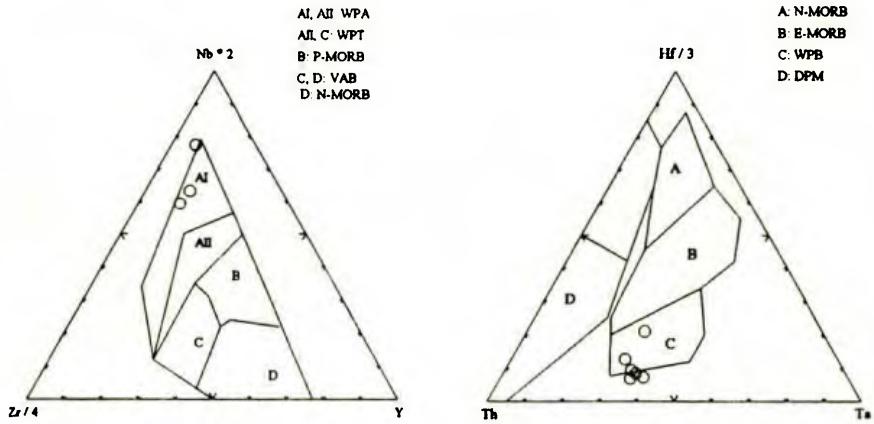


Figura 4: Diagramas de discriminación tectónica. a, Campos definidos por Meschede (1986). b, Campos definidos por Wood (1980).

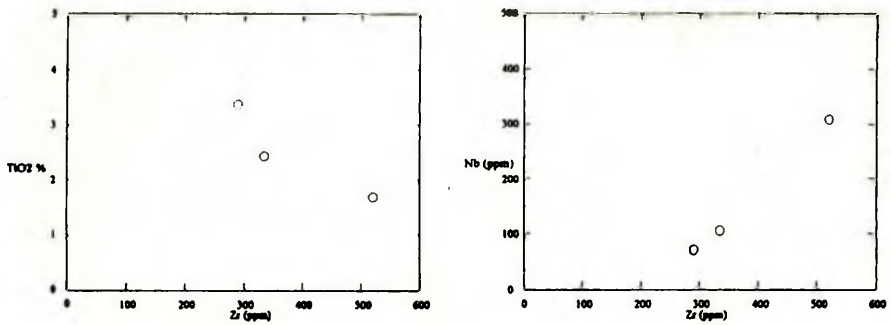


Figura 5: a, Diagrama de variación del TiO₂ % vs. Zr. b, Diagrama de variación del Nb vs Zr.

V. Alric: Petrología del Cerro Mesa.

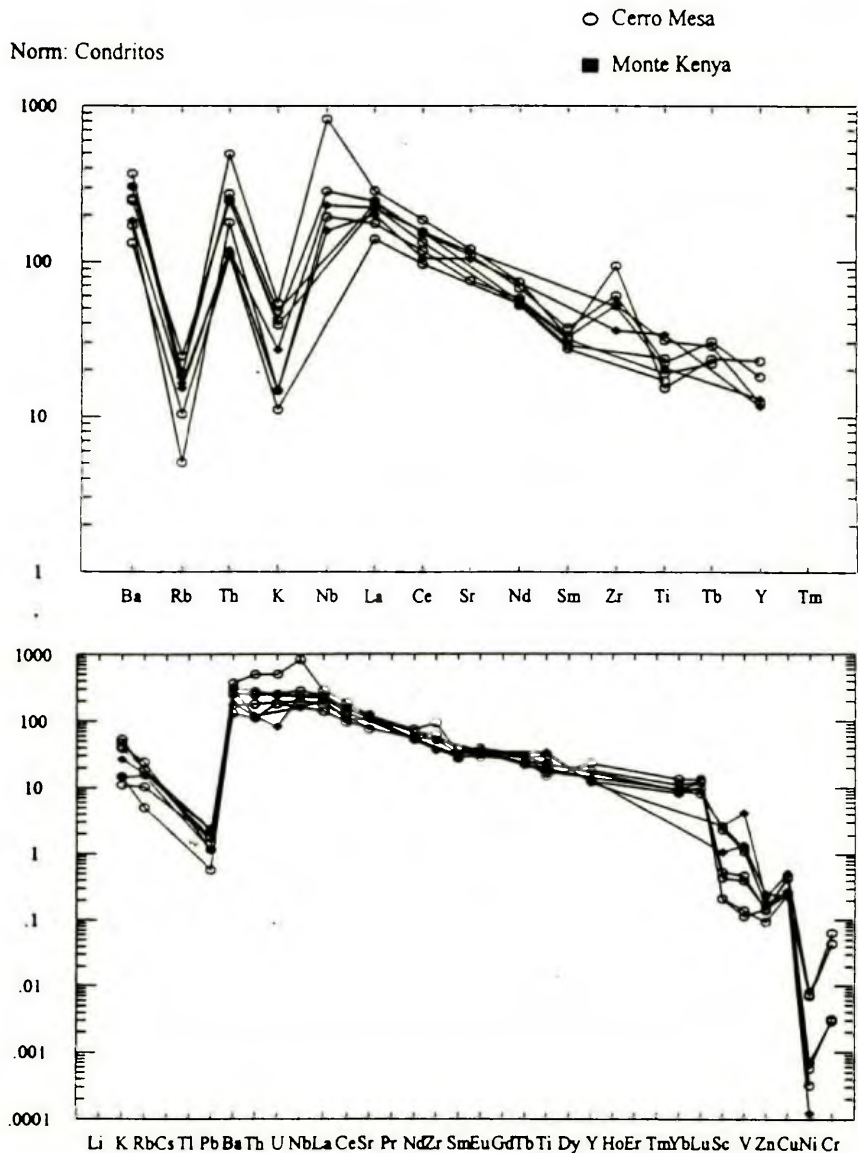


Figura 6: Diagrama de elementos trazas y tierras raras normalizados a condritos según datos de Taylor y McLennan (1985).

de Kenya. Todas las muestras presentan valores semejantes y comportamiento similar de sus elementos trazas, con un incremento en la concentración de Th, U, K y Nb de la muestra 619, evidenciando el enriquecimiento de los mismos en las fases más evolucionadas. El hecho particular de que estos elementos inmóviles se concentren en las rocas más diferenciadas de éste vulcanismo basáltico, apoyaría la idea de una diferenciación magmática dentro de una cámara estratificada.

DISCUSION

Las evidencias mineralógicas y geoquímicas, sumadas a las evidencias de campo, sugieren que en esta serie de rocas basálticas alcalinas, la cámara magmática ha actuado como un sistema cerrado evolucionando hacia términos fonotefríticos en forma estratificada.

La intrusión de diques de composición basanítica como evento final del vulcanismo, sugiere la presencia de un pulso alimentado desde la parte inferior de la cámara magmática.

A partir de estas consideraciones se explica el hecho de que las muestras menos diferenciadas constituyen, por sus relaciones de campo, las más modernas del afloramiento.

