

ESTUDIO GEOLOGICO MINERALOGICO DE LOS YACIMIENTOS DE
ARCILLAS DE LA ZONA DE BARKER, PARTIDO DE JUAREZ, PRO-
VINCIA DE BUENOS AIRES Y SU IMPORTANCIA ECONOMICA.



BIBLIOTECA

PATRICIA EUGENIA ZALBA

A mis padres.

1978

I N D I C E

	Nº Pág.
AGRADECIMIENTOS	1
GENERALIDADES	2
Introducción	2
Ubicación y accesos	3
Estudio aerofotogramétrico	5
Relevamiento geológico *El Mapa Geológico figura al final del trabajo.	5
Fisiografía	10
Tectónica	11
Antecedentes	13
Revisión analítica de antecedentes y Nomenclatura propuesta	16
ESTRATIGRAFIA	20
Descripción de la sucesión estratigráfica	20
Basamento cristalino	20
Formación La Tinta	22
Litología	22
Caracteres composicionales y texturales de la Formación La Tinta	24
Contactos y correlaciones	26
Formación Las Aguilas	26
Litología	26
Caracteres composicionales y texturales de la Formación Las Aguilas .	37
Contactos y correlaciones	38
Sedimentos cuaternarios	40
Edad de las Formaciones La Tinta y Las Aguilas	41
AMBIENTE SEDIMENTARIO	43
PROCESOS DIAGENETICOS EN LAS FORMACIONES LA TINTA Y LAS AGUILAS	47
ESTRATOS PELITICOS	55
Concepto de arcilla y clasificación...	55
Clasificación de las rocas pelíticas..	62

	Nº Pág.
Métodos de estudio utilizados	64
Caracteres texturales	64
Análisis granométrico	64
Caracteres composicionales	67
Análisis por difracción de Rayos X ..	67
Procedimiento utilizado para muestra orientada	68
Mineralogía de arcillas	71
Distribución areal y vertical de los mi- nerales de las arcillas	88
Análisis químico de arcillas	96
Análisis térmico-diferencial	99
Condiciones de operación	99
Características de los termogramas ..	100
Dilatometría	104
Equipo utilizado	104
Condiciones de ensayo	104
Características de los dilatogramas..	104
Estudio mineralógico óptico de la frac- ción arena (Ret. Tam. 230)	109
Petrografía	112
Cortes delgados	112
Formación La Tinta	113
Formación Las Aguilas	114
Microscopía electrónica de arcillas	121
Preparación de las muestras	121
Aspecto y forma de presentarse de los minerales de arcillas analizados al microscopio electrónico	122
Conclusiones del análisis por micros- copía electrónica	131
Distribución de los minerales de las arcillas	131
CLASIFICACION TECNOLOGICA DE LAS ARCILLAS..	132
Hojas de especificaciones técnicas	135
ESTIMACION DE RESERVAS	151
Delimitación de áreas en base a datos de afloramientos	151
Determinación de la densidad de arcillas	151
Reservas máximas y mínimas	152
Conclusiones sobre la estimación de re- servas	158
GENESIS DE LOS DEPOSITOS DE ARCILLAS DE LA FORMACION LAS AGUILAS	160

	Nº Pág.
CONCLUSIONES	163
1) Estratigráficas	163
2) Composicionales	163
3) Paleoambientales	166
4) Tectónicas	166
5) Económicas	167
6) Genéticas	168
BIBLIOGRAFIA CITADA EN EL TEXTO	169

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires por haberme otorgado una beca de perfeccionamiento para realizar este estudio; al Dr. A.M. Iñiguez por la sugerencia del tema de investigación y cuya experiencia en mineralogía de arcillas y asesoramiento fueron de gran valor en la elaboración de este trabajo. Al Dr. Renato Andreis, padrino de tesis, por su apoyo y asesoramiento, así como por las sugerencias recibidas en la discusión de distintos temas y lectura de manuscritos. Al Dr. Mario E. Teruggi por la discusión de distintos temas, sugerencias aportadas y revisión del manuscrito.

Al L.E.M.I.T., que a través de su entonces Director, el Dr. Pedro J. Carriquiriborde, me brindó el apoyo necesario, -- tanto en instrumental como en personal para efectuar los ensayos de laboratorio.

De la misma manera agradezco a las Dras. María G. de Abeledo y L. Wainer, del Departamento de Estado Sólido de la C.N.E.A., por su colaboración en el estudio de microfotografías electrónicas.

Finalmente quedo reconocida al personal del LEMIT, que me prestó su más amplia colaboración.

GENERALIDADES

Introducción

El presente trabajo se realizó con el propósito de cumplir con el requisito indispensable para optar al título de Doctor en Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata.

El estudio se llevó a cabo a través de una beca de perfeccionamiento otorgada por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, contando con el LEMIT como lugar de trabajo y en donde se realizaron la mayor parte de los ensayos de laboratorio.

La finalidad de este estudio es la de contribuir al conocimiento de la geología y estratigrafía y contar con una tipificación de los minerales de las arcillas de la zona de Barker; a tales efectos se efectuó el relevamiento en detalle de la zona y muestreo sistemático de los yacimientos de explotación.

Nuestro interés es dejar iniciado y desarrollar posteriormente el conocimiento de las características geológicas, mineralógicas y tecnológicas de las arcillas de la Provincia de Buenos Aires, para su aplicación en la industria.

Cabe señalar que el volumen de extracción de arcillas en la Cuchilla de Las Águilas ocupa un renglón importante en la producción de materias primas para la fabricación de cerámica roja, refractarios, loza, azulejos y cemento en la Provincia de Buenos Aires, por lo cual se prestó especial importancia a la cubicación de las reservas existentes. Asimismo, estas arcillas son las que presentan las mayores variaciones mineralógicas y químicas que repercuten en su selección y aprovechamiento industrial.

Ubicación y accesos

La zona en estudio se encuentra ubicada en la Cuchilla de Las Aguilas, la cual forma parte de las sierras septentrionales de la Provincia de Buenos Aires. Esta área se encuentra a 3 km al noroeste de la localidad de Barker. Cubre una superficie de 64 km² y está limitada por las coordenadas Gaus - Kruger de abcisas 5836 y 5840 y ordenadas 5548 y 5552 de la Hoja Topográfica del I.G.M. N° 7360-29-3 (Barker). (Fig. N° 1).

El acceso a la zona de trabajo se efectúa mediante dos rutas provinciales: la ruta n° 74 que une Ayacucho con Juárez y que a unos 36 km de esta última localidad empalma con la ruta provincial n° 80 y que lleva a la localidad de Barker. 200 metros antes de llegar al cruce de caminos, uno de los cuales - lleva a Barker, se toma un camino de tierra hacia el oeste, - que permite la entrada a los yacimientos que ocupan la porción oriental de las sierras.

A los demás yacimientos se accede por el camino de tierra que pasa por la Estancia Las Rosas Chicas y que sale de la ruta provincial n° 80 a unos 4,5 km de la estación de Ferrocarril de Barker (F.C.G.R.), el cual permite la rápida distribución de la materia prima a los centros de consumo.

MAPA GENERAL DE UBICACION DE LA ZONA

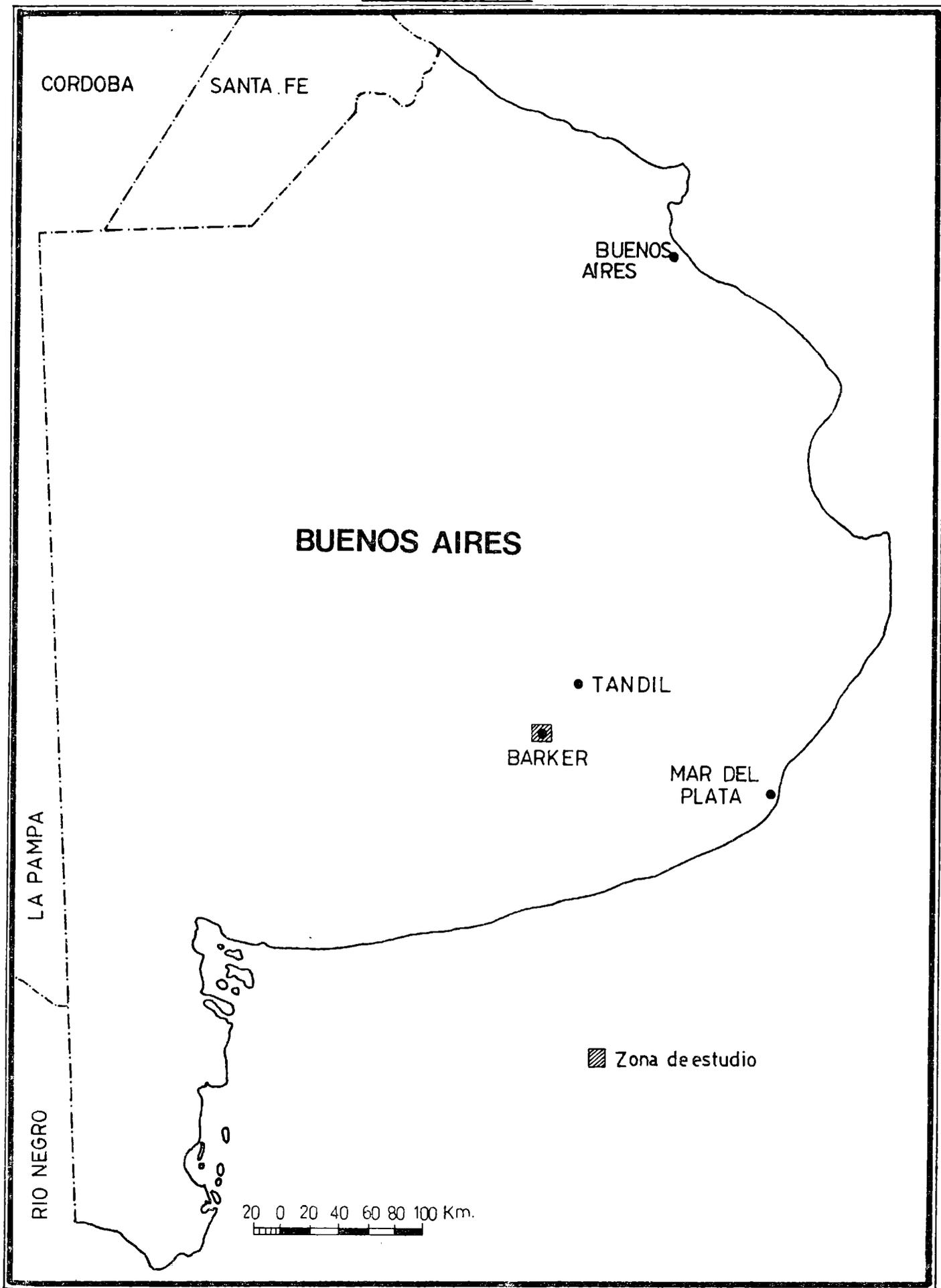


Fig 1

Estudio aerofotogramétrico

Con el fin de obtener una base para el estudio de la geología regional y en especial de los afloramientos de arcilitas de la zona, se realizó la fotointerpretación de los pares estereoscópicos RH 360-16-22; R 361-17-24; R 362-33-41 y R 363-39-44, en escala aproximada 1: 20.000 del INTA, tomadas por Spartan Air Service. Su análisis permitió confeccionar un mapa de curvas de forma sobre las fotografías (Fig. N° 2) y apreciar - las diferentes litologías correspondientes al basamento y a la secuencia sedimentaria sobrepuesta.

Cabe señalar que las labores de explotación y destape facilitaron la delimitación de los afloramientos de rocas pelíticas en las fotografías aéreas. Asimismo, fue posible ubicar fallas, reconocer los principales sistemas de diaclasas y la lineación evidente en el basamento cristalino, producida por milonitización (Véase ángulo NO de la Fig. N° 2).

En este mapa se marcaron caminos, drenaje, localización de afloramientos de arcillas y se ubicaron los perfiles columnares realizados.

Relevamiento geológico

El relevamiento geológico se realizó a escala 1:5000, restringido a la zona de los yacimientos de arcillas exclusivamente, abarcando aproximadamente una superficie de 36 km². Se llevó a cabo con plancheta, utilizando a tal efecto una alidada - Gurley. Se eligió esta escala por ser la más conveniente para la ubicación de las canteras y estimación de reservas.

Las cotas del relevamiento fueron referidas a puntos acotados del I.G.M., procediéndose sistemáticamente a la verificación por medio de cierres a puntos fijos.

