

Naturalia

ISSN 0327-5272

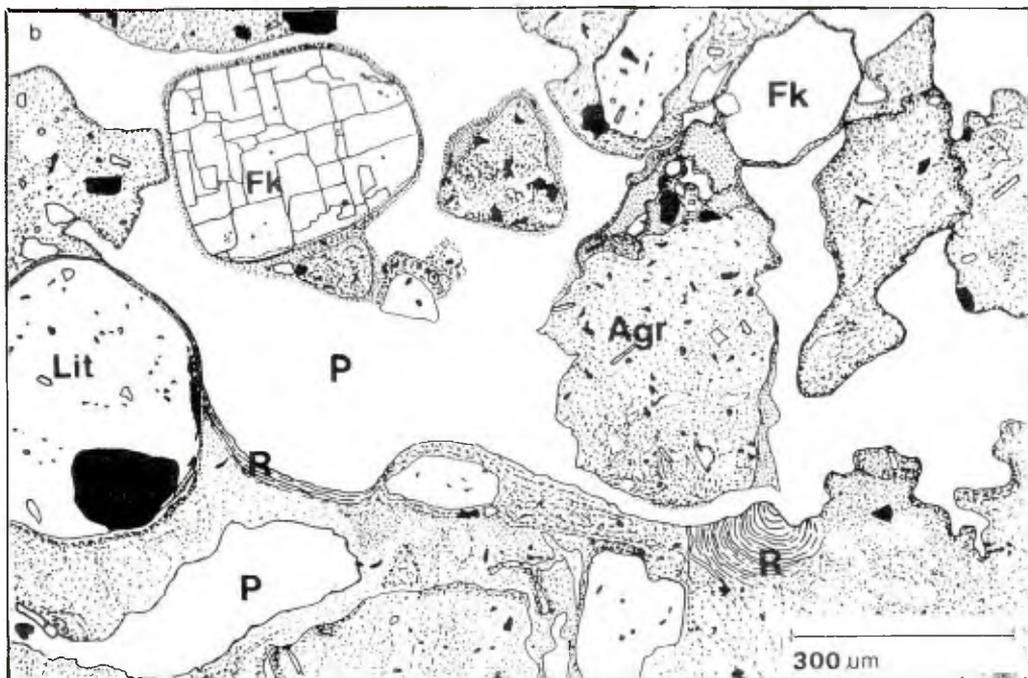
patagónica

CIENCIAS DE LA TIERRA

VOLUMEN 3

DICIEMBRE 1995

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



ISSN 0327-5272

NATURALIA PATAGONICA

**Serie: Ciencias de la Tierra, Volumen 3 (1995).
Facultad de Ciencias Naturales
Universidad Nacional de la Patagonia S. J. Bosco**

EDITOR

HECTOR E. ZAIXSO

DIRECTOR

ALICIA L. BORASO

COMITE EDITOR

Néstor R. Hirtz
Juan C. Sciutto
Alicia L. Boraso
Mónica Stronati
María A. Fajardo
Susana Risso
Mónica Casarosa
Rita Kurdelas
Isella Gutierrez
María Carballo

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



CONTENIDO

ARTICULO DE REVISION

SCIUTTO, J. C. Origen y migración de los hidrocarburos en la cuenca del golfo San Jorge, sur del Chubut y norte de Santa Cruz, Argentina 1 - 23

ARTICULOS CIENTIFICOS

CANO, C. y DEL VALLE, H. F. Génesis de un haplargid arénico en el noreste del Chubut: características mineralógicas y micromorfológicas 25 - 44

SCIUTTO, J. C. Estratigrafía y paleoecología del Lote 37, norte de Sarmiento, Chubut, Argentina 45 - 55

STAMPONE, J. E., ICHAZO, G., CAMBRA, H. y GONGORA, H. Aporte al conocimiento de la hidrología subterránea en la zona de las lagunas de estabilización de Trelew 57 - 64

VIDELA, L. y ROSTAGNO, C. M. Efecto de la pendiente y la cobertura de gravas en la erosión hídrica por salpicado bajo condiciones de laboratorio 65 - 77

BAGGIO, S. y PARDO, M. Análisis químico de rocas ígneas por técnicas combinadas de fluorescencia de rayos x y absorción atómica.....79 - 91

NOTA

MARTINEZ, R. D., GARCIA-RAMOS, J. C. y IBAÑEZ SARMIENTO, I. El primer Crocodylia (Mesosuchia: Teleosauridae) del Jurásico Superior de Asturias, España 93 - 95

CONTENTS

REVISION ARTICLE

SCIUTTO, J. C. Origin and migration of the hydrocarbons in the Golfo San Jorge Bassin, South of Chubut and North of Santa Cruz, Argentina 1 - 23

RESEARCH ARTICLES

CANO, C. y DEL VALLE, H. F. Soil genesis of an arenic haplargid in the Northeastern of Chubut Province (Argentina): Mineralogical and micromorphological features..... 25 - 44

SCIUTTO, J. C. Stratigraphy and paleoecology of Lot 37, North of Sarmiento, Chubut, Argentina 45 - 55

STAMPONE, J. E., ICHAZO, G., CAMBRA, H. y GONGORA, H. Contribution to the knowledge of groundwater hydrology in the Trelew cloacal effluent lagoons..... 57 - 64

VIDELA, L. y ROSTAGNO, C. Effects of slope and gravel cover on splash erosion by artificial rains under laboratory conditions.....65 - 77

BAGGIO, S. y PARDO, M. Chemical analysis of igneous rocks by combined technics of x-ray fluorescence and atomic absorption.....79 - 91

NOTE

MARTINEZ, R. D., GARCIA-RAMOS, J. C. y IBAÑEZ SARMIENTO, I. First Crocodylia (Mesosuchia: Teleosauridae) from the Upper Jurassic of Asturias, Spain 93 - 95



**ORIGEN Y MIGRACION DE LOS HIDROCARBUROS EN
LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE, SUR DEL
CHUBUT Y NORTE DE SANTA CRUZ, ARGENTINA.**

**Origin and migration of the hydrocarbons in the Golfo
San Jorge Basin, South of Chubut and North of Santa
Cruz, Argentina.**

Juan Carlos Sciutto

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

RESUMEN

Los hidrocarburos, en la Cuenca del Golfo San Jorge, han tenido una migración ascendente importante desde la roca madre hasta la roca reservorio, a través de rocas porosas, fallas y microfracturas. Sin embargo, el desplazamiento lateral no ha sido regional, sino relativamente corto. Esta característica es la responsable de los entrampamientos ordenados del petróleo en forma oval dentro de la cubeta sedimentaria, con poca presencia en el borde externo de la misma.

Palabras clave: Sedimentología, materia orgánica, hidrocarburos, migración.

ABSTRACT

The petroleum and gas at the Golfo San Jorge Basin, have had an important increasing migration from source rock to the reservoir rock, through the open beds, faults and microfractures. Even though the lateral moving has not been regional, but relatively short. This characteristic is the responsible of the ordered fields of oil in an oval shape inside of the sedimentary basin, with a few presence in the external side of it.

Key words: Sedimentology, organic matter, hydrocarbons, migration.

INTRODUCCION

Si bien son las sedimentitas de edad Cretácica del Grupo Chubut, las que han provisto la mayor cantidad de petróleo y gas en la Cuenca del Golfo San Jorge, el conocimiento de su comportamiento sedimentario y estratigráfico de detalle es incompleto, debido a las variaciones de facies que se observan en las distintas secciones, la geometría, frecuencia y evolución espacial de los estratos arenosos, las características ambientales poco precisas de las unidades que lo integran, los escasos modelos sedimentarios y niveles paleontológicos de valor cronológico, el reconocimiento no claro de vías favorables para la migración de fluidos en general e hidrocarburos en particular, etc.

Desde principios de este siglo, existen trabajos de detalle y otros de reconocimiento, tanto de geología de superficie como de

subsuelo. Pero es a partir del 13 de diciembre de 1907, fecha del descubrimiento del petróleo en la localidad de Comodoro Rivadavia a unos 535 metros de profundidad, dentro del miembro Glauconítico de la Formación Salamanca, cuando esta actividad geológica comienza a expandirse.

Desde el comienzo exploratorio, se hicieron estudios regionales y locales, aunque enfatizando en los aspectos estructurales sobre los estratigráficos y utilizando criterios no uniformes entre los distintos autores, en la determinación de los límites formacionales. Esta situación se complicó cuando la información obtenida mediante geología de superficie se relacionó con la de subsuelo, conseguida merced a pozos exploratorios de hidrocarburos, ya que los límites de las distintas unidades litológicas que afloraban, no eran coincidentes con los límites utilizados por otros investigadores del subsuelo de la cuenca.

Si bien el área superficial

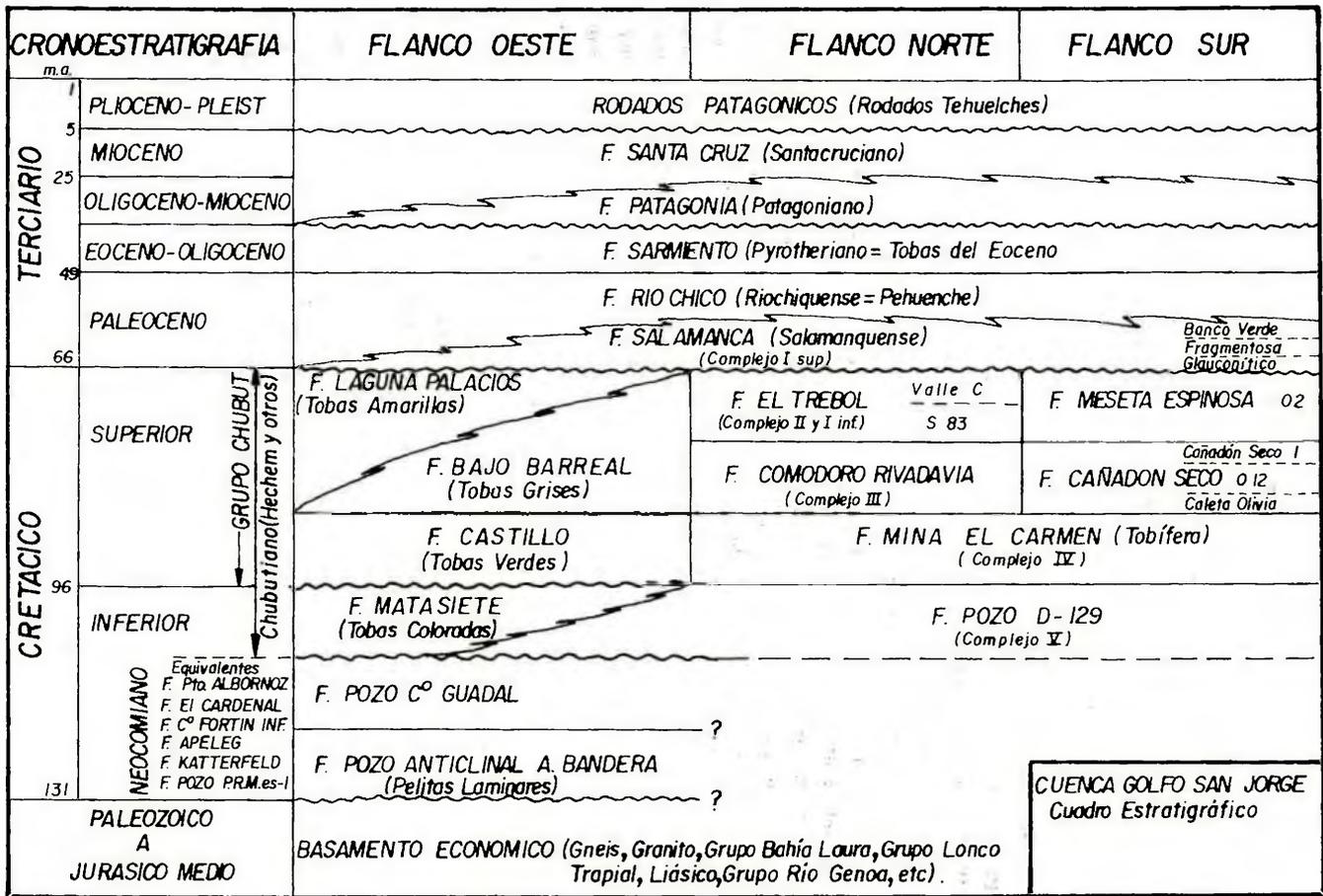


Figura 1: Cuenca del golfo San Jorge. Cuadro estratigráfico.

aflorante es amplia, su espesor es reducido comparado con el de zonas más centrales y soterradas de la cuenca. Además, los afloramientos importantes, especialmente de las unidades del Cretácico, están ubicados en áreas más bien marginales de la cuenca, faltando por completo las exposiciones de ambiente distal y profundo, cuyo estudio se basa en la perforación de pozos, líneas sísmicas e interpretación sismoestratigráfica (Brown et al., 1982; Legarreta y Uliana, 1994). Un resumen de la nomenclatura estratigráfica puede apreciarse en la figura 1, aclarando que la denominación Grupo Chubut es aquí provisoria ya que ha sido y está siendo revisada por otros autores (Barcat et al., 1989).

ORIGEN DEL PETROLEO

Es sugestiva, para la Cuenca del Golfo San Jorge, la ubicación geográfica de los distintos yacimientos de petróleo, ya que bordean a la cubeta sedimentaria periclinalmente, concentrándose en una faja intermedia y desapareciendo tanto hacia el borde como hacia el centro de la misma (Lombard, 1966).

Si se analiza la aureola sedimentaria más externa, se observa que es improductiva de hidrocarburos. Aquí, los pozos fueron perforados en donde el Grupo Chubut se apoya directamente sobre el Grupo Lonco Trapial (o

unidades equivalentes) o bien sobre el Basamento (granitos, rocas metamórficas, etc.), depositado en facies netamente oxidantes y sin o escasa presencia de la Formación Pozo D-129. Los sondeos perforados en este borde de cuenca resultaron estériles, a pesar de las características petrofísicas favorables en cuanto a porosidad y permeabilidad de las areniscas intercaladas.

Los sondeos realizados cada vez más en dirección al centro de la cuenca, además de mostrar un paulatino incremento en el espesor sedimentario, van adquiriendo características menos oxidantes y un progresivo aumento en la potencia de la Formación Pozo D-129, hasta que a partir de un cierto espesor de ésta, algo variable, según los sectores considerados y normalmente de pocos cientos de metros, comienzan a aparecer las áreas productivas de petróleo o gas. Prosiguiendo hacia el centro de la cuenca los yacimientos de petróleo comienzan a perder interés económico.

Este comportamiento puede interpretarse como que la roca madre principal de los hidrocarburos sería la Formación Pozo D-129, especialmente hacia los flancos norte y sur de la cuenca y que tanto la generación de hidrocarburos como su entrapamiento estarían arealmente relacionados. Esta migración desde la roca madre (F. Pozo D-129) hasta la roca reservorio (normalmente

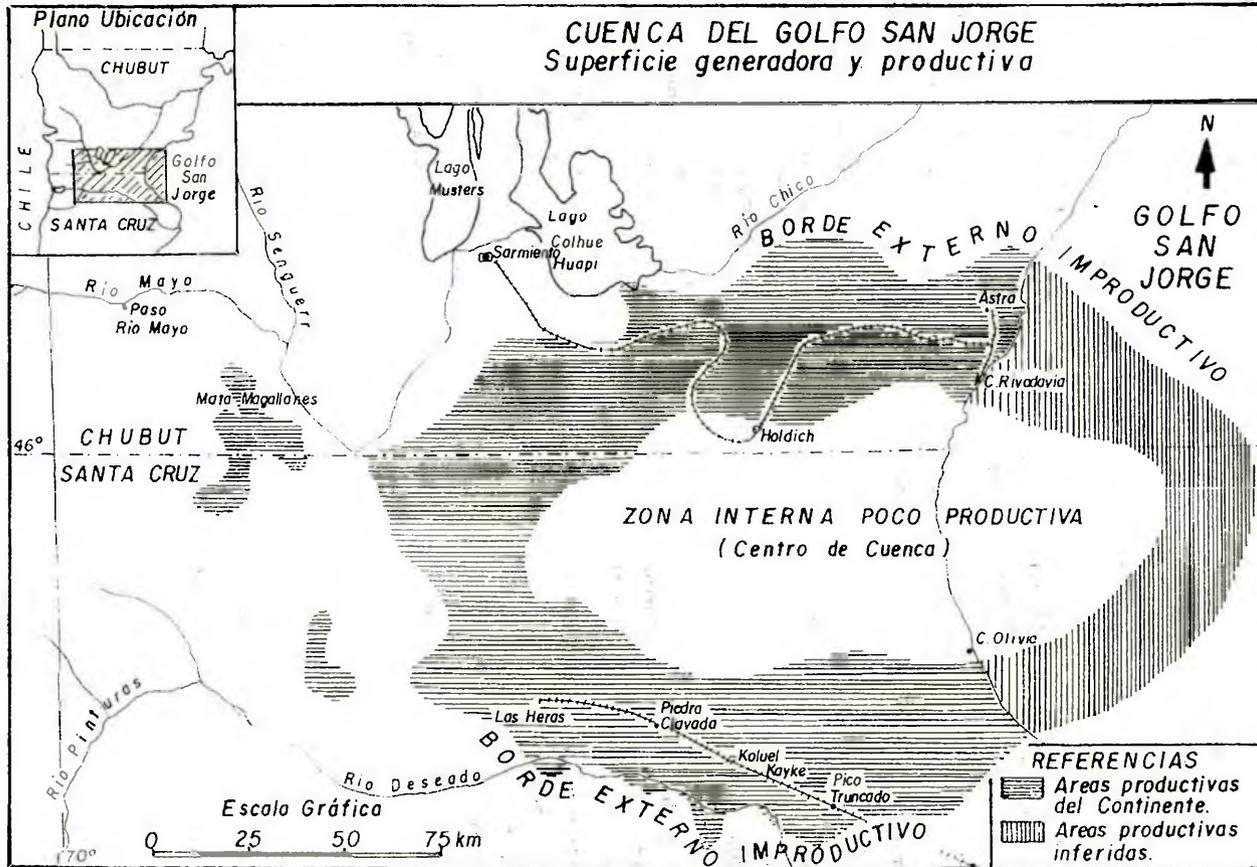


Figura 2: Cuenca del golfo San Jorge. Superficie generadora y productiva.

areniscas intercaladas en las distintas formaciones que integran el Grupo Chubut) sería eminentemente vertical, a través de fracturas, fallas tensionales y localmente fallas de rumbo o desplazamiento horizontal (fig. 2). Así, esa faja exterior improductiva, se infiere como debida a la ausencia de roca generadora subyaciendo al Grupo Chubut. Puede pensarse, por lo tanto, en una migración fundamentalmente vertical y escasa lateral, para los hidrocarburos (Casas, 1965).

El carbono y el hidrógeno que forman al petróleo son provistos por la materia orgánica, ya sea de origen vegetal o animal y que se ha depositado conjuntamente con los sedimentos. Posteriormente, durante su enterramiento, la descomposición de esa materia orgánica lleva a un enriquecimiento en carbono e hidrógeno y un empobrecimiento en oxígeno y nitrógeno, procedimiento desarrollado dentro de pelitas de coloraciones oscuras o rocas carbonáticas, en un ambiente reductor, posiblemente ayudados por bacterias, temperatura, presión, agentes catalizadores y radiactividad (Demaison y Moore, 1980). Como estas condiciones son variables, también serán variables los tipos de petróleos generados en los distintos subambientes de sedimentación. Si la diferenciación se produjera durante la posterior migración y si ésta fuera larga, lo haría en forma gradual, desde el

lugar de origen hasta su lugar de reposo, circunstancia que no se cumple en la Cuenca del Golfo San Jorge.

Esa materia orgánica presente en los sedimentos de la Formación Pozo D-129, que no es la única unidad sedimentaria con posibilidades de generación de hidrocarburos, está en diferentes proporciones según el lugar donde se depositó. En parte pudo haber llegado desde las áreas positivas mediante cursos acuosos, especialmente el material húmico, como parecería acontecer con la Formación Matasiete, o bien puede tener un origen local, en el mismo lugar, por la acumulación o actividad de los organismos allí existentes. Se produce, por lo tanto, una mezcla de sedimentos finos, restos de animales con descomposición de sus componentes blandos o sus desechos y vegetales, dentro de un medio lacustre, medio generalmente aceptado para la unidad Pozo D-129.

Gran parte de ese material orgánico se encuentra finamente dividido, quizás en estado coloidal (Hunt y Jamieson, 1958). Por lo tanto, las zonas con mayor contenido orgánico están relacionadas con una determinada profundidad de agua, donde la vida y actividad de organismos fue favorable y, además, donde también se depositó el aporte orgánico terrígeno. Esto último es mayor frente a la desembocadura de los grandes

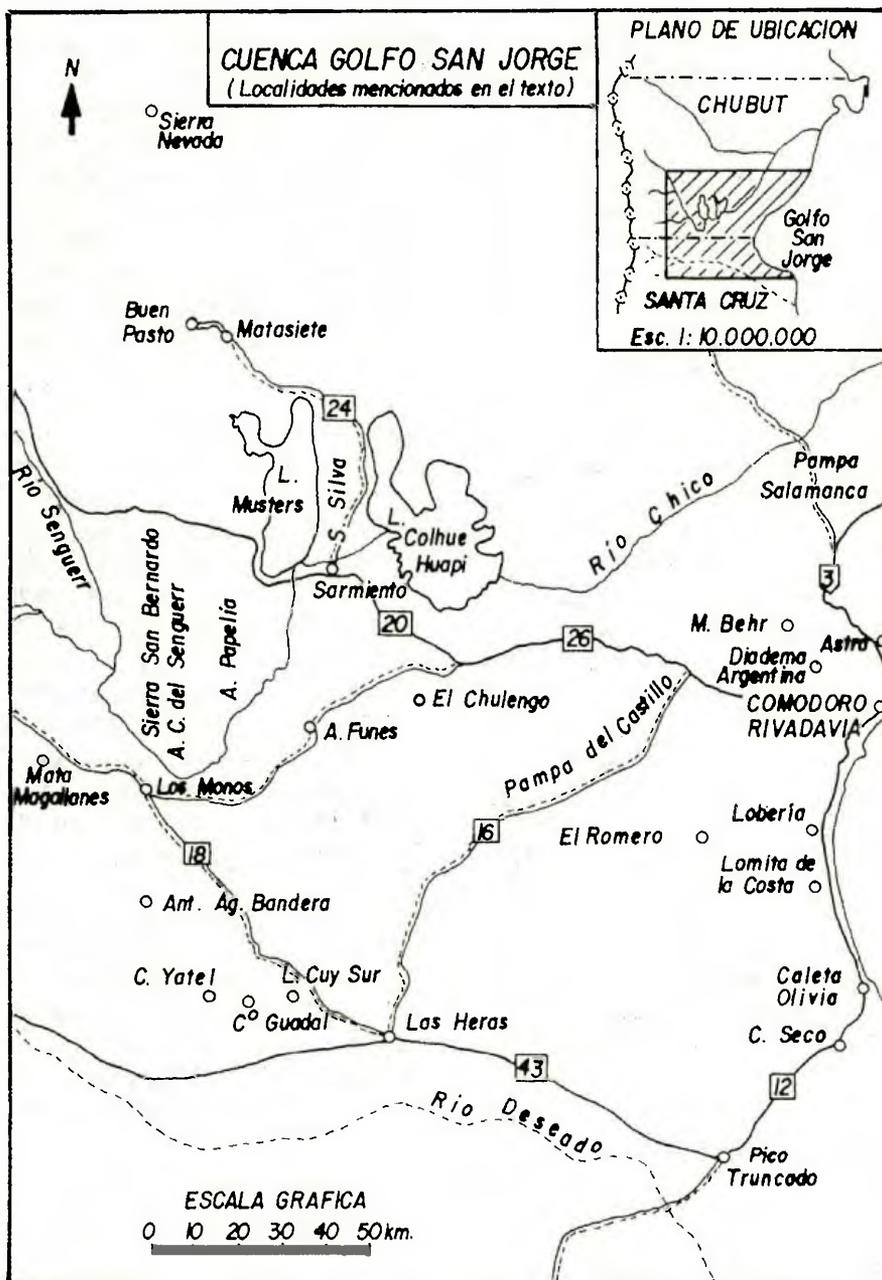


Figura 3: Cuenca del golfo San Jorge. Localidades mencionadas en el texto.

ríos, que los aportan en forma de partículas, coloides o ácidos húmicos derivados de la descomposición fundamentalmente vegetal, cuya proporción dependerá de la humedad y fertilidad de los suelos atravesados. Los restos óseos y grandes troncos silicificados y orientados encontrados dentro de los paleocauces arenosos de la Formación Matasiete, en su lugar tipo (fig. 3), deben estar relacionados con paleosuelos. Además, por descomposición vegetal, pueden generarse algunos tipos de hidrocarburos sin necesidad de un gran enterramiento. Como ejemplo, puede citarse el metano presente en zonas pantanosas. Incluso, los ríos pueden aportar a la cuenca la materia orgánica y aún el petróleo incluido en rocas preexistentes, como podría ocurrir con las sedimentitas del Liásico y Carbónico-Pérmico, tan comunes y de grandes espesores en el oeste de la provincia del Chubut.

La progresiva profundización y enterramiento de la roca madre originó cambios composicionales y físicos de la materia orgánica y del petróleo, desde su borde hacia su centro deposicional. Este hundimiento es ayudado mediante fallas tensionales, en general de rumbo este-oeste y que determinan amplias fosas (graben), en donde la presión y la temperatura soportadas por los sedimentos llegaron a ser considerables (Fitzgerald et al., 1990; Lesta et al., 1980).

Como regla general, puede decirse que a mayor profundidad habrá un contenido superior de hidrocarburos livianos o gaseosos, a menor profundidad de soterramiento predominarán los hidrocarburos medianos, luego los pesados, después el metano de origen vegetal y finalmente, en la superficie misma, la materia orgánica original.

Los hidrocarburos, por lo tanto, se originan en mayor proporción, en las rocas sedimentarias de grano fino o calcáreas, aunque es común la presencia de materia orgánica en toda la secuencia sedimentaria. Las sedimentitas constituyentes de la Formación Pozo D-129 y Grupo Chubut del subsuelo de la cuenca, no escapan a esta generalidad y tanto las pelitas como algunas tobas, tienen una variable reacción al ser tratadas con peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Su proporción, en general, es inversamente proporcional a la granulometría. Es la responsable, en gran parte, de la coloración de las pelitas oscuras y de algunas areniscas grisáceas finas, fundamentalmente de las que subyacen al Grupo Chubut. A veces, se presenta como material carbonoso, otras como material finamente dividido, hasta coloidal y frecuentemente asociado con pirita. Esta asociación, indica un ambiente reductor, donde la preservación y transformación, posiblemente bacteriana de la materia orgánica, son propicias

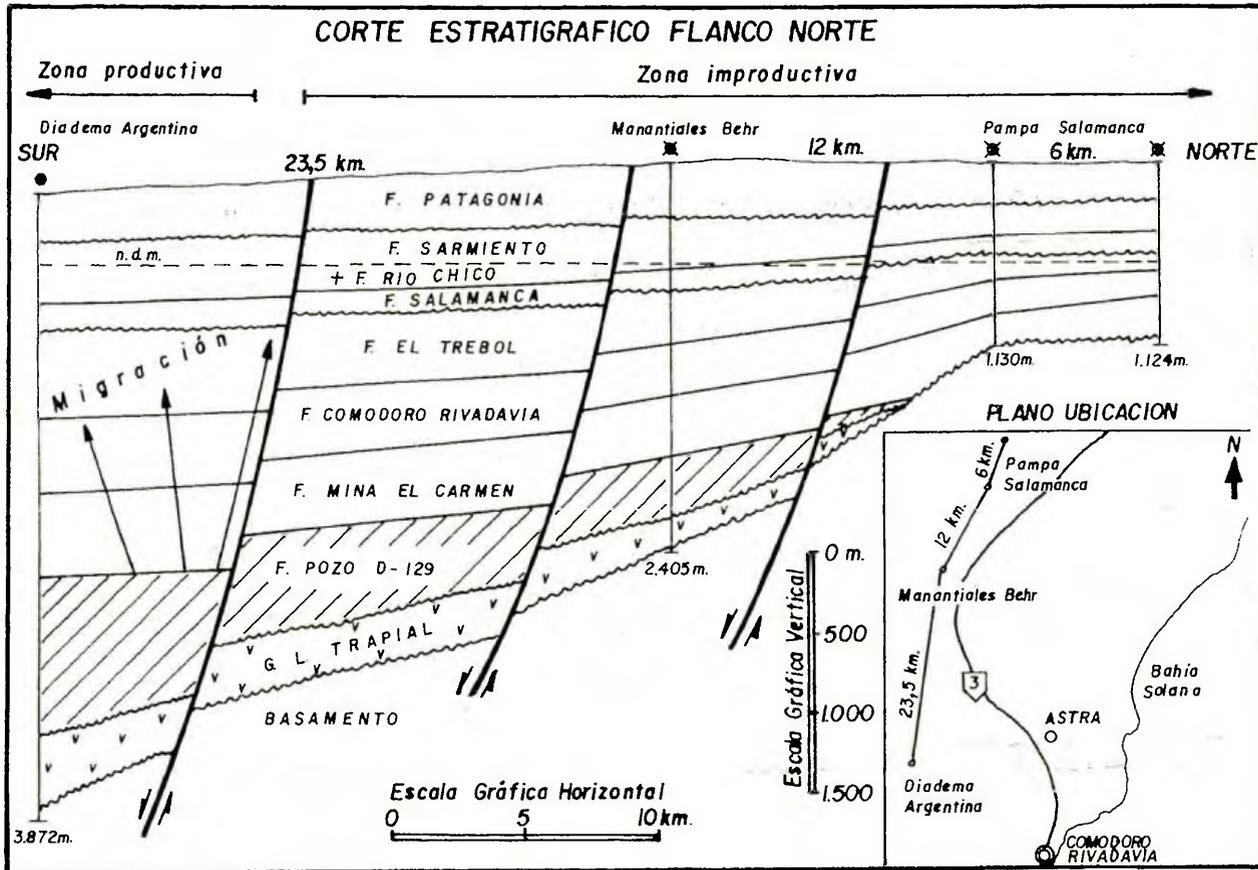


Figura 4: Cuenca del golfo San Jorge. Corte estratigráfico Flanco Norte.