Los datos geoquímicos de las rocas del cerro Mesa sugieren

para estas rocas basálticas alcalinas un origen relacionado a un ambiente extensional de intraplaca. El relativo enriquecimiento en Nb, Zr y Tierras Raras livianas es característico de los basaltos de intraplaca e indica la ausencia de contaminación cortical. Con respecto al origen de la extensión, es posible su explicación considerando una corteza adelgazada y fracturada como resultado de los fenómenos de alivio en respuesta a las condiciones de reajuste de placas en el borde convergente de la Patagonia durante el Oligoceno (Kay y Rapela, 1987).

CONCLUSIONES

Las rocas del cerro Mesa están constituidas por basanitas y teschenitas como términos más evolucionados.

Sus tenores de SiO_2 varían entre 40,94% y 49,08%.

Sus características mineralógicas y geoquímicas indican que las rocas provienen de un magma basáltico alcalino medianamente evolucionado, característico de zonas extensionales de intraplaca continental, originario de la parte superior del manto. El magma fue emplazado en niveles subsuperficiales de la corteza y con intercalaciones de basanitas a modo de diques como evento final.

La cámara magmática habría actuado como un sistema cerrado y estratificado durante el empla-

V. Alric: Petrología del Cerro Mesa.

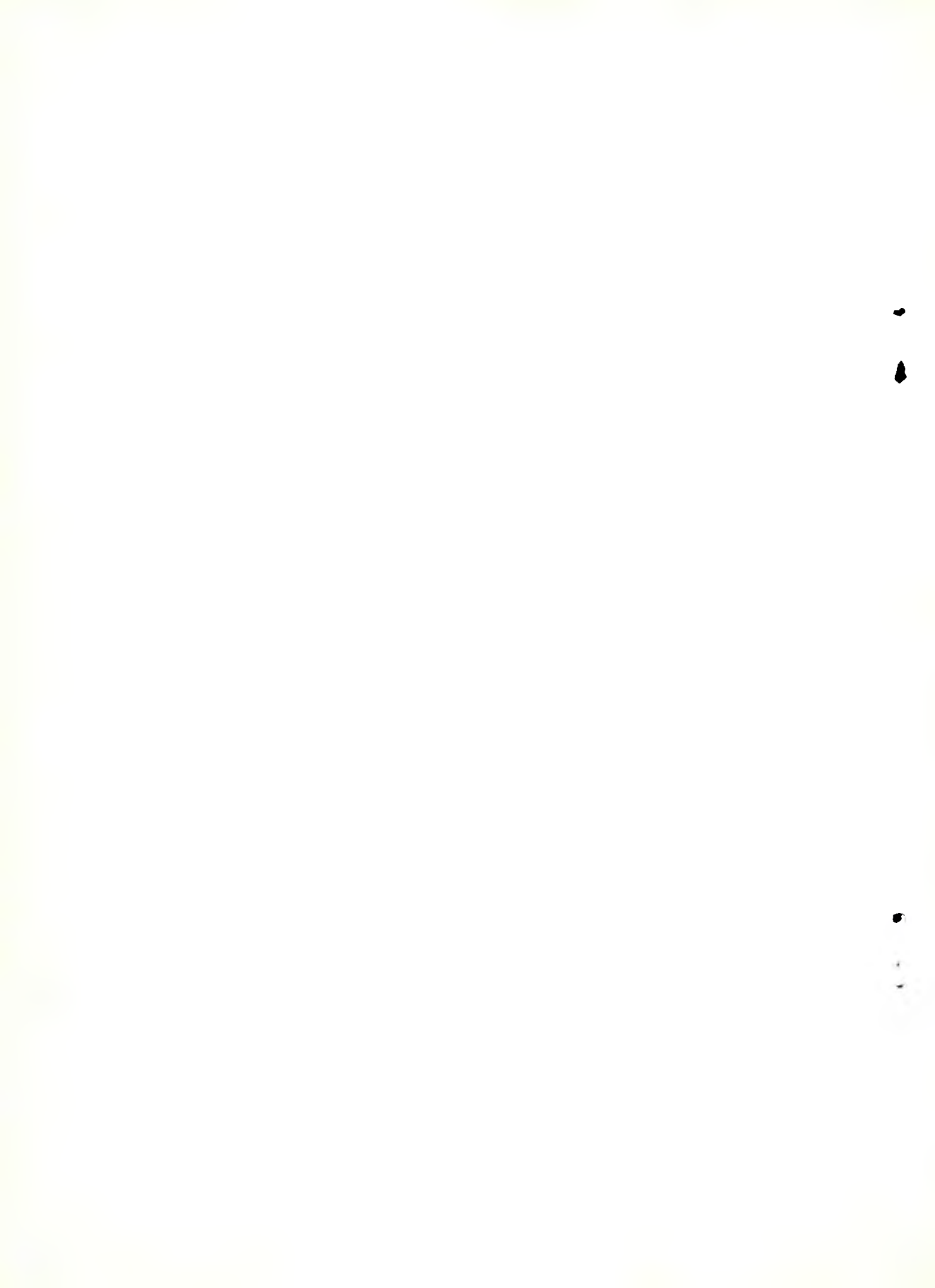
zamiento del cuerpo ípolítico, con realimentación desde la parte inferior de la misma, durante el emplazamiento de los diques basálticos.

BIBLIOGRAFIA

- Alric, V., Labudía, C. H., Iglesias, C. & Pardo, M. I. 1993. Nódulos lherzolíticos en basaltos alcalinos del centro de la Provincia del Chubut. Actas Décimo Segundo Congreso Geológico Argentino, 4: 249-255.
- Bitschene, P. R., Giacosa, R. E. & Marquez, J. M. 1991. Geologic and mineralogic aspects of the Sarmiento Alkaline Province in Central Eastern Patagonia, Argentina. Actas Congreso Geológico Chileno, 1: 328-331. Viña del Mar, Chile.
- Busteros, A. G. & Lapido, O. R. 1983. Rocas básicas en la vertiente noroccidental de la meseta del lago Buenos Aires, provincia de Santa Cruz. Rev. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, 33 (3-4): 427-436.
- Ferello, R. 1969. Intento de Sistematización Geocronológica de las Rocas Eruptivas Básicas en sectores del Chubut y Santa Cruz Norte. Cuartas Jornadas Geológicas Argentinas, Buenos Aires, 1: 293-310.
- Fernández Gianotti, J. R. 1969. La diabasa de Muzeka y su contenido de níquel. Sierra de San Bernardo, provincia del Chubut, República Argentina. Rev. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, 24 (3): 159-171.
- Irvine, T. N. & Baragar, W. R. A. 1971. A Guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earths Sciences, Ottawa, 8: 523-548.
- Kay, S. M. & Rapela, C. W. 1987. El vulcanismo del Terciario Inferior y Medio en los Andes Norpatagónicos (40° - 42° 30' S): Origen de los magmas y su relación con las variaciones en la oblicuidad de la zona de subducción. Décimo Congreso Geológico Argentino, San Juan, 4: 192-194.
- Lema, H. A. & Cortés, J. M. 1987. El vulcanismo Eoceno del flanco oriental de la Meseta del Canquel, Chubut, Argentina. Décimo Congreso Geológico Argentino, San Juan, 4: 188-191.
- Meschede, M. 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. Chemical Geology, 56: 207-218.
- Mortola, E. 1923. Rocas alcalinas básicas del sur del Chubut. Bol. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Serie B (geol.), Buenos Aires, N° 34.
- Nullo, F. E. 1983. Descripción geológica de la Hoja 45c, Pampa de Agnia. Bol. Servicio Geológico Nacional, Buenos Aires, N° 199, 94 pp.
- Pearce, J. A. & Norry, M. J. 1979. Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. Contrib. Mineral. Petrol., 69: 33-47.
- Pezzutti, N. E. & Villar, L. M. 1978. Los complejos alcalinos de la zona de Sarmiento, Provincia de Chubut. Actas Séptimo Congreso Geológico Argentino, Neu-