Los objetivos principales del relevamiento fueron los de delimitar la extensión y las cotas de los niveles de pelitas de la zona. Con los datos obtenidos se confeccionó un mapa geo-

lógico (Fig. N° 3)* en el cual se muestran: a) esencialmente las unidades litoestratigráficas reconocidas, b) las distintas canteras en explotación, c) la ubicación de los perfiles columnares y topográficos (Figs. N°s. 4 y 5).

* El Mapa Geológico figura al final del trabajo.

Fisiografía

La Cuchilla de Las Aguilas y sectores serranos vecinos (cerro El Sombrerito, cerro Gruta de Oro, sierra de La Tinta, sierra La Juanita y otros cerros menores), que forman parte de las Sierras de Tandil, pueden considerarse como una prolongación de las sierras de Olavarría y Azul según Teruggi, (1962).

La Cuchilla de Las Aguilas tiene rumbo E-O en su parte central, frente al cerro El Sombrerito y N-S en el faldeo orientado hacia la localidad de Barker. Su altura máxima alcanza los 438 m s.n.m. Se presenta como lomadas anchas y planas, que han sido descritas como mesas (Teruggi, et. al. 1962), a causa de la presencia de una secuencia sedimentaria tabular que cubre rocas del basamento cristalino. Cabe señalar que como el buzamiento de estas rocas es de 6-12° S-SO, el perfil transversal de la sierra resulta levemente asimétrico, con laderas de pendientes más suaves hacia el sur y más pronunciadas en el borde septentrional. En el primer caso, los bajos valores de buzamiento hacen que las litologías más jóvenes aparezcan en cotas topográficas cada vez más bajas, siendo finalmente cubiertas por depósitos modernos. Por el contrario, en la ladera norte, a causa de la existencia de afloramientos de basamento en contacto con la serie sedimentaria, se produce un brusco cambio en el perfil de la sierra (Fig. N° 4). En efecto, mientras las rocas de basamento presentan pendiente moderada de 4° a 5°, la cubierta sedimentaria aparece formando dos escalones bien marcados, separados por paredones verticales. El primer paredón tiene 22 m de altura, en tanto que el segundo alcanza algo más de 27 m de altura. Entre ambos paredones se extiende una "terrazza" casi horizontal, con 25 a 100m de ancho.

Los arroyos de la zona son cursos temporarios. El principal de ellos es el arroyo Los Sauces que tiene sus nacientes en la Cuchilla de Las Aguilas; su recorrido es paralelo a la sierra y en dirección oeste-sudoeste. Hay además otros cursos menores, dos de los cuales nacen en las cercanías del cerro El Sombrerito y sus cauces se orientan hacia el noroeste y sud-sudeste respectivamente. En general, la red de drenaje es de tipo radial y centrífuga (Fig. N° 2).

Tectónica

Tanto las rocas del basamento cristalino como las de la cubierta sedimentaria sobrepuesta, han sufrido los efectos de una fuerte acción tectónica que ha provocado la esquistosidad y lineación en las migmatitas, el buzamiento de las capas sedimentarias hacia el SO, como también el desarrollo de fallas de rumbo E-O y NO-SE y sistemas de diaclasas verticales perpendiculares entre sí.

El rumbo de las capas es de 240° (prom.) y el buzamiento de $5-8^\circ$ hacia el SE y SSO (datos que coinciden con los aportados por Schauer y Venier op.cit.). Las diaclasas verticales tienen rumbo 260° y 340° (prom.) respectivamente.

En base a la observación de la Figura N^o 2, podemos inferir que ha habido dos épocas de acción tectónica que afectaron la región. Una tectónica antigua que fracturó las rocas del basamento cristalino, responsable de la esquistosidad y foliación del mismo, así como de numerosos pliegues y fallas, tal como lo observaron Teruggi, et. al. (1958, 73) en las Sierras de Tandil y además una época de tectonismo más joven, que perturbó la cubierta sedimentaria sobrepuesta.

La primera está representada, en nuestra zona, por fallas de rumbo E-O, visibles en el campo y en fotografías aéreas, coincidentes con la esquistosidad de las migmatitas y que correspondería al Dominio Tectónico A de Teruggi, et. al. (op. cit.).

En cuanto a la tectónica más joven, posterior a la depositación de la serie sedimentaria antigua, se ha caracterizado por fallas de rumbo NO-SE, con elevación de bloques en el sentido de las mismas y posterior desplazamiento horizontal de éstos. Según los trabajos de Teruggi, et. al. (op. cit.), se incluirían en el Dominio Tectónico C de este autor.

Estas fallas, son también visibles en el campo y en fotografías aéreas, con rechazos horizontales que alcanzan entre 60 y 70 metros. Tal es el caso de la falla del cerro de La Cruz, de rumbo 323° . En la Figura N^o 2, se indica el movimiento relativo de los bloques. También en el sector NO del mapa (Figura N^o 2) se observa una falla de este tipo, con un rumbo de 285° . Además de una componente horizontal, visible por el desplazamiento de las ortocuarcitas, el movimiento ha tenido una componente vertical, sobreelevándose el bloque situado al SO de la falla y quedando expuesto a la erosión en forma más pronunciada que el otro.

Otras fallas de rumbo 350° y 346° fueron observadas en la estación de ferrocarril de Barker y en el flanco oriental del cerro El Sombrerito. En el primer caso, el movimiento relativo de los bloques queda evidenciado al construir un perfil desde el cerro El Sombrerito hasta el cerro de La Cruz (Figura N^o 10) y que muestra la correspondencia de alturas de las "Ortocuarcitas Inferiores" a ambos lados de la falla, corroborando así que el movimiento ha tenido solamente una componente horizontal.

También se han desarrollado dos sistemas de diaclasas verticales, visibles en las fotografías aéreas, cuyo rumbo es 160° y 245° (prom.) respectivamente. Ambos sistemas corresponden al último ciclo tectónico (Dominio C) ya que afectan tanto a las rocas del basamento como a la cubierta sedimentaria.

Antecedentes

Las Sierras Septentrionales fueron descritas por primera vez por Heusser y Claraz, (1863) y desde entonces, numerosas han sido las contribuciones sobre diversos aspectos geológicos generales, fisiográficos, estructurales, estratigráficos, petrologógicos y geocronológicos.

Aparte de los estudios realizados en el siglo pasado, algunos de los cuales son los de Zeballos (1877), Aguirre (1882, 1897), Valentín (1895, 1898), Hauthal (1896) y que dieron los primeros esbozos geoestratigráficos del sistema serrano, importantes aportes fueron realizados en este siglo al conocimiento geoestructural y estratigráfico con los trabajos de Schiller (1929, 1930, 1938), Nágera (1940), Teruggi, et. al. (1951, 58, 62, 64, 73 y 75), Villar Fabre (1954, 1956), González Bonorino (1954, 1956), Borrello (1962, 1966), Schauer y Venier (1967) y Antonioli (1969).

Estos trabajos permitieron tener una idea general sobre las características litológicas y estructurales del basamento, así como de la estratigrafía de la secuencia sedimentaria sobrepuesta.

Es de señalar que si bien fueron numerosos los autores que desarrollaron trabajos sobre las Sierras Septentrionales, la mayoría de ellos prestó especial atención al estudio del basamento cristalino, describiendo la secuencia sedimentaria en sus aspectos más generales. Merecen destacarse los numerosos trabajos de Teruggi, et. al. (op. cit.), referidos a la geología del basamento de las Sierras de Tandil, especialmente a los dominios tectónicos y problemas petro-estructurales de la evolución del cinturón orogénico.

Es a partir de 1964, con el trabajo de "Paleocorrientes y Paleogeografía de las ortocuarcitas de la Serie de La Tinta, Provincia de Buenos Aires", que se inician los estudios detallados de la secuencia sedimentaria.

En 1965 comienzan también los estudios mineralógicos (Iñiguez 1965, Iñiguez, et. al. 1967, 70 y 74), con la determinación de la composición de los minerales de las arcillas en el

ámbito de todas las Sierras Septentrionales. Este autor delimita una zonación concéntrica de las arcillas y ya en su primer trabajo infiere de sus investigaciones que los sedimentos de la "Serie de La Tinta" pertenecerían a dos ciclos de depositación diferente. Los siguientes trabajos de Iñiguez, et.al. (op. cit.), prosiguen con el mismo tema, realizando los autores una síntesis de la mineralogía de las arcillas refractarias de la "Serie".

Asimismo, Di Paola y Marchese (1974) estudian la relación mineralógica entre la Formación La Tinta y lo que los autores denominan "Complejo Buenos Aires" (= basamento cristalino).

Los trabajos de índole geológica general y estructural se continúan, en este período, con Holmberg (1972) y Dalla Salda, et. al. (1972). Estos últimos autores describen la presencia de una brecha intraformacional en el techo de las calizas de la cantera Loma Negra de Barker, que como se verá más adelante (pág.17), reviste importancia estratigráfica.

Nuevas consideraciones estratigráficas y geocronológicas sobre la Formación La Tinta se inician a partir del trabajo de Amos, et. al. (1972). La importancia de este Trabajo reside en que los autores llevan por primera vez la edad de la misma al Precámbrico.

Coincidiendo con las apreciaciones de Amos, et. al. (op. cit.), Marchese y Di Paola (1975) también postulan una edad precámbrica para la Formación La Tinta, sosteniendo que se trata de una sola cuenca de depositación.

En 1975, Teruggi y Kilmurray efectúan un trabajo de índole geológica general elevando el sistema de Tandilia; efectúan una revisión de los trabajos existentes y mantienen el esquema estratigráfico clásico en el Paleozoico inferior.

Por último el trabajo en preparación de Dalla Salda e Iñiguez, (com. pers.) plantea un esquema litoestratigráfico y geocronológico diferente a los propuestos hasta el presente, dividiendo a la Formación La Tinta original en dos formaciones diferentes y de distinta edad (Véase pág.19).

En lo que se refiere al estudio de los sedimentos cuaternarios y suelos, los trabajos son recientes y han estado a cargo de Rabassa (1973), Teruggi, et. al. (1973, 74), Vargas Gil y Scoppa (1973) e Iñiguez y Scoppa (1974).

Revisión analítica de antecedentes y nomenclatura propuesta.

Desde los trabajos iniciales, la secuencia sedimentaria fue considerada como una misma unidad en todo el ambiente de las Sierras Septentrionales, bajo la denominación "La Tinta", con carácter de Estratos Heusser y Claraz (1863); Nágera (1940); Serie (Teruggi, 1958); - Formación (Borrello, 1966; Holmberg 1972; Marchese, et. al. 1972) y Grupo (Amos, et. al. 1972).

La sucesión sedimentaria así denominada estaba integrada por depósitos clásticos y químicos, pudiendo reconocerse la siguiente secuencia: Cuarcitas Inferiores, Dolomías, Cuarcitas Superiores, Arcilitas y Calizas. Esta denominación fue propuesta por González Bonorino, - (1954) para el área de Olavarría aunque ya se conocían descripciones de estas rocas hechas con anterioridad por distintos autores (Aguirre 1879, 1882, 1897; Doering 1881, 1882; Holmberg 1884; Siemiradzki 1893; Valentín 1895, 1898; Nágera 1915, 16, 18, 19, 26, 33 y 40; Harrington 1940; Palacio 1946; Frenguelli 1950; Montero 1951).

Más tarde, Borrello (op. cit.) redefine la Formación La Tinta, separando del conjunto las calizas negras de Sierras Bayas, a las cuales denomina Formación Loma Negra, e incluye ambas unidades litoestratigráficas dentro del Grupo Tandil. Es de señalar que el mencionado - Grupo involucra además la Formación Punta Mogotes, que fuera ya descrita por ese autor en 1962. Además considera que las secuencias aflorantes en Sierras Bayas, Barker y Cabo Corrientes son contemporáneas y correlacionables y les asigna una edad paleozoica inferior.