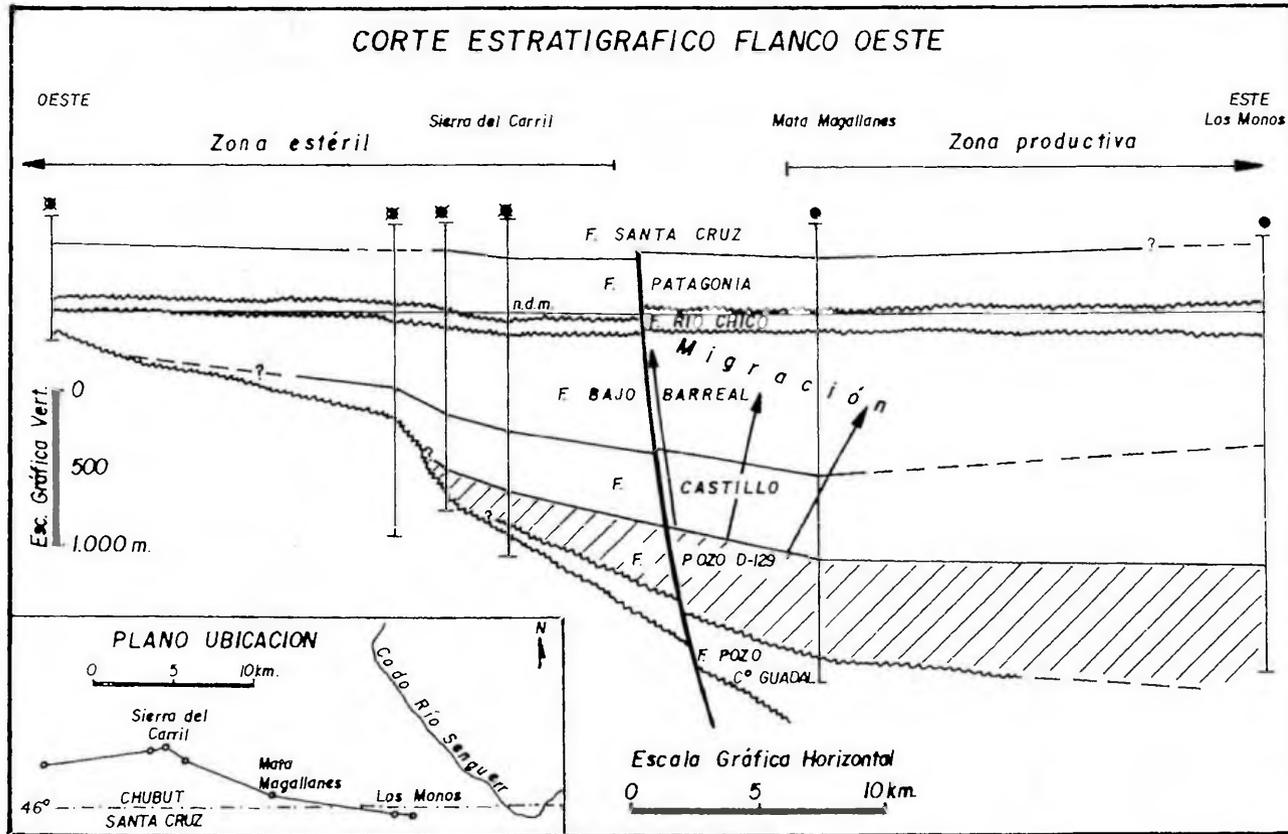


Figura 5: Cuenca del golfo San Jorge. Corte estratigráfico Flanco Oeste.

para la generación de hidrocarburos a partir de materiales sapropélicos, es decir, ricos en compuestos orgánicos.

Sólo en las facies algo distales y euxínicas se dan las condiciones favorables para la generación de hidrocarburos, mientras que en las zonas proximales, donde sólo ha sido depositado el Grupo Chubut conjuntamente con la Formación Matasiete, los sedimentos fueron acumulados en un medio oxidante, donde predominan las características de deposición subaérea, fluvial o lacustre poco profundo, con frecuentes coloraciones rojizas dadas por óxido férrico, niveles con raíces (paleosuelos), paleocauces fluviales y alteración meteórica, donde la materia orgánica fácilmente se destruye. En esta faja, por lo tanto, será difícil encontrar una acumulación de hidrocarburos de importancia económica, si su migración lateral desde su origen encuentra barreras de permeabilidad. El corte norte-sur, realizado en el Flanco Norte (fig. 4) y el corte este-oeste, en la zona occidental de la cuenca (fig. 5), muestran esta situación. Así, numerosos pozos perforados en esta faja externa, no han presentado evidencias de hidrocarburos, a pesar de haber atravesado una secuencia sedimentaria con adecuadas condiciones como reservorio, estructura y sello, pero alejadas de la roca generadora.

Con la aparición, dentro de la

cuenca, de la Formación Pozo D-129, unidad que engrana lateralmente con la Formación Matasiete y a medida que su espesor aumenta, van desapareciendo progresivamente las condiciones oxidantes de los niveles estratigráficos inferiores y los rastros e impregnaciones de hidrocarburos se van haciendo cada vez más frecuentes en la mayoría de los sondeos realizados (fig. 6).

Esta característica regional también se visualiza en los afloramientos de la Sierra San Bernardo y sus prolongaciones serranas hacia el norte. Las exposiciones más claras y numerosas de hidrocarburos se encuentran hacia el sur (Anticlinal del Codo del Senguerr, Anticlinal del Papelía, Anticlinal Funes) y también, aunque en menor proporción, hacia el este (Anticlinal de Sierra Silva). Esto se interpreta, para esas áreas, como una generación de cierto interés a partir de la roca madre infrayacente, mientras que hacia el norte y noroeste los hidrocarburos aflorantes son cada vez más secos y menos frecuentes (fig. 7). Esto último es coincidente con una gradual reducción en el espesor de la Formación Pozo D-129 (roca madre) y por cambio de facies, ya que aquí tiene claras evidencias de oxidación, evidenciado por sus coloraciones rojizas, y que la hacen semejante, especialmente en su tope, a la Formación Matasiete.

La generación y migración del

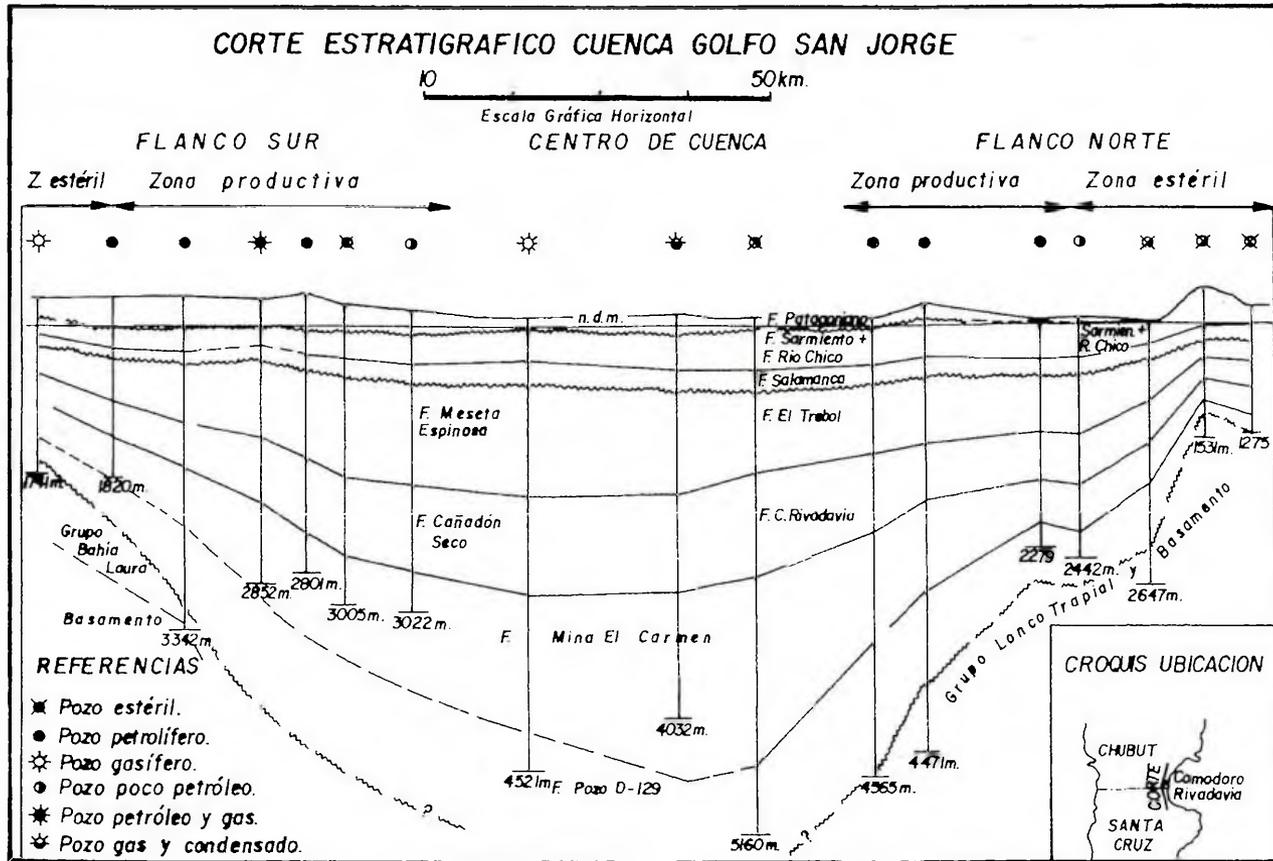


Figura 6: Cuenca del golfo San Jorge. Corte estratigráfico.

J. C. Sciutto: Hidrocarburos en la cuenca del Golfo San Jorge.

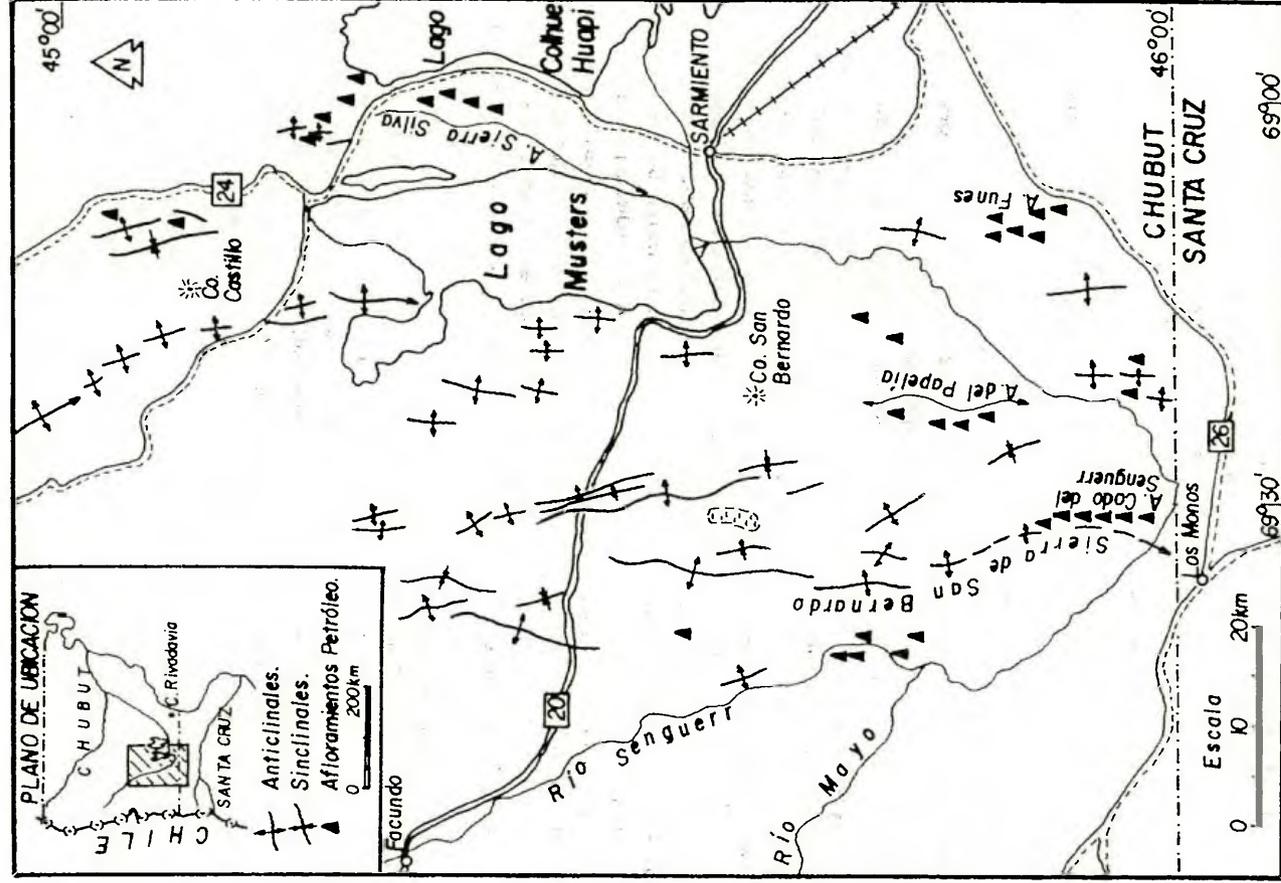


Figura 7: Cuenca del golfo San Jorge. Area de la Sierra de San Bernardo.

petróleo están relacionadas, por lo tanto, a determinadas facies sedimentarias de zonas intermedias, ni muy superficiales ni demasiadas profundas de la cuenca, teniendo semejanza con la forma general de la misma, aunque con anomalías indicativas de situaciones particulares, tales como altos relativos de basamento, los que generan una reducción apreciable en el espesor sedimentario.

Tanto en el Flanco Norte como en el Flanco Sur, el estilo tectónico es tensional, con fallas normales y escalonadas que favorecen la migración ascendente de hidrocarburos y determinan una fosa de hundimiento, con estructuras suavemente plegadas por fallas en general sinsedimentarias. Este estilo sobrepasa a la Sierra San Bernardo y su prolongación hacia el sur, pero por un evento tectónico posterior, en esta zona occidental se sobrepone al mismo una estructuración de plegamiento, con fallas compresivas (Sciutto, 1979; Homocv et al., 1993).

MIGRACION LATERAL RELATIVAMENTE CORTA

De acuerdo con los estudios de geología de superficie, en la Sierra San Bernardo las areniscas de las Formaciones Matasiete, Castillo, Bajo Barreal y Laguna Palacios son, con algunas excepciones, cordoniformes y lenticula-

res. Características similares pueden inferirse de los datos del subsuelo. Estas areniscas tienen una granulometría y permeabilidad mejores en el centro del cuerpo, coincidente con su mayor espesor, disminuyendo progresivamente hacia las márgenes. Estos cuerpos recipientes representan en la mayoría de los casos para el Grupo Chubut, el relleno de paleocauces y depósitos de barras de desembocadura, teniendo por lo tanto, una barrera lateral de permeabilidad, ya que limitan con tobos, pelitas y sus mezclas. O sea que, éstas areniscas por simples alabeos, aún sin cierre perimetral, pueden constituir buenas trampas para los fluidos contenidos. Sólo se requieren vías favorables para el acceso del petróleo y gas a las mismas.

Un hecho importante a tener en cuenta, es que por lo menos el fallamiento de rumbo este-oeste, sufría reactivaciones a medida que la sedimentación se producía. Esta contemporaneidad entre ambos eventos, fallas de crecimiento y sedimentación, es la responsable de que la proporción clástica gruesa sea mayor, en general, en los bloques bajos de falla y que el rechazo stratigráfico aumente en profundidad. Estas fallas principales asociadas con otras menores pueden cortar y aislar a los distintos cuerpos arenosos. Pequeños desplazamientos a lo largo del plano de falla, no detectados normalmente por métodos geofísicos.

cos, pueden constituirse en buenas trampas para los distintos fluidos y en barreras a la migración lateral.

De lo expresado anteriormente se desprende que la migración de los hidrocarburos desde la roca madre hasta la roca reservorio no es regionalmente larga. Los fluidos ascienden a través de las fallas de alto ángulo (alrededor de 60° para el Flanco Norte), tan frecuentes en la cuenca o bien pueden atravesar lentamente ciertos cuerpos rocosos a través de innumerables y diminutas fracturas. Por ejemplo, es común observar hidrocarburos rellenoando pequeñas grietas en tobos, las que, en muchos casos, suelen tener un comportamiento elástico o frágil. Este ascenso también puede realizarse dentro de las pelitas de la Formación Pozo D-129. Así lo prueban algunos testigos coronas obtenidos de esta unidad en la zona de Cañadón Yatel, donde las pelitas gris oscuras a negras suelen tener un comportamiento no plástico, presentando abundantes pequeñas fracturas perpendiculares a la estratificación (verticales) rellenas con hidrocarburos livianos, provenientes, casi con seguridad, de los niveles inferiores (Sciutto, 1979).

Este ascenso puede ser corto o largo. En algunos casos, en un mismo sondeo se lo puede seguir desde el interior de la Formación Pozo D-129, a lo largo de todo el pozo e incluso hasta la superficie misma del terreno, como sucede

en Lomas del Cuy Sur, Codo del Senguerr, etc.. También puede llegar a un estrato reservorio y a partir de allí entramparse con un corto desplazamiento lateral. O sea que el hidrocarburo, especialmente líquido, tiene pocas posibilidades de proseguir su movimiento a gran distancia a lo largo de los estratos. Estas fallas actúan favorablemente como vías de migración pero también como trampa, situación frecuente tanto en el Flanco Norte como en el Flanco Sur de la cuenca. Dentro de estos bloques es donde se produce una separación relativa gravitacional de los fluidos, aunque regionalmente tienen una distribución bastante irregular con respecto a estas diferentes densidades.

Este tipo de migración hace que puedan encontrarse acumulaciones de hidrocarburos en areniscas, calizas oolíticas y otras litologías, asociadas con la roca madre (Formación Pozo D-129 y posiblemente otras unidades estratigráficas inferiores), no del todo investigadas aún. De todas maneras en esta cuenca las mayores acumulaciones de hidrocarburos se dan en niveles superiores a los generadores, pertenecientes al Grupo Chubut, en cualquiera de las formaciones que lo integran en la zona oriental y en casi todas de la zona occidental, en un ambiente sedimentario muy diferente de donde se originaron, ya que la Formación Pozo D-129 representa

la sedimentación en un medio lacustre, mientras que, en general, el Grupo Chubut indica un ambiente del tipo fluvial y deltaico, con aporte piroclástico variable según el lugar de cuenca analizado. O sea que esa movilidad se produjo inicialmente desde las pelitas y quizás calizas ricas en materia orgánica, hacia rocas permeables adyacentes y posteriormente, a lo largo de los planos de fracturas llegó a las areniscas del Grupo Chubut o "Chubutiano". Pero desde aquí no hay evidencias de una posterior migración regional lateral centrífuga, hacia los bordes de cuenca.

Esta migración lateral corta hace que, por ejemplo, las rocas reservorios adecuadas en cuanto a su porosidad y permeabilidad ubicadas en proximidades del tope de la Formación Pozo D-129 sean acuíferas, ya que ellas al estar en proximidades del borde de cuenca, no están asociadas con buenas pelitas generadoras.

La limitación con respecto a una migración lateral larga, por lo menos dentro de las unidades que componen al Grupo Chubut es una característica muy importante, porque permite el entrampamiento de hidrocarburos incluso en áreas estructuralmente bajas o en sinclinales. Ejemplos de esta última situación se dan en las áreas de Cañadón Seco, El Chulengo, etc.

Si bien la Formación Pozo D-129 no es comunmente productora de petróleo o gas, de lo ante-

riormente expuesto resulta de gran interés conocer la distribución de la roca generadora de hidrocarburos y determinar los lugares que han sido más favorables en cuanto a la capacidad oleogenética.

Es necesario aclarar que, aunque la Formación Pozo D-129 tiene niveles con características de buena roca generadora de hidrocarburos, no es exclusiva en este aspecto, ya que también los tienen algunas unidades estratigráficas infrayacentes, conocidas en el ambiente petrolero como Pozo Cerro Guadal y Anticlinal Aguada Bandera, aunque son menos conocidas porque no muchos pozos las han perforado en su totalidad.

RELACION ARENA:PELITA

Se acepta para la Formación Pozo D-129 una depositación en un ambiente lacustre (Van Nieuwenhuise y Ormiston, 1989), de aguas no salinas, con formación de acumulaciones deltaicas en la desembocadura de los numerosos ríos que aportaban los sedimentos detríticos desde las zonas periféricas y con acumulación de rocas carbonáticas, frecuentemente oolíticas, entre estos lóbulos deltaicos. Se darían, por lo tanto, en la zona costera los mejores desarrollos de bancos arenosos, en tanto que la materia orgánica coloidal o en forma de pequeñas partículas, ya sean de origen terrígeno apor-

tado por los ríos o de origen interno al lago, se separan de esa zona y se acumulan junto con las pelitas, de aguas relativamente más profundas y de menor energía.

Es decir, para las áreas proximales habrá un reducido espesor sedimentario, acumulado en un ambiente relativamente oxidante, con coloraciones comunmente claras a rojizas, baja proporción de materia orgánica, elevada saturación de agua congénita en las arenas, dando una elevada relación entre "arena/pelita oscura". Mientras que en zonas más distales y algo más profundas, esta proporción decrecerá debido a un progresivo aumento de la materia orgánica incorporada a los sedimentos finos, de acuerdo a los distintos subambientes presentes. Esta particularidad ha determinado la presencia de fajas irregulares, con cierta tendencia al paralelismo a la línea de costa y que poseen características más o menos similares, modificadas por factores locales, tales como la desembocadura de grandes ríos, tan frecuentes en la Formación Matasiete, los cuales pueden llegar a formar verdaderos depósitos deltaicos y donde el aporte orgánico vegetal suele llegar a ser importante. Mientras que entre los distintos lóbulos deltaicos la deposición química adquiere mayor significación, en forma de caliza o caliza oolítica. De ahí que en los planos de relación confeccionados para la

Formación Pozo D-129 a nivel cuencal, los máximos porcentajes de clásticos coinciden con mínimos de caliza oolítica y viceversa (Nevistic, 1979).

De lo anterior se deduce que las mejores rocas generadoras de hidrocarburos, normalmente no están asociadas con las mejores rocas reservorios, sino que esa asociación es más frecuente con areniscas con deficientes condiciones petrofísicas y posiblemente con caliza oolítica, ambas con baja permeabilidad. Si a esto se agrega que el fallamiento, en general, es coetáneo con la sedimentación, se comprende porqué la producción de petróleo en la Formación Pozo D-129 no ha tenido demasiado éxito y si las areniscas superiores del Grupo Chubut.

Esta faja de interés generatriz se ha ido ampliando con el tiempo de acuerdo con las variaciones del nivel del lago. Por lo observado en las muestras obtenidas de la perforación de los pozos exploratorios que atravesaron a la Formación Pozo D-129 en áreas marginales, se interpreta que para este tiempo existía un lago que fue elevando su nivel y aumentando su superficie por expansión. Posteriormente, se produjo su retracción y su paulatina colmatación. Esta característica se aprecia en los pozos perforados en áreas proximales del noreste de los lagos Musters y Colhue Huapi. En esta zona la Formación Pozo D-129 tiene poco espesor y está

intercalado en sedimentos de "capas rojas" y lateralmente hacia el norte se definen como Formación Matasiete. Esta expansión y retracción del lago es importante, porque pueden colocar en situaciones favorables en la vertical, los niveles arenosos con buenas condiciones de porosidad y permeabilidad con las rocas madres, como parecería ocurrir en la zona de los pozos del Río Mayo. Otra circunstancia favorable es que esta situación se da en los términos superiores de la Formación Pozo D-129 y por lo tanto no se requieren, en general, sondeos demasiados profundos para su investigación. Es posible que algunas de estas areniscas hayan sido improductivas por fugas posteriores a través de fallas reactivadas, como podría suceder en Cañadón Yatel.

Es probable que hacia el centro de la cuenca la "proporción" de materia orgánica haya sido menor con respecto a la faja intermedia. Además, las condiciones petrofísicas de las rocas reservorios del Grupo Chubut son más desfavorables en este sector. O sea que la facie euxínica ideal intermedia, está rodeada externamente por una superficie no favorable para la generación rentable de hidrocarburos y por otra interna de menor importancia, aunque no descartable, donde el material orgánico se encontraría más disperso.

Hay una tendencia a ambos

lados de la faja intermedia generadora, ya sea hacia la parte externa oxidante o interna y profunda, a aparecer una proporción mayor de pozos gasíferos. Esto puede ser debido a una mayor movilidad de los mismos, pero también a la constitución particular de la materia orgánica, que asociada a distintos grados de temperatura sólo originaron hidrocarburos gaseosos (Philippi, 1965; Tissot y Welte, 1989; Weeks, 1961). Si la migración hubiera sido regional, partiendo desde el centro de la cuenca hacia los bordes, los hidrocarburos gaseosos hubieran tomado la delantera con respecto a los hidrocarburos líquidos y no explicaría el porqué los pozos del centro de cuenca sólo tuvieron gas, condensado o petróleo muy liviano (Lomita de la Costa, Lobería, El Romero, etc.). ¿Corresponderá realmente esta situación a un mayor enterramiento de la materia orgánica cuya temperatura haya destruído los hidrocarburos líquidos como podría alegarse?

Diversos autores estudiaron este problema en distintos tipos de ambientes y en otras cuencas del mundo. Entre los pioneros merecen citarse los realizados sobre sedimentos modernos al sur de California (Emery y Rittenberg, 1952) y en el Golfo de México (Trask, 1953), mientras que W. Younquist lo hace en sedimentitas del Terciario de la zona noroccidental del Perú. También existen varios estudios geoquímicos reali-

zados en la Cuenca del Golfo San Jorge (Laffitte y Villar, 1982; Mier, 1983; Rodrigo Gainza et al., 1984; Seiler y Decastelli, 1989; Yllañes et al., 1989).

De lo anteriormente expuesto, surge que se pueden delimitar áreas de mayor interés exploratorio, simplemente construyendo planos con características de la roca madre, por ejemplo Formación Pozo D-129, en donde se relacionen ciertos parámetros físicos, fácilmente obtenibles, como es el caso de la relación arena/arcilla.

Así, mediante la graficación de estos parámetros se obtendrán curvas con altos valores (alta relación arena/pelita oscura) en áreas proximales, donde la posibilidad de generación de hidrocarburos es limitada, mientras que en el otro extremo se obtendrá una relación demasiado baja y si bien la generación de hidrocarburos puede llegar a ser importante se "diluirá" dentro del gran espesor sedimentario y, además, son áreas donde no son adecuadas las condiciones de porosidad y permeabilidad de las rocas reservorios, tanto de la Formación Pozo D-129 como del Grupo Chubut.

Es importante determinar, para las distintas áreas, qué intervalos o valores de esta relación resultan de interés y cuales negativos para la generación y acumulación de petróleo. Buscando una relación óptima se pueden delimitar y separar fajas de "capas

rojas" marginales a la cuenca, sin interés prospectivo, por lo menos para los hidrocarburos líquidos.

Estas relaciones consideradas adecuadas para la generación, también deben relacionarse con las condiciones de la roca reservorio, ya que en la Cuenca del Golfo San Jorge la roca madre y la roca reservorio, pueden no estar directamente asociadas. En algunos casos es conveniente buscar relaciones en donde el volumen de petróleo generado sea importante, ya que un excesivo enarenamiento del Grupo Chubut puede llegar a producir una dilución de ese petróleo y no constituir una concentración de interés económico e incluso pasar a ser una buena productora de agua.

En el inicio exploratorio, la relación arena/pelita oscura es preferible realizarla considerando el espesor de toda la unidad sedimentaria, ya que en ese momento no se conoce con exactitud cuales niveles son más petrolíferos que otros. Además, estos valores pueden diferir de un lugar a otro de la cuenca, debido a las distintas proporciones y tipos de material orgánico depositado conjuntamente con las pelitas.

También debe considerarse el potencial oleogénico de las pelitas que infrayacen a la Formación Pozo D-129, tales como la Formación Pozo Cerro Guadal, Anticlinal Aguada Bandera e incluso del Liásico y Paleozoico, ya que la proporción de pelitas oscuras es

aún mayor en éstas últimas con respecto a la Formación Pozo D-129. Esta última unidad, por ejemplo, en la zona de Mata Magallanes se encuentra en facies oxidante, por lo tanto el petróleo allí presente debe haberse generado en las pelitas más antiguas, infrayacentes a ella.

Situaciones geográficas adecuadas para la acumulación de materia orgánica se dan también en zonas protegidas, restringidas, como pueden ser los engolfamientos en costas de configuración lobulada. De allí la importancia de conocer la paleogeografía existente al momento de producirse la sedimentación. Si la energía del medio es elevada, como sucede en costas rectas, se formarán buenos reservorios pero se requiere una mayor migración posterior para que el hidrocarburo se almacene en ellos, circunstancia que en la cuenca normalmente no se cumple.

Si bien se observa que la Formación Pozo D-129, a medida que aumenta su espesor, grada a un medio cada vez más euxínico, no lo hace en la misma relación en toda la cuenca, incluso la participación piroclástica es muy variable, disminuyendo su proporción hacia el centro de la misma y hacia el este.