V. Alric: Petrología del Cerro Mesa.

- quén, 2: 511-520.
- Taylor, S. R. & McLennan, S. M. 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution". Blackwell, Oxford, 312 pp.
- Teruggi, M. E. 1964. Differentiated zeolite- and nepheline-syenites in basic sills of central Patagonia. XXII International Geological Congress, India, Parte vii. Reprint, 34 pp.
- Villar, L. M. 1975. Las fajas y otras manifestaciones ultrabásicas en la República Argentina y su significado metalogénico. Actas Segundo Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, Buenos Aires, 3: 135-156.
- Villar, L. M. & Pezzutti, N. E. 1976. Contribución a la petrología de las rocas alcalinas básicas de la zona de Sarmiento, Provincia del Chubut, República Argentina. Primer Congreso Geológico Chileno, Santiago de Chile, 2: 59-72.
- Viviers, M. C. 1970. Rocas básicas de los Cerros Pastel y Puricelli, Provincia del Chubut, República Argentina y los fenómenos de diferenciación. Rev. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, 25 (3): 329-346.
- Wood, D. A. 1980. The application of Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth and Planetary Science Letters, Netherlands, 50: 11-30.
- Zanettin, B. 1984. Proposed new chemical classification of volcanic rocks. Episodes, 7 (4):19-20.



SOBRE LOS METODOS DE DIFERENCIACION DE CAOLINITA Y CLORITA

On methods for differentiation kaolinite and chlorite.

Enrique Estrada

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Geología. Ciudad Universitaria, Km 4. (9000) Comodoro Rivadavia, Provincia del Chubut, Argentina.

La naturaleza de esta nota tiende a integrar las distintas técnicas ya conocidas en la determinación de minerales de arcillas por métodos de difracción de rayos X, incorporando una forma adicional de diagnóstico para las mezclas de clorita y caolinita.

El estudio se realizó sobre testigos laterales de impacto correspondiente a un pozo exploratorio. Este trabajo forma parte de uno más extenso, donde se realizaron estudios de los minerales arcillosos de varios pozos del sector sureste de la Cuenca del Golfo San Jorge.

Se analizaron tres testigos, M1, M2, y M3 a las profundidades de 1689, 1751 y 1826 metros respectivamente. Los testigos fueron impactados sobre distintos

niveles arenosos de la Formación Caleta Olivia.

Para estudiar los minerales de las arcillas se utilizó la técnica habitual para difracción. Los procedimientos generales acerca de las técnicas utilizadas en el presente trabajo fueron descritos en Brown y Brindley (1980).

Se tomó cada testigo y se recuperó una porción de la parte central del mismo y se procedió a triturarlo hasta llevarlo a una fracción fina menor de 2μ , se agitó la fracción con agua destilada, se dejó decantar 60 minutos y luego se pipeteó la suspensión a una profundidad de un centímetro, se volcó sobre portaobjetos colocados de forma horizontal y se dejó secar a temperatura ambiente, quedando de esta manera orienta-

E. Estrada: Diferenciación de caolinita y clorita.

dos los planos basales de los minerales de las arcillas.

Las muestras fueron procesadas de tres maneras:

- a) Muestra orientada, es decir secada a temperatura ambiente.
- b) Muestra glicolada, o sea expuesta a una atmosfera saturada con etilenglicol durante 120 minutos.
- c) Muestra calcinada, o sea calentada a una temperatura de 550 °C durante 120 minutos.

Para la identificación de los minerales de las arcillas se utilizó un difractómetro Philips PW 1400, con anticátodo de Cu, filtro de Ni, con intensidad de 20 mA, voltaje de 40 KV, velocidad del goniómetro 2°/min. y longitud de onda 1.5405 Å.

Se agradece los compañeros del Laboratorio de Rayos X de la Universidad nacional de la Patagonia S. J. Bosco por la colaboración recibida y en especial a la Lic. Adriana Nillni por la lectura del manuscrito.

METODOS DE DIFERENCIACION DE CAOLINITA Y CLORITA.

1. Resolución de la reflexión 002 de la caolinita y 004 de la clorita alrededor de los 3.5 Å .

Se conoce muy bien que con una velocidad lenta de barrido la reflexión 002 de la caolinita a 3.57 Å puede separarse de la

reflexión 004 de la clorita a 3.53 Å (Biscaye, 1964; Bradley, 1954). Este método es muy claro y simple, pero hay algunas cloritas y caolinitas que presentan sus reflexiones 004 y 002 en ángulos muy cercanos.

2. Calentando la muestra a 550 °C durante 2 horas.

Tambien es muy conocido que la clorita al ser calentada durante dos horas a 550 °C permanece inalterable y que la caolinita en estas condiciones colapsa. (Cailleire y Henin, 1963). Pero tambien se conocen cloritas poco cristalizadas que se alteran a temperaturas de 450 °C (Bradley, 1954) como así tambien caolinitas muy bien cristalizadas que soportan temperaturas de 600 °C durante más de una hora (Keller, 1967).

3. Ataque con ácido.

Es muy común el ataque con clorhidrico de concentraciones variadas (2N a 13N) y con ebullición la clorita es disuelta preferentemente y la caolinita permanece intacta. Pero también algunas cloritas ofrecen cierta resistencia al tratamiento con este ácido y sólo son parcialmente descompuestas (Kodama y Oinuma, 1963, según Martínez Manent, 1985) y ciertas caolinitas desordenadas después del tratamiento presentan un confuso diagrama de

E. Estrada: Diferenciación de caolinita y clorita.

Tabla I: Datos de difracción de rayos X para minerales arcillosos. Muestra 1, illita-esmectita, caolinita; Muestra 2, illita-esmectita, caolinita, clorita; Muestra 3, clorita. Se omitieron los picos del cuarzo. Las $d(\text{Å})$, corresponden a muestras orientadas.