Amos, Quartino y Zardini (op. cit.), fueron los primeros en modificar la concepción estratigráfica clásica

aceptada hasta entonces: estos autores reconocen la existencia de dos sucesiones sedimentarias distintas correspondientes a las zonas de Sierras Bayas y Balcarce-Mar del Plata. En la primera, los mismos mantienen para la secuencia tradicional descrita por González Bonorino (op. cit.), la denominación de Formación La Tinta, aunque con una edad precámbrica; en tanto que para la zona oriental, reconocen 2 unidades: La Formación Punta Mogotes (equivalente a la reconocida por Borrello op. cit.) y las Cuarcitas Balcarce que se extienden hasta la zona de Barker, con una discordancia en su base, asignándoles a ambas una edad paleozoica inferior. Cabe señalar que los referidos autores mencionan la existencia "de una caliza negra al E de Villa Cacique, afloramientos indicados por Teruggi (1958), indicando que son litoestratigráficamente similares, como también una caliza similar a la dolomita en la cantera La Cailera" también conocida como cantera Loma Negra, Barker. Agregan que "lamentablemente las relaciones entre estas calizas y las cuarcitas no han sido establecidas. Sin embargo pareciera que en el Arroyo Calaveras y directamente al E de Villa Cacique, la posición es inferior a las cuarcitas".

Casi en la misma época (1972) Dalla Salda, Guichón y Rapella encuentran una "brecha de talud intraformacional en sucesión normal sobre las calizas y a su vez coronadas por ortocuarcitas en sucesión normal".

También hacia la misma época, Holmberg (1972) vuelve a redefinir la Formación La Tinta, considerando dentro de ella, y con edad paleozoica inferior, solamente dos miembros: el de las Lutitas Varicolores (= Formación Punta Mogotes) y el de las Cuarcitas Inferiores, y crea la Formación Sierras Bayas con los miembros dolomítico, de Cuarcitas Superiores y arcilitas. De esta manera la secuencia estaría constituida por tres unidades: Formación La Tinta, separada por una discordancia inferida de la Formación Sierra Baya y Loma Negra.

Di Paola y Marchese (1974) no consideran las subdivisiones anteriormente propuestas por Borrello, (1966) y Holmberg, (op. cit.) y vuelven parcialmente al esquema propuesto por Amos, et. al. (op. cit.). Considerando nuevamente a toda la secuencia sedimentaria como una unidad, ya que no utilizan la denominación de Cuarcitas Balcarce y colocan la Formación Punta Mogotes en el Complejo Buenos Aires (= basamento igneo-metamórfico) con la denominación de Metapelitas Punta Mogotes.

Es necesario remarcar que estos autores sitúan una discordancia, observada en la mina Constante 10, López, entre lo que llaman "cubierta de alteración del basamento" y un ortoconglomerado oligomíctico de ftanitas con matriz psamítica, sobrepuesto a la misma. Los estudios efectuados en la zona nos permiten considerar que la mencionada "cubierta de alteración del basamento", es un nivel de arcilitas que se apoya en discordancia sobre las rocas del basamento cristalino y que corresponde, como se verá más adelante, según la denominación creada en este trabajo, al Horizonte Superior de pelitas de la Formación Las Aguilas.

De acuerdo a las evidencias aportadas por los estudios litoestratigráficos efectuados en la Cuchilla de Las Aguilas y sectores vecinos, corroborados por el exámen analítico que de las asociaciones mineralógicas halladas en las pelitas efectúan Iñiguez 1965,67 e Iñiguez et. al. 1974, se propone en este trabajo una revisión del esquema estratigráfico. En síntesis, se reconocen dos unidades: una inferior, Formación La Tinta (precámbrica) y otra superior, para la cual se crea la denominación de Formación Las Aguilas (paleozoica inferior).

En primer término, se mantiene la denominación de Formación La Tinta para la unidad inferior, integrada por ortocuarzitas y areniscas castañas deleznable, en la Cuchilla de Las Aguilas, equivalente a la secuencia de ortocuarzitas con intercalaciones de dolomías, arcilitas y calizas negras, aflorante en la cantera de caliza de Villa Cacique, en Barker.

Creemos necesario mantener el nombre de Formación La Tinta teniendo en cuenta que este es un nombre de largo arraigo en la literatura geológica de las Sierras Septentrionales, a pesar de que en el perfil columnar de la Cuchilla de Las Aguilas aflora solo una parte de la secuencia completa existente en Sierras Bayas.

Por otra parte, al introducir la denominación de Formación Las Aguilas, para la unidad superior, es nuestra intención poner en evidencia un aspecto sobresaliente del sector centro occidental de las sierras del sistema de Tandilia. En efecto, en la Cuchilla de Las Aguilas, aflora la secuencia más espesa de las reconocidas en el área, que se extiende hacia el NO, en dirección a Chillar (*); además, en la zona de referencia, las dos unidades reconocidas en este trabajo se hallan en contacto definido y asimismo, este es el único sitio en donde hemos podido observar el piso de la unidad creada.

Es por las consideraciones precedentes y de acuerdo con las especificaciones del Código de Nomenclatura Estratigráfica (art. 5 D y E, 1974), que en la Cuchilla de Las Aguilas se describe el neoestratotipo de la Formación Las Aguilas. (Fig. N^o 7).

Se hace notar que esta división de la secuencia no hace sino confirmar las ideas de Amos, et. al. (op. cit.), - con las que también concuerdan Dalla Salda e Iñiguez (op. cit.).

(*) Cabe consignar que hacia Chillar, la Formación Las Aguilas se apoya directamente sobre el basamento cristalino, con espesores notablemente más reducidos (Véase pág.40 y Fig. N^o 10).

ESTRATIGRAFIA

En el área estudiada y en base a la propuesta presentada en el capítulo precedente, se diferencian tres unidades litoestratigráficas antiguas, dos correspondientes al Precámbrico y una al Paleozoico, quedando la secuencia integrada por los términos litoestratigráficos que se exponen en el cuadro adjunto (Cuadro N° 1). En él se incluyen también las unidades reconocidas por Rabassa (op. cit.) para el Cuaternario de la zona de la Cuchilla de Las Aguilas, de escaso desarrollo.

Descripción de la sucesión estratigráfica

Basamento cristalino

En nuestra área de estudio, las rocas del basamento cristalino igneo-metamórfico, afloran solamente al pie de algunas lomadas, como sucede en el sector oriental del cerro El Sombrerito. (Fig. N° 3).

Se trata de rocas de coloración gris, macizas, aunque en algunos sectores suelen presentar cubiertas de meteorización muy deleznable y de tonalidades castaño amarillentas. El exámen petrográfico indica que se trata de migmatitas tonalíticas micáceas (Véase Petrografía pág. 112), con evidentes señales de cataclasis. Estas migmatitas son semejantes a las descritas por Teruggi, et. al. (1958), para las sierras de Tandil, situadas al NE de nuestra área de trabajo. Los autores reconocen además de las migmatitas tonalíticas, otras de composición granítica y granodiorítica sobre la base de la proporción de metasoma.

Se desconoce la edad de las rocas que integran el basamento cristalino en nuestra área, pero por similitud litológica con rocas aflorantes en las Sierras de Tandil, pueden ser consideradas precámbricas (entre 199×10^9 y $188 \pm 0.08 \times 10^9$ años), según las dataciones de Halpern, Linares y Latorre (1970).

UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	EDAD
<p>Limos loessoides s/estructuras</p> <p>Limolitas con concreciones de carbonato de calcio</p>	¿Terciario? Cuaternario
-----Discordancia de erosión-----	
<p>FORMACION LAS AGUILAS</p> <p>Ortocuarcitas</p> <p>Ortoconglomerados</p> <p>Arcilitas</p> <p>Ortocuarcitas</p> <p>Ortoconglomerados</p> <p>Limolitas</p> <p>Brecha de ftanitas</p>	¿Cambro-Ordovícico?
-----Paraconcordancia aparente-----	
<p>FORMACION LA TINTA</p> <p>Ortocuarcitas Superiores</p> <p>Areniscas silíceas amarillentas deleznales</p> <p>Ortocuarcitas Inferiores</p>	Precámbrico
-----Discordancia de erosión-----	
<p>Basamento cristalino igneo-metamórfico</p>	Precámbrico

CUADRO N^o 1 - ESTRATIGRAFIA DE LA CUCHILLA DE LAS AGUILAS

Formación La Tinta

Litología

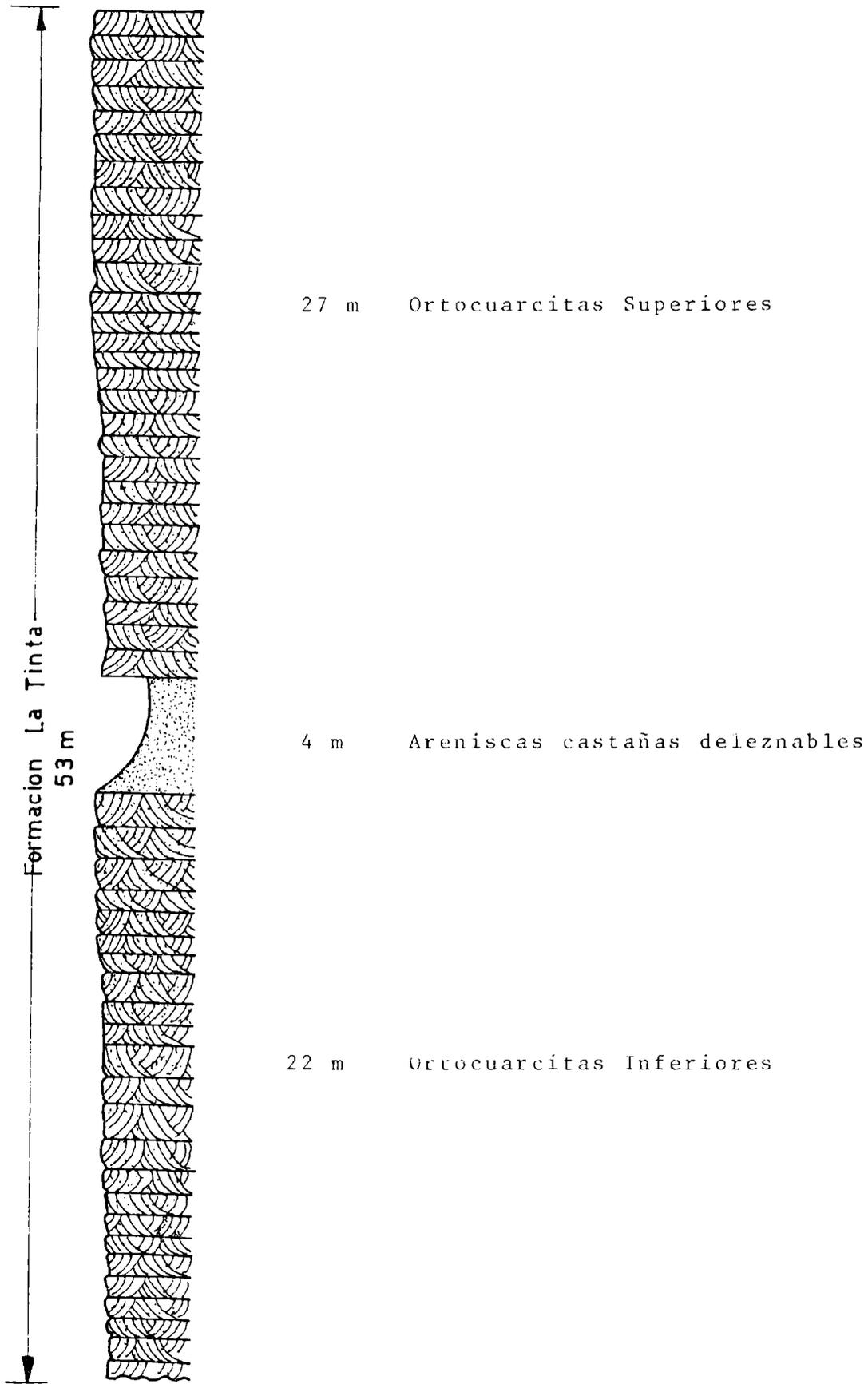
Con una potencia total de 53 metros, medida en el sector de la Cuchilla de Las Aguilas que enfrenta el cerro El Sombrerito (Fig. N°6), está integrada esencialmente por sedimentitas psamíticas (índice arena/pelita = ∞).

La totalidad de la secuencia está constituida por ortocuarcitas que se presentan en dos formas bien definidas por sus características cromáticas y de friabilidad. La primera, que constituye el 92% del total de la secuencia, se presenta como rocas duras de color gris a rosado grisáceo (5 R 8/2 Rock Color Chart 1963), de grano mediano, con estratificación tabular muy evidente; los estratos son de escala media (entre 0.10 y 0.30 m de espesor) y presentan - frecuentes estructuras entrecruzadas de tipo planar, agrupadas. Los planos de estratificación son regulares y nítidos.

El resto de la secuencia (8%), está constituido por una intercalación de areniscas silíceas de grano mediano, de color castaño pálido (5 YR 5/6), a causa de la presencia de pigmentos limoníticos. La estratificación es muy - confusa debido a la friabilidad de las areniscas y de la expresión topográfica de los afloramientos.