Como complemento de todo lo anterior, será necesario el estudio geoquímico directo, mediante las muestras de los recortes del subsuelo (cuttings) y

testigos coronas e indirectos, merced el análisis del comportamiento de algunos perfiles a pozo abierto e interpretación de líneas sísmicas. De esta manera, delimitar con cierto grado de precisión las zonas generadoras de hidrocarburos, para luego buscar dentro de ellas las trampas adecuadas, normalmente en términos estratigráficos superiores, descartando las áreas donde no hay evidencias de roca madre infrayacente, pero tampoco descuidando a las areniscas, calizas oolíticas, filones y mantos volcánicos que están intercalados en la roca madre, donde las condiciones petrofísicas sean adecuadas o puedan ser mejoradas con técnicas de fracturación o acidificación.

Concluyendo, deberían tener un bajo interés exploratorio las zonas donde las relaciones areniscas/pelitas oscuras son extremas, especialmente las del borde externo y quizás también el área central de la cuenca, donde además de una dilución oleosa dentro del gran espesor sedimentario, no hay condiciones petrofísicas favorables en los reservorios y donde además, la generación y/o posterior migración no serían las adecuadas.

Una forma para determinar el rango óptimo en que varían las relaciones areniscas/pelitas oscuras es buscándolo primeramente en áreas bien conocidas y productivas y extrapolando esos valores a áreas vinculadas regionalmente

pero menos conocidas. Es probable que los valores considerados ideales vayan variando para distintos lugares de la cuenca, pero en base a ellos y su interpretación pueden seleccionarse áreas de interés prioritario.

Al esquema aquí presentado suelen encontrarse algunas aparentes excepciones. Por ejemplo, en el subsuelo de la zona de Sierra Nevada, dentro de sedimentitas de la Formación Matasiete y de otras asignadas con ciertas dudas a la Formación Pozo D-129, hay frecuentes rastros e impregnaciones de hidrocarburos, a pesar de que ambas unidades fueron depositadas en un ambiente oxidante, evidenciado por las tonalidades rojizas predominantes. En estos casos puede interpretarse que el petróleo ha ascendido a los actuales niveles desde rocas subyacentes más antiguas y que para la zona podrían corresponder al Cretácico inferior, Liásico o Paleozoico superior.

CONCLUSIONES

En la Cuenca del Golfo San Jorge, tanto el petróleo como el gas siguieron un camino migratorio esencialmente vertical y escasamente lateral, generando un borde externo estéril e improductivo y otra zona de profundidades intermedias donde la generación y el posterior entrapamiento son arealmente coincidentes.

Si esta interpretación es correcta, cabe esperar una faja productiva de hidrocarburos en la parte oriental de la misma (fig. 2). Esta superficie permanece prácticamente virgen, con excepción de la zona costera y algunos pozos dirigidos del Flanco Norte y que contendría más del 25% del total original de los hidrocarburos de la cuenca.

La mayoría de los pozos estériles ubicados en la plataforma continental, fueron perforados en el borde externo, teóricamente improductivo. Por eso, de los 26 pozos perforados en la plataforma sólo 2 fueron buenos productores de petróleo, mientras que otros 2 resultaron con poco petróleo y el resto sin producción.

BIBLIOGRAFIA

- Barcat, C., Cortiñas, J. S., Nevistic, V. A. & Zucchi, H. E. 1989. Cuenca Golfo San Jorge. En G. Chebli y L. Spalletti (eds), Cuencas Sedimentarias Argentinas. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Serie Correlación Geológica 6: 319-345.
- Brown, L. F., Barcat, C., Fisher, W. L. & Nevistic, V. A. 1982. Seismic stratigraphic and depositional systems analyses: new exploration approaches applied to the Golfo San Jorge Basin, Argentina. Primer Congreso Nacional de Hidrocarburos, Petróleo y Gas. Buenos Aires. Conferencias: 127-156.
- Casas, J. H. 1965. Origen y migración del

J. C. Sciutto: Hidrocarburos en la cuenca del Golfo San Jorge.

- petróleo Chubutiano. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe interno.
- Demaison, G. J. & Moore, G. T. 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. *American Association of Petroleum Geologists*, **64**: 1179-1209.
- Emery, K. O. & Rittenberg, S. C. 1952. Early Diagenesis of California Basin Sediments in Relation to Origin of Oil. *American Association of Petroleum Geologists*, **36**: 735-805.
- Fitzgerald, M. G., Mitchum, R. M. Jr., Uliana, M. A. & Biddle, K. T. 1990. Evolution of the San Jorge Basin. *American Association of Petroleum Geologists*, **74**: 879-920.
- Homocv, J. F., Conforto, G. A. & Lafourcade, P. A. 1993. Faja Plegada en el Subsuelo de la Cuenca del Golfo San Jorge, Ejemplo de Inversión Tectónica. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires, **3**: 233-240.
- Hunt, J. M. & Jamieson G. W. 1958. Oil an Organic Matter in Source Rocks of Petroleum. En L. G. Weeks (ed.) *Habitat of Oil*. American Association of Petroleum Geologists. Tulsa, Oklahoma: 735-746.
- Laffitte, G. A. & Villar, H. J. 1982. Poder reflector de la vitrinita y madurez térmica: Aplicación en el sector noroeste de la Cuenca del Golfo San Jorge. Primer Congreso de Hidrocarburos, Petróleo y Gas, Exploración, Buenos Aires: 171-182.
- Legarreta, L. & Uliana, M. A. 1994. Asociaciones de Fósiles y Hiatos en el Supracretácico-Neógeno de Patagonia: una Perspectiva Estratigráfico-Secuencial. *Ameghiniana (Revista de la Asociación Paleontológica Argentina)* **31**: 257-281.
- Lesta, P. J., Ferello, R. & Chebli, G. 1980. Chubut extraandino. En J. C. M. Turner (ed.) *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias **2**: 1307-1387.
- Lombard, E. M. 1966. Yacimientos de hidrocarburos de la Patagonia. Universidad de la Patagonia, Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina, *Ciencias Geológicas*, **1**(1): 9-36.
- Mier, I. M. 1983. Geoquímica del petróleo de la cuenca San Jorge. *Revista Comunicación YPF*, Buenos Aires: 31-38.
- Nevistic, A. N. 1979. Características sedimentológicas de la Formación Pozo D-129. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito.
- Philippi, G. T. 1965. On the depth, time and mechanism of petroleum generation: *Geochimica et Cosmochimica*. *Acta* **29**: 1021-1049.
- Rodrigo Gainza, L. A., Decastelli, O. O., Destéfano, M. C., Iñiguez J., Rodriguez, A. M. & Seiler J. 1984. Análisis estratigráfico y oleogenético del sector noroeste de la cuenca del Golfo San Jorge. *Noveno Congreso Geológico Argentino, San Carlos de Bariloche*. *Actas* **7**: 86-105.
- Sciutto, J. C. 1979. Geología, origen, migración y entrapamiento de los hidrocarburos en la Cuenca del Golfo San Jorge. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito.
- Seiler, J. O. & Decastelli, O. 1989. Diag-

J. C. Sciutto: Hidrocarburos en la cuenca del Golfo San Jorge.

- nesis orgánica e inorgánica sobre varios sondeos de la Guenca del Golfo. Primer Congreso Nacional de Exploración de Hidrocarburos, Mar del Plata, Argentina, 2: 1027-1042.
- Tissot, B. P. & Welte, D. H. 1978. Petroleum Formation and Occurrence. A new Approach to Oil And Gas Exploration. Springer-Verlag, Berlin, 538 pp.
- Trask, P. D. 1939. Organic Content of Recent Marine Sediments. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, 428-453.
- Van Nieuwenhuise, D. S. & Ormiston, A. R. 1989. A model for the origin of source-rich lacustrine facies, San Jorge Basin, Argentina. Primer Congreso Nacional de Exploración de Hidrocarburos, Mar del Plata, Argentina, 2: 853-884.
- Weeks, L. G. 1961. Origin, migration and occurrence of petroleum. En Petroleum Exploration Handbook, New York, 5: 1-50.
- Yllañez, E. D., Di Lena, J. P. & Marchese, H. G. 1989. Evaluación geoquímica de petróleos y rocas generadoras en la cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. Primer Congreso Nacional de Exploración de Hidrocarburos, Mar del Plata, 1: 1127-1158.
- Youngquist, W. 1958. Controls of oil occurrence in La Brea-Parinas field, northern coastal Peru. En L. G. Weeks (ed.) Habitat of Oil. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma: 696-720.



GENESIS DE UN HAPLARGID ARENICO EN EL NORESTE DEL CHUBUT: CARACTERISTICAS MINERALOGICAS Y MICROMORFOLOGICAS.

Soil genesis of an arenic haplargid in the Northeastern of Chubut Province (Argentina): Mineralogical and micromorphological features.

María Claudia Cano (*) y Héctor F. del Valle (*) (**)

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

(**) Centro Nacional Patagónico (CONICET). C.C. 128. (9120) Puerto Madryn, Provincia del Chubut, Argentina.

RESUMEN

El objetivo del trabajo consistió en estudiar la génesis y los procesos edafogénicos de un suelo clasificado taxonómicamente como haplargid arénico, a través de sus características mineralógicas y micromorfológicas. El perfil se encuentra ubicado en una cuenca endorreica al sudoeste de Puerto Madryn (Chubut), evolucionando sobre un pedimento antiguo disectado. La secuencia de horizontes es del tipo A-2Bt-3Bck-4Ck. El estudio mineralógico de la fracción arena fina denotó una filiación piroclástica con importante participación de componentes vulcanogénicos. Los índices de homogeneidad utilizados (Cuarzo/Vidrio, Cuarzo/Feldespatos Potásicos y Cuarzo/Feldespatos Potásicos + Vidrio), reflejaron escasa uniformidad litológica entre los distintos horizontes. La mineralo-

M. Cano y H. del Valle: Génesis de un haplargid arénico.

gía de las arcillas presentó gran similitud con algunos componentes de las sedimentitas terciarias a partir de los cuales habría evolucionado el suelo. A través del estudio micromorfológico se infiere una moderada pedogénesis, representada principalmente por revestimientos arcillosos con buena orientación. Esto indicaría que habrían tenido lugar condiciones de mayor humedad que las actuales. El suelo estudiado evolucionó sobre capas aluviales, principalmente a partir de materiales iniciales correspondientes a las areniscas pardas amarillentas de la Formación Puerto Madryn (Mioceno superior).

Palabras clave: Mineralogía, micromorfología, material parental, haplargid arénico.

ABSTRACT

The goal of this paper was to study the genesis and edafogenic processes of an arenic Haplargid soil, through its mineralogical and micromorphological features. The profile is located in a closed basin in the southwest of Puerto Madryn city (Chubut Province, Argentina). It evolved on an old dissected pediment. The horizons sequence corresponds to A-2Bt-3Bck-4Ck. The mineralogical study of the fine sands showed piroclastic origin with large amounts of vulcanogenic components. Mineral homogeneity index (quartz/volcanic glass, quartz/potassium feldspars and quartz/potassium feldspars + volcanic glass) detected a low lithological uniformity between different horizons. The mineralogy of the clays showed strong similitude with the Tertiary sediments from which the soil evolved. Micromorphological studies suggest moderate pedogenetic activity, mainly represented by well oriented clay coatings. These features may indicate more humid conditions respect to the present. The soil has evolved on aluvial layers deriving mainly from the yellowish brown sandstones of the Puerto Madryn Formation (upper Miocene).

Key words: Mineralogy, micromorphology, parent material, arenic haplargid.

INTRODUCCION

Los Aridisoles son los suelos típicos de las regiones áridas y semiáridas. Dentro de este Orden se halla el Suborden Argides, que se encuentra comúnmente en

relieves antiguos y estables, y se caracteriza por presentar un horizonte de acumulación de arcilla cuya génesis es tema de muchas discusiones y controversias (Smith y Buol, 1968; Dregne, 1976). En estas regiones, como consecuencia de frecuentes fluctuaciones de

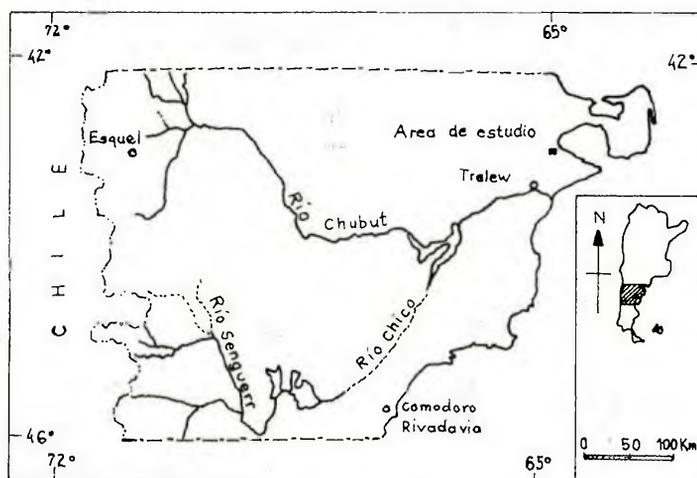


Figura 1: Ubicación del área de estudio.

temperatura y humedad, combinadas con períodos prolongados de sequía, predomina la meteorización física. Sin embargo, en períodos húmedos cortos, los procesos de oxidación, disolución e hidrólisis pueden ser muy intensos dando como resultado la degradación de minerales primarios, precipitación de carbonatos de calcio y magnesio, formación de sales solubles, silicatos solubles y aluminio-silicatos secundarios. La meteorización de minerales primarios es también acompañada por una débil argilosíntesis (Kodva, 1979).

En la Patagonia extrandina los Argides presentan una amplia representatividad areal, y han sido descritos en el norte y sur de Neuquén (Irisarri et al., 1980;

Ferrer et al., 1981 y Figueira, 1984), así como en Chubut (Rostagno, 1977; del Valle, 1978;

Beeskow et al., 1987; del Valle y Coronato, 1988) y en la cuenca del río Santa Cruz (Ferrer, 1980; Imbellone y Ferrer, 1980).

El objetivo de este trabajo fue estudiar la génesis y procesos edafogénicos de un haplargid arénico, a través del análisis de las características mineralógicas y micromorfológicas.

Los autores agradecen la valiosa cooperación de la Lic. Perla Imbellone por los análisis de arcillas, al Lic. Pablo Bouza por la revisión del manuscrito y al Sr. Mateo Cornejo del Centro de Cómputos del CENPAT.

MATERIALES Y METODOS

El perfil estudiado se encuentra ubicado sobre una ladera de exposición sur, en una cuenca endorreica denominada localmente como Laguna Blanca. La misma se

encuentra distante a unos 15 km al sudoeste de Puerto Madryn sobre la ruta nacional N° 3 (fig. 1). El suelo es moderadamente profundo, siendo la secuencia de horizontes del tipo A-2Bt-3BCK-4Ck.

La geología del área se halla representada por las Formaciones Gaiman (Oligoceno) y Puerto Madryn (Mioceno) y otra entidad del límite Plioceno-Pleistoceno, los Rodados Patagónicos (Haller, 1981).

Las muestras para el análisis textural y mineralógico fueron sometidas a un tratamiento previo con agua oxigenada para eliminar materia orgánica, ácido acético para la eliminación de carbonatos, dispersadas con hexametáfosfato de sodio y llevadas a ultrasonido por espacio de no más de 3 minutos para evitar la destrucción de los vidrios volcánicos.

Por tamizado en húmedo se separaron las subfracciones de arena. Para la determinación de limos y arcillas se usó el método de la pipeta (Kilmer y Alexander, 1949). Sobre la fracción arena muy fina (125 - 62 μm) se realizó la separación densimétrica de los minerales livianos y pesados con bromoformo. El estudio mineralógico de los mismos se efectuó por microscopía óptica de transmisión (Kerr, 1965; Parfenova y Yarilova, 1962; Cady et al., 1986). Se estimó la esfericidad y redondez según la técnica de Power (1953) y la alteración mineral de acuerdo

a la clasificación de Stoops et al., (1979). A partir del análisis mineralógico se calcularon los índices de homogeneidad litológica, siguiendo el criterio de Morrás y Delaune (1981). La mineralogía de la fracción arcilla se realizó mediante técnicas convencionales de difracción de rayos x sobre muestras homoiónicas.

Para el estudio micromorfológico fueron extraídas muestras sin perturbar mediante cajas de Kubiena, secadas al aire e impregnadas al vacío con resina epoxy Araldite GY 257 y Endurecedor HY2996. Se cortaron perpendicularmente a la superficie y se prepararon secciones delgadas de 24 x 48 mm. La descripción micromorfológica de las mismas se realizó según Bullock et al., (1985).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Anexo se muestra la descripción morfológica y los datos analíticos del perfil.

1. Características granulométricas.

El análisis de la distribución del tamaño de partículas mostró alta participación de la fracción arena, estando la fracción arcilla concentrada en los horizontes B (fig. 2a). La subfracción arena fina es la que predomina en todos los horizontes seguida por arena

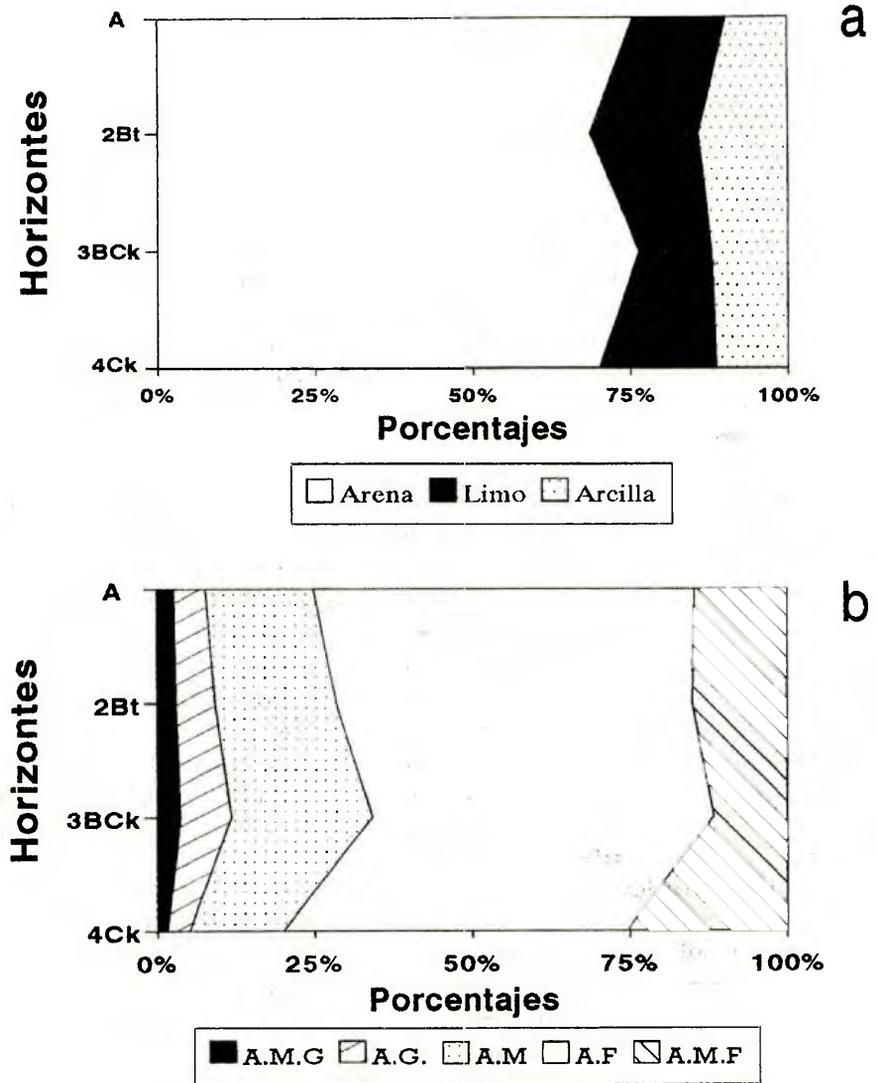


Figura 2: a, Distribución del tamaño de partículas. b, Distribución porcentual de las subfracciones de arena. AMG, arena muy gruesa; AG, arena gruesa; AM, arena media; AF, arena fina; AMF, arena muy fina.

media, arena muy fina, arena gruesa y arena muy gruesa (fig. 2b).

2. Características mineralógicas

El análisis mineralógico (Tabla I) mostró que la fracción liviana está dominada por las alteritas seguidas por los feldespatos, cuarzos y vidrios volcánicos ácidos. Comparando estas especies entre sí a lo largo del perfil, se observó que todas a excepción de las alteritas disminuyen con la profundidad. El mayor porcentaje de alteritas en profundidad se debe a que este suelo evolucionó a partir de capas aluviales, derivadas a su vez de las sedimentitas Terciarias (del Valle y Cano, 1991). En observaciones realizadas sobre muestras de los sedimentos Terciarios, se encontró similitud entre las alteritas de estos y las observadas en el perfil, lo que permitiría suponer que estas últimas provendrían de los sedimentos Terciarios. Por su morfología, derivarían de la alteración de los feldespatos y vidrios.

El cuarzo tuvo un comportamiento errático, por la variación de su contenido a través del perfil, mientras que el vidrio disminuyó en los horizontes B aumentando en el 4Ck. Este horizonte está representado por un material tobáceo muy fino con importante participación de trizas vítreas.

El vidrio presentó una mayor alteración en los horizontes argíli-

cos. Se observó dentro de esta especie que coexisten individuos frescos (grado 1, 9%-10%), con otros totalmente alterados (grado 4, 28%-70%). Esto indicaría que son producto de redepositación de sedimentos pre-existentes junto con el aporte de material piroclástico moderno. Por otro lado en el horizonte 4Ck, el vidrio presentó un elevado porcentaje de trizas inalteradas. El cuarzo se observó con escasa alteración a lo largo de todo el perfil, mientras que los feldespatos denotaron mayores porcentajes de alteración en el horizonte A y en el 3Bck.

En el horizonte superior los feldespatos y el cuarzo presentaron formas predominantemente subredondeadas y los vidrios subangulares, mientras que en los horizontes argílicos las dos primeras especies presentaron formas subangulares y los vidrios formas muy angulares.

Dentro de la fracción pesada el mayor porcentaje corresponde a las alteritas, seguidas por los piroxenos, opacos y anfíboles. Estas últimas especies mostraron variaciones significativas a lo largo del perfil, disminuyendo con la profundidad. De forma contraria sucede con las alteritas.

En general los minerales de la fracción pesada no presentaron una alteración importante, sólo en algunos casos los anfíboles, piroxenos y biotitas presentaron un estado de alteración de grado 3 o 4 en un porcentaje inferior al

Tabla I: Distribución porcentual mineralógica.

		A	2Bt	3Bck	4Ck
L	Cuarzo	14.0	7.6	16.5	7.5
I	Plagioclasas	0.4	0.8	0.6	0.6
V	Feldespatos K	26.00	30.00	25.2	18.1
I	Alteritas	45.5	51.00	52.7	55.6
N	Lititos	0.9	0.5	1.6	0.0
O	Vidrios	11.8	10.00	3.2	17.8
S					
	Opacos	21.5	17.4	8.7	15.5
P	Anfíboles	10.2	15.4	14.4	15.5
E	Piroxenos	39.0	26.3	25.8	21.7
S	Epidoto	0.8	1.6	1.0	0.7
A	Circón	0	0.6	0.3	0
D	Biotita	0	0.6	0	0
O	Granate	0.8	2.2	2.0	0
S	Apatito	0	0.3	0	0
	Alteritas	27.7	35.3	48.7	46.5

7%. Estos minerales tienden a aumentar su angulosidad con la profundidad.

El estudio mineralógico reveló que los materiales constituyentes de este suelo presentan una marcada heterogeneidad mineralógica en sentido cuantitativo, debido a la disminución de los componentes considerados como inestables en los horizontes inferiores. Por su parte los distintos índices de homogeneidad y las variaciones morfológicas de las diferentes especies minerales, permitieron detectar discontinuidades litológicas en el techo de los horizontes 2Bt, 3Bck y 4Ck.

Con respecto a los índices de homogeneidad los que mejor reflejaron las diferencias mineralógicas entre las distintas capas fueron Q/V, Q/Fk y Q/Fk + V (fig. 3). Las curvas mostraron importantes inflexiones en los techos de ambos horizontes argílicos, indicando escasa uniformidad litológica. El techo del horizonte 2Bt aparentemente se encontraría truncado por la erosión, debido a la falta del horizonte eluvial suprayacente correspondiente y la existencia de un horizonte A en discontinuidad. Esto sugeriría que habrían tenido una influencia importante períodos de erosión y

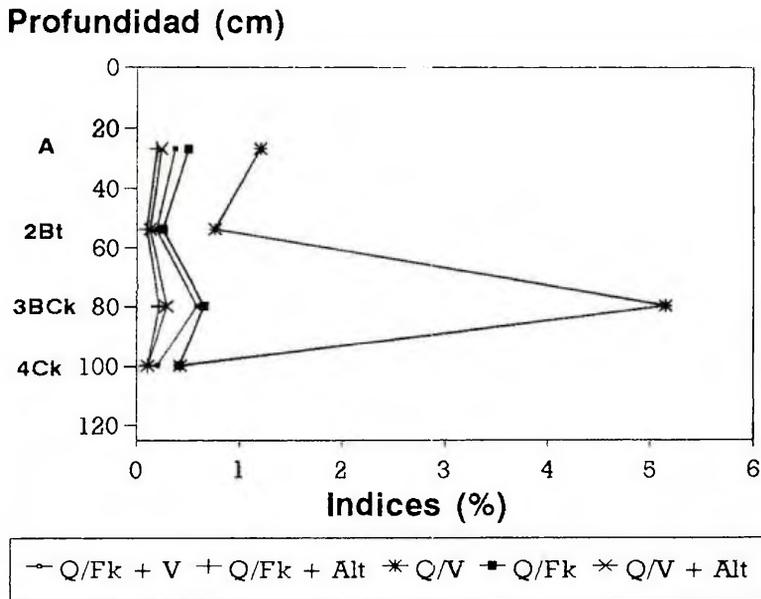


Figura 3: Índices de homogeneidad. Q, cuarzo; Fk, feldespatos potásicos; V, vidrio volcánico; Alt, alteritas.

deposición, durante los cuales es posible que este suelo fuera despojado de su horizonte superficial. Posteriormente se depositó el material más grueso sobre la superficie formada en la etapa anterior, favorecido por el predominio de un clima árido y frío con escasa meteorización (Vogt y del Valle, 1994). Por otra parte el marcado aumento de los vidrios en el horizonte 4Ck indicaría también la existencia de un material en discontinuidad litológica.

En general la mineralogía de las arcillas mostró un predominio de montmorillonita (Tabla II), coincidiendo con la de los materiales de las sedimentitas terciarias (Scasso y del Río, 1987). En el

horizonte superior la fracción coloidal presentó un mayor contenido de interestratificados illita-montmorillonita, mientras que en los horizontes argílicos se observó un incremento de montmorillonita.

3. Características micromorfológicas.

a. Microestructura

La microestructura en general es de tipo compleja. El horizonte A presentó una gradación que va de grano pelicular a compacto, el 2Bt una estructura en bloques subangulares, granos conectados y pelicular, el 3Bck microagregados entre granos y pelicular y el 4Ck

Tabla II: Minerales de arcillas. C, caolinita; I, illita; M, montmorillonita; I/M, illita/montmorillonita.

	C %	I %	M %	I/M %
A	1	10	29	60
2Bt	2	25	55	18
3BCk	2	15	60	23
4Ck	2	28	70	--

microestructura masiva con escasos poros visibles.

b. Poros

La porosidad se observó mejor desarrollada en el horizonte superior, buena en los horizontes B y escasamente desarrollada en el C. A lo largo del perfil predominaron los poros planos, de empaquetamiento complejo y canales, encontrándose escasas vesículas exclusivamente en el horizonte superior.

c. Masa Basal

La relación grueso/fino (g/f $10\mu\text{m}$) de la masa basal fue similar en todos los horizontes analizados, siendo menor en el 2Bt, debido al predominio de partículas finas arcillosas. La fracción fina en el horizonte superior, estuvo constituida por material limo arcilloso, arcilloso en el 2Bt, y limo

arcilloso a arcilloso en los horizontes inferiores.

El material fino que compone la masa basal apareció revistiendo y enlazando granos, formando agregados y limitando poros. En general presentó colores castaños en los horizontes superiores y pardos en los inferiores, con sectores de coloración más oscura debido a la presencia de materia orgánica y coloraciones rojizas por impregnaciones de óxidos de hierro.

La fábrica de birrefringencia es granoestriada y poroestriada en los horizontes superiores y cristálica en el 4Ck. La presencia de fábricas con plasma orientado paralelamente a la superficie de granos y poros, podría considerarse como débiles indicadores de pedogénesis. Por su parte, el incremento de carbonatos en el horizonte inferior se refleja en el carácter de la fábrica.

d. Rasgos Pedológicos

Los rasgos edáficos encontrados están constituidos por revestimientos arcillosos, rasgos pedológicos fragmentados (pápulas), rellenos sueltos discontinuos y nódulos. Los mismos no fueron observados en el horizonte 4Ck, lo que permite confirmar su escaso grado de desarrollo pedológico.

Los revestimientos arcillosos fueron más abundantes en el horizonte 2Bt, donde se observaron revistiendo parcialmente las paredes de los poros, granos y agregados. Los encontrados en los poros son los mejores desarrollados (fig. 4), están compuestos por láminas de arcillas que presentan una fuerte orientación, rasgo que es característico de iluviación (Brewer, 1964). Sus espesores oscilan entre 5 y 60 μm . En algunos casos se observó agrietamiento del revestimiento (fig. 4a), lo que puede ser atribuido a procesos de degradación o envejecimiento del mismo (Sullivan y Koppi, 1991). En este horizonte también se encontraron rasgos pedológicos fragmentados incorporados a la matriz (pápulas), constituidos por elongados dominios de arcillas orientadas con fuerte birrefringencia, característica que según Dorransoro y Aguilar (1988) es distintiva de las películas iluviales. Estos rasgos fragmentados fueron formados por la destrucción de revestimientos de arcillas y constituyen

signos de degradación y pedoturbación, indicando momentos de iluviación y reordenamiento de la matriz.