C, clorita; K, caolinita; I/E, illita-esmectita

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
$d(\text{Å})$	l/l°	$d(\text{Å})$	l/l°	$d(\text{Å})$	l/l°
12,60	18 I/E	14,01	15 C	14,01	7 C
7,07	43 K	12,60	13 I/E	7,01	20 C
3,57	60 K	9,92	8 I	4,74	4 C
2,37	15 K	7,13	100 K+C	3,50	17 C
		4,71	5 C	2,84	6 C
		3,57	100 K+C		
		2,83	6 C		
		2,37	23 K		

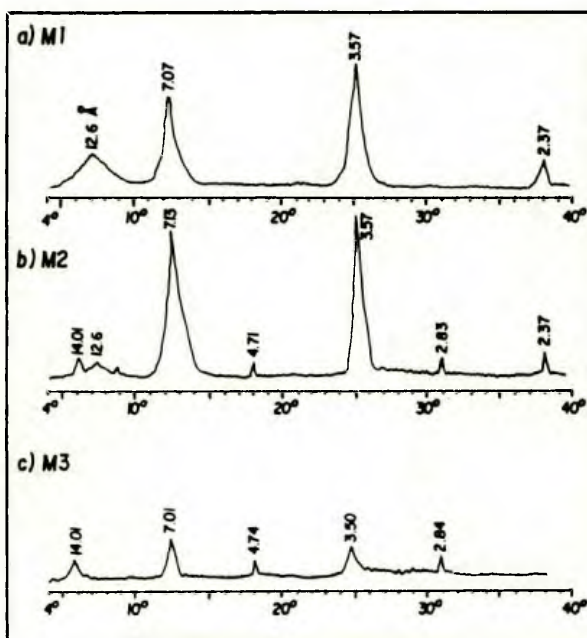


Figura 1: Diagrama de difracción de rayos X. a, illita-esmectita, caolinita; b, illita-esmectita, caolinita, clorita; c, clorita.

E. Estrada: Diferenciación de caolinita y clorita.

rayos X (Thorez, 1975).

También es común atacar la muestra con ácido sulfúrico al 20% en una proporción de 0,5 gr de muestra por cada 30 cc de ácido, durante 30 minutos, lavándose luego hasta la total ausencia de sulfatos (Martin Vivaldi y Rodriguez, 1961) El resultado es muy semejante al test con ácido clorhídrico.

4. Técnica adicional de diagnóstico.

Dado que los métodos descritos anteriormente podrían presentar en algunos casos especiales, ciertas dificultades para la diferenciación entre clorita y caolinita y teniendo en cuenta al observar la Tabla I y la figura 1 que las reflexiones 003 y 005, alrededor de los 4,7 Å y 2,8 Å para la clorita (aproximadamente en cercanías de los 18° y 31° de 2θ Cu K α 1), son totalmente diferenciables de la reflexión 003 cerca de los 2,37 Å para la caolinita (aproximadamente en los 37,8° de 2θ Cu K α 1), resulta interesante considerar estos picos como una herramienta más, conjuntamente con los métodos anteriormente descritos en la diferenciación de estas arcillas.

BIBLIOGRAFIA

Biscaye, P. E. 1964. Distinction between kaolinite and chlorite in recent

sediments by X-ray diffraction. *Am. Mineral.*, 49: 1287-1289.

Bradley, W. F. 1954. X-ray diffraction criteria for the characterization of chloritic material in sediments. *Clay Miner.*, 2: 324-334.

Brown, G. & Brindley, G. W. 1980. X Ray diffraction procedures for clay mineral identification. En Brindley, G. W. & Brown, G. (eds) *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification.* Mineralogical Society, London, Monograph 5: 1-125.

Caillere, S. & Henin, S. 1963. *Mineralogie des argiles.* Masson et Cie., Paris, 355 pp.

Eslinger, E. & Pevear, D. 1988. *Clay minerals.* SEPM, Tulsa, 9-37pp.

Keller, W. D. 1967. Geological occurrence of the clay mineral layer silicate. En *Layer silicates short course lecture notes.* Am Geol. Inst. Washington.

Martinez Manent, S. 1985. Metodo de diferenciación de caolinitas y cloritas. *Acta Geol. Hispanica*, 20 (3-4): 245-255.

Martin Vivaldi & Rodriguez, M. 1961. Some problems in the identification of clay minerals in mixtures by X-ray diffraction. I) Chlorite-Kaolinite mixtures. *Clay Min. Bull.*, 26 (4): 288-292.

Moore, D. M. & Reynolds, R. C., Jr. 1989. *X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals.* Oxford Univ. Press, New York, 333 pp.

Thorez, J. 1975. *Phyllosilicates and clay minerals.* Ed. G. Leolotte, Belgique.

**SOBRE ALGUNAS EDADES DE AGUAS SUBTERRANEAS
DEL SISTEMA ACUIFERO MULTIUNITARIO DEL
SURESTE DE CHUBUT, ARGENTINA.**

**Ages of groundwaters from the multiunitary aquifer
system of southeast Chubut, Argentina.**

Mario Grizinik (*) y Christian Sonntag (**)

(*) Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Geología, Ciudad Universitaria, Km 4. (9000) Comodoro Rivadavia, Provincia del Chubut, Argentina.

(**) Instituto de Física Ambiental, Universidad de Heidelberg, Alemania.

Los recursos hídricos subterráneos de la región sureste de Chubut, se hallan mayormente restringidos a las sedimentitas del terciario medio a superior y depósitos modernos, los cuales en conjunto conforman en algunos sectores, un potente espesor de sedimentos potencialmente acuíferos. El Sistema Acuífero Multiunitario Superior (Castrillo et al., 1984), definido para la región, involucra desde el punto de vista hidrogeológico, a la Formación Patagonia, Formación Santa Cruz y depósitos recientes. Ocupa desde el límite de la zona de aereación, hasta una profundidad de 600 metros, en el sector de mayor potencia, conteniendo la

capa freática.

La recarga principal ocurre sobre la Pampa del Castillo, dando lugar a un acuífero de recarga autóctona directa y de régimen variable. La descarga natural se produce a través de los manantiales y de las lagunas de tipo efluente.

El gradiente hidráulico regional medio es relativamente elevado (0,02), notándose un aumento del mismo en el sentido del flujo, debido probablemente a una disminución de la transmisividad. Los valores de transmisividad media son bajos a muy bajos ($17 \text{ m}^3 / \text{d/m}$), resultando coeficientes de permeabilidad sumamente pobres (Castrillo et al., 1984).

Existen principalmente dos grupos de aguas, perfectamente identificados morfológica y topográficamente, las cuales definen para el primer grupo, un "Flujo Local", que circula en términos de mayor granulometría, y un "Flujo Regional" para el segundo grupo, donde el agua tiende a adquirir las características del medio sólido.