Consideramos que estas ortocuarcitas son equivalentes a las ortocuarcitas Inferiores y Superiores (González Bonorino 1954) de Sierras Bayas, Olavarría, como veremos oportunamente.

Según se advierte en la Figura N° 6, la secuencia de la Formación La Tinta, además de ser muy homogénea en litología, no presenta ciclicidad en el sector estudiado.



Caracteres composicionales y texturales de la Formación La Tinta.

A fin de conocer las características composicionales y texturales de la Formación La Tinta, se efectuaron cortes delgados de las sedimentitas consideradas representativas de los distintos tipos litológicos encontrados.

Se estudiaron 3 muestras de la Formación La Tinta, correspondientes a las ortocuarcitas Inferiores y Superiores, así como a las areniscas friables intercaladas entre ambas.

De acuerdo al Cuadro N^o 2, las psamitas están compuestas por cuarzo (99%) apareciendo circón en cantidades muy pequeñas (1%). El cuarzo se presenta como clastos (de tamaño 250-500 micrones), límpidos o con escasas inclusiones - dispuestas en planos más o menos paralelos entre sí, atravesando dos o más clastos, e incluso el crecimiento secundario interpuesto. La extinción es ondulante débil a moderada y los individuos son redondeados o subredondeados. Cabe señalar que la redondez de los clastos es mayor en las "Orto- cuarcitas Superiores", a la vez que se advierte mayor número de contactos intergranulares. En las areniscas silíceas castañas, los clastos de cuarzo tienen bordes de crecimiento secundario, pero los granos están sueltos, habiéndose formado una película de minerales arcillosos alrededor del crecimiento secundario (Figura N^o 17).

En base a la composición mineralógica que figura en el Cuadro N^o 2 y considerando que las clasificaciones de Pettijohn (1957) y Gilbert (*) (1954) se adaptan a nuestras rocas, éstas pueden ser clasificadas como ortocuarcitas o arenitas cuarzosas respectivamente.

(*) en Williams, Turner y Gilbert (1954).

COMPOSICION MINERALOGICA DE LAS FRACCIONES 4 a 0,062 mm DE LAS FORMACIONES
LA TINTA Y LAS AGUILAS

	FORMACION LA TINTA			FORMACION LAS AGUILAS		
	Ortocuarc. Inf.	Aren. castañas	Ortocuarc. Sup.	Sabul. 134	Ortocuarc. D	Ortocuarc. E
Nº Muestra	A	B	C	134	D	E
Cuarzo	99	99	99	5	88	73
Cuarzo policr.	-	-	-	40	2	6
Cl. Lit. Cuarcit.	-	-	-	10	-	-
Cl. Lit. Ftan.	-	-	-	30	-	-
Cl.intraf. pelíticos	-	-	-	-	8	21
Circón	1	1	1	-	x	-
Rutilo	-	-	-	-	x	-
Matriz	-	-	-	15	-	-

CUADRO N° 2

Contactos y correlaciones

El contacto inferior de esta formación es discordante con las rocas del basamento cristalino, representado en el área del Cerro El Sombrerito por las rocas del "Complejo Buenos Aires" (Di Paola y Marchese, 1975). El contacto superior se realiza con la Formación Las Aguilas, siendo ambas formaciones paraconcordantes en apariencia.

Consideramos que las areniscas silíceas castañas intercaladas entre los dos niveles de ortocuarcitas, tienen una posición equivalente a las dolomías descritas por Schauer y Venier (op.cit.) y que separan estos mismos niveles en el Cerro de La Cruz, a 4 km al este de este lugar. Por su posición stratigráfica y cotas similares; 310 m.s.n.m. en el Cerro de La Cruz y 317 m.s.n.m. en la Cuchilla de Las Aguilas y teniendo en cuenta la posible lenticularidad y escasa extensión areal de los depósitos de dolomías, creemos que éstas representan un depósito muy restringido y que las areniscas silíceas castañas en cambio son las que regionalmente producen la separación de las Ortocuarcitas Inferiores y Superiores en Barker.

Formación Las Aguilas

Litología

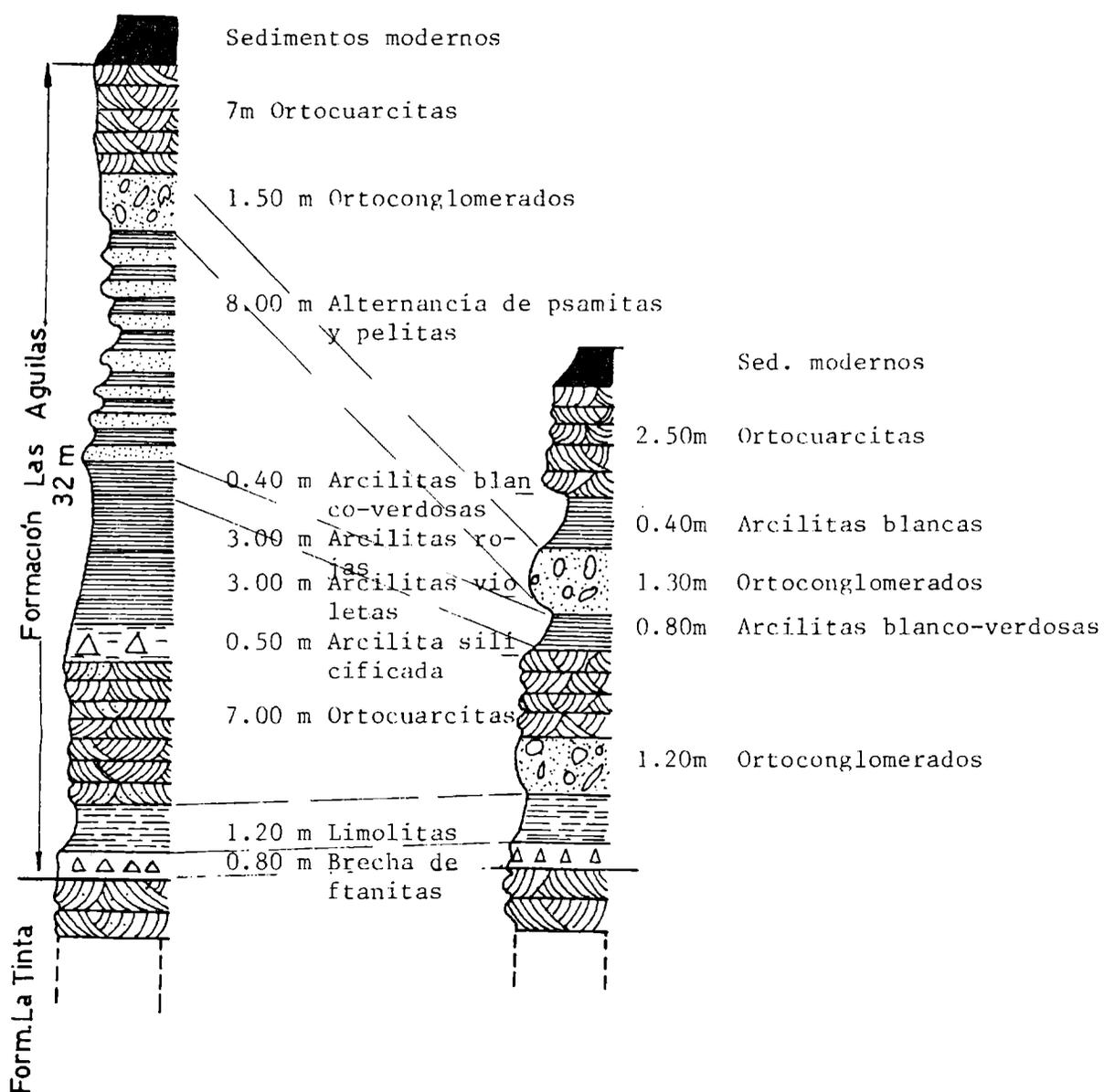
Esta formación alcanza un espesor de 32 metros y solo presenta su base visible. Está constituida por tres tipos litológicos diferentes: psefitas (14%), psamitas (66%) y pelitas (20%) Figura N° 7. Es de señalar que el índice arena/pelita para esta unidad es igual a 4.

Un aspecto que debe tenerse en cuenta es la característica lenticularidad de los estratos. Las lentes son muy extensas y de poca potencia (0.30-0.50 m), de manera que en afloramientos aislados adquieren características tabulares.

FIGURA N° 7

NEOESTRATOTIPO DE LA FORMACION LAS AGUILAS:

a) frente a El Sombrero. b) N° 4



Las psefitas están representadas por ortoconglomerados y brechas. Los primeros son lenticulares (pues pasan lateralmente a areniscas conglomerádicas y ortocuarzitas) y su espesor máximo alcanza a 1.50 m. Los clastos son subangulosos a subredondeados, de variados colores (verdes, grises, negros, rojos) y de naturaleza ftanítica, unidos por una matriz psamítica, alcanzando un tamaño entre 0.5 y 4 cm (Figura N° 8). El contacto con las pelitas subyacentes es regular y nítido.

Las brechas aparecen restringidas a la base de la formación en algunos de los perfiles y son de carácter lenticular (Perfiles N°s. 1, 2, 3 y 4). Estos depósitos presentan tonos castaño amarillentos (10 YR 6/2) y están compuestos por clastos angulosos de ftanitas rosadas, blancas y amarillentas; su tamaño puede variar entre 5 y 20 cm y no se advierte orientación de los clastos.

Por su parte las psamitas presentan un aspecto megascópico similar al de las ortocuarzitas de La Tinta. Se trata de ortocuarzitas rosadas (5 R 8/2), pigmentadas irregularmente por óxidos de hierro, los cuales les confieren tonos rosados y amarillentos. La estratificación es notoria, en estratos tabulares de escala mediana, de 0.20 a 0.50 m de potencia o bien en estratos de escala pequeña de 0.03 a 0.05 m. Las estructuras entrecruzadas, de tipo tabular planar, son muy frecuentes y solo en dos sitios (Perfil N°s. 4 y 14) se advierten megaóndulas ($\lambda = 9m$ $h = 1m$), con un índice de óndula igual a 9. (Figura N° 9).

Las rocas pelíticas están constituídas por limolitas y arcilitas de variados colores, que pueden aparecer como estratos independientes o interestratificadas con ortocuarzitas, o bien en algunos casos, con delgados estratos de sabulitas cuarzosas.

En cuanto a las arcilitas intercaladas con areniscas y/o sabulitas, forman estratos tabulares de 0.05 a 0.10 m de espesor, de color amarillo verdoso (10 Y 8/2), y como en los casos anteriores muestran laminación y pequeños repliegues.

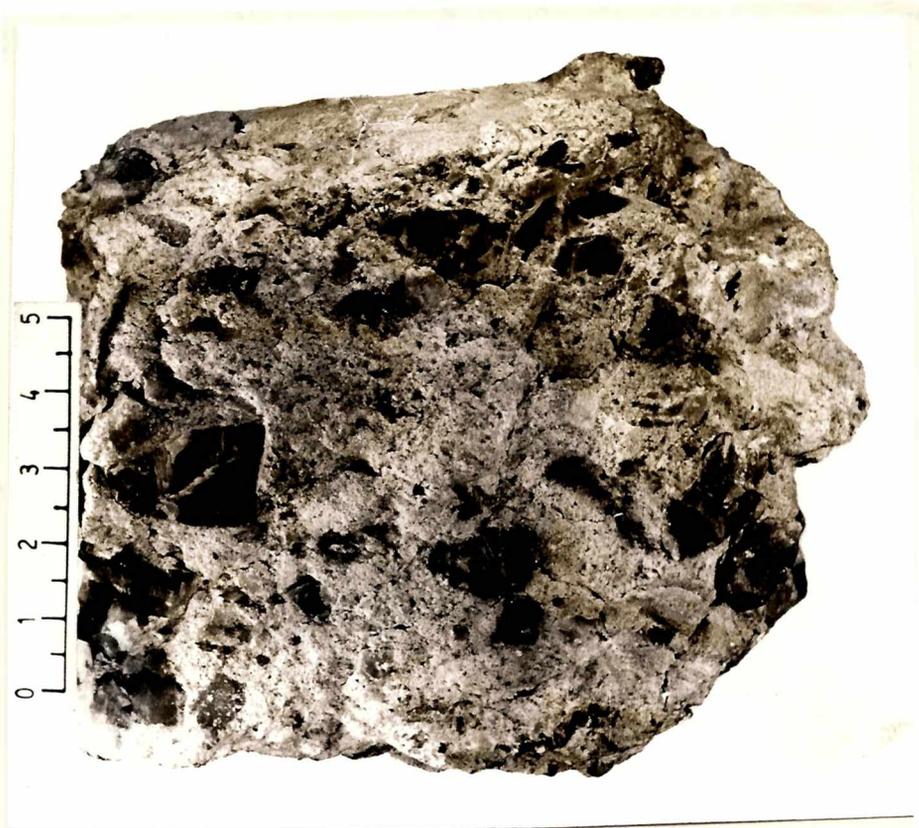


FIGURA N^o 8. Ortoconglomerado de feldspitas con matriz psamítica.