Los rellenos encontrados fueron escasos y se presentaron en los horizontes 2Bt y 3Bck. Están formados por arcillas y material limo-arcilloso que se encuentran relleno parcialmente algunos canales (rellenos sueltos discontinuos). Los nódulos no fueron muy abundantes, y se observaron preferentemente en los horizontes superiores. Presentaron formas variadas en general, con aspecto de agregado irregular y en algunos casos pseudomorfos de vulcanitas o impregnativos del material de la matriz. Predominan los de colores pardos oscuros y pardos rojizos (isótropos), constituidos por minerales ferruginosos.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye que:

-De acuerdo a la asociación mineralógica de la fracción gruesa, a la naturaleza de las arcillas y al análisis de los índices de homogeneidad, el suelo se habría desarrollado a partir del transporte y redistribución de los materiales pertenecientes a las sedimentitas terciarias, principalmente a las Areniscas Pardas Amarillentas de la Formación Puerto Madryn (Mioceno superior).

-El estudio micromorfológico

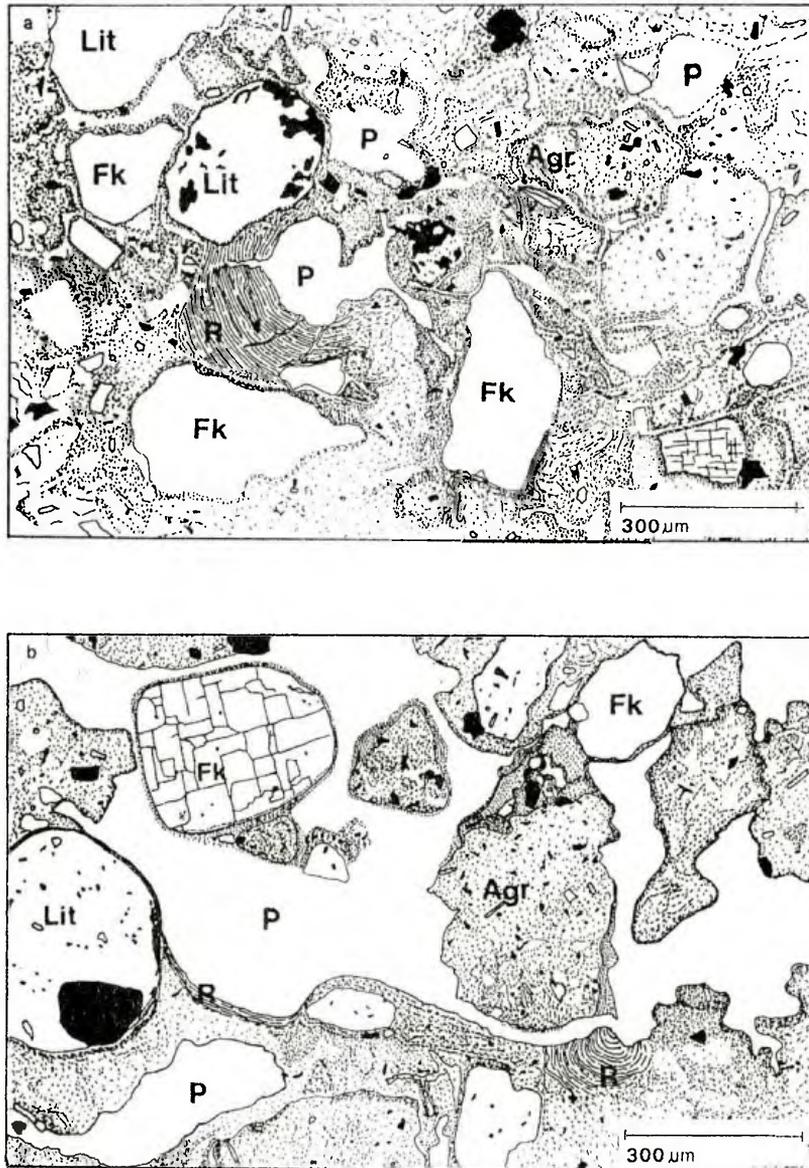


Figura 4: Esquemas correspondientes a microfotografía del horizonte 2Bt. a, Microestructura compleja de grano conectado y pelicular. b, Microestructura compleja de grano conectado y microagregados entre granos.

Agr, agregado; Fk, feldespato potásico; Lit, lítico; P, poro; R, Revestimiento típico de arcilla microlaminada.

sugiere que la iluviación de arcilla fue un proceso pedológico importante en el horizonte 2Bt. La presencia de revestimientos de arcillas bien orientadas y matriz con fábrica de birrefringencia grano y poroestriada, indicaría que este horizonte ha sido formado en condiciones de mayor humedad. La presencia de rasgos pedológicos fragmentados (pápuas) incorporados a la matriz-s evidencian la interrupción de la evolución del horizonte iluvial ante un aumento de las condiciones de aridez.

BIBLIOGRAFIA

- Beeskow, A. M., del Valle, H. F. & Ros-tagno, C. M. 1987. Los sistemas fisiográficos de la región árida y semiárida de la provincia del Chubut. Centro Nacional Patagónico (CENPAT-CONICET). SECYT. Regional Patagonia, 139 pp.
- Bullock, P., Feodoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina V. & Babel, U. 1985. Handbook for soil thin section description. Waine Research Publishing Co., Wolverhampton, 152 pp.
- Brewer, R. 1964. Fabric and mineral analysis of soils. John Wiley and Sons, New York, 470 pp.
- Cady, J. G., Wilding, L. P. & Dress, L. R. 1986. Petrographic microscope techniques. En C. A. Black (ed.) Methods of soils analysis, Part I. Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin: 185-218.
- del Valle, H. F. 1978. Levantamiento preliminar de suelos de la provincia del Chubut. Dirección General de Recursos Hídricos. MESOP (Chubut), 23 pp.
- del Valle, H. F. & Coronato, F. R. 1988. El uso de la relación suelo - fisiografía en el mapeo de los suelos de zonas áridas: análisis de los distintos enfoques. Terra Aridae. 3: 47-52.
- del Valle, H. F. & Cano, M. C. 1991. Materiales originales de algunos suelos de la Patagonia extrandina: influencia de los tipos de rocas en las propiedades edáficas. Actas del XI Congr. Geológico Chileno: 120-124.
- Dorronsoro, C. & Aguilar, J. 1988. El proceso de iluviación de arcillas. Anales de Edafología y Agrobiología. 47 (1 y 2): 311-350.
- Dregne, H. 1976. Soil of Arid Regions. Elsevier Scientific Publishing Co., New York, 237 pp.
- Ferrer, J. A. 1980. Suelos de Santa Cruz. En Geología Regional Argentina. Cap. Cordillera Patagónica Austral de A. Ricardi y E. Rolleri. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba: 1173 - 1306.
- Ferrer, J. A., Irisarri, J. & Mendía J. M. 1981. Suelos de la provincia del Neuquén. Convenio CFI - Univ. Nac. del Comahue, 139 pp.
- Figueira, H. L. 1984. Horizonte vesicular: morfología y génesis en un Aridisol del norte de la Patagonia. Ciencia del Suelo. 2 (1): 121-129.
- Haller, M. J. 1981. Descripción Geológica de la Hoja 43h Puerto Madryn, Prov. del Chubut. Servicio Geológico Nacional, Buenos Aires, 41 pp.
- Imbellone, P. & Ferrer, J. A. 1980. Naturaleza de los materiales constituyentes de Haplarcides y Palearcides de la cuenca del río Santa Cruz. Actas de la IX Reunión

M. Cano y H. del Valle: Génesis de un haplargid arénico.

- Argentina de Ciencias del Suelo, Paraná: 941-953.
- Irisarri, J., López Cepero, E., Mussini, E. M., Bianco, H., Apacarian, A. & Caputo, M. G. 1980. Los suelos del Departamento Minas, Neuquén. Actas de la IX RACS, Paraná, 3: 1049-1053.
- Kerr, P. F., 1965. Mineralogía óptica. Ed. 3ra. Mc Graw Hill, New York, 434 pp.
- Kilmer, V. J. & Alexander, L. T. 1949. Methods of making mechanical analysis of soils. Soil Sci. 68: 15-24.
- Kovda, V. J., Samoilo,va, E. M., Charley, J. L. & Skujins, J. J. 1979. Soil processes in arid lands. En D.W. Goodall and R.A.Perry (eds) Arid - land ecosystems. Cambridge Univ. Press, Cambridge: 437-470.
- Morrás, H. J. & Delaune M. 1981. Composición mineralógica de la fracción arena de algunos suelos de los bajos submeridionales (Santa Fé). Actas VIII Congreso Geológico Arg., San Luis, 4: 343-352.
- Parfenova, E. I & Yarılova, E. A. 1962. Mineralogical Investigations in Soils Science. Academy of Sciences of the URSS. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 469 pp.
- Powers, M. C. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. J. Sedim. Petrology, 33: 117-120.
- Rostagno, C. M. 1977. Reconocimientos de suelos Sa. San Bernardo y llanura de Sarmiento (Chubut). Actas de la VI Reunión Nac. para el estudio de las Regiones Áridas y Semiáridas, Catamarca, IDIA, 35: 160-186.
- Scasso, R. A. & del Rio, C. 1987. Ambientes de sedimentación, estratigrafía y proveniencia de la secuencia sedimentaria marina del terciario superior de la región de la península Valdéz, Chubut. Rev. Asoc. Geol. Arg. 42 (3-4): 291-321.
- Smith, B. R. & Buol, S. W. 1968. Genesis and relative weathering intensity studies in three semiarid soils. Soils Sci. Am. J., 32: 261-265.
- Stoops, G., Altermuller, H. J., Bisdom, E. B. A., Delvigne, J., Dobrovolsky, V. V., Fitzpatrick, E. A., Paneque, G. & Slemman, J. 1979. Guidline for the description of mineral alteration in soil micromorphology. Pedologie, 29 (1): 121-135.
- Sullivan, L. A & Koppi A. J., 1991. Morphology and genesis of silt and clay coatings in the vesicular layer of a desert loam soil. Aust. J. Soil Res., 29: 579-586.
- Vogt, T. & del Valle, H. F. 1994. Calcretes and cryogenic structures in the area of Puerto Madryn (Chubut, Patagonia, Argentina). Geografiska Annaler, 76A: 57-75.

ANEXO

Clasificación taxonómica: haplargid arénico.

-Ubicación: 15 Km al suroeste de Puerto Madryn, a 40 m de la ruta nacional No. 3, hacia el sudoeste de la misma y a unos 60 m de distancia de la Laguna Blanca.

-Geoforma: Pedimento antiguo disectado.

-Microrrelieve: Montículo de tierra de origen aluvial asociado a arbustos.

-Material originario: Aluvio sobre tobas vitrocristalinas de la F. Gaiman (Oligoceno).

-Vegetación: arbustos de *Larrea divaricata*, *Bougainvillea spinosa* y *Chuquiraga avellanadae*. Estrato herbáceo ralo, dominado por *Poa ligularis* y *Poa lanuginosa*.

Descripción morfológica del perfil:

A (0-27 cm) Color pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2, húmedo), y gris pardusco claro (10 YR 6/2, seco); arenoso franco; estructura en bloques subangulares, medios y finos, muy débiles a grano simple; muy friable a suelto; sin reacción al HCl al 10%; raíces escasas comunes; límite abrupto y suave.

2Bt (27-54 cm) Color pardo oscuro a pardo (10 YR 4/3, húmedo) y pardo (10 YR 5/3,

seco); franco-arcillo-arenoso a arcilloso arenoso; estructura en bloques subangulares, finos, moderados a fuertes con tendencia prismática; gravas escasas a comunes; raíces escasas; límite claro y suave.

3BCk (54-80 cm) Color pardo amarillento (10 YR 5/4, húmedo) y pardo amarillento claro (10 YR 6/4, seco), franco-arcillo-arenoso; estructura en bloques subangulares, medios y finos, moderados con tendencia prismática moderadamente firme; gravas comunes; reacción moderada a fuerte al HCl al 10%, raíces escasas; límite acuñado en el horizonte C.

4Ck (80-100 cm) Color pardo amarillento claro (10 YR 6/4), húmedo y gris claro (10 YR 7/2, seco), franco arenosa, grava común, concentrada diferencialmente; reacción fuerte al HCl al 10%.

Substrato: toba vitrocristalina de la Formación Gaiman.

Datos analíticos del perfil:

Los datos analíticos del perfil son detallados en la Tabla I del presente anexo.

Tabla I (anexo): Datos analíticos del perfil.

Horizonte	A	2Bt	3Bk	4Ck
Profundidad (cm)	0-27	27-54	54-80	80-100
pH	7,7	8,2	8,2	7,5
C.E. (dSm ⁻¹)	0,22	0,25	0,41	0,71
Cationes solubles				
Ca ²⁺ (cmol/kg)	0,13	0,9	0,64	2,25
Mg ²⁺ (cmol/kg)	0,54	0,03	0,42	0,02
Na ⁺ (cmol/kg)	0,97	2,67	2,67	7,98
K ⁺ (cmol/kg)	0,30	0,03	0,14	0,04
Total cationes	1,94	3,63	3,87	10,29
Aniones solubles				
HCO ₃ ⁻ (cmol/kg)	0,54	0,64	0,77	0,63
SO ₄ ²⁺ (cmol/kg)	1,03	0,56	1,26	1,19
Cl ⁻ (cmol/kg)	0	0	1,63	5,94
Total aniones	1,57	1,2	3,66	7,76
CaCO ₃ gr Kg ⁻¹	1,51	2,30	11,70	18,50
RAS %	3,76	8,75	8,20	16,73
PSI %	4,11	11,00	9,00	18,00

Descripción micromorfológica de las secciones delgadas:

Horizonte A

-Microestructura: Compleja, de grano pelicular y grano compactado.

-Pedalidad: Material apedal, o con desarrollo de una débil pedalidad en agregados subangulares, de tamaño entre el ultrafino (< 500 μm) a muy fino (500-1000 μm), separados por poros planares o cavidades.

-Poros: Poros de empaquetamiento complejo; poros planares interpedales e intergranulares; cavidades elongadas e irregulares, conectadas a poros planares, de tamaño desde 720 μm hasta > 1 mm y vesículas proladas e irregulares, interconectadas por poros planos, 270 μm a 360 μm las más frecuentes. Poros no orientados. Patrón de distribución básica al azar.

-Componentes minerales básicos: Relación grueso / fino (g/f) (límite 10 μm) de 58:42, con mayor participación de elementos finos

en la parte inferior de la sección.

-Fracción gruesa ($> 10 \mu\text{m}$), constituida principalmente por plagioclasas subhedrales, con abundantes inclusiones de apatito, cristales zoneados y en algunos casos con alteración pelicular; tamaños de $210 \mu\text{m}$ a $280 \mu\text{m}$. Cuarzo subhedral, con inclusiones gaseosas, sin alteración, con tamaños de alrededor de los $200 \mu\text{m}$; escasos granos compuestos. Feldespatos potásicos muy abundantes como cristales anhedrales y subhedrales, con alteración sericitica del tipo pelicular y linear paralela; tamaños desde $100 \mu\text{m}$ hasta 1 mm . Vidrio volcánico, generalmente del tipo ácido, incoloro, con abundantes burbujas y canaliculos rellenos con material birrefringente, trizas agudas con forma de Y o espuma vítrea muy vesicular; muy alterados; tamaños de $150 \mu\text{m}$ a $300 \mu\text{m}$.

Hipersteno, augita, hornblenda, muscovita y sericita en menor cantidad. Opacos en su mayoría como pseudomorfos de piroxenos y anfíboles.

Fragmentos líticos de vulcanitas de textura felsítica cuarzo-feldespática y porfídica, con fenocristales bien desarrollados, y fragmentos de piroclastitas densamente soldadas, con trizas deformadas y fiames.

-Fracción fina ($< 10 \mu\text{m}$) constituida por material limo arcilloso, englobando pequeños cristalitas y trizas vítreas. La

arcilla es de color castaño a castaño oscuro debido a la impregnación con materia orgánica.

-Componentes orgánicos básicos: Abundantes restos de raíces de hasta más de 1 mm de tamaño y espículas silíceas de esponjas. Matrix con impregnaciones de materia orgánica de color amarillo rojizo, algo birrefringente.

-Masa Basal: Patrón de distribución relacionada quitónica, localmente enáulica. Fábrica-b granoestriada y poroestriada. Localmente como motas aisladas de material birrefringente, debido a la concentración de arcilla y material fino.

-Rasgos Pedológicos:

-Texturales: Revestimientos de arcilla generalmente bien orientadas, alrededor de granos y poros. Argilanes con mayor desarrollo alrededor de los poros. Las distintas formas observadas corresponden a los tipos de casquetes, casquetes enlazados, y colgantes.

-Criptocristalinos y Amorfos: Nódulos ferruginosos de formas variadas, ecuanter, proladas y nódulos pseudomórficos.

Horizonte 2Bt

-Microestructura: Compleja. Parte superior de las secciones con un débil desarrollo de estructura en bloques subangulares, peds parcialmente acomodados y separados por poros planos. Parte inferior con mayor desarrollo de

canales y cavidades.

-Pedalidad: Moderada, agregados en bloques subangulares a esféroidales, parcialmente acomodados y separados por poros planos y cavidades. Tamaños entre 35 μm a 218 μm . Abundantes agregados con superficie rugosa, que no permite que se cierren totalmente los espacios cuando se hincha la arcilla. Patrón de distribución básica al azar y en algunos casos agrupados.

-Poros: Poros planos, interpedales e intrapedales, o rodeando los granos y conectando cavidades. Sus tamaños permiten clasificarlos como microporos y mesoporos. Huecos de empaquetamiento complejos. Canales elongados, de paredes lisas comunicados con cámaras, de gran extensión por lo que se los clasifica como macrocanales. Cavidades de formas irregulares, interconectadas entre sí y con poros planos; sus tamaños varían desde 145 μm hasta más de 1 mm. Patrón de distribución básica al azar. Sin orientación, salvo los canales que tienen una predominancia vertical.

-Componentes minerales básicos: Relación grueso / fino (límite 10 μm) de 49:51.

-Fracción gruesa (> 10 μm) compuesta principalmente por feldespatos potásicos, de forma anhedral, con alteración pelicular de sericita y en algunos casos con tinción de óxidos de hierro. Plagioclasas subhedrales, con inclusiones de rutilo, maclas deforma-

das y zonalidad. Cuarzo, de gran tamaño (300 μm a 630 μm), en algunos casos policristalino con bordes recristalizados o como granos compuestos. Vidrios en gran variedad de formas: láminas fibrosas incoloras con textura fluidal, placas con pocas vacuolas, espuma vitrea incolora muy vesicular y placas irregulares compactas. Entre las especies menos abundantes se encuentran hipersiteno, augita, hornblenda, biotita, circón, idingsita y opacos. Líticos representados por fragmentos de hasta más de 1 mm en su mayoría de vulcanitas de textura felsítica, también se observaron vulcanitas de textura porfídica, con fenocristales bien desarrollados de plagioclasas, cuarzo y feldespatos, fragmentos líticos volcánicos de textura traquítica con pasta impregnada por óxido de hierro y piroclastitas con textura fluidal.

-Fracción fina (< 10 μm) de material arcilloso de color castaño a castaño rojizo debido a tinción con materia orgánica y óxidos de hierro, con pequeños fragmentos de trizas y cristalitos. Se presenta revistiendo granos total o parcialmente, formando agregados en los espacios intergranulares o enlazando granos (casquetes enlazados).

-Componentes orgánicos básicos: Representados por escasos residuos de raíces de considerable tamaño, fragmentos silíceos de diatomeas y espículas de esponjas.

-Masa Basal: Patrón de distribución relacionada grueso/fino porfírica cerrada a porfírica de espacio simple. Fábrica-b granoestriada, poroestriada y localmente punteada.

-Rasgos edáficos:

- Texturales: Revestimientos arcillosos en canales y poros. Mayor desarrollo en la parte inferior de las secciones delgadas. Revestimientos microlaminados de arcillas bien orientadas, de color castaño con zonas rojizas, probablemente de materia orgánica u óxido de hierro. Delgados revestimientos alrededor de granos, pudiendo revestir total o parcialmente el clasto, observándose algunos como casquetes y colgantes. Rellenos en poros y canales, del tipo suelto constituidos por material arcillo limoso laminado pudiendo o no presentar orientación.

-Criptocristalinos y amorfos: Abundantes nódulos típicos de colores rojizos y negros, con fábrica indiferenciada opaca, de formas variadas, algunos pseudomorfos de anfíboles y piroxenos o de restos orgánicos. Rasgos de impregnación de óxidos de hierro como revestimiento de granos y líticos o impregnando la matriz.

-Fragmentados y deformados: Fragmentos elongados de arcillas orientadas inmersos en la matriz (pápuas).

Horizonte 3BCK

-Microestructura: Predomina la

estructura con microagregados entre granos y en forma subordinada la pelicular y de granos conectados.

-Pedalidad: Moderada a débilmente desarrollada. Agregados en bloques subangulares, ultrafinos (300 μm a 720 μm), predominantes. Agregados angulares, ultrafinos (180 μm a 720 μm). Gránulos, ultrafinos (73 μm hasta 300 μm), con paredes rugosas.

Los dos primeros tipos están separados por poros planos, y parcialmente acomodados. Muestran un patrón de distribución agrupado y al azar.

-Poros: Poros planos que separan total o parcialmente los pedos, rodean los granos y comunican cavidades. Paredes rugosas o lisas, en su mayoría son curvos, siguiendo la forma de los granos que rodean. Por sus tamaños se los clasifican en micro y mesoporos. Poros de empaquetamiento complejo, con formas irregulares y paredes rugosas.

Cavidades, son los poros más abundantes, de forma irregular, elongadas, con paredes lisas o rugosas, siguiendo a veces la forma de los granos que rodean. Pueden estar interconectadas por poros planos. En muchos casos se observó una compactación de material fino en la matriz adyacente. Por su tamaño se los clasifica como mesocavidades (270 μm) y macrocavidades (840 μm).

Canales de longitud muy variable, desde mesocanales (> 50 μm)

hasta megacanales (> 5 mm). Formas muy diversas, en general conectados a cámaras de diferentes tamaños. Paredes irregulares y rugosas. Amplitudes que van desde $18 \mu\text{m}$ en los mesocanales a $720 \mu\text{m}$ en los megacanales. En estos puede haber relleno parcial con material de la matriz y cristales.

Cámaras de gran tamaño ($730 \mu\text{m}$), escasas. Todos los tipos de poros presentan un patrón de distribución al azar.

-Componentes minerales básicos: Relación grueso / fino ($10 \mu\text{m}$) de 53:47.

-Fracción gruesa ($> 10 \mu\text{m}$) abundante en granos de cuarzo de gran tamaño ($540 \mu\text{m}$), anhedrales, redondeados y con engolfamientos. Numerosas inclusiones gaseosas y de apatito. Granos simples y compuestos. Feldespatos potásicos de formas redondeadas a subredondeadas, con tamaños semejantes a los granos de cuarzo. Abundantes inclusiones sólidas, frescos a débilmente alterados.

Plagioclasas, en granos subangulares a subredondeados, alteración pelicular en los bordes (caolinita) y abundantes inclusiones sólidas. Individuos con zonalidad. Vidrios en trizas incoloras con canaliculos y vacuolas y placas con vacuolas. En menor proporción se presentan hipersteno, augita, hornblenda, biotita y granate. Abundantes opacos, en su mayoría redondeados a subangulares, de alta esferi-

cidad. Fragmentos líticos de vulcanitas de textura felsítica, en algunos casos muy teñidas por óxidos de hierro, fragmentos pumíceos y vulcanitas de textura porfírica.

-Fracción fina ($10 \mu\text{m}$) de material limo arcilloso de color pardo a pardo amarillento, con impregnaciones de óxido de hierro y materia orgánica, de color pardo rojizo.

-Componentes orgánicos básicos: Abundantes espículas silíceas de esponjas en las que se aprecia perfectamente el canal central. Tamaños entre $9 \mu\text{m}$ a $30 \mu\text{m}$.

-Masa Basal: Patrón de distribución relacionada quitónica a porfírica de espacio simple. Fábrica-b grano y poroestriada a localmente cristalítica, debido a la presencia de diminutos cristales de calcita diseminados en la matriz.

-Rasgos edáficos:

-Texturales: Revestimientos de material arcilloso y limo arcilloso en granos y poros. Los granos están generalmente totalmente revestidos y en algunos casos solo parcialmente por alguno de sus lados. Espesores variables, siendo mas delgados que los del horizonte suprayacente. Los distintos tipos de revestimientos son: casquetes, casquetes enlazados y colgantes. Los rellenos no son muy abundantes, en general son rellenos sueltos discontinuos, conformados por material de la matriz y granos minerales.

-Criptocristalinos y amorfos: Nódulos pseudomórficos que

conservan la forma del material original e impregnaciones de la matriz y granos minerales o líticos, de grado variable, desde moderado a débilmente impregnado.

Horizonte 4Ck:

-Micromorfología: Estructura masiva sin demasiada diferenciación de peds (apedal). Escasos poros representados principalmente por poros planos.

Material compacto, constituido por abundantes trizas vítreas de variadas formas: placas con vacuolas, trizas planas con canalículos y tubos curvos de trizas incoloras. Granos de cuarzo, plagioclasas, anfíboles, piroxenos, biotita e importante contenido de espículas. Abundante fracción fina, de tipo limo arcillosa, de color pardo con impregnaciones de óxidos de hierro.

Masa basal con patrón de distribución relacionada porfírica abierta. Fábrica de birrefringencia cristalítica.

No se observaron rasgos edáficos.

**ESTRATIGRAFIA Y PALEOECOLOGIA DEL LOTE 37,
NORTE DE SARMIENTO, CHUBUT, ARGENTINA.**

**Stratigraphy and paleoecology of Lot 37, North of
Sarmiento, Chubut, Argentina.**

Juan Carlos Sciutto

Universidad Nacional de la Patagonia S. J. Bosco, Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Geología, Cátedra de Sedimentología, Ciudad Universitaria, Km 4, (9000) Comodoro Rivadavia, provincia del Chubut, Argentina.

RESUMEN

Se observa, en este afloramiento, un progresivo cambio composicional y climático en las sedimentitas del Cretácico superior, desde el tope de la Formación Castillo hasta el tope de la Formación Laguna Palacios. Las rocas gradan desde características netamente piroclásticas a epiclásticas, en un medio paulatinamente más húmedo y oxidante. Esta situación se mantiene en el Terciario inferior, ya que también se manifiesta en la Formación Río Chico, aunque desvinculado por una discordancia erosiva regional.

Palabras clave: Grupo Chubut, estratigrafía, litología, ambiente, paleosuelos, dinosaurios.

ABSTRACT

It is observed in this outcrop, a progressive compositional and climatic change in the sedimentary rocks of the Upper Cretaceous, from the top of Castillo Formation to the top of Laguna Palacios Formation. Rocks

change gradually from clearly pyroclastic to epiclastic characteristics in a gradually more wet and oxidized environment. This situation can be observed in the Tertiary rock of the Río Chico Formation, although separated by an erosive regional discordance.

Key words: Chubut Group, stratigraphy, lithology, environment, palaeo-soils, dinosaurs.

INTRODUCCION

La zona aquí tratada, se caracteriza por presentar buenos afloramientos de sedimentitas continentales, pertenecientes al Grupo Chubut, con abundante participación piroclástica, del Cretácico superior.

El relevamiento del perfil se realizó en un encajonado y pequeño valle, de pendientes abruptas, donde afloran en su entorno el tope de la Formación Castillo, la totalidad de la Formación Bajo Barreal y parcialmente las Formaciones Laguna Palacios y Río Chico. Este conjunto sedimentario ha sido preservado de los agentes erosivos, gracias a extensas coladas de basaltos, que se disponen constituyendo amplias mesetas.

El afloramiento es parte del flanco oriental de una amplia estructura anticlinal elongada en la dirección noroeste-sudeste y que es una prolongación hacia el noroeste de los pliegues que forman la Sierra del Castillo y la Península Baya, constituyendo, en cierto modo, montañas de plegamiento (fig. 1). Es un gran pliegue

asimétrico, con su flanco occidental con mayor buzamiento con respecto al oriental. Presenta, a lo largo de su eje, algunas áreas desventradas (relieve invertido), que permiten la observación de las características sedimentológicas del Grupo Chubut. Hacia el este gradúa a un suave sinclinal, asociado con alabeos menores, mientras que hacia el norte es cubierto por mantos y derrubios basálticos (fig. 2).

La sección superior de la Formación Castillo, llamativa por la tonalidad regional verdosa, es la sucesión sedimentaria aflorante más extendida arealmente. Transicionalmente pasa a la Formación Bajo Barreal, la cual, con las mismas características de gradualidad, lo hace a la Formación Laguna Palacios. Sobre la parte cuspidal de esta última unidad y en discordancia, se apoya el conglomerado basal de la Formación Río Chico (Sciutto, 1981).

El autor agradece al evaluador anónimo del presente trabajo, al Sr. Andrés Blachakis el dibujo de los gráficos adjuntos y al geólogo Virginio Escribano el apoyo de campo realizado.