Técnicas isotópicas aplicadas (O^{18} , deuterio y tritio) en muestras tomadas en distintos niveles del sistema acuífero, realizado en colaboración con el Instituto Nacional de Geocronología Isotópica (INGEIS), permitieron corroborar el modelo hidrogeológico (Levin et al., 1988). Asimismo el contenido en tritio de las muestras correspondientes al "Flujo Regional" profundo en Pampa del Castillo, indicaron una tasa de infiltración muy baja en la zona de recarga y tiempos de tránsito mayores que 30 años hasta la descarga del sistema a través de manantiales (Levin et al., op.cit.)

Muestras tomadas en febrero de 1993 y analizadas en el Laboratorio de Carbono 14 del Instituto de Física Ambiental de la Universidad de Heidelberg (Alemania), han aportado datos de edad Carbono 14 que corroboran lo antedicho. Una muestra correspondiente al pozo PC3 (zona de recarga Pampa del Castillo) arrojó una edad de 12.800 años A.P. mientras que la muestra perteneciente al Pozo E9A, ubicado en las cabeceras del Cañadón El Trébol

registró una edad de 12.200 años A.P. Estos valores denotan el prolongado tiempo de tránsito que las aguas tienen dentro del sistema (más viejas que 12.200 años) y aportan nuevos elementos de juicio para la mejor comprensión del funcionamiento del sistema regional acuífero en la región patagónica.

BIBLIOGRAFIA

- Castrillo, E., Griznik, M. & Amoroso, A. 1984. Contribución al conocimiento hidrogeológico de los alrededores de Comodoro Rivadavia. Chubut. Actas IX Congreso Geológico Argentino, San Carlos de Bariloche, Argentina, 6: 393-406.
- Cátedra de Hidrogeología. 1984. Exploración y evaluación de las aguas subterráneas ubicadas entre el Cañadón El Trébol y el paralelo de 46°, y la Pampa del Castillo y el Océano Atlántico. Informe inédito Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina.
- Levin, M., Panarello, H., Albergo, H., Castrillo, E., Griznik, M. & Amoroso, A. 1988. Groundwater recharges and subsurface flow at the Comodoro Rivadavia Area, Chubut Province, Argentine. Isotopic and hydrochemical study. Actas Workshop on estimation of natural groundwater recharge. Antalya, Turquía: 377-393.

NATURALIA PATAGONICA

Normas y sugerencias para los autores

A. Introducción

Naturalia patagónica es una publicación científica de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, dedicada a temas de las ciencias naturales relacionados con la región patagónica.

La publicación se halla constituida por las siguientes series: Ciencias Biológicas, Ciencias de la Tierra y Reportes Técnicos.

Se publicarán cuatro categorías de contribuciones:

1. **Artículos científicos**, de 5 a 35 carillas tamaño carta (doble espacio), incluyendo tablas, dibujos y referencias bibliográficas.

2. **Notas cortas y comentarios a trabajos recientemente publicados**, de 2 a 4 carillas tamaño carta (doble espacio). Sin resumen y preferentemente sin dibujos o láminas.

3. **Artículos de revisión o revisiones taxonómicas**, esta categoría acomoda artículos extensos, de 35 a 100 carillas tamaño carta (doble espacio). Existe un máximo de una revisión

por número editado. Los autores de revisiones deberán consultar con el editor, en forma directa o a través de un miembro del Comité Editor, antes de enviar un manuscrito. Los artículos de revisión pueden contener textos o ilustraciones de trabajos publicados previamente; los autores son responsables de obtener las autorizaciones correspondientes.

4. **Artículos solicitados** a personas de reconocida autoridad en el tema requerido (no sometidos a arbitraje externo), de 35 a 100 carillas tamaño carta (doble espacio). Pueden contener textos o ilustraciones de trabajos publicados previamente; los autores son responsables de obtener las autorizaciones correspondientes.

B. Política editorial

Los manuscritos deben ser enviados al Director, al Secretario de Edición, a alguno de los integrantes del Comité Editor de **Naturalia patagónica**.

En primer lugar los artículos son controlados respecto de su lenguaje, presentación y estilo. Los manuscritos que son obviamente subestándar al respecto (ver más adelante para mayor información), son retornados a sus autores sin mayor revisión. Dichos manuscritos pueden ser remitidos nuevamente luego de efectuarles las correcciones correspondientes.

Los manuscritos que se ajustan al estilo de la revista son enviados a árbitros externos. El Comité Editor decide la aceptación o el rechazo del trabajo en base de los informes enviados por los árbitros, por el Secretario de Edición y las subsecuentes revisiones de los propios autores.

C. Preparación del manuscrito

Los manuscritos deben ajustarse a las reglas de la gramática castellana.

Se aconseja el uso de un lenguaje conciso ya que el mismo mejora la lectura de un trabajo.

Deben evitarse las aseveraciones ambiguas, expresiones vagas, series de adjetivos largas y que no hacen al caso y tiempos de verbo pasivos en lugar de activos. Los autores son advertidos acerca del uso descuidado de expresiones científicas y también acerca del uso incorrecto del punto y de la coma en los valores numéricos: en castellano la coma separa los valores enteros de los decimales.

SE DEBEN ENVIAR TRES COPIAS DEL MANUSCRITO ESCRITAS A MAQUINA Y UNA COPIA EN DISKETTE CONFECIONADA CON UN PROCESADOR DE TEXTOS CORRIENTE.

Las copias escritas a máquina deben estar libres de errores y correcciones manuales. Deben estar escritas en papel tamaño carta a doble espacio y tipeadas de un solo lado, con márgenes anchos (2-3 cm) a cada lado. Una página preparada correctamente contiene unas 320 palabras; aproximadamente 1,2 de dichas páginas quedan reducidas a una página de la revista (sin incluir ilustraciones). Tablas e ilustraciones también deben ser remitidas por triplicado; en el caso de las ilustraciones es suficiente el original y dos fotocopias.

El papel utilizado para el texto debe ser blanco, de buena calidad y de tamaño carta estándar (22 x 28 cm). No se acepta papel tipo manifold.

El contenido del manuscrito debe estar bien organizado. La primera página debe contener el título de la contribución en castellano y en inglés, nombre(s) del(de los) autor(es), dirección(es), un título corto (titulillo) de no más de seis palabras, para utilizar como encabezamiento de las páginas internas del trabajo.

La segunda página debe contener un resumen acompañado

de hasta seis palabras clave en castellano. El resumen debe ser escrito sin puntos aparte y sin referencias bibliográficas.

La tercera página debe contener un abstract (en inglés) lo más exhaustivo posible, sin puntos aparte y sin referencias bibliográficas, acompañado de hasta seis palabras clave en inglés.

El cuerpo del texto debe comenzar en la cuarta página, debe dividirse en secciones y subsecciones y estar libre de notas al pie de página.

Una organización típica del texto es como sigue:

Introducción
Descripción de los sitios estudiados
Material y métodos
Resultados
Discusión
Conclusiones
Bibliografía
(*) Tablas
(*) Texto de las figuras

(*) La ubicación aproximada de tablas y figuras puede ser indicada en el margen izquierdo del texto.