FIGURA N^o 9. Horizonte Inferior de pelitas.
Megaóndulas en ortocuarcitas.

Cabe consignar que los niveles de arcilitas amarillo-verdosas, representan una capa guía, conjuntamente con los ortoconglomerados sobrepuestos en algunos perfiles y que constituyen un adecuado elemento de correlación estratigráfica entre los afloramientos de Chillar hasta la Cuchilla de Las Aguilas. (Ver perfil geológico-topográfico Figura N° 10).

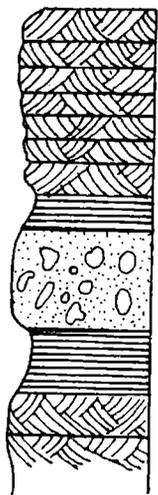
Un aspecto que debe ser resaltado en la secuencia de la Formación Las Aguilas es el carácter transgresivo de las capas (traslape) que se pone de manifiesto también en el perfil geológico-topográfico citado (Figura N° 10), de manera que la morfología del fondo (basamento) controla la depositación sucesiva de las distintas litologías. Este traslape se reconoce en base a criterios estratigráficos y litológicos (Véase Contactos y correlaciones, pág. 38).

Al contrario de lo que ocurre en la Formación La Tinta, la Formación Las Aguilas posee una manifiesta ciclicidad. El análisis de los perfiles columnares, permite esbozar dos posibilidades de ciclicidad: una correspondiente al sector NE de la sierra, que enfrenta al cerro El Sombrero (Véase Figura N° 11) y otro que se encuentra en la región central y sur de la misma (Véase Figura N° 12). En el primer sector, donde los perfiles son más completos, se encuentra que los ritmos comunes en las porciones basales son de tipo $A \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow B$ (*), o menos frecuentemente $A \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow C$, con D como elemento subordinado a continuación de ese ciclo, mientras que en otras áreas, si bien no se cuenta con base visible, los ritmos $C \rightarrow D \rightarrow B$ son los únicos presentes.

En el primer caso, basándonos en criterios estratigráficos y cromáticos (corroborados por estudios mineralógicos), podemos distinguir dos horizontes bien definidos de pelitas que denominaremos Inferior y Superior. El Horizonte Inferior está constituido por limolitas de color blanco (N 9 blanco R.C.Ch.) y con frecuentes granos arenosos dispersos y evidente laminación. La potencia es constante en todos los afloramientos y de alrededor de 1.20m. (Figura N° 13).

(*) A=pséfitas, B=psamitas, C=pelitas, D=alternancia de psamitas y pelitas.

PERFIL COLUMNAR N° 1. HORIZONTE SUPERIOR DE PELITAS



- 2.50 m Ortocuarzitas blancas, teñidas superficialmente por óxidos de hierro. (Muestra N° 1).
- 0.40 m Arcilita blanca, laminada. (Muestra N° 2).
- 1.20 m Ortoconglomerado de ftanitas con matriz psamítica. (Muestra N° 3)
- 0.80 m Arcilita blanca, laminada. (Muestra N° 4).
- Ortocuarzitas.

FIGURA N° 12

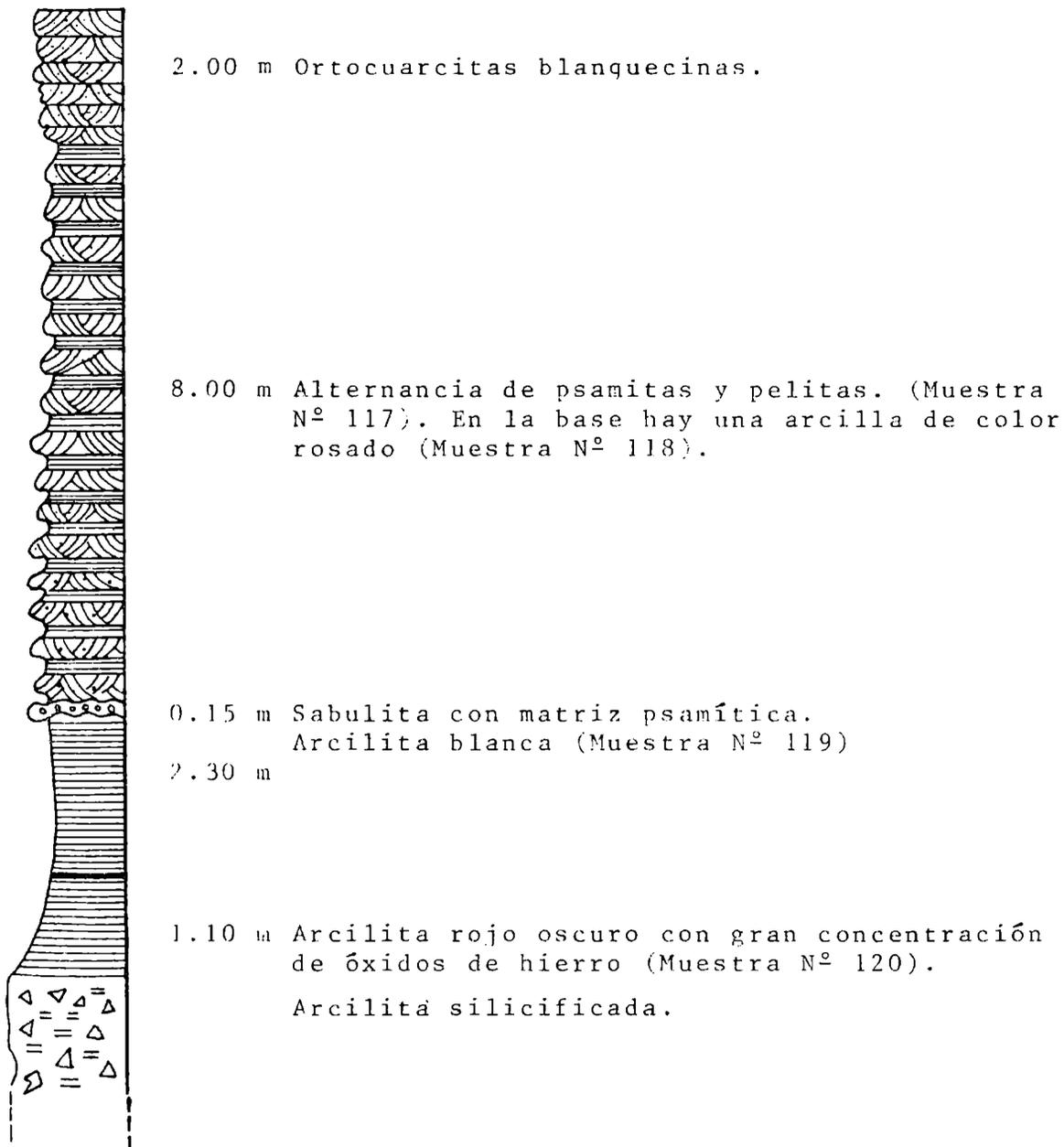
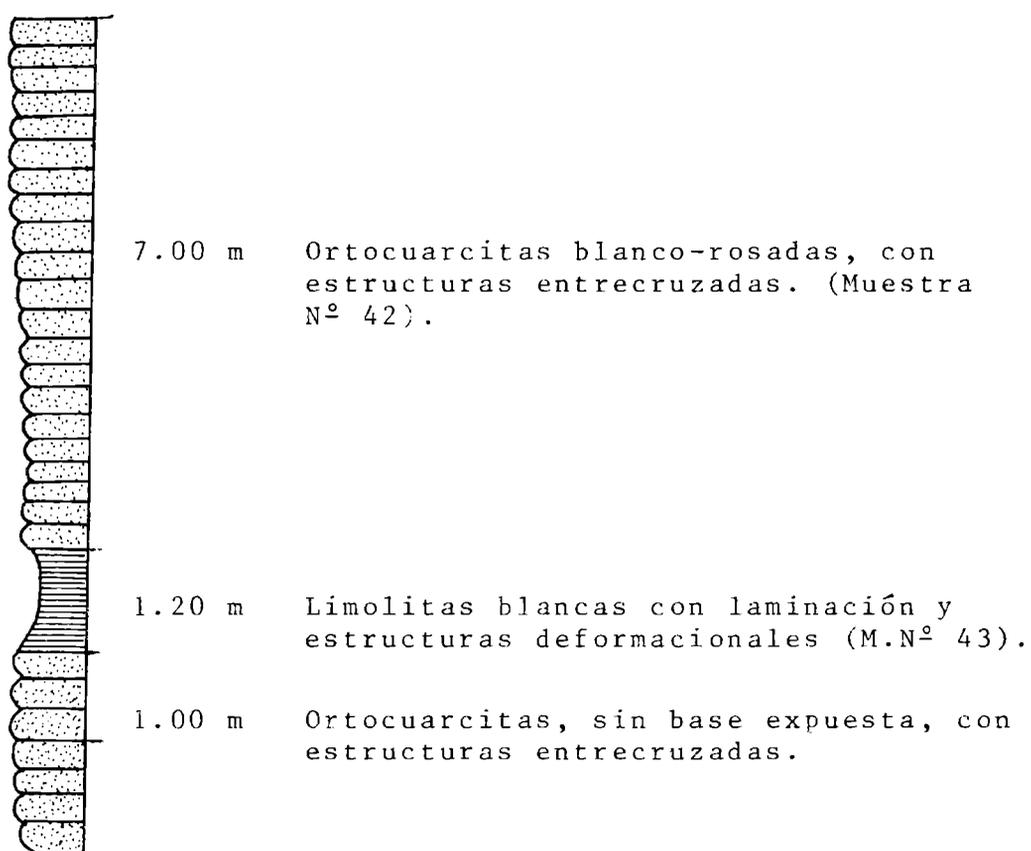
PERFIL COLUMNAR N° 19. HORIZONTE SUPERIOR DE PELITAS.

FIGURA N° 13

PERFIL N° 14HORIZONTE INFERIOR DE PELITAS

El Horizonte Superior, más expuesto en la mayoría de los perfiles que el anterior, está integrado por arcilitas divididas en tres niveles perfectamente diferenciables por el color: a) un nivel basal rojo muy oscuro y rojo negruzco (5 R 2/6 y 5 R 2/2), debido a una gran concentración de óxidos de hierro y con la base generalmente silicificada; b) un nivel castaño rojizo hasta rojo pálido (10 R 4/6 y 5 R 6/6), con contacto inferior transicional a las arcilitas infrayacentes y c) un nivel amarillo-verdoso a verdoso (10 Y 8/2 y 564 8/1). Los espesores son variables, siendo los dos primeros más potentes, entre 0.60 m y 3 m cada uno y el superior solo alcanza a un máximo de 0.30 m (Figuras N^os. 12 y 14).

Este conjunto de arcilitas presenta laminación notoria y en algunos casos laminación replegada y estructuras de tipo flasser. Además de éstas, suelen encontrarse en las pelitas rojas, estructuras de génesis incierta, cuya formación puede deberse a pigmentación secundaria, relacionadas con procesos deformacionales o bien con fenómenos de crioturbación (*). Estas estructuras parecen ser simétricas con respecto a planos de fracturación (Figura N^o 15). Por su parte, las pelitas blanquecinas suelen presentar pequeños repliegues simétricos o asimétricos de hasta 0.05 m de altura.

(*) Maack (1951), reconoció estructuras de crioturbación en ortocuarcitas de Mar del Plata ("Cuarcitas Balcarce" de Amos, et. al., op. cit.).



FIGURA N^o 14. Formación Las Aguilas. Arcilitas rojas y blancas, alternancia de psamitas y pelitas y ortocuarcitas coronando la secuencia.