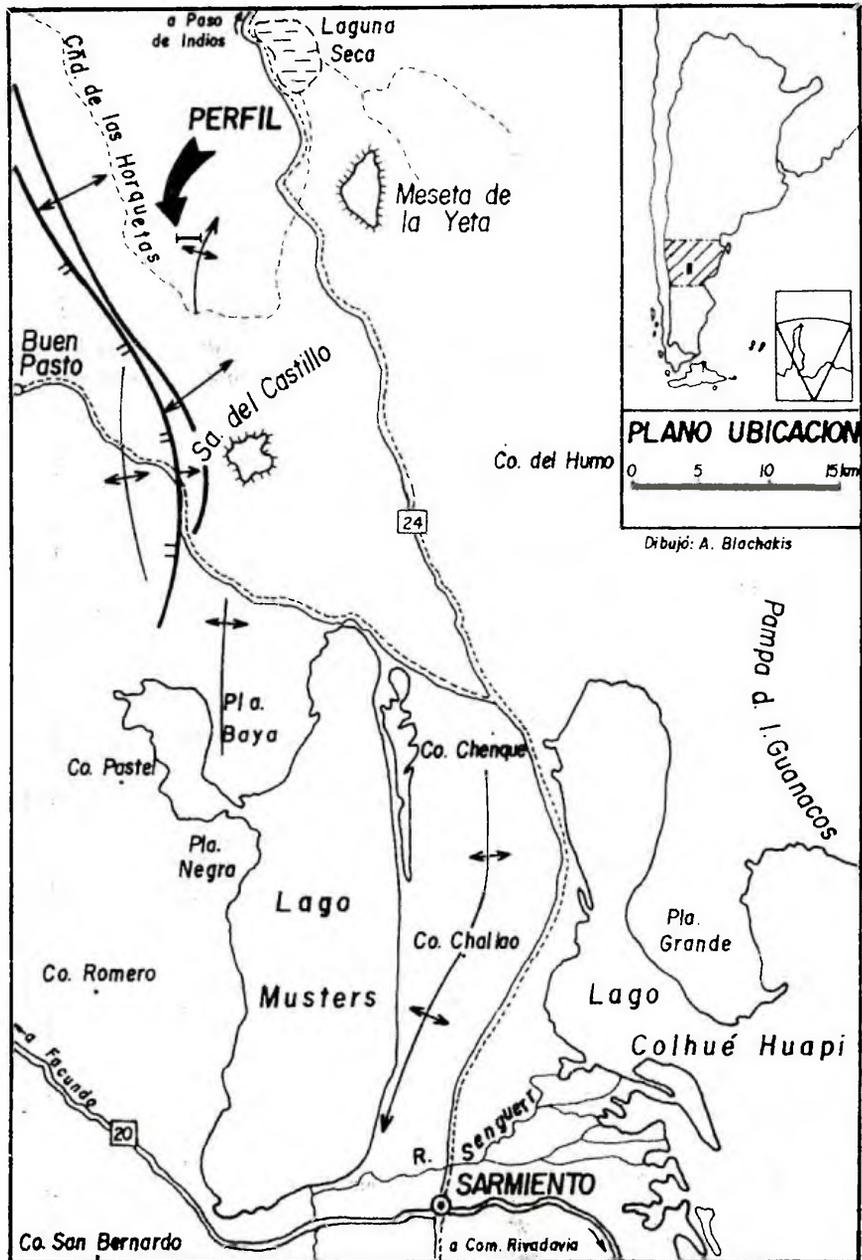


Figura 1: Ubicación del afloramiento estudiado.

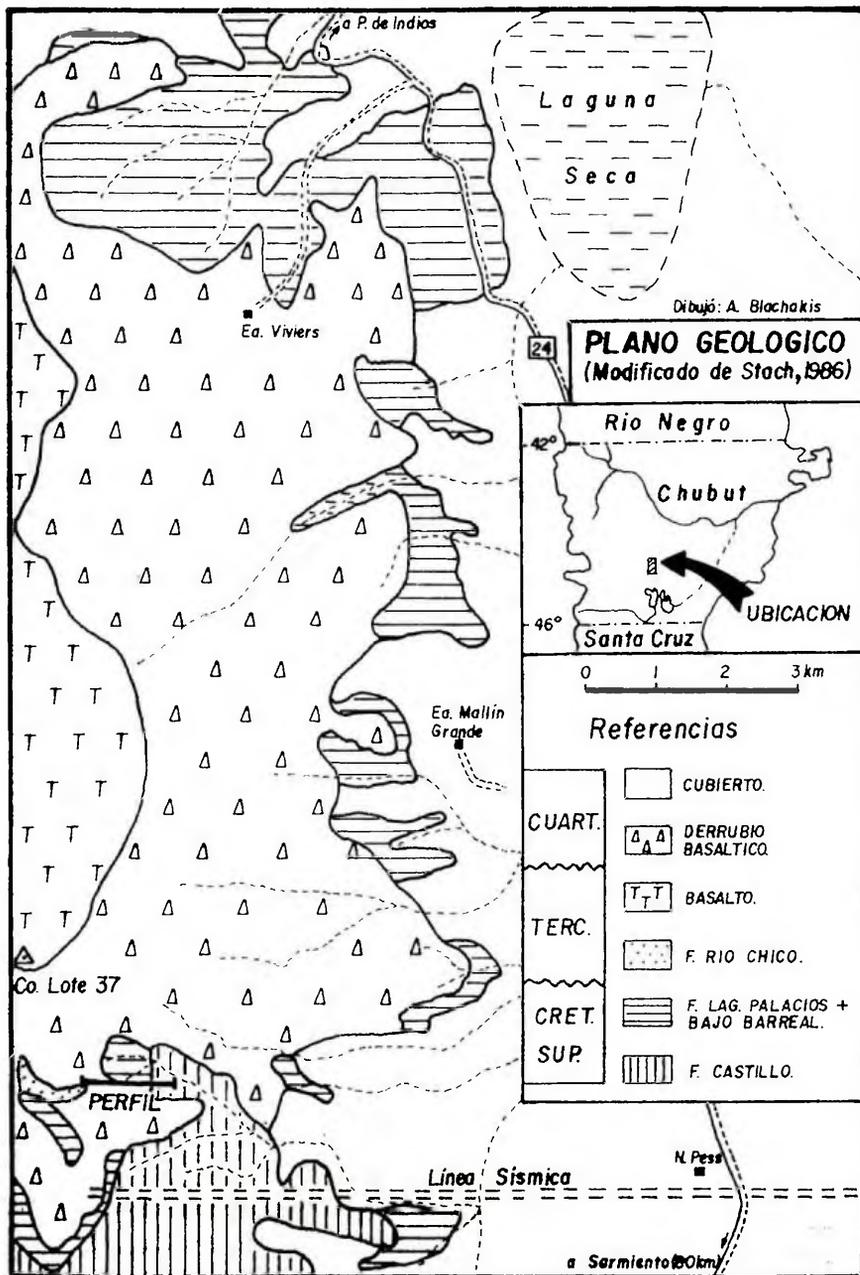


Figura 2: Plano geológico del área. Modificado de Stach (1986).

UBICACION

Este perfil estratigráfico, se localiza a unos 10 kilómetros al sudoeste de la Meseta de la Yeta, en el extremo sur de la carta topográfica a escala 1:100.000 del Instituto Geográfico Militar, "Laguna Palacios" (4569-15). Está emplazado dentro de los carteos geológicos realizados por Feruglio (1941) y Ferello (1950) y en la fotointerpretación de Stach (1986).

Se accede al mismo, desde el Establecimiento de N. Pess, ubicado a casi 80 kilómetros al norte de la localidad de Sarmiento, provincia del Chubut, en proximidades de la ruta provincial N° 24, donde una línea sísmica, en mal estado de conservación, de rumbo este-oeste, lleva a vecindades del inicio del perfil, luego de recorrerla, aproximadamente 9 kilómetros hacia el poniente (fig. 1 y 2).

ESTRATIGRAFIA

Se han medido 408 metros de sedimentitas referidas, genéricamente, al Grupo Chubut. El espesor aflorante corresponde a los términos superiores de dicho Grupo, es decir, a depósitos que por su ubicación estratigráfica, deberían pertenecer al Cretácico superior.

Si bien existe un progresivo cambio de color, composición, texturas y estructuras a lo largo

del perfil, que podrían indicar condiciones ambientales bastante diferentes en los extremos del mismo, para las unidades del Cretácico, no se han detectado discontinuidades importantes en la sedimentación, salvo las superficies erosivas de los cursos fluviales o las lógicas interrupciones que producen los distintos tipos de paleosuelos y superficies con evidencias de exposición subaérea (Sciutto, 1981).

Su tope se encuentra biselado parcialmente, en particular en los altos estructurales, por una suave discordancia angular, durante el Terciario inferior (Formación Río Chico).

Las diferentes secciones presentes, pueden agruparse y referirse a las siguientes unidades formacionales (fig. 3):

1. Formación Castillo:

Se han analizado unos 38 metros de litologías asignadas al techo de esta entidad. En realidad, corresponde a una zona de transición entre las Formaciones Castillo y Bajo Barreal, de allí surge la duda de su ubicación (Sciutto y Martínez, 1994).

Se presentan alternando areniscas y tobas. Las primeras en secciones lenticulares, con plano de estratificación basal neto y erosivo, localmente con restos óseos trozados y orientados por corrientes más bien viscosas, inferido por la presencia de

abundante matriz e intraclastos y que podrían corresponder al relleno de cauces efímeros (fig. 4).

En partes se enciman o sobrepone varios cauces, de extensión areal reducida; internamente con gradación granulométrica positiva (normal), abundantes intraclastos tobáceos y que hacia el tope adoptan características edafogénicas. Se presentan en ciclos repetitivos, donde las areniscas verdosas gradan a tobas arenosas gris amarillentas y éstas a tobas verdosas con frecuentes estructuras biogénicas cilíndricas y conductos ondulantes e irregulares, rellenadas con ceolitas, de coloración anaranjada rojiza y que se interpretan como correspondientes a niveles de paleosuelos.

2. Formación Bajo Barreal:

Se compone de aproximadamente 155 metros de areniscas, conglomerados y tobas, haciéndose estas últimas cada vez más fangolíticas hacia su techo formacional (fig. 4). El pasaje desde la unidad anterior es casi insensible, dado por una disminución en la consolidación general de las rocas y desaparición de los colores verdosos, que son reemplazados por los grises. Progresivamente empiezan a prevalecer tobas fangolíticas y arenosas que hacia los tramos superiores identifican al llamado "Barreal Gris" de la literatura geológica de la Sierra de San Bernardo (Ferello, 1950). Los

paleosuelos y superficies de exposición subaérea intercalados, no se diferencian con claridad, porque están semicubiertos por una superficie irregular de alteración arcillosa.

En general, representarían a sedimentitas de relleno de cauces algo meandrosos, o por lo menos de mayor fluidez acuosa con respecto a las anteriores y llanuras aluviales, con aporte piroclástico intermitente. Las areniscas tienen una sección primordialmente lenticular, con disminución de sus espesores individuales desde la base hacia su tope formacional.

En los techos de los distintos tipos litológicos se desarrollan, con frecuencia, estructuras orgánicas cilíndricas y canaliculos ceolitizados, que le darían características de paleosuelos. La cobertura de meteorización arcillosa enmascara a los mismos, aunque se pueden diferenciar bandas de tonalidades más oscuras y fangolíticas, que corresponderían a horizontes de raicillas, donde eventualmente pueden identificarse un horizonte eluvial de otro iluvial.

3. Formación Laguna Palacios:

Se han medido 215 metros de esta Formación, pero sólo las secciones inferiores están bien expuestas. De todas maneras se identificaron 3 miembros con características diferentes (fig. 4).

El miembro inferior, de 49

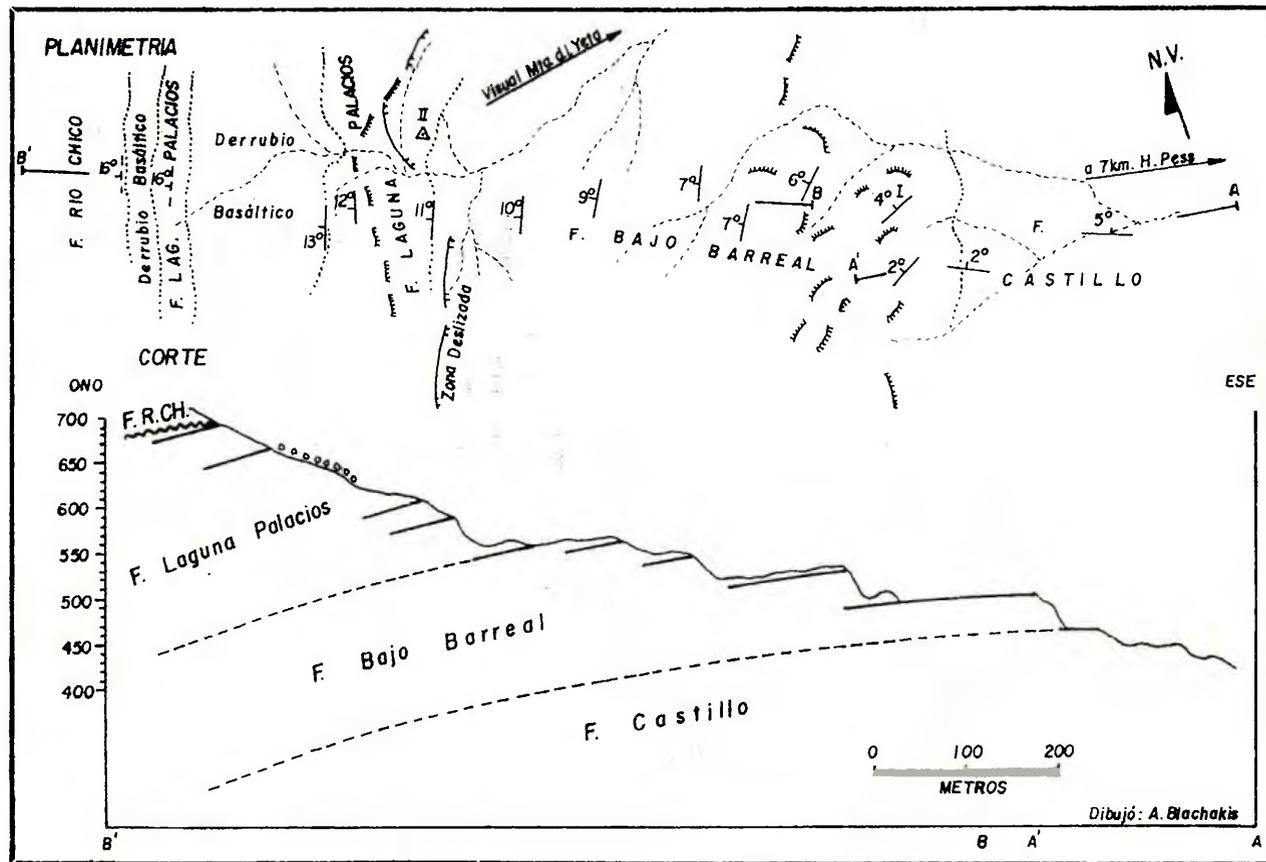


Figura 3: Planimetría y corte del afloramiento.

metros de espesor, corresponde a una zona transicional, con un buen desarrollo de bancos de litologías variadas, entre ellas areniscas, limolitas, fangolitas, tobas y sus mezclas con material epiclás-tico. A partir de ellos se originaron paleosuelos, aún no bien definidos. El miembro remata en una llamativa arenisca de 2 metros de potencia, conspicua y muy bioturbada. Se apoyan sobre unos 2 a 3 metros de limolitas tobáceas de depositación probablemente lacustres, ya que son tenuemente laminadas, bioturbadas y micáceas.

La intensa bioturbación producida en esta arenisca se produciría de dos maneras diferentes. Una de ellas se interpreta de origen vegetal; está constituida por tubos verticales de mayor diámetro, asociados con otros subhorizontales de menor diámetro. La otra se interpreta de origen animal (insectos), aislados e independizados de los anteriores. Este estrato es llamativo por su mayor consistencia relativa y su coloración castaño rojizo, conformando cornisas (banco conspicuo), resaltando en el terreno con contactos netos tanto en su base como en su techo. El banco está dividido en dos por una superficie ondulante que separa una zona superior, con abundante bioturbación, especialmente de insectos, de otra inferior donde predomina la bioturbación vegetal. El diámetro de los canaliculos

vegetales es aproximadamente de un centímetro, de morfologías curvas, rectas, ramificadas y con formas cónicas en sus terminaciones. Mientras que el diámetro de los conductos producidos por los posibles insectos es considerablemente menor. No se observan en ambos tipos de estructuras orgánicas superficies de recubrimiento interno. Internamente están rellenos de un material sedimentario fino, de menor consolidación, que los agentes meteóricos la eliminan con facilidad, presentando en superficie un aspecto poroso por erosión diferencial.

La actividad de estos organismos vegetales y animales fue abruptamente interrumpida por la caída de una espesa lluvia de cenizas volcánicas masivas.

Se infiere, para estas areniscas, un origen subacuático, ya que presentan internamente estructuras tipo hummocky y óndulas de oscilación.

Se apoyan sobre unos 3 metros de limolitas tobáceas de depositación probablemente lacustre, ya que se encuentran tenuemente laminadas y micáceas.

El miembro medio, de unos 32 metros, se diferencia del resto por la abundancia de paleosuelos bien conformados y conspicuos, llegando a sobreponerse varios de ellos en forma consecutiva. Los mismos se generan tanto de areniscas gradadas como de tobas arenosas, aunque el producto final

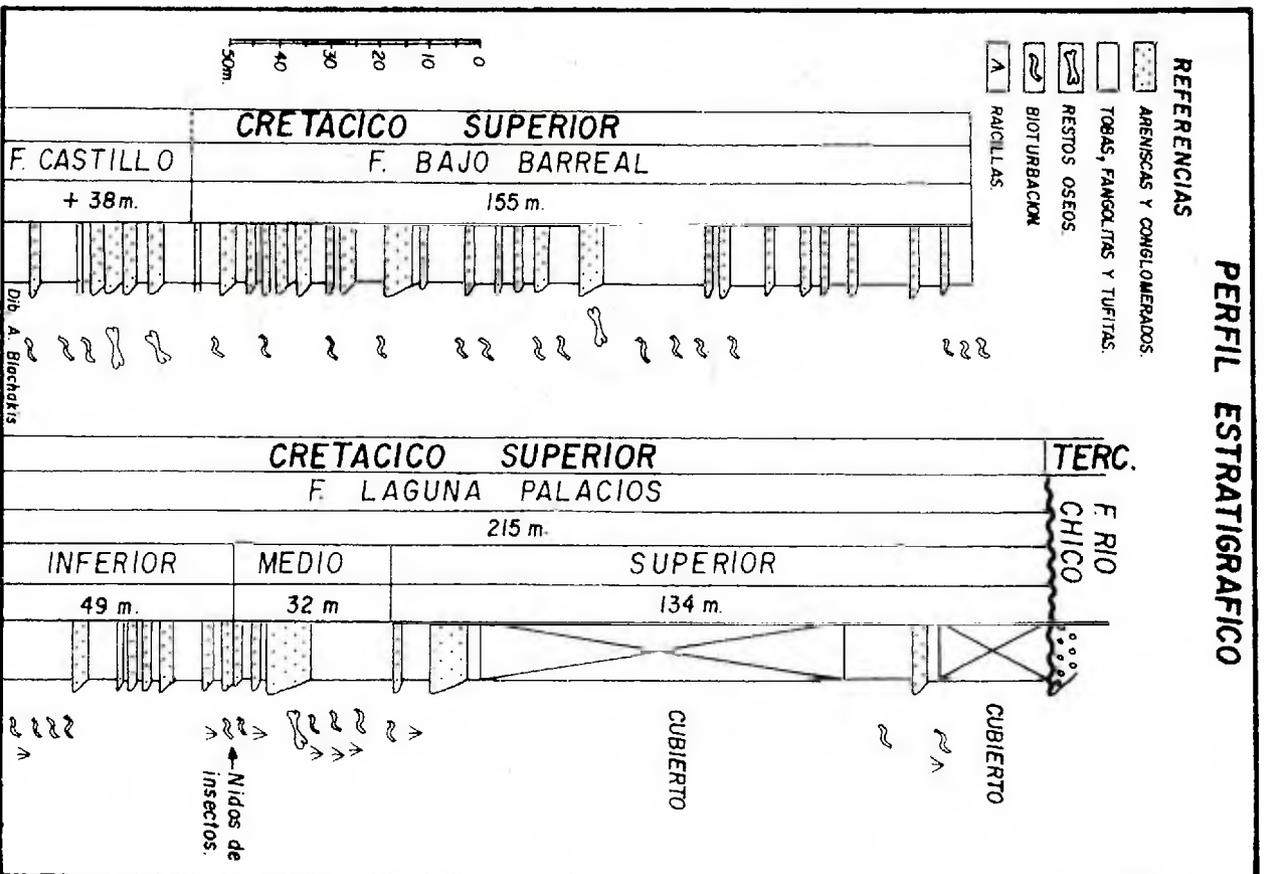


Figura 4: Perfil estratigráfico.

es semejante (suelos maduros). Se caracterizan por la estratificación ondulante, motivada por el material pelítico castaño claro introducido por la infiltración del agua superficial constituyendo cutanes en láminas y en gránulos. Tienen una típica morfología de cornisas pero sus características rápidamente desaparecen hacia el este, debido a un rápido cambio facial, gradando a la sección rojiza superior de la Formación Bajo Barreal.

El miembro superior, de 134 metros de espesor, está constituido por tufitas, areniscas, tobas arenosas, fangolitas tobáceas, en gran parte semicubiertas por derrubios basálticos y detritos varios.

Su tope está erosionado, mediante una suave discordancia angular y regional por un conglomerado, grueso a mediano, subredondeado, constituido de rocas porfíricas, cuarzo, pedernal y perteneciente a la Formación Río Chico (Terciario).

CONCLUSIONES

En los niveles inferiores del perfil la participación piroclástica es mayoritaria. Ascendiendo estratigráficamente, decrece en beneficio de la participación epiclástica, pasando a ser la piroclástica de características intermitentes.

A lo largo de la traza del perfil, desde la base hasta su tope, si bien hay una creciente presencia

de paleosuelos y de exposiciones subaéreas, con abundante actividad biótica, prácticamente no se ha preservado la materia orgánica. Su destrucción y desaparición se debería, posiblemente, a que el ambiente imperante durante la deposición de todo ese tramo estratigráfico fue eminentemente oxidante. Esta oxidación, no afectó en gran medida, a las texturas y estructuras que la actividad orgánica e inorgánica engendraron, tales como los conductos, canalículos irregulares, cutanes, etc..

A medida que se asciende en el afloramiento y fundamentalmente en la Formación Laguna Palacios, los estratos, actualmente inclinados, reflejan una paleotopografía peneplanizada durante su acumulación. Los paleosuelos se presentan tabulares, con pocas irregularidades en su superficie.

También puede interpretarse una movilidad creciente y progresiva en los cursos acuosos, ya que los conglomerados superiores, en general lenticulares, indicarían corrientes acuosas menos viscosas, dado que sus clastos son más redondeados, maduros, extracuencales y con menor matriz intersticial que los inferiores.

Los restos óseos, en este perfil, están muy fragmentados. Por su relación con zonas aledañas, pueden asignarse a dinosaurios. Se concentran en la sección superior de la Formación Bajo

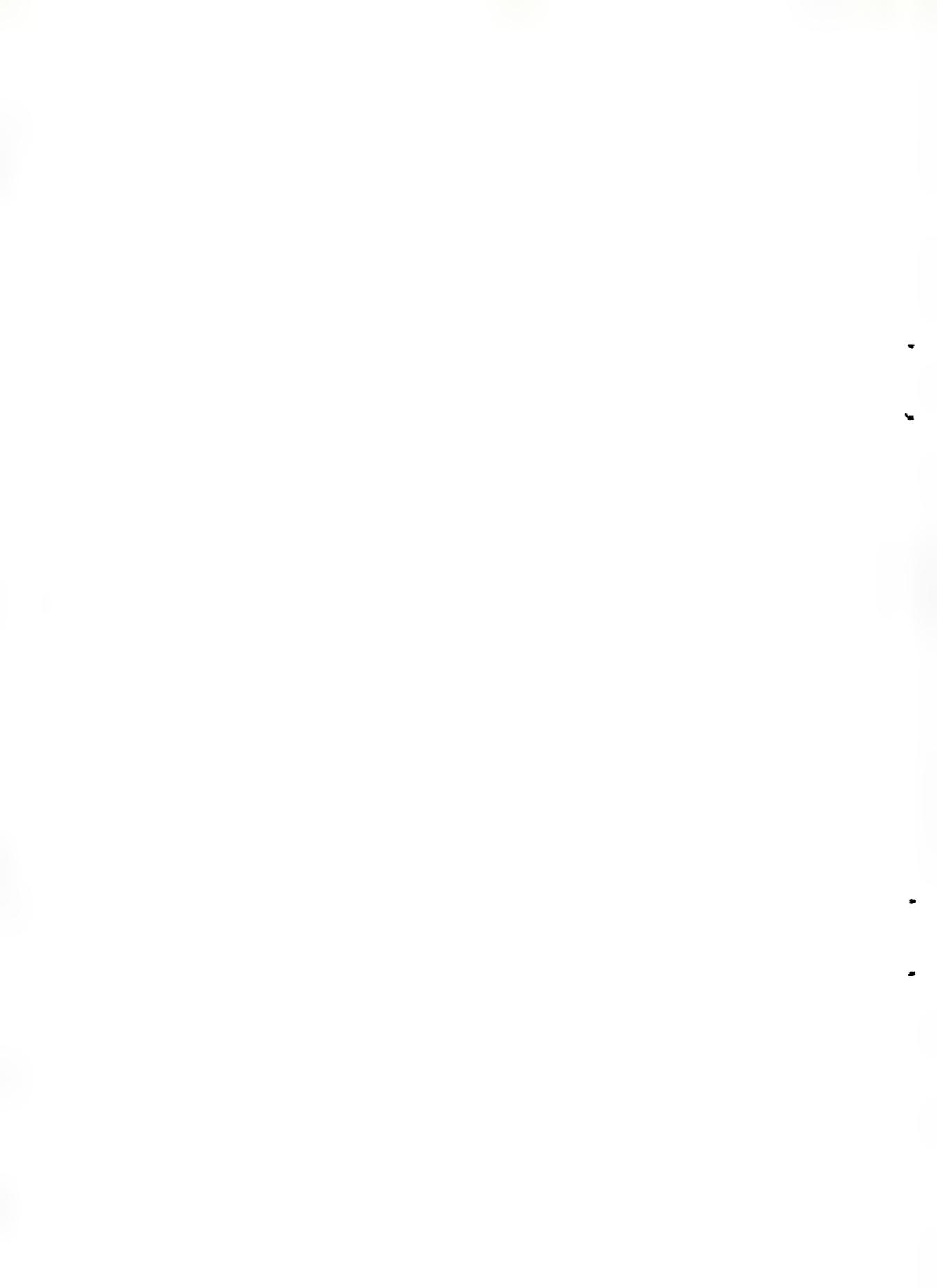
Barreal, pero también se los encuentra en el miembro inferior y medio de la Formación Laguna Palacios. Incluso aparecen por encima del estrato de ceniza volcánica que sepulta y ahoga al nivel rojizo conspicuo de nidos de insectos.

Se aprecia una continua variación climática en la vertical, inferida por la progresiva variación composicional epiclástica, fluidez de las areniscas y conglomerados y tonalidades cada vez más rojizas y amarillentas, por oxidación de los componentes de las rocas expuestas subaéreamente.

La proliferación manifiesta de insectos, coexistiendo con dinosaurios en los tramos finales del período Cretácico, quizás, también debería tenerse presente en el momento de interpretar la extinción de estos últimos, además de los tradicionales argumentos terrestres y extraterrestres, publicados por distintos autores (Bakker, 1986).

BIBLIOGRAFIA

- Bakker, R. 1986. The Dinosaur heresies. Penguin Books, The twilight of de dinosaurs. 21: 425-444.
- Ferello, R. 1950. Estudio geológico de la Sierra del Castillo. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito.
- Feruglio, E. 1941. Informe geológico de la región de la Sierra Nevada (Chubut). Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito.
- Sciutto, J. 1981. Geología del Codo del Río Senguerr, Chubut, Argentina. Actas Octavo Congreso Geológico Argentino, 3: 203-219.
- Sciutto, J. y Martinez, R. 1994. Un nuevo yacimiento fosilífero de la Formación Bajo Barreal (Cretácico tardío) y su fauna de saurópodos. *Naturalia patagónica, Ciencias de la Tierra*, 2: 27-47.
- Stach, N. H. 1986. Fotointerpretación de la zona comprendida entre Cerro Ferrarotti-Cañadón Grande y el Codo del Senguerr, provincia del Chubut. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito.



**APORTE AL CONOCIMIENTO DE LA HIDROLOGIA
SUBTERRANEA EN LA ZONA DE LAS LAGUNAS DE
ESTABILIZACION DE TRELEW**

**Contribution to the knowledge of groundwater hydro-
logy in the Trelew cloacal effluent lagoons.**

Julio E. Stampone, Gustavo Ichazo, Higinio Cambra y Hernán Góngora

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Ciencias Naturales. Belgrano 504, Segundo piso, (9100) Trelew, provincia del Chubut, Argentina.

RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado en la Provincia del Chubut, en el valle inferior del río del mismo nombre. Los sedimentos cuaternarios cubren el área de estudio que alcanza a unos 134 km aproximadamente. Las actividades de exploración, prospección, mapeo y muestreo fueron realizadas por profesores y estudiantes de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco dentro del proyecto de investigación "Impacto Hidrodinámico Subterráneo en las Lagunas de Estabilización de Trelew". Se estudiaron las características geológicas, hidrogeológicas e hidroquímicas como así también la existencia de contaminación microbiológica en las aguas subterráneas y su relación con las aguas

superficiales. Se realizaron pozos de exploración obteniéndose muestras litológicas y de aguas subterráneas para ensayos químicos y bacteriológicos. Los resultados indicaron la existencia de diferentes áreas de conducción hidráulica, presencia de contaminación biológica y según los sectores la relación influente/efluente entre las aguas subterráneas y superficiales.

Palabras clave: Hidrología, contaminación, aguas subterráneas.