Algunas secciones como Descripción de sitios y Material y métodos por una parte y Discusión y Conclusiones por otra, pueden ser reunidas bajo un mismo encabezado.

Los agradecimientos deben

ser incluidos dentro de la introducción.

Los nombres de plantas y animales pueden ser subrayados o escritos en itálicas.

La versión del manuscrito confeccionada en diskette (de cualquier tamaño y densidad) debe ser elaborada con un procesador de textos para computadoras personales (IBM o compatibles). Algunos de los procesadores aceptables (en varias de sus versiones) son:

Wordstar
MS Word
Word Perfect
Prof. Write
Multimate
ASCII

No intente dar al texto que envía (texto a máquina y/o texto en diskette) una apariencia semejante a la de la revista. El uso de sangrías, tabulados, remarcados de cualquier clase y sangrías francesas (en la bibliografía), sólo dará por resultado la complicación innecesaria de la labor de edición. **Usar en lo preferible un estilo de párrafo simple tal como el denominado cuerpo de texto.**

D. Tablas

Las tablas son más difíciles de editar que los textos y en consecuencia sólo deben ser remitidas

cuando sean realmente necesarias. Las tablas no deben duplicar figuras y viceversa. Deben estar numeradas consecutivamente en números romanos y **contener una descripción adecuada en su parte superior.**

Las tablas deben ser presentadas individualmente, en hojas separadas de papel blanco. Las tablas desplegables no serán aceptadas ya que las mismas son muy caras.

Las tablas deben ser simples, sin usar líneas dobles u otros adornos y preferiblemente no deben incluir tabulados. No se deberán usar líneas verticales y las horizontales deben limitarse a un mínimo. Ver más abajo para las abreviaturas de unidades.

Las referencias a tablas en el texto deben ser indicadas por ejemplo como sigue:

"...estos resultados (Tabla IV)."

"...como se indica en la Tabla IV..."

"En la Tabla IV se muestra..."

La versión en diskette de las tablas también debe enviarse en archivos individuales y separados del archivo de texto o al final del mismo.

Las tablas deben ser acordes al tamaño de caja de la revista. Esto es el ancho debe ser de 12 cm o múltiplo y el largo de 17,50 cm (máximo) o múltiplo.

E. Figuras

Todas las figuras deben estar numeradas con números arábigos arriba o detrás e identificadas con el nombre del autor.

La numeración será correlativa ya sea que las ilustraciones estén aisladas o agrupadas. Se evitará referirse como láminas a los conjuntos de figuras que se ubiquen sobre una página. Cuando se considere necesario, una figura podrá subdividirse en elementos, los cuales serán identificados con letras (fig. 5A; fig 5B; fig. 3a; fig. 3b).

Las figuras deben estar confeccionadas con tinta china (o equivalente) sobre cartulina ilustración, papel ilustración grueso o papel vegetal de buena calidad. En cualquier caso, es aconsejable que las figuras estén montadas sobre cartón forrado con papel blanco y convenientemente protegidas o embaladas.

Resulta conveniente que las ilustraciones sean adecuadas al tamaño de caja de la revista: para una ilustración que tome ambas columnas el ancho es de 12 cm y el largo máximo es de 17,50 cm (tomar en cuenta el texto de la figura). Como en el caso de las tablas, las figuras pueden tener dimensiones que sean múltiplos (enteros o no) del tamaño de caja. Las ilustraciones más angostas que el ancho de caja (o de un múltiplo del mismo) resultan por lo general poco armónicas.

Las letras y escalas en gráficos y figuras deben ser claras y de calidad profesional; en particular deben estar dibujadas de forma de ser legibles luego de su reducción. No enviar ilustraciones excesivamente entintados o con tramas densas ya que es probable que resulten empastadas en la revista con la reducción.

En caso de utilizarse fotografías, el costo de la impresión de las mismas estará a cargo del autor. Las fotografías deben estar montadas de forma de utilizar una página completa, respetando el ancho y largo de la caja y guardando lugar para las referencias en su parte inferior.

Las referencias de las figuras deben ir agrupadas en una hoja de papel separada y adjunta al manuscrito. No escriba las referencias bajo las figuras, sino detrás de las mismas. El número de figuras debe ser razonable y proporcionado al texto para facilitar la tarea de edición.

Si la calidad de las ilustraciones es considerada subestándar el trabajo será devuelto a los autores.

Las referencias a figuras en el texto deben ser indicadas por ejemplo como sigue:

"...estos resultados (fig. 4)."

"...como se muestra en la figura 4..."

"En la fig. 4 se observa..."

En la versión en diskette las

referencias a las figuras se incluirán en la parte final del texto.

F. Unidades, símbolos y abreviaturas

Se aceptarán solamente unidades internacionales estándar. Ver cuadros 1 a 3.

G. Nomenclatura biológica.

Se solicita de los autores cumplir con las reglas expresadas en el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica, Código Internacional de Nomenclatura Botánica y Código Internacional de Nomenclatura de Bacterias.

Los autores deben revisar la escritura de los nombres científicos utilizados. Cuando un nombre científico se usa por primera vez en un artículo este debe ser escrito en forma completa y con el(los) nombre(s) del(de los) autor(es). En citas posteriores el género puede ser abreviado a la primera letra seguida por un punto y los autores omitidos.

H. Expresiones misceláneas.

$\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ se prefiere a

$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ o

$\text{kg X m}^{-2} \text{ X s}^{-1}$ o

$\text{kg/m}^2/\text{s}$

mg l^{-1} o mg kg^{-1} se prefiere a

ppm (partes por millón)

$\mu\text{g l}^{-1}$ o $\mu\text{g kg}^{-1}$ se prefiere a

1. Unidades básicas y sus símbolos.

	Unidad	Símbolo	Símbolo incorrecto
Largo	metro	m	m., mt
Masa	gramo	g	g., gr
Tiempo	segundo	s	seg
	hora	h	hr
	día	d	
	año	a	

2. Algunos prefijos para las unidades básicas.

Prefijo	Símbolo	Valor	Prefijo	Símbolo	Valor
Giga	G	10^9	centi	c	10^{-2}
Mega	M	10^6	mili	m	10^{-3}
kilo	k	10^3	micro	μ	10^{-6}
			nano	n	10^{-9}

3. Algunas unidades derivadas y sus símbolos.

	Unidad	Símbolo	Símbolo incorrecto
Superficie	metro cuadrado	m^2	
Volúmen	metro cúbico	m^3	
	también son aceptables: l (litro) y ml (mililitro)		
Velocidad	metro por segundo	$m s^{-1}$	
Fuerza	Newton	N	
Presión	Pascal	$Pa = N m^{-2}$	bar, atm, torr, mm Hg, mm H ₂ O
Energía	Joule	$J = N m$	cal, kWh, erg, HP, CV
Frecuencia	Herz	$Hz = s^{-1}$	ciclos, $c s^{-1}$
Resistencia	Ohm	Ω	
Conductividad	Siemens	$S = \Omega^{-1}$	mho

ppb (partes por mil de millón)
 g l^{-1} o % se prefiere a
ppm (partes por mil)

I. Símbolos químicos.

Iones: PO_4^{3-} se prefiere a
 PO_4^{---}
 Fe^{2+} se prefiere a Fe^{++}

Compuestos: Es frecuente el uso de abreviaturas tales BOD, DO etc. Se aconseja detallar el significado de cada abreviatura cuando se la usa por primera vez en el texto. No se alienta el uso excesivo de tales abreviaturas.