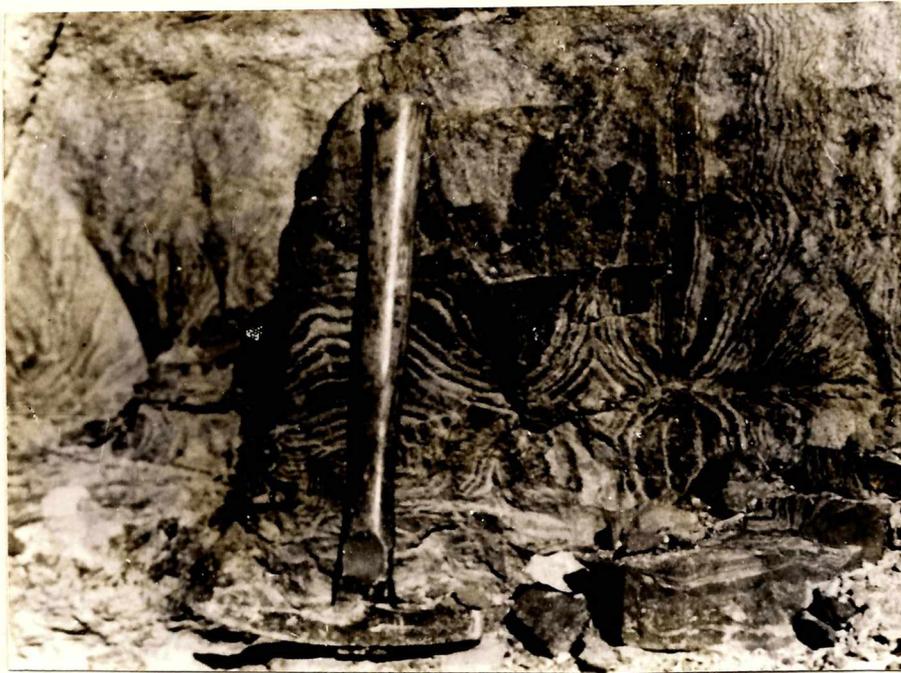


FIGURA N^o 15. Estructuras de génesis incierta en arcilitas rojas.

Caracteres composicionales y texturales de la Formación Las Aguilas.

En esta formación fueron examinadas 4 muestras de psamitas y psamitas y 6 muestras de limolitas y arcilitas.

De acuerdo al Cuadro N^o 2, el cuarzo es el componente predominante, mientras que los litoclastos están en proporciones subordinadas; además observamos por primera vez una matriz arcillosa en las rocas sabulíticas.

El cuarzo se presenta como granos monocristalinos y policristalinos. Los primeros están representados por individuos con inclusiones globulares dispersas u orientadas en planos paralelos, de apatita, rutilo y circón. La extinción es ondulante moderada a muy fuerte, pudiendo observarse en las sabulitas, típicas láminas de Böhn. El tamaño de los individuos de cuarzo oscila entre 200 y 300 micrones en las areniscas, pudiendo alcanzar 2 mm en las sabulitas. Son frecuentes los crecimientos autigénicos de cuarzo en las psamitas, en tanto faltan en las sabulitas, a causa probablemente de la presencia de matriz.

Por su parte, el cuarzo policristalino se presenta en individuos subredondeados a redondeados, de 300 micrones (en psamitas) hasta 4 mm (en las sabulitas). Los cristales de cuarzo son generalmente alargados y con contactos suturales, presentando además una discreta orientación dimensional. Con frecuencia, poseen trenes de inclusiones globulares en planos paralelos u oblicuos y abundantes fibras de rutilo. La extinción es ondulante fuerte.

Entre los litoclastos estables aparecen fragmentos de ftanitas y de ortocuarzitas.

Las areniscas examinadas carecen de matriz y solo presentan pequeños agregados intersticiales de caolín que probablemente deriven de la destrucción de los clastos intraformacionales mayores.

Por el contrario, en las sabulitas se observa la presencia de matriz como un agregado no orientado de cuarzo y laminillas birrefringentes de arcilla. Las mayores de estas laminillas, de tamaño promedio 40 x 105 micrones, son de pirofilita y/o caolinita (Véase mineralogía de arcillas pág. 71) y se considera que son minerales neoformados (Véase procesos diagenéticos en las formaciones La Tinta y Las Aguilas pág.47) y Zalba (1978). Además se observan litoclastos inestables (intraformacionales pelíticos) en las areniscas. En general se trata de clastos redondeados, cuyo tamaño varía entre 1 y 4 mm. Las ftanitas están formadas por una fina trama de individuos anhedrales de calcedonia. A veces, en esta base fina pueden reconocerse estructuras laminares u oolitas, cuyo diámetro varía entre 150 y 1000 micrones y que en algunos casos exhiben restos de una estructura concéntrica. (Figura N° 16).

En cuanto a los clastos de ortocuarcitas, presentan individuos de cuarzo redondeados, de tamaño promedio 150 micrones, unidos por crecimiento secundario de cuarzo (Cuadro N° 3). Como minerales pesados suelen aparecer cristales de circón y rutilo, minerales típicos de las ortocuarcitas. Cabe mencionar que el circón puede alcanzar un 2% en las limolitas de la base de la formación.

Contactos y correlaciones

Es muy difícil observar el contacto inferior de la Formación Las Aguilas, a causa del bajo buzamiento regional de las capas hacia el SO. Solo es posible apreciarlo en algunos perfiles de la zona NE de nuestra área de trabajo, debido a que se halla expuesto en un bloque levantado de una importante falla. En efecto, puede verse que existe una discordancia (paraconcordancia aparente) de carácter regional con las rocas de la Formación La Tinta, mediando entre ambas una superficie plana de separación.

En otras zonas vecinas a la Cuchilla de Las Aguilas, el límite inferior de la formación solo aflora en la mina Cons-



FIGURA N^o 16. Oolita totalmente reemplazada por SiO₂ en sabulitas de la Formación Las Aguilas. Obs. sin analizador.
X 200. M. N^o 134.

tante 10, ubicada en López, a 25 km al NO del cerro El Sombrerito. Aquí se observan 3 metros de arcilita gris verdosa hasta rojiza, apoyada directamente sobre rocas del basamento cristalino. El techo de las arcilitas, que corresponden al Horizonte Superior en el perfil (Véase Neoestratotipo de la Formación Las Aguilas, Figura N^o 7), lo forma un ortoconglomerado de ftanitas, similar en sus características litológicas y posición estratigráfica a los ortoconglomerados descritos en el citado perfil. Ahora bien, si consideramos la similitud litológica y frecuente ritmicidad de tipo C → A → B, observada en los afloramientos de Constante 10, El Ferrugo, Cinco Lomas y La Verónica, en una extensión de aproximadamente 70 km hacia el NO de la Cuchilla de Las Aguilas, perfil geológico-topográfico (Figura N^o 10), podemos inferir que la Formación Las Aguilas debe apoyarse sobre el basamento cristalino en toda el área comprendida entre Chillar, último afloramiento de esta secuencia hacia el NO, y El Sombrerito, sin que aparezcan interpuestos los estratos de La Tinta.

Sedimentos cuaternarios

Las formaciones reconocidas por Rabassa para la Cuchilla de Las Aguilas, son la Formación Barker, de origen eólico, constituida por limolitas con abundantes concreciones de carbonato de calcio y atribuida por este autor al Plioceno o Pleistoceno inferior; hacia arriba la Formación Vela, de origen fluvial, formada por limolitas con una capa de tosca en su parte superior, correspondiente al Pleistoceno medio y finalmente la Formación Las Animas, de origen eólico, y que está integrada por limos loessoides sin estructuras, con una edad Pleistoceno Superior y Reciente. (Ver Cuadro N^o 1).

Edad de las Formaciones La Tinta y Las Aguilas

Si bien la secuencia sedimentaria de las Sierras Septentrionales era ya conocida en sus caracteres generales desde fines del siglo pasado, el problema de la ubicación cronológica constituyó siempre un tema de polémica, en virtud de la escasez y tipos de fósiles existentes para su datación.

Hasta el trabajo de Amos, et. al. (op. cit.), los diversos investigadores que estudiaron la geología de estas sierras, consideraron a la totalidad de las sedimentitas aflorantes (hasta entonces Formación La Tinta), como pertenecientes al Paleozoico Inferior: (Cámbrico, Hauthal 1896, 1901; Silúrico, Hauthal 1904; Cambro-ordovícico, Nágera 1919, 1933, 1940; Ordovícico, Borrello 1966, Holmberg 1972; Devónico, Siemiradzki 1893) y/o Paleozoico Superior; Carbónico, Shiller 1930, Harrington 1940, Holmberg 1972. También le fue asignada una edad jurásica (Aguirre, 1897) y cretácica (Heusser y Claraz, 1863).

Amos, et. al. (op. cit.), llaman por primera vez "Grupo" a La Tinta y reconocen una división en la secuencia sedimentaria, como ya fuera mencionado. Ubican por primera vez a la "Formación La Tinta" del área de Sierras Bayas como precámbrica, basándose esencialmente en el estudio de los estromalolitos que se encuentran en las dolomías de las Sierras Bayas, correlacionables, según los autores a los descritos por Almeida (1944) para el Grupo Bambuí y datados por Amaral y Kawashita (1968) entre 600 y 640 millones de años (*).

Por otra parte, consideran como Paleozoico Inferior a la Formación Punta Mogotes y a las Cuarcitas Balcarce, aceptando la datación ordovícica de Borrello (op. cit.) basada en hallazgos de Crossopodia (Crosochorda), Arthropycus Harlani Hall, Arthropycus alleghaniensis ~~Hall.~~, Cruziana furciformis ^(Harlan)

(* Di Paola et. al. (1975) reafirman la edad precámbrica de esta unidad, por la presencia de estromalolitos, asociación litológica y estilo tectónico comunes al precámbrico de Brasil, Sud Africa y Australia.

fera, d'Orb., Nereites Sp. Nov., Phylloctes Sp. y Scolitus Sp. en la segunda unidad. La edad precámbrica de la Formación La Tinta de Amos, et. al. (op. cit.) ha sido recientemente confirmada por los trabajos de Bonhome y Cingolani (Cingolani Com. pers.) al efectuar la datación radiométrica Rb-Sr y K-Ar, de las arcilitas de las Sierras Bayas. Cabe consignar que estos autores intentaron sin éxito utilizar muestras de la zona de Barker para su datación, correspondientes a la Formación Las Aguilas, debido a la "variabilidad de estos depósitos y de las arcillas en sí mismas".

En síntesis, en base a las consideraciones ya analizadas de Amos, et. al. (op. cit.), de Borrello, (op. cit.) y Bonhome y Cingolani (Com. pers.), consideramos que la Formación La Tinta es de edad precámbrica y la Formación Las Aguilas corresponde al Paleozoico Inferior (¿Cambro-Ordovícico?).

AMBIENTE SEDIMENTARIO

Analizando la asociación litológica de las dos unidades litoestratigráficas presentes en la Cuchilla de Las Aguilas y zonas vecinas, representadas por frecuentes ortocuarcitas con intercalaciones de arcilitas y ortoconglomerados, podemos inferir, de acuerdo a Krumbein y Sloss (1969), que el ambiente de sedimentación fue de plataforma estable, o sea una zona, según los mismos autores, caracterizada por tectonismo ausente y escaso aporte de materiales clásticos.

En la Formación La Tinta, la homogeneidad composicional (índice arena/pelita = ∞) y madurez textural de las sedimentitas, representadas exclusivamente por ortocuarcitas, en nuestra zona de trabajo, señalan un retrabajamiento del material clástico a lo largo de un lapso prolongado. Teniendo en cuenta que esta formación está integrada también, en otros sectores (Sierras Bayas) por estratos tabulares de calizas, dolomías y arcilitas, en una extensión considerable (secuencias de tipo "blanket"), creemos de acuerdo a Krumbein y Sloss (op. cit.) que las rocas de la Formación La Tinta constituyen una asociación de arenas cuarzosas de manto.

Por otra parte, la ausencia de clastos líticos en las ortocuarcitas permite suponer que se trata de ortocuarcitas de primer ciclo.

A diferencia de la formación subyacente, la Formación Las Aguilas presenta algunos caracteres distintivos. En primer lugar el acuñaamiento de los estratos basales, con características transgresivas (traslape), respondiendo a la morfología de fondo (Véase Contactos y correlaciones - pág.38), que se pone de manifiesto en los afloramientos al NO de la Cuchilla de Las Aguilas. En la misma Constante 10, El Ferrugo, Tedín Uriburu, Cinco Lomas y La Verónica, la Formación Las Aguilas comienza con arcilitas, faltando los estratos infrayacentes de ortoconglomerados y brechas de ftanitas basales. En Constante 10, La Verónica y Chillar,

aflora solamente un ortoconglomerado, que corresponde al segundo nivel de ortoconglomerados de Barker. (Véase Figura N° 10).