ABSTRACT

The present work was done in the Chubut Province, on a 134 square kilometers area of quaternary sediments at the Chubut River's Low Valley. The mapping and field activities were done by professors and students of the National University of the Patagonia San Juan Bosco, for the investigation project: Hydrodynamic groundwater impact in the Trelew cloacal effluents lagoons. In this contribution the geology, hydrogeology and hydrochemistry were studied. The distribution of the bacteriologic contamination in the groundwater and its relation with the surface waters was also studied. During the works sampling wells were built for lithology interpretation and bacteriology and chemistry determinations. The hydrogeological model interpretation shows areas with different hydraulic conduction, variable degree of biological contamination and the fluid relations between the acuifers and surface waters.

Key words: Hydrology, contamination, groundwater.

INTRODUCCION

Las denominadas lagunas de estabilización de Trelew, forman parte de un sistema hídrico complejo que se extiende desde el noroeste de la ciudad homónima por el borde austral de la "Terraza Intermedia Norte" del valle inferior del río Chubut, hasta la ciudad de Rawson. La cuenca hídrica su-

perficial y subterránea se desarrolla en dos unidades geomorfológicas diferentes, la Terraza y los depósitos aluvionales del valle. Superficialmente el sistema se presenta elongado en sentido oeste-este y consiste en una serie de bajos en algunos casos conectados por paleocursos que pueden adquirir carácter activo en circunstancias de excesivo aporte pluvial.

El estudio del sistema hídrico subterráneo y las modificaciones de carácter antrópico, como el ingreso por infiltración de agua importada contaminada, procedente de las lagunas de estabilización, y la probable relación hidráulica existente con el río Chubut son el objetivo fundamental del presente trabajo.

UBICACION DEL AREA ESTUDIADA

La misma se localiza en la provincia del Chubut, Argentina y comprende una franja de ancho variable que se extiende de oeste a este, desde la ciudad de Trelew hasta prácticamente la ciudad de Rawson, limitada al norte por la terraza intermedia del valle del río Chubut y al sur por el río propiamente dicho. El área comprende una superficie estimada en 134 Km² (fig. 1).

MATERIAL Y METODOS

Inicialmente se recopiló y procesó la información técnica existente. Posteriormente tomando como base cartográfica un mapa planialtimétrico confeccionado en la década del 60 por la Empresa Agua y Energía de la Nación en escala 1:20000, se lo actualizó y completó, volcándose en el mismo la ubicación de los pozos y la traza de los perfiles

topográficos. Con los datos hidrometeorológicos disponibles se logró un récord de 50 años (Servicio Meteorológico Nacional, 1941-1980; Arbuniés de Mac Karthy, 1994), definiéndose las características climáticas y valor de la evapotranspiración potencial en la zona. Los aspectos geológicos-estratigráficos se analizaron en un marco de referencia general para comprender las relaciones entre el terciario y los sedimentos cuaternarios suprayacentes, siendo estos últimos los de mayor importancia desde el punto de vista geohidrológico. La geomorfología fue estudiada utilizando fotografías aéreas en escala aproximada 1:7000, con corroboración de campo. Las tareas de exploración llevadas a cabo mediante el uso de barrena manual permitió la construcción de 24 pozos de 3" de diámetro hasta una profundidad máxima de 3 metros. Los mismos posibilitaron determinar la geología del subsuelo y detectar la presencia de acuíferos, los que fueron muestreados, realizándose análisis químicos y bacteriológicos de las aguas subterráneas. Además se determinaron parámetros propios de los acuíferos como espesor (donde fue posible), litología, techo y niveles estáticos, efectuándose un ensayo de permeabilidad mediante el método de Gilg Gavard (Custodio y Llamas, 1976). Con la información obtenida se construyeron perfiles geohidrológicos que pusieron en

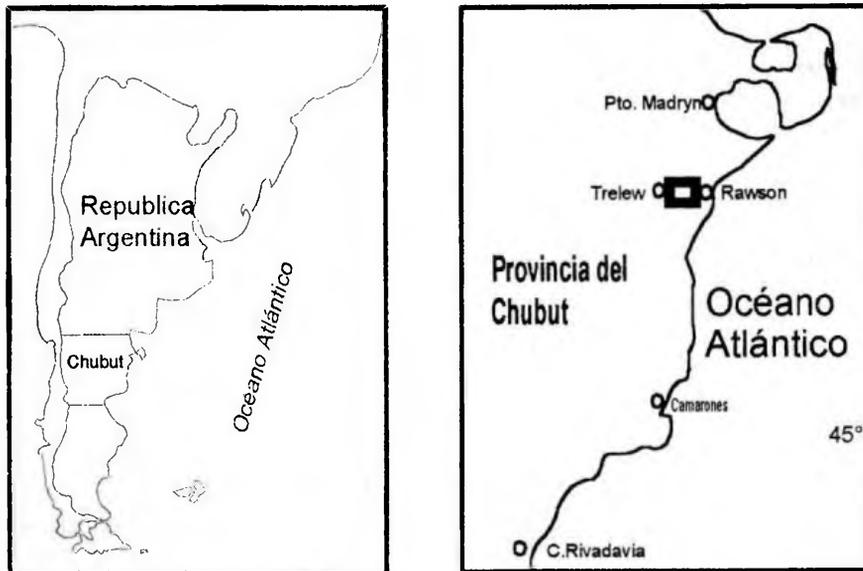


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio. El área rectangular en el mapa de la derecha señala la localización de las lagunas.

evidencia las características de movilidad de las aguas subterráneas, corroborada con los resultados de los ensayos químicos y microbiológicos.

RESULTADOS

A. Climatología.

Precipitación: Los datos obtenidos para el período 1961-1990 arrojaron un valor de precipitación media anual de 163,5 mm, con una media mensual de 13,5 mm, y valores extremos de 18,5 mm en mayo y 10,1 mm en diciembre. La distribución esta-

cional y mensual no presenta variaciones muy significativas, siendo el otoño la estación más lluviosa, esta distribución dispar quedó expresada en un diagrama polimodal en el que meses de elevada precipitación media están próximos a otros con escasa lluvia, típico de clima árido.

Temperatura: Para el período 1961-1990 se registró una temperatura media de 14,5 °C, con un máximo para enero de 20,1 °C y mínimos similares para junio y julio de 5,9 °C y 5,8 °C respectivamente.

Vientos: Teniendo en cuenta

los valores de la estación INTA para el período 1971-1990, se aprecian notables variaciones estacionales, siendo la más ventosa el otoño con una frecuencia de días con viento del 93%, continúa la primavera con 92%, luego el verano con 79% y por último el invierno que es la estación más calma con 77%. La velocidad promedio del viento para la zona de valle es de 7 Km/h.

Evapotranspiración: Se calculó la evaporación potencial por el método de Thornthwaite, siendo de 765,5 mm/año y la precipitación para el mismo período 1961-1990 de 163,5 mm/año, la diferencia entre ambos valores de 602 mm/año corresponde al déficit hídrico anual.

Del balance mensual surge que solamente en julio se produce un superávit hídrico de 3,1 mm, el que por si solo no justifica la existencia de agua subterránea ni de cuerpos permanentes de aguas superficiales. Sin embargo existen lagunas con agua durante todo el año y aguas subterráneas (fig. 2). La explicación radicaría en que la suma de aportes indirectos permite incorporar agua alóctona, proveniente de la escorrentía superficial de la ladera norte del valle, del encauzamiento canalizado de las aguas pluviales de la zona urbana y de infiltración por riego de las lagunas de estabilización y aporte subterráneo del río Chubut.

B. Reseña geológico-estratigráfica.

Los afloramientos de la zona estudiada están constituidos por sedimentos terciarios, cuartarios y recientes (Hernández et al., 1983). En general predominan los depósitos cuartarios de terraza y valle, conformados por gravas (rodados patagónicos retransportados de edad pleistocena). El terciario (sedimentos marinos de la Formación Patagonia) aflora en el área de transición de las terrazas hacia el valle. En profundidad se desarrollan los sedimentos precuaternarios hasta las vulcanitas jurásicas de la Formación Marifil, detectadas por perforaciones. En los cauces de los cañadones que desembocan en el valle se observan depósitos aluvionales compuestos de gravas y material areno-arcilloso friable, con concreciones calcáreas. Estos sedimentos y los rodados patagónicos, debido a su alta porosidad, son excelentes almacenadores de aguas pluviales. Los depósitos de la llanura aluvial del valle son por lo general arenas finas, limos y arcillas. En el sector de estudio tienen particularmente un alto contenido salino.

C. Hidrogeología.

Litología del subsuelo: Tomando como referencia interpretativa los perfiles geológicos de los pozos, podemos decir que,

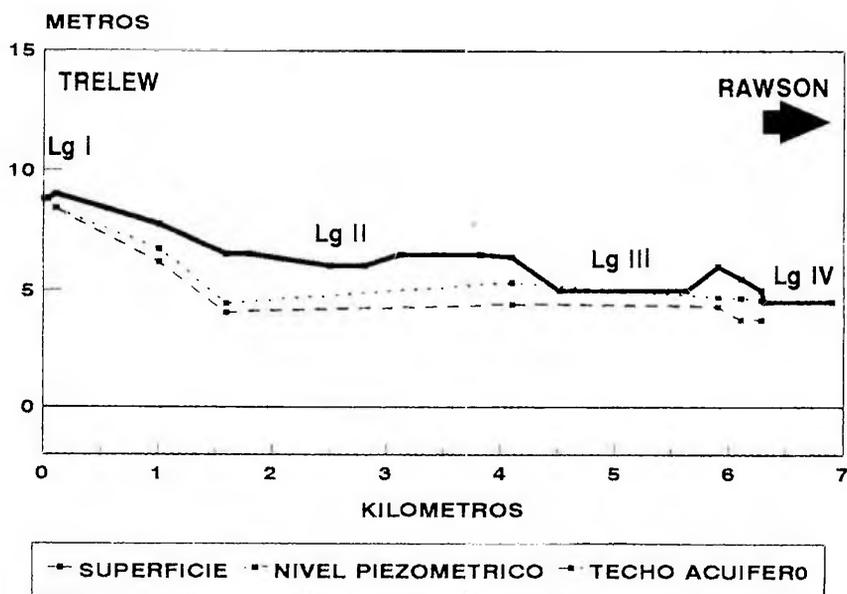


Figura 2: Perfil longitudinal entre laguna I y laguna IV. Orientación W-E.

en la secuencia de deposición priman los sedimentos arcillosos de colores variados en algunos sectores mejor correlacionables que en otros. Estos sedimentos encierran dos áreas de conducción hidráulica bien identificadas en su litología, una de características arenosa y otra arcillo-limosa (acuitardo), con un valor puntual de permeabilidad (K) de 0,20 m/d. Químicamente no se pudo establecer diferencias notables entre ambos que indiquen distinto origen, esto podría avalar el criterio de que las dos aguas pertenecen a un mismo acuífero.

Hidroquímica: De acuerdo a las normas de la O.M.S. (Foster y Caminero, 1989), la totalidad de las aguas de los pozos muestreados no son aptas para uso humano. Excepto dos muestras cercanas al río Chubut, el resto presenta un elevado tenor salino con valores de sólidos disueltos totales en todos los casos superior a 8000 mg/lit. En algunos pozos se pudo correlacionar el incremento en la concentración de cloruros y disminución de nutrientes con el sentido local oeste-este del flujo subterráneo. Así también en el perfil transversal (fig. 3) en

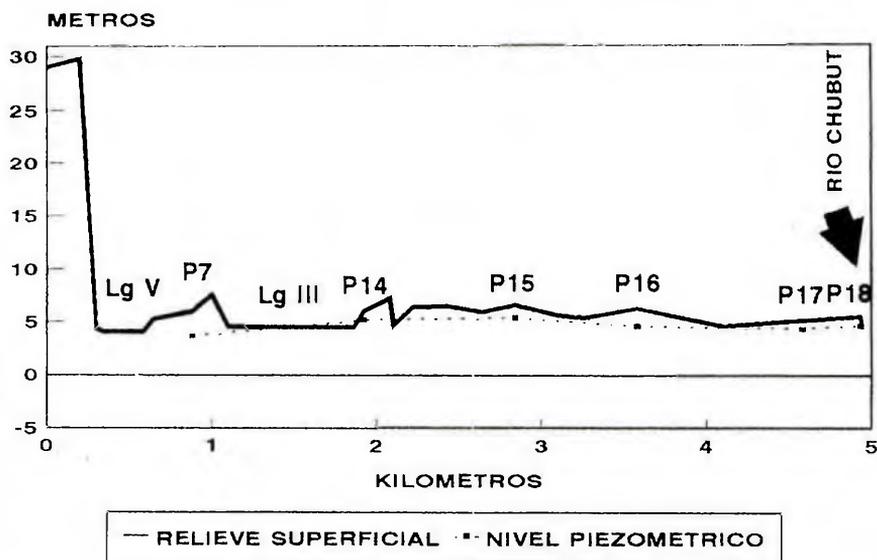


Figura 3: Perfil transversal entre laguna V y el río Chubut. Orientación S 10° W.

sentido N-S, la concentración de nutrientes primero disminuye para aumentar en zonas próximas al río Chubut. Interpretándose que existen flujos encontrados procedentes desde las lagunas y desde el río, dando como resultado una zona de interfase entre los pozos 16 y 17. Es de hacer notar que el resto de los parámetros químicos analizados están indicando la presencia de dos aguas de distinto origen, según se observa en la Tabla I.

Hidrodinámica: Como ya se mencionó, en los 24 pozos de exploración se confirmó la existencia de agua subterránea. El

sentido de movimiento de estas aguas, se infiere a partir de los perfiles observados en las figuras 2 y 3 en los que se volcaron los parámetros hidráulicos de los pozos con similares litologías en los acuíferos. De la interpretación de las pendientes hidráulicas surge que el movimiento regional del escurrimiento subterráneo es en sentido regional oeste-este, es decir hacia el mar y coincidente con el superficial; con dos componentes laterales, desde las lagunas hacia el río Chubut al sur y viceversa, conformándose probablemente entre ambas una zona de interfase. El sentido de la pendiente hidráulica, el probable

Tabla I: Análisis de aguas. Perfil transversal S 10° W.

DATOS	POZO 7	POZO 14	POZO 15	POZO 16	POZO 24	POZO 17	POZO 18
S.D.T	24420	60900	19700	40200	3441	2500	3700
pH	8,10	7,33	7,73	7,86	8,23	8,46	8,36
Cloruros	14000	32000	10160	27000	1480	920	1440
Sulfatos	1807	3615	1288	2957	236	406	470
Bicarbonatos	294	227	415	276	485	406	338
Nitritos	0,15	0,075	0,040	-0,005	0,10	0,01	1,00
Nitratos	3	1	0,5	0,5	1,50	0,50	1,00
Coliformes totales		6000	6700	4050	7000	1650	13000

contacto entre fondos de lagunas y techo de acuífero, y la presencia de contaminación microbiológica en las aguas subterráneas; estarían indicando para las lagunas un carácter efluente-influente con relación a las aguas que circulan en el subsuelo.

CONCLUSIONES

a. El sistema hídrico superficial y subterráneo ha sido alterado antrópicamente.

b. Las lagunas se comportan como zonas de recarga local.

c. Las aguas subterráneas han sido vulnerables a la contaminación química y microbiológica.

d. Se identificaron litológicamente dos áreas de conducción hídrica, ambas con pendiente regional de flujo en sentido W-E.

e. El río Chubut es influente en el sistema.

BIBLIOGRAFIA

- Arbuniés de Mac Karthy, R. 1994. Estadísticas agrometeorológicas del valle inferior del río Chubut, período 1971-1990. INTA, Trelew, Argentina.
- Custodio, E. & LLamas, M. 1976. Hidrología subterránea. Tomo 1. Segunda edición. Omega, Barcelona, 1157 pp.
- Foster, S. R. & Caminero Gomes, 1989. Monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente (CEPIS). Lima, Perú.
- Hernandez, M., Ruiz de Galarreta & Fidalgo, F. 1983. Diagnósis geohidrológica aplicada en el VIRCH. Ciencia del Suelo, 1 (2).
- Servicio Meteorológico Nacional. Estadísticas meteorológicas, Estación Trelew, Argentina, años 1941-1980.

**EFFECTO DE LA PENDIENTE Y LA COBERTURA DE
GRAVAS EN LA EROSION HIDRICA POR SALPICADO
BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.**

**Effects of slope and gravel cover on splash erosion by
artificial rains under laboratory conditions.**

Lina S. Videla y César M. Rostagno

Centro Nacional Patagónico (CONICET). Boulevard G. Brown s/n (9120)
Puerto Madryn, Provincia del Chubut.

RESUMEN

Mediante lluvias simuladas se evaluó en el laboratorio la influencia de pendientes de 5° , 15° y 25° y distintos porcentajes de cobertura superficial de gravas (0%, 20% y 50%) sobre el salpicado neto en tres condiciones superficiales de suelos (suelo erosionado, suelo no erosionado y "peladal"), correspondientes a dos unidades fisiográficas del NE del Chubut. Se utilizó un simulador de lluvia por goteo que produjo lluvias de 75 mm.h^{-1} y 35 minutos de duración. La recolección del material salpicado se realizó a intervalos de 5 minutos. El salpicado neto aumentó exponencialmente con el incremento de la pendiente para el suelo no erosionado y el suelo erosionado, mientras que para el "peladal", el salpicado neto fue mayor a 25° que a 5° y a 15° . No se detectaron diferencias para 5° y 15° . El efecto protector de una cubierta superficial de gravas se pudo observar solamente comparando la condición de suelo desnudo con cualquier otro porcentaje de cobertura de gravas para los tres suelos estudiados.

Palabras clave: salpicado, pendiente, cobertura de gravas.

ABSTRACT

A laboratory experiment was carried out to assess the influence of different slope (5° , 15° and 25°), gravel cover (0%, 20%, and 50%), and soil types ("bare", "uneroded" and "eroded") on the net splash. A drip-type rainfall simulator producing 2.5 cm raindrops was placed 2.10 m above plots 0.40×1.00 m. Rainfall was applied at a rate of 75 mm/h for 35 min. Splashed material was collected at 5-min intervals. Net splash decreased exponentially with decreasing slope inclination and increasing gravel cover in the three soils. The highest amount of splash was produced by the "eroded soil", followed by the "uneroded", and the "peladal". It can be related to the high infiltrability and the low amount of runoff generated by this soil.

Key words: splash erosion, slope, rock fragments.

INTRODUCCION

La erosión hídrica es la resultante de la combinación de los procesos de desprendimiento y de transporte de material, tanto por acción directa de las gotas de lluvia como por la del escurrimiento superficial. Las gotas de lluvia impactan la superficie del suelo desprendiendo partículas del mismo que son transportadas por el salpicado y el flujo superficial del agua. Debido a esto se produce una serie de alteraciones físicas y químicas del suelo tales como formación de costras, disminución de la tasa de infiltración y pérdida del suelo superficial, con la consiguiente pérdida de nutrientes. En general se puede considerar al salpicado principalmente como un proceso de desprendimiento del suelo y al flujo superficial como un

proceso de transporte.

En las zonas áridas de uso pasturil, el impacto de la erosión hídrica ha sido subestimado, aunque estudios realizados en los últimos años han producido una reconsideración de su rol (Rostagno y del Valle, 1988; Rostagno, 1989; Bouza y del Valle, 1993; Videla y Rostagno, 1993).

La incidencia de la erosión hídrica en los ambientes áridos estaría en relación con: a, una cobertura vegetal, generalmente baja, que escasamente protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial; b, una combinación de pendientes pronunciadas y suelos con baja tasa de infiltración; y c, lluvias de primavera-verano de carácter torrencial que favorecen el salpicado y el escurrimiento superficial.

Los factores de protección del suelo son entre otros: la vegetación y las cubiertas superficiales de gravas. Ambas reducen la erosión hídrica porque disipan la energía del impacto de las gotas, disminuyendo la superficie erodible del suelo y la velocidad del escurrimiento.

Simanton et al. (1980) aplicando la Universal Soil Loss Equation (USLE) en pastizales naturales semiáridos de Arizona, observaron que la erosión disminuye en las áreas de pavimentos de desierto. Pearson et al. (1992) atribuyeron la génesis de los montículos y los pavimentos de desierto al salpicado. Cuando las gotas impactan sobre las áreas desprovistas de vegetación, se produce un transporte selectivo de suelo hacia la zona debajo de los arbustos, formándose de esta manera los montículos y quedando una cubierta de gravas en superficie en las áreas entre montículos.

Por otra parte, la influencia del grado de inclinación de la pendiente en el proceso de erosión ha sido discutido en numerosos trabajos (Wischmeier y Smith, 1978; Van Ash, 1983; Kinell, 1981), aunque pocas veces se ha podido establecer una relación entre la cantidad de material erosionado y la pendiente.

La investigación desarrollada en el presente trabajo tiene por objetivo evaluar en laboratorio el efecto de diferentes pendientes y coberturas de grava en el des-

prendimiento y transporte de sedimentos por salpicado, en muestras de suelo de dos unidades fisiográficas del Noreste del Chubut. Se proponen las siguientes hipótesis:

a. La erosión hídrica por impacto de las gotas de lluvia está relacionada con la pendiente del terreno.

b. La cantidad de material salpicado disminuye con el incremento en la cobertura superficial de gravas.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la cuenca cerrada Laguna Blanca de 1152 ha de superficie, formada por un bajo de origen presumiblemente tectónico (Haller, 1981). La misma está ubicada a 10 km al suroeste de Puerto Madryn en línea recta y a 15 km sobre la Ruta Nacional N°3, siendo sus coordenadas 42° 50' S y 65° 09' W.

Esta cuenca presenta pendientes de distinta longitud (20 a 300 m) e inclinación (hasta el 60 %), donde se manifiestan fenómenos de erosión hídrica muy activos, como lo atestigua un sistema de cárcavas convergentes de considerable magnitud (Coronato y del Valle, 1993).

El área de trabajo tiene representatividad regional dada la cantidad de bajos endorréicos de similares características presentes

en el sector nororiental de la Patagonia.

La temperatura media anual es de $13,7^{\circ}\text{C}$, con una amplitud media anual de $14,6^{\circ}\text{C}$. La precipitación media anual es de 182 mm. El índice de aridez correspondiente es árido superior: árido inferior $P/ETP < 0,20$ (precipitación/evapotranspiración potencial) y árido superior $0,20 < P/ETP < 0,30$ (Beeskow et al., 1987; del Valle y Rostagno, 1989). El régimen de temperatura y humedad de los suelos es térmico árido.

Se han descrito para el área distintas unidades fisiográficas (del Valle y Rostagno, 1989), dos de las cuales fueron seleccionadas para este estudio por presentar distintas condiciones de erosión: Planos sedimentarios de abanicos aluviales y Pendientes de lomadas disectadas.

La unidad fisiográfica de Planos sedimentarios de abanicos aluviales tiene una pendiente media del 5%, la textura superficial del suelo es areno-franco y franco-arenosa y la fisonomía es una estepa arbustiva con una cobertura vegetal del 30%.

La unidad fisiográfica de Pendientes de lomadas disectadas tiene una pendiente media del 45%, con una textura superficial del suelo arcillo-arenosa y la fisonomía corresponde a un peladal arbustivo con 5% de cobertura vegetal.

La mayoría de los suelos de la cuenca Laguna Blanca presentan

un escaso desarrollo de las características pedogenéticas: bajos contenidos de materia orgánica, predominio de texturas gruesas, con excepción de algunas lomadas y el fondo de la cuenca y escaso desarrollo de la estructura de los suelos. Se clasifican como *epipedón ócrico*, orden Entisoles; suborden Orthents (Soil Taxonomy, 1975). Presentan un régimen de humedad árido, por lo que se los clasifica en el gran grupo de los Torriorthents, subgrupo Torriorthent típico. Los suelos de los planos sedimentarios de abanicos aluviales corresponden a la familia térmica-mixta-arenosa, mientras que los de las pendientes de lomadas corresponden a la familia térmica-montmorillonítica-arcillosa.

En la unidad fisiográfica Planos sedimentarios de abanicos aluviales, se pueden distinguir dos condiciones de suelo superficial:

-Suelo no erosionado (SNE), ubicado en la zona próxima a los arbustos o zona de montículos (Rostagno, 1989).

-Suelo erosionado (SE), correspondiente a la zona entre montículos. En este tipo de suelos es fácil distinguir distintos signos de degradación tales como pavimento de desierto, surcos, playas de escurrimiento, plantas descalzadas, etc.

En el suelo del "peladal" (P), correspondiente a la unidad fisiográfica Pendientes de Lomadas, predominan procesos de alteración

física en superficie. Presenta agregados de distintos tamaños en los primeros 5 cm continuando luego en forma masiva. Este material conserva las características del sedimento original poco alterado: tobas vitrocrystalinas de la Formación Gaiman (Haller, 1981). Es común en la región árida de la Patagonia encontrar este tipo de formación exhumada que sufre los procesos de meteorización y erosión y que provee parte del material que posteriormente forma los suelos de las zonas más bajas.

MATERIALES Y METODOS

Se empleó un simulador de lluvia por goteo similar al descrito por Blackburn (1980). El simulador está provisto de agujas de 0,5 mm de diámetro exterior, que producen gotas de 2,5 mm de diámetro. Se lo colocó a una altura de 2,10 m. A dicha altura la velocidad de las gotas al llegar al suelo es de aproximadamente $5,4 \text{ m s}^{-1}$, correspondiente al 70 % de la velocidad final de una gota de igual tamaño de una lluvia natural (Epema y Riezeboz, 1983).

Los suelos sobre los que se simularon las lluvias corresponden al suelo no erosionado (SNE) y al suelo erosionado (SE) (unidad fisiográfica Planos Sedimentarios de Abanicos Aluviales) y suelo del "peladal" (P) (unidad fisiográfica Pendientes de Lomadas Disecta-

das).

En la Tabla I se presenta un resumen de las características físicas y químicas de las tres condiciones de suelo superficial analizadas.

Para cada tipo de suelo se muestreó al azar los 5 cm superficiales del mismo, el cual fue tamizado a través de una malla de 4 mm de abertura. Con este material se prepararon parcelas de 0,40 m x 1,0 m. En cada parcela se adosaron dos paneles colectores del material salpicado pendiente arriba y pendiente abajo respectivamente. Las lluvias simuladas fueron de 35 minutos de duración y 70 mm h^{-1} de intensidad. Datos de la Estación de Trelew, ubicada a 40 km del área de estudio, indican que una lluvia de la misma intensidad y duración tiene un período de recurrencia de 50 años (Vicenty et al., 1984). El sedimento salpicado en los paneles fue recogido a intervalos de 5 minutos.

Se evaluó el salpicado neto como la diferencia entre el suelo salpicado pendiente abajo y pendiente arriba, en relación a la pendiente y la cobertura de gravas, para los tres tipos de suelo. Los valores de pendiente considerados fueron: 5° , 15° y 25° ; los porcentajes de cobertura de gravas: 0%, 20% y 50%.

Para cada tratamiento, consistente en una combinación de suelo, pendiente y cobertura de gravas, se realizaron tres repeticio-

Tabla I: Resumen de las características físicas y químicas de las tres condiciones de suelo superficial analizadas.

VARIABLES	CONDICION SUPERFICIAL		
	SUELO NO EROSIONADO	SUELO EROSIONADO	PELADAL
Densidad aparente (g cm^{-3})	1.30	1.55	1.03
Infiltración (cm h^{-1})	6.10	0.80	5.80
Estabilidad de agregados (%) (Toogood, 1973)	9.30	4.50	22.70
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)			
- Arena muy gruesa (1-2 mm)	2.82	3.30	0.10
- Arena gruesa (0.5-1 mm)	4.09	3.95	0.10
- Arena media (0.25-0.5 mm)	11.50	11.40	0.20
- Arena fina (0.10-0.25 mm)	8.80	33.50	0.50
- Arena muy fina (0.05-0.10 mm)	50.80	11.86	26.26
- Arena (0.05-2 mm)	78.01	66.81	27.16
- Limo (0.002-0.05 mm)	4.80	19.60	30.40
- Arcilla (<0.002 mm)	6.50	12.70	41.60
pH (1:2.5)	7.6	8.4	8.2
ce (dSM^{-1})	0.24	0.51	0.43
Aniones solubles ($\text{cmol}_a \text{ kg}^{-1}$)			
CO_3^{-2}	--	--	--
HCO_3^-	0.88	1.29	3.63
Cl^-	7.08	10.72	8.95
SO_4^{-2}	6.30	3.03	2.50
Cationes solubles ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)			
Ca^{+2}	0.87	1.10	4.40
Mg^{+2}	1.07	0.91	0.99
Na^{+1}	1.80	2.60	11.30
K^{+1}	1.30	0.86	0.42
CO Ca (%)	1.20	2.05	0.80
CO (%)	1.30	1.10	0.98

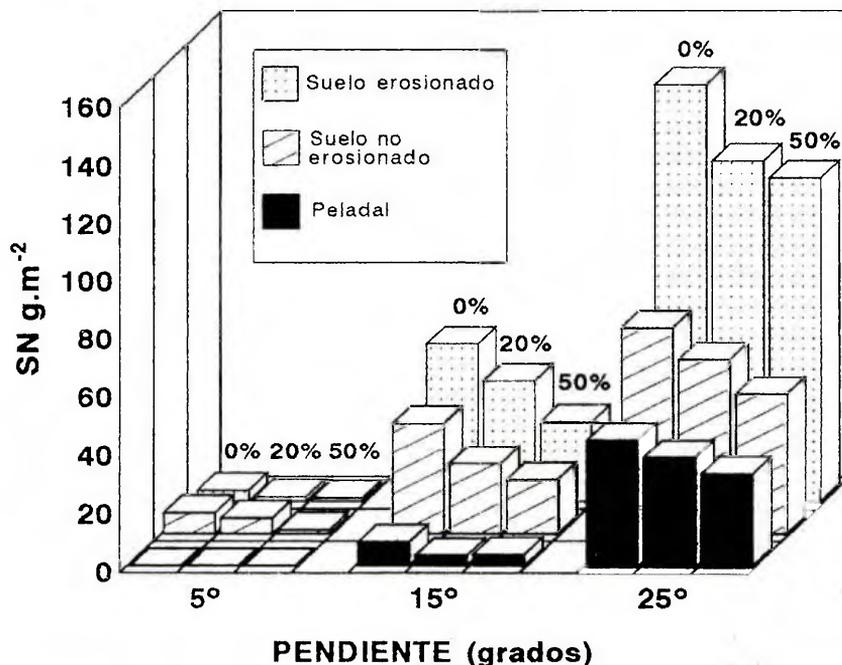


Figura 1: Salpicado neto (SN) ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) para cada tipo de suelo (erosionado, no erosionado y peladal), pendiente (5° , 15° y 25°) y porcentaje de cobertura (0%, 20% y 50%).

nes. Con los datos obtenidos se llevó a cabo un análisis de la varianza factorial ($3 \times 3 \times 3$) con tres réplicas (Modelo I). El análisis estadístico se realizó siguiendo a Sokal y Rohlf (1979).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 1 se muestran los valores de salpicado neto para cada suelo en función de la pendiente y el porcentaje de cobertura de gravas; se puede observar que

el salpicado neto aumentó a medida que se hizo más pronunciada la pendiente y que el porcentaje de gravas en superficie disminuyó. Por otra parte, la cantidad de material salpicado presentó valores distintos para cada suelo.