J. Nomenclatura química.

Deben utilizarse las convenciones de la International Union of Pure and Applied Chemistry y las recomendaciones del IUPAC-IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature.

K. Bibliografía citada

1. Citas en el texto.

Se usa el sistema de nombre y año: Pérez (1983) o (Pérez, 1983). Para dos autores se usa Pérez y D'antoni (1983) o (Pérez y D'antoni, 1983). No usar et o &.

Para más de dos autores usar: Pérez et al. (1983).

Si se repite la misma cita a intervalos breves se puede usar: Pérez (op. cit.). Se aconseja sin embargo repetir la cita las veces necesarias.

No se usarán iniciales excepto en caso de homonimia o de comunicaciones personales (com. pers.) o por carta (in litt.).

Es posible la cita de una página, tabla o figura en particular de un trabajo citado: Brown (1966: 182) o Brown (1966: 182, fig. 2).

Cuando no se ha tenido acceso a un trabajo, pero se tiene conocimiento del mismo a través de un segundo trabajo y resulta necesario hacer referencia al mismo, se puede usar: Brown (1980; según Pérez, 1983) o (Brown, 1980; según Pérez, 1983).

2. Citas en la lista bibliográfica.

La lista de referencias bibliográficas debe ser encabezada como **Bibliografía**.

Todas las publicaciones citadas en el texto y solamente éstas deben ser listadas.

Las publicaciones deben siempre ser citadas en su idioma original excepto en el caso de alfabetos no latinos, prefiriéndose en este caso una transliteración latina, letra por letra; también puede aceptarse en este caso una traducción al castellano o al inglés, indicando entre paréntesis el idioma original al final de la referencia.

La inclusión de citas de trabajos aún no publicados en la lista de referencias es aceptable solo si los mismos han sido aceptados

para publicar y se puede indicar al menos el año, volumen y número de la revista.

Autores: Las publicaciones serán ordenadas alfabéticamente por el apellido del primer autor.

Para cada autor las referencias se ordenarán cronológicamente. Si un autor publicó varios trabajos en el mismo año se indicarán como en el siguiente ejemplo:

Mendoza, M. L. 1969 a. Estudio sistemático y ecológico de las Ceramiales (Algae, Rhodophyta)...

Mendoza, M. L. 1969 b. Las Delesseriaceae (Rhodophyta) de Puerto Deseado, Provincia de Santa Cruz...

Esto también se aplica a las citas en el texto.

Se deben evitar las referencias como "Anónimo", utilizando en esos casos el editor u organismo responsable de la publicación, como pueden ser FAO o UNESCO.

Si un autor ha publicado solo y con coautores, los trabajos individuales se listan primero y luego los trabajos en colaboración por orden alfabético de los coautores.

Los apellidos del autor o los autores irán seguidos de las iniciales de los nombres. las iniciales de los nombres irán seguidas de un punto. Los apellidos irán separados por comas de las iniciales de los nombres y las iniciales de un autor irán separadas por una coma

del apellido del siguiente autor.

En el caso de dos o más autores se colocará un "&" entre el anteúltimo y último autores. Se deberá respetar la puntuación y orden de apellidos e iniciales de nombres que se utilizan en los siguientes ejemplos:

Cerezo, A., Lezerovich, A. & Labriola, R. 1971. A xylan from the red seaweed *Chaetangium fastigiatum*...

Clayton, M. N. & Wiencke, C. 1990. The anatomy, life history and development of the Antarctic brown algae *Phaeurus antarcticus*...

En el caso de apellidos compuestos, éstos se ordenarán por la primera palabra; así, Van Straelen aparecerá en la V en tanto que, Du Pratt aparecerá bajo la D. En el caso de mujeres que utilicen el apellido de casada y de soltera se listarán por el de soltera: Rabinovich de Halperín, aparecerá en la R.

Publicaciones periódicas: el orden a seguir es el siguiente:

Autor(es). Año de publicación. Título del trabajo. Título de la revista, número del volumen (en negrita); primera página del trabajo-última página.

Cerezo, A., Lezerovich, A. & Labriola, R. 1971. A xylan from the red seaweed *Chaetangium fastigiatum*. Carbohydr. Res. 19: 289-296.

Cincioni, A. S. 1964. Algas marinas en la alimentación del ganado. An.

Naturalia patagónica: Normas y sugerencias para los autores (v. 2.3)

Soc. Cient. Arg. 177: 45-56.

Cinelli, F., Mendoza, M. L. & Cabioch, J. 1989. Note sur quelques espèces de corallinacées (Rhodophyta) recoltées dans l'Antarctique. *Phycologia* 28: 136-139.

No deben usarse notaciones como: Vol.; nro. También es superfluo aclarar el número de figuras o tablas cuando están incluidas en el texto.

El número correspondiente a una parte de un volumen debe especificarse, entre paréntesis, solo si cada parte, usualmente denominada "número", comienza por la página 1. Solo se deben utilizar números arábigos para numerar los volúmenes, evitándose los romanos.

Si se listan varios trabajos correspondientes a la misma revista o publicación, no se debe usar "ibid" para reemplazar a la abreviatura del nombre o nombre de la misma.

Si el nombre de la revista a citar consta de una sola palabra no se debe abreviar, como es el caso de: *Physis*; *Nature*; *Darwiniana*; *Hydrobiologia*.

Las abreviaturas de los nombres de las revistas que aparecen regularmente pueden ser consultados en el Catálogo de Publicaciones Periódicas del Consejo Nacional de Investigaciones (CONICET).

En caso de duda se deben evitar las abreviaturas.

Algunas reglas generales para abreviaturas son: no escribir

los adjetivos con mayúsculas, a menos que sea la primera palabra del título. Ejemplos: *american* = am.; *linneana* = linn.

Luego de las palabras abreviadas se escribe un punto, pero luego de las palabras contraídas no. Ejemplos: *Journal* = J.; *Board* = Bd (y no Bd.); *Editor* = ed.; *Editores* = eds (y no eds.)

Simposios editados, volúmenes especiales, etc. en una revista periódica: En el caso de que el trabajo corresponda a un simposio o número especial que hayan sido publicados en una revista, el orden a seguir es el siguiente:

Autor(es). Año de publicación. Título del trabajo. En [Iniciales del nombre del Editor, Apellido del Editor] (ed.), Título del Simposio o Volumen Especial. Título de la revista, número del volumen [en negrita]: primera página del trabajo - última página.