Otros aspectos llamativos son la lenticularidad de las capas, puesta de manifiesto principalmente en los estratos de pefitas y pelitas y la diversidad litológica existente (índice arena/pelita = 4).

Las relaciones laterales y verticales de los cuerpos sedimentarios y la ciclicidad manifiesta, principalmente en las secuencias basales, son argumentos valederos para suponer la existencia de un proceso transgresivo principal, acompañado por regresiones menores, con el consiguiente desplazamiento de la línea de costa y la depositación alternada de sedimentos por sobre y debajo de la línea de costa (ortoconglomerados y pelitas respectivamente).

De acuerdo a las referencias de Reineck y Singh (1973), las estructuras entrecruzadas presentes, de tipo tabular planar, son producto de corrientes de energía baja a moderada y ocasionalmente fuerte (con la depositación de ortoconglomerados y sabulitas). La presencia de megaóndulas en el techo de las areniscas que coronan el Horizonte Inferior de pelitas, son indicadoras de aguas poco profundas.

Los clastos líticos de ortocuarzitas y de ftanitas, estos últimos con oolitas totalmente reemplazadas por sílice, junto con la presencia de cuarzo policristalino, constituyen una prueba de la erosión de rocas portadoras de estos materiales (Formación La Tinta). Por lo tanto las areniscas de la Formación Las Aguilas, corresponderían a ortocuarzitas de segundo ciclo.

Podemos aplicar en forma general, el esquema de Johnson (1977), para separar distintas facies en ortocuarzitas, de acuerdo a la granulometría, estructuras sedimentarias y paleocorrientes.

De este modo, en la Formación Las Aguilas se pueden diferenciar:

- 1) Una facies de ortocuarcitas homogéneas, con estructuras entrecruzadas de tipo tabular planar, que correspondería a corrientes con energía de flujo baja a moderada y ocasionalmente alta (depositación de ortoconglomerados y sabulitas).
- 2) Una facies de pelitas con laminación, que representaría la de menor energía y mayor profundidad de las aguas, - disminución de la turbulencia y del régimen de movimiento de los sedimentos.
- 3) Una facies de areniscas-arcilitas alternantes, en la cual habría 2 regímenes hidráulicos: períodos de baja energía representados por la depositación de arcilitas y períodos de mayor energía marcados por la introducción de estratos de areniscas (ortocuarcitas) con evidencias de estructuras de tipo Flasser. Durante este lapso, el proceso dominante fue probablemente de movimiento de ondas oscilatorio.

También en este caso, y de acuerdo a Krumbein y Sloss (op. cit.), consideramos que las rocas de la Formación Las Aguilas corresponden a una asociación de arenas - cuarzosas de manto. (Cuadro N° 3).

PROCESOS DIAGENETICOS EN LAS FORMACIONES LA TINTA Y LAS AGUILAS

De acuerdo a las evidencias composicionales y texturales de las rocas de las Formaciones La Tinta y Las Aguilas, consideramos que las mismas han sufrido procesos de diagénesis.

En efecto, en las "Ortocuarcitas Inferiores" y "Superiores" de la Formación La Tinta y en las ortocuarcitas de la Formación Las Aguilas, puede apreciarse que los granos de cuarzo presentan desarrollo de crecimiento secundario; este fenómeno que conduce a la cementación de las areniscas ya ha sido mencionado por distintos autores como González Bonorino (op. cit.), Teruggi (op. cit.), Marchese, et. al. (op. cit.). En cambio en las areniscas silíceas - castañas se observa además otro proceso involucrado en la diagénesis. Los granos presentan bordes netos de crecimiento secundario, pero están prácticamente sueltos y en los intersticios se observan delgadas laminillas de minerales arcillosos, que se han desarrollado in situ, rodeando completamente los clastos. Estos pequeños cristales han crecido sin que haya habido involucrada ninguna reacción con los clastos, que permanecieron como cuerpos inertes, (Figura N° 17). Estas laminillas fueron observadas también por Marchese, et. al. (op. cit.).

En la Formación Las Aguilas, los procesos de diagénesis han provocado además el crecimiento in situ de cristales de diasporo y el desarrollo de minerales arcillosos (caolinita y pirofilita en pequeña escala). (Zalba 1978). (Véase Génesis de los minerales arcillosos. Pág.160).

El diasporo es un óxido básico de aluminio, conocido por algunos autores como α alúmina monohidrato y cristaliza en el sistema rómbico.

El desarrollo de cristales de diasporo se identificó en el Horizonte Superior de pelitas, tanto en arcilitas blancas como en rojas y violáceas.

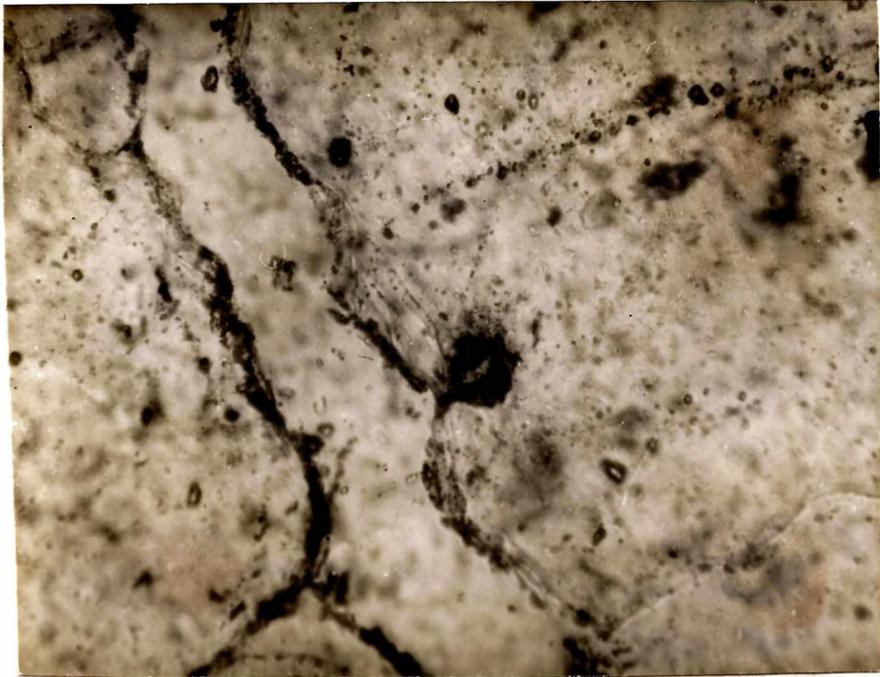


FIGURA N^o 17. Cristales de caolinita desarrollados in situ, alrededor del crecimiento secundario de cuarzo en areniscas castañas de la Formación Las Aguilas. X 200. M. B.

El diasporo se presenta incoloro en secciones delgadas, aunque puede presentar coloración castaña, rojiza y amarillenta en las arcilitas rojas, pues está recubierto por una película de óxidos de hierro. Tiene clivaje perfecto en una dirección (010), extinción recta, $2 V_Z$ grande (80-90°) y presenta evidencias de disolución intraestratal ("diente de perro"). (Figura N° 18). El relieve es - alto y los índices de refracción son elevados ($n_{\alpha} = 1.693$; $n_{\beta} = 1.712$ y $n_{\gamma} = 1.745$).

El diasporo aparece ya sea en cristales individuales, ehedrales, prismáticos, incoloros (Figura N° 18), o bien formando agregados de dos o más cristales aciculares maclados en forma de tijera, con ángulos entrantes de 60°, ofreciendo aspecto de una simetría pseudo hexagonal. También son frecuentes secciones de maclas en forma de V, con las características anteriores. (Figura N° 19).

A fin de conocer las relaciones texturales entre el diasporo y los distintos minerales de las arcillas, se efectuaron cortes delgados de las pelitas que constituyen el Horizonte Superior. De esta forma, se pudo establecer que los cristales de diasporo atraviesan la laminación, - dada por la disposición paralela de los minerales de las arcillas. Al mismo tiempo, el gran desarrollo de los cristales (168 x 84 micrones prom.), y su aspecto ehedral sugieren que los mismos se formaron in situ. (Figura N° 20).

A los efectos de realizar el estudio de este mineral por difracción de Rayos X, se concentró el mismo a partir del retenido del tamiz 230, ya que por las observaciones microscópicas del tamaño, se vió que debía quedar retenido en esta malla. Los difractogramas obtenidos (Figura N° 21), permitieron comprobar que efectivamente, la mayor - parte de este retenido correspondía a diasporo, impurificado por minerales de las arcillas. Por esta razón no se presentan datos de análisis químicos, aunque es de notar que se comprobaron valores de contenido en Al_2O_3 de hasta 70 %.

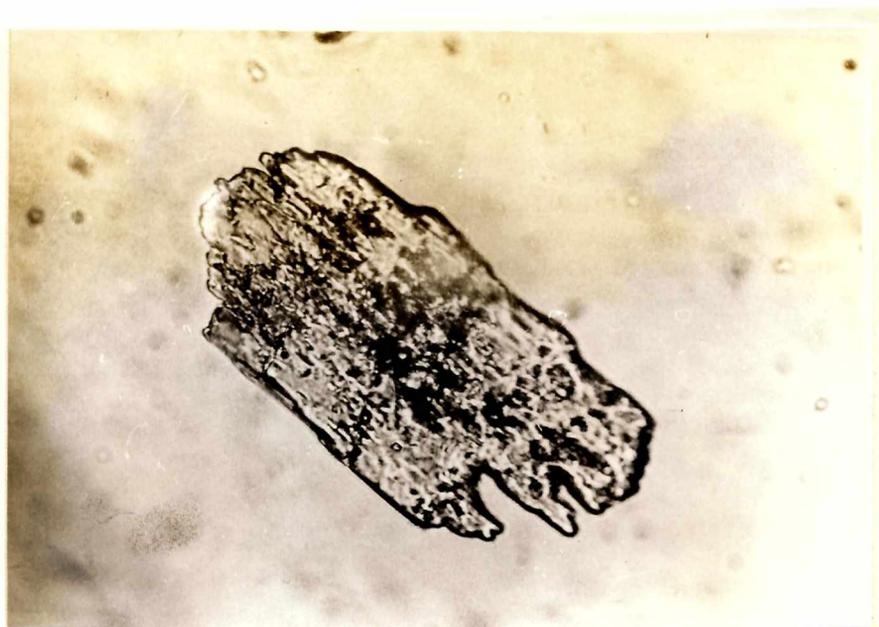


FIGURA N^o 18. Cristal de diasporo con evidencias de disolución intraestratal.
Obs. sin analizador.



FIGURA N^o 19. Cristales de diasporo maclados.
Obs. con analizador.

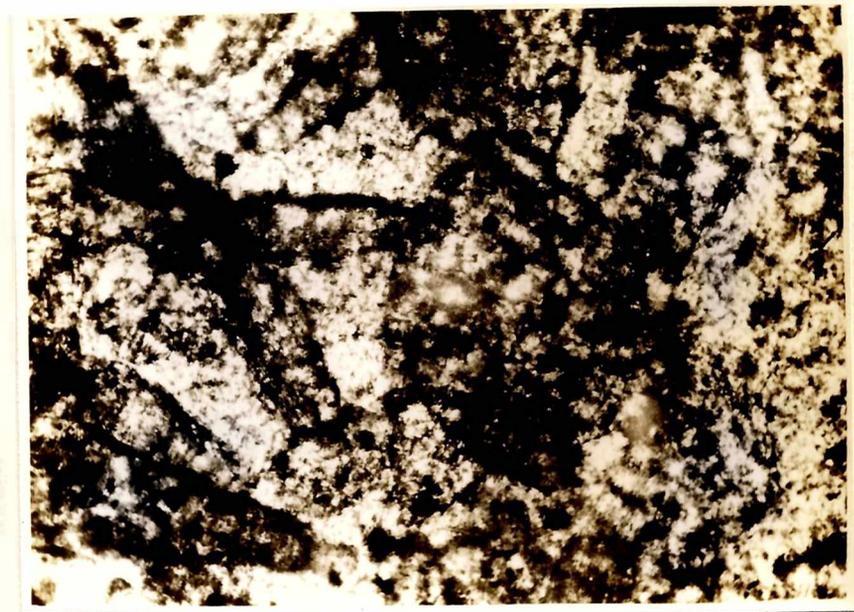


FIGURA N^o 20. Cristales de diasporo maclados
en corte delgado de arcilita.
Obs. con analizador.