Los resultados del análisis de la varianza factorial entre tipo de suelo, pendiente y cobertura de gravas son indicados en la Tabla II. Estos resultados muestran que el tipo de suelo, inclinación de la pendiente, porcentaje de cobertura

Tabla II: Análisis de la varianza del salpicado neto. Factores: tipo de suelo, pendiente y cobertura de gravas.

FUENTE DE VARIACION	SC	GL	CM	F
Entre celdas	119327.579	26		
Factor suelos	24249.646	2	112124.823	281.35**
Factor pendiente	71393.158	2	35696.579	828.32**
Factor cob. gravas	2749.212	2	1374.606	31.90**
Interacciones	20935.562			
Suelo x Pendiente	18999.422	4	4749.85	110.22**
Suelo x Cob. gravas	972.615	4	243.15	5.64**
Pend. x Cob. gravas	546.599	4	136.65	3.17*
Suelo x Pend x Cob.	416.926	8	52.12	1.21NS
Dentro	2327.130	54	43.10	

de gravas y sus interacciones de primer orden influyeron significativamente en la cantidad de salpicado neto; mientras que la interacción de segundo orden no fue significativa. Con el objeto de determinar las diferencias en la cantidad de salpicado neto para los distintos tratamientos, cada tipo de suelo fue analizado separadamente.

El salpicado neto aumentó significativamente con el incremento de la pendiente. Esto coincidió con trabajos de Ellison (1944) quien encontró que el desprendimiento y el transporte de partículas del suelo fue más efectivo a medida que la pendiente aumentaba. Otros autores sin embargo, encontraron que el valor del salpicado aumentó con el aumento de la pendiente hasta un valor máximo del 33% y luego decreció (Foster y Martin, 1969). Además estos autores indicaron que a mayor pendiente la cantidad de salpicado pendiente abajo fue

mayor que pendiente arriba, produciéndose un balance positivo hacia el pie de la pendiente. En general, las ecuaciones empíricas que permiten calcular la cantidad de material desprendido por las gotas de lluvia como así también el transporte por salpicado, involucran a la Pendiente como variable directamente proporcional (Meyer y Wischmeier, 1969; Savat, 1981; Quansh, 1981; Torri y Sfalanga, 1984).

La interacción significativa suelo x pendiente, indicó que los factores no son independientes entre sí. Esto es, las diferencias de salpicado neto (considerando los promedios sobre cobertura de gravas) entre las distintas pendientes, varían con el tipo de suelo. Cuando esta interacción fue considerada, se observó un incremento significativo del salpicado neto para todos los tipos de suelo con el aumento de la pendiente, excepto en el caso del "peladal" entre 5° y 15°, cuyas diferencias

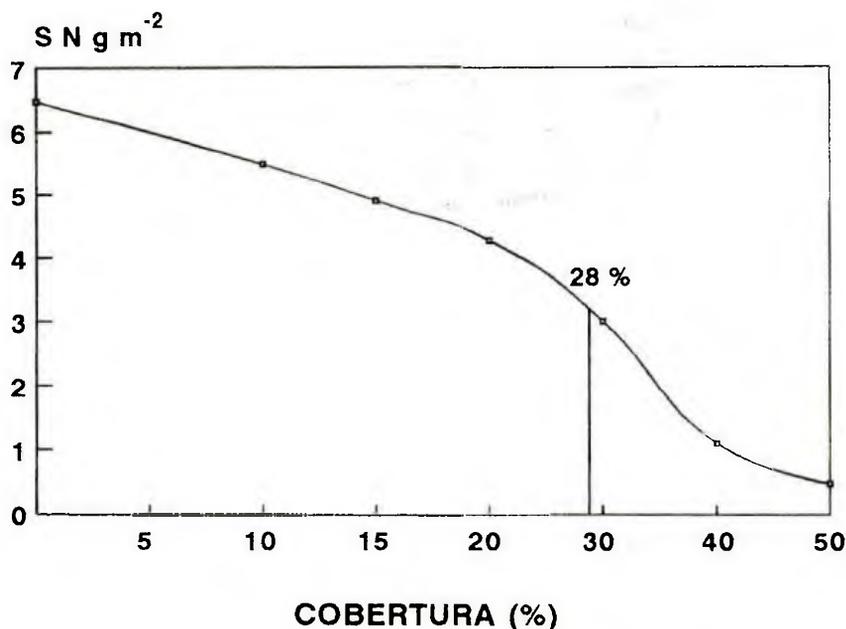


Figura 2: Salpicado neto (SN) expresado en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ en función del porcentaje de cobertura de gravas.

en la cantidad de salpicado neto no fueron significativas. En este caso, como se trata de un suelo con alta estabilidad estructural y con alta proporción de agregados mayores de 2 mm, serían necesarias pendientes muy pronunciadas para producir altos valores de salpicado neto.

El salpicado neto decreció significativamente con el incremento de la cobertura de gravas para todos los niveles de pendiente (fig. 1). Tanto para el SNE como para el SE, el suelo desnudo presentó valores de salpicado neto mayores que con gravas en superficie; mientras que el "peladal" no presentó diferencias significativas

con un incremento en la cobertura de gravas. Sin embargo, en este tipo de suelo se observó una tendencia a disminuir el salpicado neto con el incremento de la cobertura de gravas. Así también se pudo observar en un ensayo paralelo que se llevó a cabo utilizando porcentajes crecientes de cobertura de gravas y una pendiente del 10% (fig. 2). Con 28% de cobertura de gravas el salpicado neto disminuyó a la mitad respecto al suelo desnudo. Estos resultados confirman las observaciones de otros autores; Lowdermilk y Sundling (1950), demostró que en un suelo rocoso, la tasa de erosión decrecía a medida que las

partículas finas del suelo se perdían por erosión, alcanzando una cobertura superficial de fragmentos de roca mayores de 5 mm de diámetro. Meyer et al. (1972), utilizando lluvias simuladas en parcelas de mayor tamaño, demostraron que la erosión disminuía con el incremento en la aplicación de gravas en superficie; y que este efecto se podía observar tanto en erosión laminar como encausada. Simanton et al. (1980), aplicando la USLE para pastizales naturales semiáridos, indicaron una reducción de la erosión en los pavimentos de desierto. Simanton et al. (1984), establecieron que el valor de erosión decrecía exponencialmente con el incremento de la cobertura de gravas. El efecto protector de las gravas estaría dado por: i, la disipación de la energía del impacto de las gotas; ii, la reducción de la superficie erodible del suelo; iii, la disminución de la velocidad del escurrimiento.

Con el objeto de establecer una relación entre el salpicado neto y el tipo de suelo, se realizaron contrastes utilizando la prueba de Scheffé (Steel y Torrie, 1980). La magnitud del salpicado neto fue: suelo erosionado > suelo no erosionado > "peladal". Esta variación podría ser explicada por la distribución del tamaño de las partículas de los suelos, considerada una de las más importantes determinantes de la susceptibilidad de un suelo a la erosión

(Wischmeier et al., 1971). Estudios de la energía cinética necesaria para desprender un kilogramo de suelo por impacto de la gota de lluvia, demostraron que las partículas entre 63 y 250 μm son las más vulnerables al desprendimiento (Poesen, 1981), y que las partículas del tamaño de las arcillas son resistentes al desprendimiento (Farmer, 1973). Poesen y Savat (1981) establecieron que el desprendimiento del suelo por las gotas de lluvia se incrementó con el contenido de arena fina de los suelos. Tanto el suelo erosionado como el suelo no erosionado presentaron altos porcentajes de limo y arenas, pero el primero presentó mayor contenido de arena fina (33%). Por otra parte, el "peladal" fue el suelo con mayor contenido de arcillas (43%). Los suelos con un bajo contenido de arcillas (entre 9% y 30%) son más susceptibles a la erosión, puesto que las partículas de arcilla se combinan con la materia orgánica o con los carbonatos presentes en el suelo para formar agregados y su estabilidad determina la resistencia de los mismos (Evans, 1980). En general, la estabilidad de los agregados depende del tipo de arcilla y de los cementantes. El "peladal" deriva de un sedimento tobáceo que si bien tiene altos contenidos de montmorillonita y sodio soluble, lo que favorecería el colapso de los agregados en húmedo, la consolidación del material, de origen

marino, favorece la estabilidad de agregados, los que se comportarían como pseudoarenas. Además el "peladal" presentó una densidad aparente baja ($1,03 \text{ Kg.m}^{-3}$) y predominio de agregados mayores de 2 mm. Estos agregados debido a su tamaño no son fácilmente desprendidos por el impacto de las gotas de lluvia y además su baja densidad aparente hace que el peso del material salpicado no sea grande. En cambio, los suelos SNE y SE son suelos de muy baja agregación, con altos contenidos de limo y arena fina y con densidades aparentes mayores.

CONCLUSIONES

a. El salpicado neto tuvo un comportamiento distinto con respecto a la pendiente, según cada condición superficial de suelo estudiada. Para la situación de suelo no erosionado y de suelo erosionado, el salpicado neto aumentó desde los 5° a los 25° , independientemente del porcentaje de cobertura de gravas. Para la condición "peladal", el salpicado neto fue mayor a 25° que a 5° y a 15° . No existieron diferencias en la cantidad de salpicado neto para 5° y 15° .

b. El efecto protector de una cubierta superficial de gravas se pudo observar solamente comparando la condición de suelo desnudo con cualquier otro porcentaje de cobertura de gravas.

No se encontró una relación exponencial decreciente entre la erosión y el incremento del porcentaje de gravas.

c. La magnitud del salpicado neto decreció del suelo erosionado al suelo no erosionado y al "peladal".

d. En la situación más crítica (25° de pendiente y suelo desnudo), el suelo erosionado presentó mayor salpicado neto que el suelo no erosionado y éste más que el suelo "peladal".

BIBLIOGRAFIA

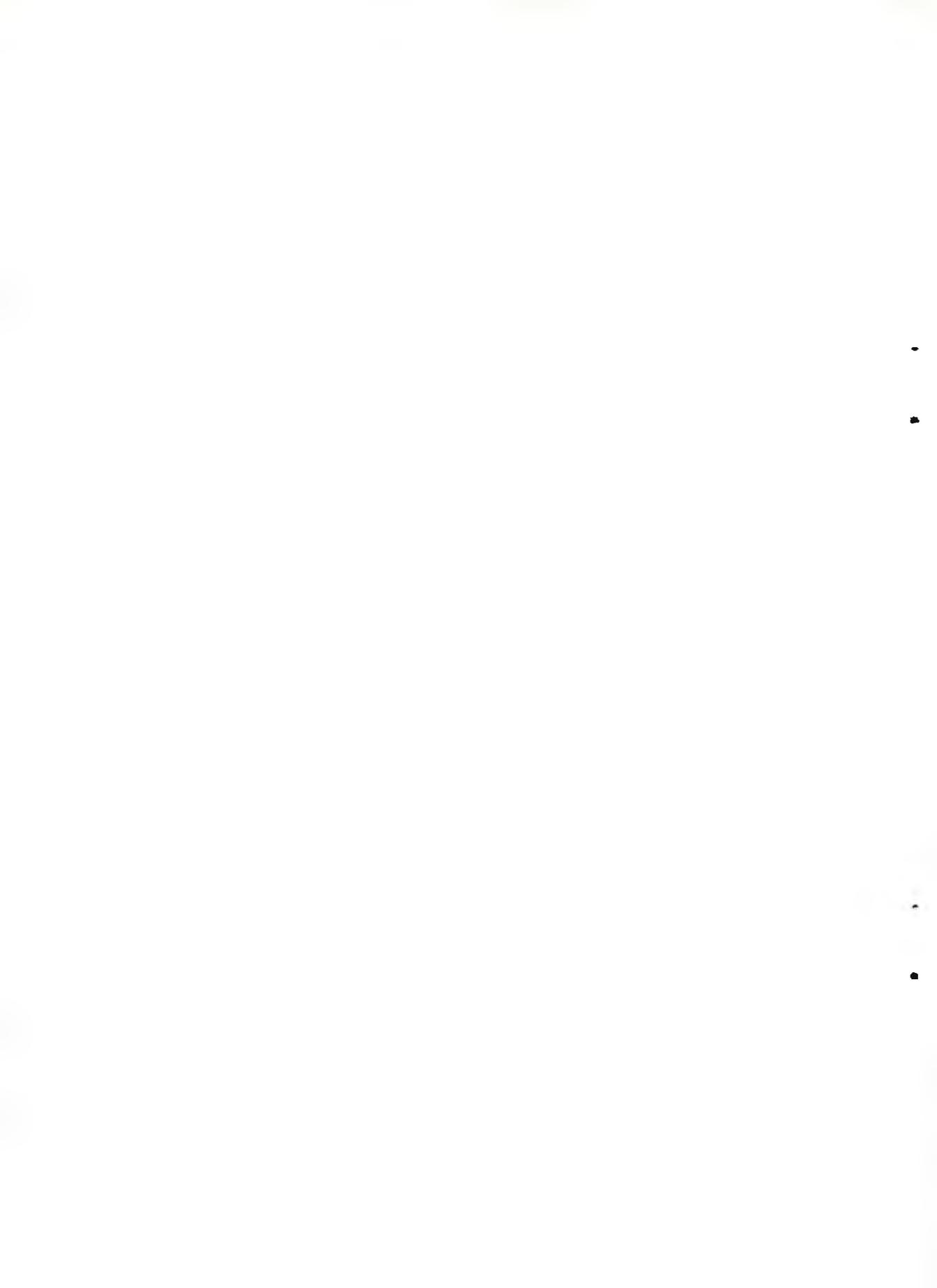
- Beeskow, A. M., del Valle, H. F. & Rostagno, C. M. 1987. Los sistemas fisiográficos de la Región Árida y Semiárida de la Provincia del Chubut. CENPAT-SECYT, 169 pp.
- Blackburn, R. 1980. USLE and rangelands. En ASAE, Symp. on watersheds management. 1: 588-595.
- Bolline, A. 1980. Splash measurement in the field. En M. De Boodt y D. Gabriels (eds) Assessment of Erosion. J. Wiley, New York: 441-454.
- Bouza, P. & del Valle, H. F. 1993. Significado de las propiedades físicas y químicas en las condiciones edáficas superficiales de pastizales naturales del NE del Chubut. En Actas XVI Reunión Argentina de Ecología, Puerto Madryn: 276.
- Carson, M. A. & Kirby, M. J. 1972. Hillslope form and process. Cambridge University Press, 324 pp.
- Coronato, F. y Del Valle, H.F. 1993. Methodological comparison in

L. Videla y M. Rostagno: Erosión hídrica por salpicado.

- the estimate of fluvial erosion in an arid closed basin of northeastern Patagonia. *J. of Arid Environments*, **24**: 231-239.
- del Valle, H. F. & Rostagno, C. M. 1989. Estudio Hidrológico de microcuencas para el aprovechamiento de aguas de escorrentía. Informe del PID 3-108000/83, 6 Tomos. Inédito.
- Ellison, W. D. 1944. Soil erosion studies. *Agr. Eng.*: 145-146.
- Epema, G. F. & Riezeboz, H. T. 1983. Fall velocity of water drops at different heights as a factor influencing erosivity of simulated rain. En J. de Ploey (ed.), *Rainfall Simulation, Runoff and Soil Erosion*. Catena Supplement 4.
- Evans, R. 1980. Mechanics of water erosion and their spatial and temporal control: an empirical viewpoint. En Kirkby, M. J. y R.P.C. Morgan (eds). *Soil Erosion*. Wiley: 109-128.
- Farmer, E. E. 1973. Relative detachability of soil particles by simulated rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **37**: 629-633.
- Foster, G. R. & Martin, G. L. 1969. Effect of unit weight and slope on erosion. *Trans. Am. Soc. Agr. Eng.*, **95**: 551-561.
- Haller, M. J. 1981. Descripción geológica de la Hoja 43 h, Puerto Madryn. Servicio Geológico Nacional, Buenos Aires, Bol. 184.
- Kinnel, P. I. A. 1981. Rainfall intensity-Kinetic Energy Relationships for Soil Loss Prediction. *Soil Sci. Soc. Am.*, **45** (1): 153-155.
- Kirby, M. J. 1980. The Problem. En M. J. Kirkby and R. C. P. Morgan (eds) *Soil Erosion*. Wiley: 1-16.
- Lowdermilk, W. C. & Sundling, H. L. 1950. Erosion pavement its formation and significance. *Trans. Am. Geophys. Union*, **31** (1): 96-180.
- Meyer, L. D. & Wischmeier, W. H. 1969. Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. *Trans. Am. Soc. Agr. Eng.*, **24**: 264-269.
- Meyer, L. D., Johnson, C. B. & Foster, G. R. 1972. Stone and woodchip mulches for erosion control on construction sites. *J. Soil Water Conss.*, **27** (6): 264-269.
- Pearson, A. J., Abrahams, A. D. & Simanton, J. R. 1992. Microtopography and soil surface materials on semiarid piedmont hillslopes, southern Arizona. *J. of Arid Env.*, **22**: 107-115.
- Poesen, J. 1981. Rainwash experiment on the erodability of loose sediments. *Earth Surf. Proc. Landf.*, **6**: 285-307.
- Poesen, J. & Savat, J. 1981. Detachment and transportation of loose sediments by raindrop splash. II. Detachability and transportation measurements. *Catena*, **8**: 19-41.
- Quansah, C. 1981. The effects of soil type, slope, rain intensity and their interactions on splash detachment and transport. *J. Soil Sci.*, **32**: 215-24.
- Rostagno, C. M. & del VALLE, H. F. 1988. Mounds associated with shrubs in aridic soils of Northeastern Patagonia: characteristics and probable genesis. *Catena*, **15**: 347-359.
- Rostagno, C. M. 1989. Infiltration and sediment production as affected by soil surface condition in a shrubland of northeastern Patagonia. *Journal of Range Management*, **42**: 382-385.
- Savat, J. 1981. Work done by splash: laboratory experiments. *Earth*

L. Videla y M. Rostagno: Erosión hídrica por salpicado.

- Surf. Proc. Landf., 6: 275-83.
- Simanton, J. R., OSBORN, H. B. & Renard, K. G. 1980. Application of the USLE to southwestern rangelands. *Water Resources in Arizona and Southwest*, 10: 213-220.
- Simanton, J. R., Rawitz, E. & Shirley, E. D. 1984. Effects of rock fragments on erosion of semiarid rangeland soils. En *Erosion and Productivity of Soil Containing rock fragments*. SSSA Special Publication, 13: 65-72.
- Soil Survey Staff. 1975. *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. U.S.D.A. S.C.S., Agric. Handb.436, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Blume, Madrid, 432 pp.
- Steel, R. G. D. & Torri, J. H. 1980. *Principles and procedures of statistics. A Biometrical Approach*. Second Edition. Napier y Maisel, New York, 633 pp.
- Torri, D. & Sfalanga, M. 1984. Some problems on soil erosion modelling. *Proc. Workshop on Prediction of Agric. nonpoint source pollution: model selection and application*, Venezia. Univ. Padova. B1-B10.
- Van Ash, T. W. J. 1983. Water erosion on slopes in some lands units in a mediterranean area. En J. de Ploey (ed.) *Rainfall Simulation, Runoff and Soil Erosion*. Catena Supplement 4.
- Vicenty, O. A., Serra, J. J. & Gabetta, A. D. 1984. Estudio de las precipitaciones en la ciudad de Trelew, Chubut. MESOP, RAWSON, Chubut, Argentina.
- Videla, L. S. & Rostagno, C. M. 1993. Factores ambientales que influyen en la erosión hídrica por salpicado en dos unidades fisiográficas del NE del Chubut. En *Actas XVI Reunión Argentina de Ecología*, Puerto Madryn: 276.
- Wischmeier, W. H., Johnson, C. B. & Uhland, R. E. 1971. Evaluation of factors in the Soil Loss Equation. *Agr. Eng.* 39, 8, 458-462, 474.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. *Agriculture Handbook N° 537*. Science and Education Administration, U.S. Dept. of Agr., Washington D.C., 58 pp.



**ANALISIS QUIMICO DE ROCAS IGNEAS POR TECNICAS
COMBINADAS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X Y
ABSORCION ATOMICA.**

**Chemical analysis of igneous rocks by combined tech-
niques of x-ray fluorescence and atomic absorption.**

Sergio Baggio y María Isabel Pardo

Universidad Nacional de la Patagonia, Facultad de Ciencias Naturales.
C.C.164 (9120) Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

RESUMEN

Este trabajo describe un método simple para determinar la composición de elementos mayoritarios en muestras geológicas. Está basado en el uso combinado de las técnicas de fluorescencia de rayos x (FRX) y absorción atómica. Para FRX se prepararon perlas de bórax mediante una fusión con $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ y sobre ellas se midieron las intensidades de Si, Al, Ti, Fe, Mn, K, P y Ca, las cuales fueron corregidas por tiempo muerto y usadas para obtener las curvas de calibración. Los efectos interelemento fueron tomados en cuenta a través del algoritmo empírico DELTA, logrando mejoras entre los valores de concentración calculados y certificados. El algoritmo DELTA también se usó para determinar la concentración de las muestras incógnitas a través de una regresión múltiple. El sodio y el magnesio fueron determinados por absorción atómica. Las soluciones de las muestras incógnitas fueron obtenidas tratando las perlas de bórax con solución de ácido clorhídrico y

mediante diluciones convenientes llevadas a un valor de absorbancia comprendido entre los estándares sintéticos usados en las mediciones. La evaluación de la precisión y exactitud, indicó un adecuado grado de confianza y valores comparables con los informados para los estándares utilizados.

Palabras clave: Fluorescencia de rayos x, absorción atómica, material geológico.

ABSTRACT

In this paper, a simple method to determine the composition of major elements in geological samples is described. The method is based on the use of combined x-ray fluorescence (XRF) and absorption atomic techniques. In XRF, determinations were made on samples fused with $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ and elements Si, Al, Ti, Fe, Mn, K, P y Ca were measured. Intensity measures on standard samples, after correction by dead-time, were used to define linear calibration plots. After that, interelement effects were taken into account through empirical DELTA corrections, to improve fitting between reported and calculated concentration values. DELTA algorithm was used to measure the concentration of the elements in unknown samples. Sodium and Magnesium were determined by absorption atomic spectroscopy. Unknown samples, after being fused with $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ were dissolved in HCl solution and their absorbance measured against synthetic standards with concentrations higher and lower than the sample of interest. The confidence interval for measurement of different elements are also given and their values are similar to those reported in the standard samples used.

Key words: X-ray fluorescence, atomic absorption, geological materials.

INTRODUCCION

La fluorescencia de rayos x (FRX) y la absorción atómica son técnicas instrumentales que se usan frecuentemente en el análisis químico de materiales geológicos. Estas técnicas mantienen grados de precisión y exactitud comparables a los métodos tradi-

cionales, y tienen la ventaja de ser mucho más rápidas y especialmente adecuadas para análisis rutinarios donde deben analizarse muchos elementos en número grande de muestras.

En lo que hace a las características particulares de cada técnica, podría mencionarse en el caso de la FRX (Bertin, 1974; Tertian y

Claisse, 1982), que es necesario realizar una cuidadosa preparación de la muestra, ya que la señal generada por la misma, para cada uno de los elementos, es fuertemente dependiente de la matriz correspondiente. En los últimos años se han desarrollado y/o afinado métodos de preparación de muestras y correcciones que permiten minimizar los efectos de matriz antes mencionados. En el caso de la absorción atómica (Ramirez Muñoz, 1968), el material debe ser llevado a solución líquida, lo que facilita la preparación de muestras de referencia y simulación de matrices.

En el presente trabajo se describe la metodología empleada y precisión y exactitud alcanzada en el trazado de curvas de calibración y medición de elementos mayoritarios, los cuales se hallan generalmente en cantidades mayores al 0,1 %.

A través de FRX se determinaron los elementos Si, Ti, Al, Fe, Mn, Ca, K y P en muestras pulverulentas que fueron disgregadas con tetraborato de litio siguiendo variaciones de los métodos propuestos en la literatura (Norrish y Hutton, 1969; Harvey et al., 1973; Bennett y Oliver, 1976).

Los elementos Na y Mg, cuya sensibilidad no es la adecuada en FRX para nuestras posibilidades instrumentales, fueron determinadas por absorción atómica, disolviendo previamente los disgrega-

dos en tetraborato de litio en una solución acuosa de ácido clorhídrico.

Los autores agradecen a Aluar Aluminio Argentino por facilitar el uso de equipos de rayos x, computadoras y material general de laboratorio y al Dr. Miguel J. Haller, por haber sugerido el trabajo y proporcionar los estándares correspondientes.

PREPARACION DE LAS MUESTRAS

a. Estándares para el trazado de curvas de calibración por FRX.

Las muestras de estándares previamente secadas (24 horas a 110 °C) y calcinadas (peso constante a 1100 °C) se disgregan con tetraborato de litio (Merck, Spectromelt A10) a fin de obtener la perla de bórax, con lo que se minimizan los efectos de matriz y se eliminan los de tamaño de grano.

El equipo necesario para la preparación de las perlas de borax es:

Horno de mufla hasta 1200 °C.

Crisol de Pt/Au 5 %.

Molde de Pt/Au 5 % de 38 mm de diámetro.

Pinza para crisoles con punta de platino.

Molinos de discos concéntricos.

Tamices.

Material estándar de laboratorio.

El método empleado en la preparación de las perlas fue el siguiente:

Se colocan alrededor de 5 g de material estándar el cual es pasante de malla # 200 en un pesafiltro y se seca durante 24 horas en estufa a 110 °C.

La pérdida registrada se informa como "humedad". Alrededor de 1 g de la muestra seca se coloca en un crisol de Pt/Au y se calcina en mufla a 1100 °C hasta peso constante. La pérdida se informa como "pérdida a la calcinación, (ppc)". Generalmente el residuo de calcinación es duro y compacto, por lo tanto se debe moler nuevamente a polvo fino para lograr una mezcla íntima con el fundente. Esta molienda se realiza generalmente en mortero de ágata en forma manual. Muestra y fundente se colocan en un crisol de Pt/Au, en una relación exacta de 1:10, se mezcla muy bien con varilla de platino, se le agrega 2 gotas de ácido bromhídrico (Matocha, 1976) y se introduce en mufla durante 20 minutos, agitando cada 5 minutos. Se coloca el molde de Pt/Au dentro de la mufla en el minuto 15 y se lo deja calentar. En el minuto 19 se vierte el contenido del crisol dentro del molde; esta es la operación de colada. En el minuto 20 se retira de la mufla el molde con el fundido, se apoya sobre un crisol de Platino y se lo tapa con otro crisol invertido. Se deja enfriar lentamente a temperatura

ambiente.

El porcentaje de rotura de perlas fue prácticamente nulo y las pérdidas detectadas en el fundente fueron menores al 1%.

b. Muestras incógnitas.

Las muestras tomadas en el campo por el personal especializado se envían al laboratorio con un proceso previo de molienda que reduce los tamaños a aproximadamente 15 mm. Este material, unos 100 g, se reduce a polvo impalpable pasante malla # 200, mediante molinos de discos concéntricos con recipientes de carburo de tungsteno, para evitar contaminaciones.

Para la preparación de las perlas de bórax, se procede de forma similar al caso de los estándares.

Las perlas de bórax que deben ser disueltas para medir los otros elementos por absorción atómica se colocaron en un vaso de teflon de 500 ml, se le agregaron 30 ml de ácido clorhídrico concentrado y 200 ml de agua destilada. Se cubrieron con un vidrio de reloj y se agitaron sobre plancha calefactora hasta que se logró una disolución total.

Una vez fría la solución, se llevó a 500 ml de volumen y luego se hicieron las diluciones correspondientes para entrar en el rango lineal que tiene el equipo para los elementos a determinar.

Tabla I: Condiciones analíticas para elementos mayoritarios por FRX. Tensión: 40 Kv. Corriente: 30 mA. Detector: Flujo. Colimador: Grueso, excepto para el Ca, donde se usó el Fino. Filtro: Empleado únicamente para determinar Fe.

Elemento	Pico (2θ)	Tiempo (s)	Fondo (2θ)	Tiempo (s)	Cristal
Si	109,15	30	111,15	15	PET
Ti	86,10	20	84,10	20	LIF 200
Al	145,55	50	139,50	25	PET
Fe	57,50	20	59,50	20	LIF 200
Ca	113,05	20	115,05	20	LIF 200
Mn	95,00	40	97,00	20	LIF 220
K	50,70	20	52,70	20	PET
P	89,55	180	87,55	60	PET

CONDICIONES ANALITICAS

a. Fluorescencia de rayos x.