Dussart, B. H. 1980. Copépodes. En J. R. Durand y C. Lévêque (eds), *Flore et Faune aquatiques de l' Afrique sahélo-soudanienne*. O.R.S.T.O.M., Doc. Tech. 44: 333-356.

Libros: En el caso de libros el orden es el siguiente:

Autor(es). Año. Título. Editorial, ciudad, número de páginas pp.

Hutchinson, G. E. 1975. *A treatise on limnology*, 3. J. Wiley & Sons, New York, 660 pp.

Libros con capítulos escritos por diferentes autores: En este caso el orden es:

Autor[es] del capítulo. Año. Título del capítulo. En [Iniciales del nombre del editor, Apellido del editor] (ed), Título del libro. Editorial, ciudad: primera página - última página.

Lucas, A. 1976. La mytiliculture. En P. Bougis (ed.), *Océanographie biologique appliquée*. Masson et Cie. Eds, Paris: 245-247.

listados correspondan a los mencionados en el texto.

En el caso de que se requiera a los autores una reestructuración importante del trabajo, se solicitará a los mismos el nuevo envío de original y dos copias y de un nuevo diskette con el texto corregido.

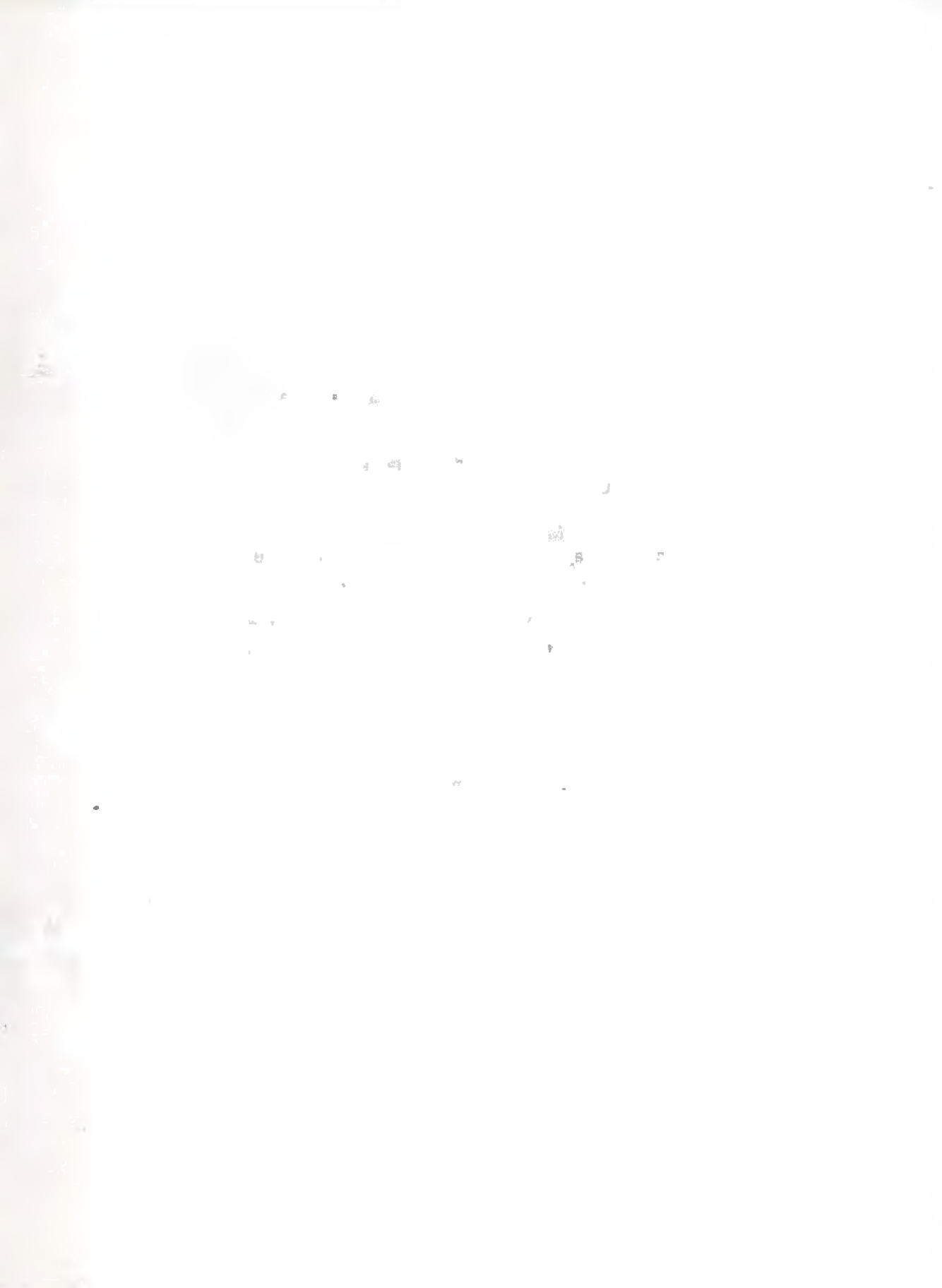
L. Envío de originales

Los originales deberán ser remitidos a:

Naturalia patagónica
Facultad de Ciencias Naturales
Universidad Nacional de la Patagonia
San Juan Bosco
Ciudad Universitaria, Km. 4
(9000) Comodoro Rivadavia
Provincia del Chubut
República Argentina

M. Nota final

Se recomienda hacer leer el trabajo por uno o varios colegas antes de su envío para eliminar de antemano todos los errores de tipeo, nombres científicos, unidades, estandarización de referencias a figuras, tablas y bibliografía. Verificar también que la lista de referencias bibliográficas esté completa y que todos los trabajos



CONTENIDO

ARTICULOS CIENTIFICOS

ALRIC, V. I. Estudio granulométrico y mineralógico de los sedimentos de playa El Doradillo (Golfo Nuevo, Chubut, Argentina)..... 1 - 12

GENINI, A. y NILLNI, A. Estudio de las alteraciones en el cerro Coihue. Provincia del Chubut. República Argentina..... 13 - 25

SCIUTTO, J. C. y MARTINEZ, R. D. Un nuevo yacimiento fosilífero de la Formación Bajo Barreal (Cretácico tardío) y su fauna de saurópodos..... 27 - 47

GRIZINIK, M. Y FRONZA, S. Geohidrología de la región de Río Mayo, suroeste de Chubut (Argentina)..... 49 - 70

NOTAS

ESTRADA, E. Sobre los métodos de diferenciación de caolinita y clorita..... 87 - 90

GRIZINIK, M. Y SONNTAG, C. Sobre algunas edades de aguas subterráneas del sistema acuífero multiunitario del sureste de Chubut, Argentina..... 91 - 92