Se utilizó un equipo secuencial Philips PW 1450, con carrusel para cuatro muestras y tubo excitador de cromo. Las condiciones experimentales para cada elemento a determinar fueron fijadas luego de un estudio de optimización de cada variable y son mostradas en la Tabla I. Para eliminar los problemas de deriva del equipo durante las lecturas, en cada cuarteto medido se colocó una muestra testigo, que se eligió convenientemente para cada elemento y se mantuvo como referencia durante todo el proceso de medida.

El instrumento tiene incorporada en el detector una ventana de mylar de 6 micrones, lo que dificulta la determinación de sodio y magnesio.

b. Absorción atómica.

Los elementos sodio y magnesio fueron los únicos determinados por esta técnica.

Se usó un espectrofotómetro Perkin Elmer, modelo 422 G con microprocesador y lámparas de cátodo hueco Na-K y Ca-Mg-Zn.

EL ajuste instrumental fue esencialmente el que recomienda el manual del fabricante. En la Tabla II se indican los parámetros instrumentales y las condiciones analíticas con las cuales se hicieron las determinaciones.

CALIBRACION

a. Fluorescencia de rayos x.

Con esta técnica se analizaron los elementos Si, Ti, Al, Fe, Mn, K, Ca y P, por lo tanto fue necesario realizar sendas curvas de calibración.

Tabla II: Parámetros instrumentales usados en absorción atómica.

	Na	Mg
Longitud de onda (nm)	589,0	285,2
Slit (nm)	0,7	0,7
Corriente de lámpara (mA)	12	24
Long.mechero ranura simple (cm)	5	5
Llama	aire-C ₂ H ₂	N ₂ O-C ₂ H ₂
Tiempo de integración	1,5	1,5
Background	off	off
Rango lineal (µg/ml)	1	0,5

Para cada una de las curvas de calibrado se usó el siguiente conjunto de patrones de composición certificada disponible (Abbey, 1980): BR, GA, MICA Fe, MICA Mg, BX-N, DR-N, DT-N, FK-N, GS-N, UB-N, AN-G, BE-N, MA-N, GH, MRG-1, SY-2, SY-3, BM, GM, GN- A, SW, AGV-1, DNC-1, G-2, QLO-1, RGM-1, STM-1, W-2. Las intensidades utilizadas en los cálculos, son valores relativos a muestras tomadas como referencia. Para el Si y Al dichas referencias son perlas sintéticas que contiene 100 % del óxido respectivo. Para Fe, Ti, Ca y K la referencia contiene respectivamente 50, 10, 25 y 15 % de los óxidos. Para Mn y P se utilizaron los estándares certificados SY-3 y MA-N. Previamente las intensidades se corrigieron debido al tiempo muerto del detector, este se determinó siguiendo el método que proponen Bonetto y Riveros (1984).

Con estas relaciones de intensidades y las concentraciones

recomendadas de cada uno de los elementos se hizo una regresión lineal como primer ajuste. En general, en las muestras multielementos, como son los materiales geológicos, es conveniente efectuar correcciones en las intensidades teniendo en cuenta los efectos de absorción y refuerzo, ya sea a través de coeficientes calculados teóricamente por el método de parámetros fundamentales, o bien mediante determinaciones empíricas (Tertian y Claisse, 1982).

El método elegido fue el de la determinación empírica de los parámetros de corrección (de Jongh, 1976) donde se emplea el siguiente algoritmo (ecuación 1):

$$C_i = (A_i + B_i \cdot R_i) \cdot (1 + \sum \delta_{ij} \cdot C_j)$$

A_i, B_i = coeficientes de la recta de calibración.

R_i = relación de intensidades para el elemento i entre la muestra y la referencia.

δ_{ij} = coeficiente Delta a determinar.

Tabla III: Error estimado en la concentración para la regresión lineal (s_1) y para la corrección Delta (s_2).

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	K ₂ O
s_1	0,5643	0,0593	0,5126	0,4286	0,1521	0,0519
s_2	0,4999	0,0255	0,1988	0,0880	0,1174	0,0426

$$\#C_j = C_j - C'_j.$$

C_j = concentración del elemento j en el estándar.

C'_j = concentración media del elemento j en el conjunto de estándares.

Los coeficientes Deltas (δ_j) fueron determinados a través de una regresión múltiple con el programa DELTA (Baggio, 1987).

En la Tabla III se listan los errores estimados por el programa cuando se trabaja con la ecuación de la recta y cuando se aplica la corrección delta. Si bien se nota una clara mejora en el acuerdo, algunos elementos no sufren modificación ventajosa al introducir dicha corrección, este es el caso de Mn y el P, los cuales son calibrados simplemente con la regresión lineal. En la Tabla IV se indican los valores de los coeficientes delta, obtenidos en el proceso de regresión múltiple, como así también los valores medios de las concentraciones de los estándares usados para cada elemento.

La Tabla V muestra los valo-

res de concentraciones certificadas y calculadas con el algoritmo propuesto, para los distintos patrones utilizados.

b. Absorción atómica.

Con esta técnica las muestras se trabajan en solución y no se requiere de curvas de calibración, sino que se emplean estándares cuyas concentraciones tengan un rango que incluya a las muestras incógnitas.

Las soluciones estándares se prepararon a partir de soluciones de sodio, magnesio y tetraborato de litio, para que tuvieran la misma matriz que las soluciones de las muestras incógnitas, las cuales fueron obtenidas por disolución de las perlas de bórax.

Los estándares preparados fueron dos: uno de alta con 1,00, 0,50 y 20,00 ppm de Na, Mg y Li respectivamente; y otro de baja con 0,50, 0,25 y 20,00 ppm de Na, Mg y Li respectivamente. Las soluciones madres de las muestras incógnitas son diluidas hasta que la concentración en la dilución cae

Tabla IV: Coeficientes Delta y concentraciones promedio para cada elemento en la corrección Delta para cada curva de calibrado.

COEFICIENTES DELTAS (δ_{ij})

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO
SiO ₂	-0,0146	-0,0146	-0,0013	-0,00005
TiO ₂	0,01323	0,00378	0,01476	0,01481
Al ₂ O ₃	0,00075	-0,0038	0,00049	0,00296
FeO	0,00514	0,01857	0,00531	0,00428
CaO	0,00827	0,01276	0,00456	0,00593
K ₂ O	0,00154	-0,00890	0,00165	0,00303

	MgO	CaO	Na ₂ O	P ₂ O ₅
SiO ₂	-0,0014	-0,0015	-0,0029	-0,00014
TiO ₂	0,01828	0,01684	0,02202	0,01444
Al ₂ O ₃	0,00272	-0,00037	-0,00071	-0,00101
FeO	0,0497	0,01085	0,00432	0,01493
CaO	0,00531	0,01127	0,01466	0,00946
K ₂ O	0,00176	0,00258	0,00430	0,00283

CONCENTRACION PROMEDIO (\bar{C}_j)

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO
SiO ₂	53,826	0,951	16,639	6,910
TiO ₂	51,061	1,327	20,600	8,320
Al ₂ O ₃	53,580	1,055	19,629	7,406
FeO	54,292	0,926	17,944	7,065
CaO	57,214	0,837	14,437	6,864
K ₂ O	60,500	0,787	15,110	5,802

	MgO	CaO	Na ₂ O	P ₂ O ₅
SiO ₂	8,094	5,490	2,944	3,294
TiO ₂	5,512	5,965	2,554	2,854
Al ₂ O ₃	4,577	5,404	2,968	3,418
FeO	6,955	4,799	2,815	3,248
CaO	7,238	5,582	3,166	2,818
K ₂ O	3,678	3,832	3,577	4,703

Tabla V: Concentraciones certificadas y observadas luego de la corrección Delta.
*, hierro total expresado como óxido ferroso.

	SiO ₂		Al ₂ O ₃		TiO ₂		FeO*		MnO		CaO		K ₂ O		P ₂ O ₅	
	Certif.	Obs.	Certif.	Obs.	Certif.	Obs.	Certif.	Obs.	Certif.	Obs.	Certif.	Obs.	Certif.	Obs.	Certif.	Obs.
BR	38,38	38,74	10,25	10,07	2,61	2,62	11,65	11,50	0,20	0,20	13,87	13,76	1,41	1,38	1,05	1,05
GA	69,96	69,72			0,38	0,36	2,54	2,53	0,09	0,12	2,45	2,51	4,03	4,03	0,12	0,17
MICA FE	34,55	34,74	19,58	19,38	2,51	2,52	23,18	23,17	0,35	0,33	0,43	0,39	8,79	8,79	0,45	0,48
MICA MG	38,42	37,73	15,25	15,17	1,64	1,64	8,53	8,63	0,26	0,25			10,03	10,02		
BX-N			54,53	54,56	2,41	2,40	20,94	20,94	0,05	0,04					0,13	0,13
DR-N	52,88	52,68	17,56	17,81	1,10	1,06	8,71	8,69	0,21	0,23	7,09	6,98	1,73	1,69	0,25	0,23
DT-N	36,52	36,82	59,21	59,18	1,40	1,42			0,01	0,01						
FK-N	65,11	65,28	18,64	18,91									12,83	12,83		
GS-N	65,98	66,96	14,71	14,64	0,68	0,66	3,40	3,37	0,06	0,06	2,51	2,53	4,64	4,65	0,28	0,26
UB-N	39,93	40,31					7,60	7,55	0,12	0,13	1,18	1,16				
AN-G	46,30	45,85	29,80	29,69	0,22	0,22	3,03	2,95	0,04	0,05	15,90	15,88				
BE-N	38,20	39,16	10,07	10,03	2,61	2,59	11,50	11,54	0,20	0,19	13,87	13,94	1,39	1,41	1,05	1,10
MA-N	66,60	67,55	17,62	17,73					0,04	0,02	0,59	0,59	3,18	3,15	1,39	1,37
GH							1,21	1,15	0,05	0,06	0,69	0,75	4,76	4,74		
MRG-1	39,32	38,79	8,50	8,66	3,69	3,69	16,06	16,13	0,17	0,20	14,97	15,04				
SY-2	60,10	60,25	12,12	12,27			5,67	5,71	0,32	0,29	7,98	8,00	4,48	4,46	0,43	0,4
SY-3	59,68	59,50	11,80	11,61			5,77	5,77	0,32	0,31	8,26	8,30	4,20	4,22	0,54	0,56
BM	49,60	49,17	16,20	16,40	1,14	1,17	8,72	8,79	0,15	0,14	6,46	6,46			0,11	0,15
GM	73,55	73,93	13,50	13,51	0,21	0,19	1,81	1,76			1,04	0,98	4,74	4,78		
Gn-A			14,70	14,61			5,32	5,39			0,61	0,61	2,63	2,63		
SW	39,05	38,82					6,68	6,71	0,05	0,08	0,18	0,17			0,10	0,03
AGV-1	59,60	59,34	17,19	16,86	1,06	1,08	6,13	6,19	0,10	0,11	4,94	5,12	2,92	3,00	0,51	0,51
DNC-1	48,14	48,42	18,97	18,89	0,48	0,51	8,95	9,09	0,15	0,13	11,11	11,31			0,16	0,12
G-2	69,22	69,58	15,40	15,39	0,48	0,49	2,42	2,37	0,03	0,00	1,96	1,99	4,46	4,43	0,13	0,16
QLO-1	65,50	65,07	16,20	16,17	0,62	0,61	3,90	3,96	0,09	0,09	3,20	3,28	3,60	3,60		
RGH-1			13,80	13,64	0,27	0,27	1,65	1,68	0,04	0,04	1,10	1,26	4,30	4,30		
STH-1	59,50	59,52	18,50	18,35			4,71	4,85	0,22	0,24	1,10	1,21	4,30	4,31	0,16	0,17
W-2	52,89	53,13	15,45	15,62	1,08	1,09	9,84	9,85	0,17	0,14	11,15	10,99			0,15	0,15

dentro del rango establecido por los estándares.

En las condiciones en que se realiza la disgregación, para determinar el Mg, puede interferir a bajas temperaturas, la sílice y la alúmina, pero se elimina esta interferencia usando llama de óxido nitroso-acetileno. Para determinar el Na no hay interferencias, por lo que se usa llama de acetileno-aire. Deben extremarse los cuidados en la limpieza y manejo del material, para evitar contaminaciones.

ANÁLISIS DE MUESTRAS GEOLOGICAS.

Las muestras incógnitas se someten a igual tratamiento que los patrones de calibración.

Una vez realizada la perla y obtenidas las relaciones de intensidades de FRX, para cada uno de los elementos, el vidrio de bórax se disolvió para hacer las lecturas en absorción atómica.

Los valores de absorbancia de Na y Mg fueron convertidos en concentraciones mediante cálculos simples y estos se mantienen fijos en los cálculos siguientes.

Para proceder al cálculo de concentraciones a partir de las relaciones de intensidades de FRX, se utiliza el programa PINKER (Baggio, 1987) el cual lleva a cabo un proceso iterativo.

Se parte de concentraciones aproximadas iniciales, obtenidas a través de la ecuación de la recta

para cada elemento:

$$C_i = A_i + B_i \cdot R_i$$

Estas concentraciones aproximadas son las que se usan en el algoritmo "Delta" para obtener las nuevas concentraciones C'_i , a través de la ecuación 1.

El proceso de iteración se detiene cuando la variación entre dos cálculos consecutivos difieren en menos de 0,1%. Normalmente bastan 3 ó 4 ciclos para llegar a la convergencia.

PRECISION Y EXACTITUD.

a. Fluorescencia de rayos x.

La precisión y exactitud de la técnica analítica y preparación de muestras para la determinación de elementos mayoritarios se evaluó usando muestras de suelos (SO-1 y SO-4) de composición certificada y que no fueron empleadas en la preparación de las curvas de calibrado.

Con el suelo SO-1 se prepararon cinco perlas de bórax que se trataron como incógnitas, obteniéndose la composición mayoritaria de las mismas.

De esta manera se están evaluando los errores de precisión del instrumental, variación entre las perlas y errores asociados con la calibración y las correcciones. Con un análisis estadístico de los datos se obtuvo la información de la Tabla VI. Se muestra la concen-

Tabla VI: Evaluación de la precisión y exactitud para FRX. (*) Hierro total expresado como óxido ferroso; (#) Valores tomados del certificado de análisis de CCRMP.

	SO-1		SO-4	
	encontrado	recomendado#	encontrado	recomendado#
SiO ₂	54,57 ± 0,28	55,02 ± 0,47	68,65	68,5? ± 0,51
TiO ₂	0,85 ± 0,10	0,83 ± 0,033	0,55	0,57 ± 0,03
Al ₂ O ₃	17,45 ± 0,20	17,72 ± 0,32	10,82	10,32 ± 0,28
FeO(*)	7,98 ± 0,034	7,71 ± 0,17	3,22	3,05 ± 0,09
MnO	0,10 ± 0,011	0,12 ± 0,004	0,09	0,08 ± 0,033
CaO	2,47 ± 0,044	2,52 ± 0,10	1,66	1,55 ± 0,07
K ₂ O	3,24 ± 0,058	3,23 ± 0,096	2,05	2,08 ± 0,07
P ₂ O ₅	0,19 ± 0,010	0,14 ± 0,023	0,22	0,21 ± 0,008
H ₂ O+	4,85	4,40 ?	10,17	10,4 ?
Σ	91,70	91,69	97,43	96,76

tración media de las cinco muestras y su intervalo de confianza para un nivel de 95 %, la que se puede comparar con los valores recomendados y su intervalo de confianza.

La comparación de las medias de cada elemento, para un nivel de confianza de 95 %, indica que las diferencias no son significativas, salvo para el caso del Fe. En este caso, el valor encontrado es siempre más alto, lo que puede atribuirse a errores en las lecturas de intensidades por la contaminación con Fe que ha sufrido el ánodo del tubo excitador utilizado.

La exactitud de la técnica se comprobó también comparando los resultados analíticos con los valores recomendados para el

suelo patrón SO-4, observándose un acuerdo razonable.

b. Absorción atómica.

En este caso, la evaluación de precisión y exactitud de la técnica global se hizo analizando una muestra de basalto desconocida, con ella se prepararon siete duplicados y se determinó el sodio y magnesio. La Tabla VII ilustra la composición media para un nivel de confianza del 95 %, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

También se evaluó con estándares certificados, empleándose en este caso un granito GS-N, y una sienita SY-3 (Abbey, 1980). Ambos se trabajaron por duplica-

Tabla VII: Concentración media, desviación estándar (s) y coeficiente de variación (V) para las medidas de siete duplicados de basalto, provenientes de la estancia "La Elida", suroeste de la provincia de Chubut. Comparación de la exactitud en los estándares certificados SY-3 y GS-N.

	% Na ₂ O	s	V (%)	% MgO	s	V (%)
Basalto	3,10 ± 0,037	0,040	1,30	6,98 ± 0,14	0,155	2,2

	% Na ₂ O		% MgO	
	calculado	certificado	calculado	certificado
SY-3	4,00	4,15	2,67	2,67
GS-N	3,82	3,78	2,21	2,31

do y los resultados están en la Tabla VII, donde también figuran los valores certificados.

Los resultados encontrados nos muestran una precisión y exactitud satisfactorias.

CONCLUSIONES

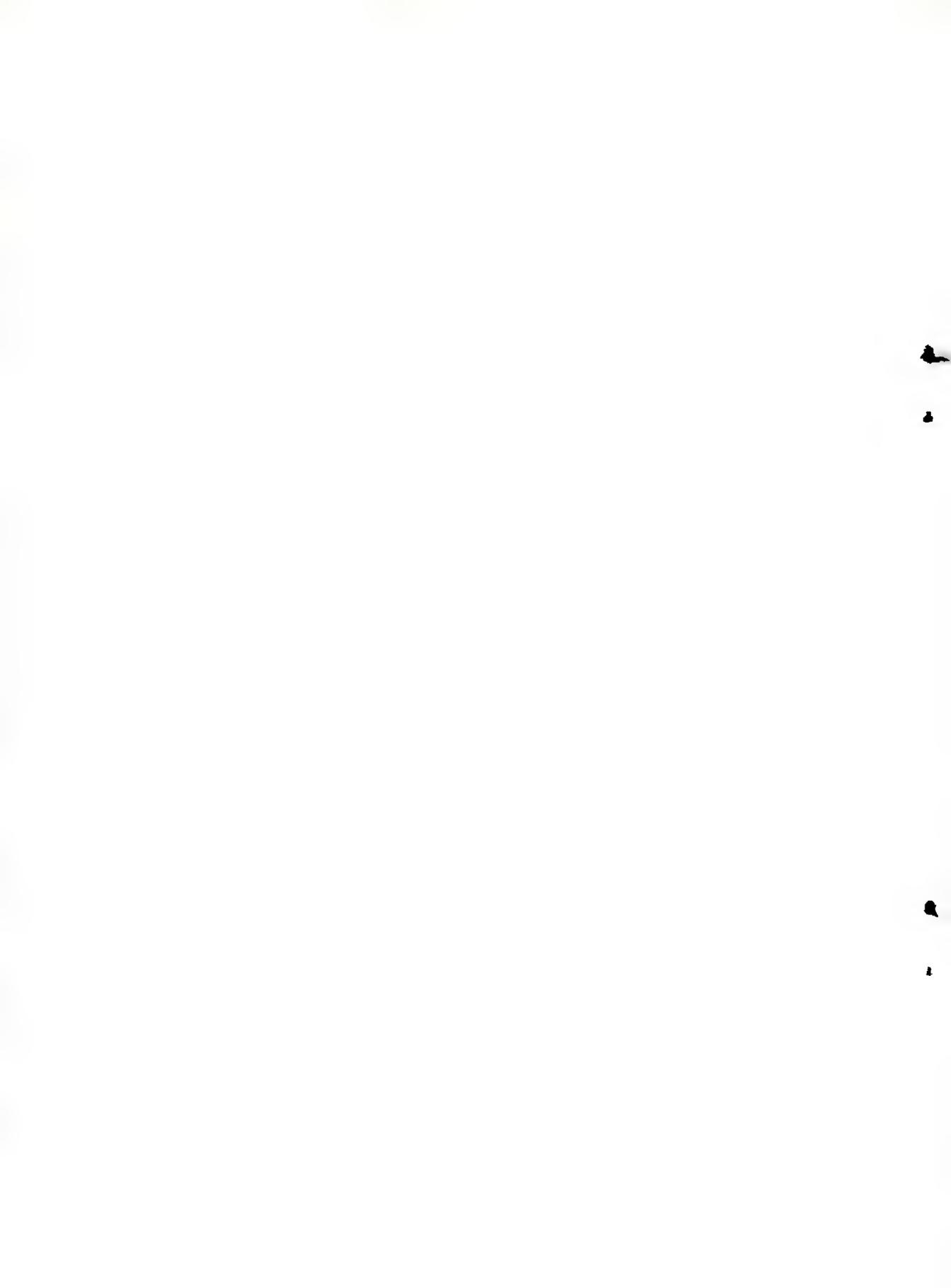
El método descrito es aplicable a un amplio rango de composición de materiales, con la técnica de preparación de muestras, sumamente simplificada y límites de precisión razonables para la mayoría de los requerimientos del análisis de los elementos mayoritarios en los materiales geológicos. El método es particularmente adecuado para el procesamiento rutinario de importantes cantidades de muestras.

BIBLIOGRAFIA

- Abbey, S. 1980. Studies in standard samples for use in the general analysis of silicate rocks and minerals. Geological Survey of Canada. Paper 80-14
- Baggio, S. 1987. Informe interno, Aluar Aluminio Argentino.
- Bennett, H. & Oliver G. J. 1976. Development of fluxes for the analysis of ceramics materials by x-ray fluorescence spectrometry. *Analyst* 101: 803-807.
- Bertin, E. 1975. Principles and practice of x-ray spectrometric analysis. Plenum, New York.
- Bonetto, R. & Riveros, J. A. 1984. Measuring the dead time of an x-ray spectrometer by means of the first and second order reflections method. *X-Ray Spectrometry* 13: 85-88.
- de Jongh, W. K. 1976. X-Ray fluorescence analysis applying theoretical matrix corrections, stainless steel. *Norelco Reporter* 23: 26-31.

S. Baggio y M. Pardo: Análisis químico de rocas ígneas.

- Eddy, B. T. & Balaes, A. M. E. 1988. A flux for the fusion of samples in analysis of x-ray emission spectrometry. *X-Ray Spectrometry* 17.
- Harvey, P. K., Taylor, D.M., Hendry, R. D. & Bancroft, F. 1973. An accurate fusion method for the analysis of rocks and chemically related materials by x-ray fluorescence spectrometry. *X-Ray Spectrometry* 2: 33-44.
- Matocha, C. K. 1976. An automated system for x-ray fluorescence analysis of aluminium ores. *Aluminium (Dusseldorf)* 52: 497-499.
- Novosel-Radovic, Maljkovic & Nenadie, N. 1984. Melted sample (glass disc) ageing and its usability for x-ray emission spectrometry. *X-Ray Spectrometry* 13: 148-150.
- Norrish, K. & Hutton, J. T. 1969. An accurate x-ray spectrographic method for the analysis of a wide range of geological samples. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 33: 431-453.
- Ramirez Muñoz, J. 1968. *Atomic absorption spectroscopy*. Elsevier, Amsterdam.
- Tertian, R. & Claisse, F. 1984. *Principles of quantitative x-ray fluorescence analysis*. Heyden, London.
- Van Loon, J. C. & Parissis, C. M. 1969. Scheme of silicate analysis based on the lithium metaborate fusion followed by atomic absorption spectrophotometry. *The Analyst* 94: 1057-1062.



EL PRIMER CROCODYLIA (MESOSUCHIA: TELEOSAURIDAE) DEL JURASICO SUPERIOR DE ASTURIAS, ESPAÑA.

First Crocodylia (Mesosuchia: Teleosauridae) from the Upper Jurassic of Asturias, Spain.

Rubén D. Martínez (*), José C. García-Ramos (***) e Isidro Ibañez Sarmiento (**)

(*) Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Ciencias Naturales. Laboratorio de Paleontología de Vertebrados. Ciudad Universitaria, Km 4 (9000) Comodoro Rivadavia, provincia del Chubut, Argentina.

(***) Universidad de Oviedo, Facultad de Geología, Departamento de Estratigrafía. Oviedo, España.

INTRODUCCION

Como resultado del intercambio realizado entre el Departamento de Estratigrafía de la Universidad de Oviedo y el Laboratorio de Paleontología de Vertebrados de la Universidad Nacional de la Patagonia, enmarcado dentro del convenio entre ambas universidades, uno de los autores (R.M.) realizó una estadía de trabajo de cuatro meses en Oviedo. El objetivo era realizar un relevamiento de

la costa asturiana, entre Gijón y Ribadesella, para tratar de encontrar restos de vertebrados en los afloramientos del Jurásico Superior allí existentes.

Como uno de los resultados de ese trabajo se informa preliminarmente sobre el hallazgo de un cocodrilo mesosuquio de la familia Teleosauridae en los acantilados de La Guía, Ribadesella, en el Principado de Asturias. Las calizas y margas grises oscuras portadoras del mismo pertenecen a la

Formación Lastres del Jurásico Superior-Kimmeridgiense (Valenzuela et al., 1986). Dicha formación consta mayoritariamente de términos arenosos, limosos y lutíticos debido al funcionamiento de pequeños sistemas deltaicos de dominio fluvial, separados por intervalos margo-calcáreos oscuros, bioturbados y ricos en fauna (principalmente lumaquelas de bivalvos). Es precisamente en estas últimas facies, de espesores métricos a decamétricos que representan etapas de profundización (transgresivas) subsiguientes al abandono de dichos deltas, donde se encontraron los restos del cocodrilo.

El conjunto de la Formación Lastres representa, por lo tanto, alternancias de sedimentos de áreas litorales y marinas someras de carácter restringido.

La costa era baja y predominantemente fangosa excepto en torno a la desembocadura de los distributarios deltaicos que aportaban arena al litoral. Por delante se encontraba un mar interior, virtualmente sin mareas importantes ni oleaje, salvo durante tempestades y protegido externamente del mar abierto por un umbral de origen tectónico. Este último se originó durante las etapas iniciales de un proceso de rifting que afectó por aquella época al borde septentrional de la Placa Ibérica, alcanzando su clímax en el Cretácico.

El cocodrilo parece haber sido

depositado con el vientre hacia arriba en aguas poco profundas (poco más de quince o veinte metros) y de él se han preservado cuatro vértebras dorsales incompletas, parte del arco neural de otra dorsal, tres centros vertebrales, una espina neural aislada, el arco neural de la vértebra sacra número dos, siete placas dorsales, el tercio proximal de la tibia izquierda, un probable extremo distal de fémur y otros restos indeterminados.

La presencia de diversas huellas de perforación debidas a bivalvos (*Gastrochaenolites*) afectando únicamente a la estructura ósea de la parte ventral del cocodrilo, sugiere que una vez depositado en posición invertida sobre el fondo fangoso, permaneció un cierto tiempo en la misma posición hasta su lento enterramiento por sedimentos del mismo carácter.

La morfología vertebral del cocodrilo y la presencia de una coraza indican claramente la pertenencia de los restos a la familia Teleosauridae. Dentro de esta agrupación se han descrito géneros como *Steneosaurus*, *Machimosaurus*, *Mycterosuchus*, *Pelagosaurus* y *Teleosaurus* (Andrews, 1913; Buffetaut, 1982).

Si bien parece haber similitudes a nivel vertebral con *Steneosaurus*, se continúa trabajando para una identificación más precisa, aunque la ausencia del cráneo la hace muy difícil. El rasgo más destacado de este reptil asturiano

es la gran altura alcanzada por la espina neural de la segunda vértebra sacra.

Cabe destacar que estos son los primeros restos de un cocodrilo jurásico registrados en el Principado de Asturias.

BIBLIOGRAFIA

- Andrews, C. 1913. Marine reptiles of the Oxford Clay. Londres.
- Buffetaut, É. 1982. Radiation évolutive, paléoécologie et biogéographie des crocodiliens mésosuchiens. Mémoire 142, Société Géologique de France.
- Valenzuela, M., García-Ramos, J. & Suárez de Centi, C. 1986. The Jurassic sedimentation in Asturias (N Spain). Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo, 16: 121-132.



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**.

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

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 desplegadas 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

$\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ 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: PO₄³⁻ se prefiere a
PO₄⁻⁻⁻

Fe²⁺ 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

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

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.*

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 incluídas 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.

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

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.

CONTENIDO

ARTICULO DE REVISION

SCIUTTO, J. C. Origen y migración de los hidrocarburos en la cuenca del golfo San Jorge, sur del Chubut y norte de Santa Cruz, Argentina 1 - 23

ARTICULOS CIENTIFICOS

CANO, C. y DEL VALLE, H. F. Génesis de un haplargid arénico en el noreste del Chubut: características mineralógicas y micromorfológicas 25 - 44

SCIUTTO, J. C. Estratigrafía y paleoecología del Lote 37, norte de Sarmiento, Chubut, Argentina 45 - 55

STAMPONE, J. E., ICHAZO, G., CAMBRA, H. y GONGORA, H. Aporte al conocimiento de la hidrología subterránea en la zona de las lagunas de estabilización de Trelew 57 - 64

VIDELA, L. y ROSTAGNO, C. M. Efecto de la pendiente y la cobertura de gravas en la erosión hídrica por salpicado bajo condiciones de laboratorio 65 - 77

BAGGIO, S. y PARDO, M. Análisis químico de rocas ígneas por técnicas combinadas de fluorescencia de rayos x y absorción atómica.....79 - 91

NOTA

MARTINEZ, R. D., GARCIA-RAMOS, J. C. y IBAÑEZ SARMIENTO, I. El primer Crocodylia (Mesosuchia: Teleosauridae) del Jurásico Superior de Asturias, España 93 - 95