En cuanto al desarrollo de minerales de las arcillas in situ, éste puede apreciarse tanto en las psamitas como en las pelitas. En las primeras se trata de agregados de cristales de caolinita de 105 x 40 micrones (prom.). Su aspecto al microscopio se parece al de un acordeón; son incoloros y de birrefringencia baja, con colores de interferencia blancos a amarillentos (Figura N° 22, centro de la fotografía). En las pelitas blancas y rojas, también se observan agregados de pirofilita de gran desarrollo (100 x 50 micrones prom.), incoloros, con alta birrefringencia, colores de interferencia rojizos y verdosos y de forma curvada. (Figura N° 23).

Por todo lo expuesto, consideramos que las ortocuarcitas de la Formación La Tinta han sufrido procesos de anadiagénesis y epidiagénesis y las arcilitas de la Formación Las Aguilas procesos de anadiagénesis (en el sentido de Larsen y Chilingar 1967). Tanto el diasporo como los agregados en acordeón de caolinita y los agregados curvos de pirofilita, son minerales neoformados (autígenos) según el concepto de Krumbein (1957).

Por otra parte, en el "Rapport preliminaire" de Bonhome y Cingolani sobre la mineralogía de la fracción fina de la Sierra de Tandil (com. pers. Cingolani), los autores infieren procesos diagenéticos en las arcillas, de acuerdo al valor del índice de cristalinidad de la illita, del orden de 3.5, el cual situaría a las mismas en el límite entre el anchi y el epimetamorfismo.



FIGURA N^o 22. Agregados de caolinita en forma de acordeón en ortocuarcitas. Nótese los bordes de crecimiento secundario de cuarzo en los clastos de cuarzo. Obs. con analizador.

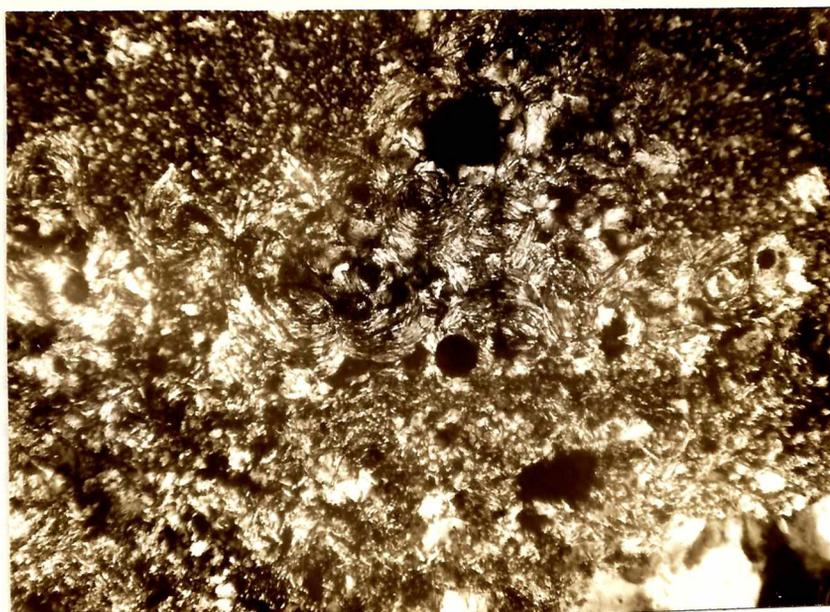


FIGURA N^o 23. Agregados de pirofilita con formas curvas en pelitas. Obs. con analizador.

ESTRATOS PELITICOS

Muestreo y ubicación de las muestras.

El muestreo en los distintos afloramientos se realizó en sentido vertical y lateral, en canaleta de 0,20 m de ancho, perpendicularmente a los estratos, hasta completar 20 kg. En algunos casos, de un mismo nivel, se tomaron varias muestras a fin de poder verificar si los cambios de coloración se correspondían con variaciones en la composición mineralógica. Al mismo tiempo, el muestreo se completó con los demás tipos litológicos que formaban parte de la secuencia. Cada perfil columnar, que lleva número de identificación, con las respectivas muestras y litología, figura en el Cuadro N° 4 de ubicación de muestras.

Concepto de arcilla y clasificación

El término arcilla puede usarse en relación con la designación de un tipo de sedimento o bien para definir un rango de tamaño de partícula en el análisis mecánico de rocas sedimentarias, suelos, etc. El equivalente litológico, correspondería, en nuestro lenguaje, a la palabra arcilita.

En general el término arcilla implica un material natural, terroso, de grano fino, que desarrolla plasticidad cuando se lo mezcla con una limitada cantidad de agua. Los análisis químicos de arcillas demuestran que éstas están compuestas esencialmente por sílice, alúmina y agua, frecuentemente con apreciables cantidades de hierro, álcalis y alcalino-térreos.

El término no tiene significado genético. Se usa para materiales que son el producto de la meteorización; se han formado por acción hidrotermal, o bien han sido depositados como sedimentos.

Como tamaño de partícula, la fracción arcilla está constituida por los tamaños menores de 4 micrones.

CUADRO N° 4UBICACION DE MUESTRAS

<u>PERFIL N°</u>	<u>N° DE MUESTRA</u>	<u>LITOLOGIA</u>
1	1	ortocuarcita
	2	arcilita blanco-verdosa
	3	conglomerado de ftanitas con matriz arenosa
	4	arcilita blanco-verdosa
2	5	arcilita gris-verdosa
3	6	arcilita gris-verdosa
	7	conglomerado de ftanitas con matriz arenosa
4	43 bis	arcilita blanca
	44	arcilita blanca
		muestras laterales
5	10	ortocuarcita
	9	alternancia psamito-pelítica
	8	arcilita roja
6	11	alternancia psamito-pelítica
	12	arcilita blanco-verdosa
7	13	ortocuarcita
	14	alternancia psamito-pelítica
	15	arcilita gris-rosada
	16	arcilita roja
8	17	ortocuarcita
	18	alternancia psamito-pelítica
	19	conglomerado con matriz arenosa
	20	arcilita blanco-rosada
	21	arcilita roja
	22	arcilita rojo-violácea

(Continuación)

PERFIL N ^o	N ^o DE MUESTRA	LITOLOGIA
9	23	ortocuarcita
	24	alternancia psamito-pelítica
	25	arcilita gris-verdosa
	26	arcilita roja-violácea
	27	arcilita gris-violácea
	28	pelita silicificada
10	29	alternancia psamito-pelítica
	30	arcilita gris-verdosa hasta roja
11	31	arcilita roja
12	32	alternancia psamito-pelítica
	33	ortocuarcita
	34	arcilita gris-verdosa
	35 "A", "B" y "C"	arcilita roja
	36	arcilita violácea
13	37	ortocuarcitas
	38	alternancia psamito-pelítica
	39	arcilita gris-verdosa
	40	arcilita roja
	41	arcilita rojo-violácea
14	42	ortocuarcita
	43	arcilita blanco-amarillenta
15	101	ortocuarcita
	102	alternancia psamito-pelítica
	103	arcilita rosada parte superior
	104	blanco rosada
	105	alternancia psamito-pelítica
	106	arcilita rosada
	107	arcilita violácea

(Continuación)

PERFIL N ^o	N ^o DE MUESTRA	LITOLOGIA
16	108	arcilita roja
	109	arcilita verdosa
	110	arcilita roja
17	111	arcilita verdosa
	112	ftanita
18	113	alternancia psamito-pelítica
	114	conglomerado de ftanitas con matriz arenosa
	115	arcilita roja
	116	arcilita blanco-rosada, hasta violácea
19	117	alternancia psamito-pelítica
	118	arcilita rosada
	119	arcilita gris-verdosa
	120	arcilita roja
	121	arcilita rojo-violácea
S/Perfil	122	arcilita roja, tornasolada negro-azulada
	123	arcilita roja, tornasolada negro-azulada
20	124	alternancia psamito-pelítica
	125	arcilita limosa ocre
	126	arcilita roja
	127	arcilita verdosa
21	128	alternancia psamito-pelítica
	129	arcilita limosa ocre
	130	arcilita roja
22	131	arcilita roja

(Continuación)

PERFIL N ^o	N ^o DE MUESTRA	LITOLOGIA
	132	alternancia psamito-pelítica
23	134	conglomerado de ftanitas con matriz arenosa
	133	arcilita ocre
	135	arcilita roja

Las arcillas se encuentran dentro del grupo de los filosilicatos, excepto el grupo de la sepiolita-palygorskita, que forman silicatos en cadenas. Los filosilicatos están constituidos por la combinación de dos capas diferentes llamadas capa tetraédrica y capa octaédrica. La primera está formada por la asociación de tetraedros ligados entre sí en capas planas, cuyos cuatro vértices están ocupados por oxígenos y su centro por un silicio, que comparte las cuatro cargas positivas con los cuatro oxígenos de los vértices. La capa octaédrica está formada por octaedros, ligados entre sí, en capas planas. Dichos octaedros tienen sus seis vértices ocupados por oxígenos y oxhidrilos y el centro lo ocupa un átomo de aluminio. La unión de una capa tetraédrica y una octaédrica conduce a la estructura de la Caolinita. Si se unen dos capas tetraédricas con una capa octaédrica intermedia, se constituye una unidad que se une a otra unidad idéntica por medio de átomos de potasio, obteniéndose así la estructura de las micas. Si estas mismas unidades estructurales (tetraedro-octaedro-tetraedro), están separadas por capas de agua, y los octaedros llevan en su centro átomos de Al-Mg, se obtiene la estructura de la Montmorillonita. La estructura de la clorita consiste en - capas alternantes de mica (octaedro-tetraedro-octaedro) y brucita (octaedro-tetraedro). Finalmente, la Vermiculita es similar a la Montmorillonita, pero el espaciado atómico entre unidades es diferente y además las unidades estructurales están separadas por agua y distintos cationes. Brindley (1951).

A continuación, en el Cuadro N° 5, se transcribe la clasificación adoptada por el Comité de Nomenclatura de la Asociación de Minerales de Arcillas, (1963):

CUADRO N^o 5

Grupo Tipo x cargas por capa	Subgrupo	Especies
Talco-Pirofilita	Pirofilitas	Pirofilita
x	Talcos	Talco
Smectita o Saponita - Montmori- llonita	Smectitas dioctaé- dricas o Montmori- llonita	Montmorillonita, Beideli- ta, Nontronita
x 0.5 - 1	Smectitas triocta- édricas o Saponitas	Saponita, Hectorita, Sau- conita
Vermiculita	Vermiculita dioctaédrica	Vermiculita dioctaédrica
2: 1 x 1 - 1.5	Vermiculita trioctaédrica	Vermiculita trioctaédrica
Mica	Micas dioctaédricas	Muscovita, Paragonita
x 2	Micas trioctaédricas	Biotita, Flogopita
Micas frágiles	Micas frágiles dioctaédricas	Margarita
x 4	Micas frágiles trioctaédricas	Seybertita, Xantofilita, Brandisita
Clorita	Cloritas dioctaédricas	
2:1:1 x variable	Cloritas trioctaédricas	Pennina, clinocloro, Proclorita
Caolinita-Serpenti- nita	Caolinitas	Caolinita, Halloysita
1:1 x 0	Serpentinas	Crisotilo, Lizardita, Antigorita

Clasificación de las rocas pelíticas

Para la clasificación de las muestras, se utilizó el triángulo de composición de González Bonorino y Teruggi (1950). (Figura N° 24.)

Los resultados son los siguientes:

MUESTRA N°		%	
14	Arena	0.04	Limo Arcilloso
	Limo	54.98	
	Arcilita	42.07	
16	Arena	-	Arcilla limosa
	Limo	22.00	
	Arcilla	78.00	
29	Arena	-	Limo Arcilloso
	Limo	60.17	
	Arcilla	36.07	
35"A"	Arena	-	Arcilla Limosa
	Limo	37.82	
	Arcilla	60.05	
35"C"	Arena	0.85	Limo Arcilla
	Limo	50.87	
	Arcilla	45.17	
36	Arena	-	Limo Arcilla
	Limo	51.32	
	Arcilla	46.15	
104	Arena	-	Limo Arcilla
	Limo	44.12	
	Arcilla	52.55	
106	Arena	0.09	Arcilla Limosa
	Limo	21.17	
	Arcilla	78.72	
107	Arena	-	Arcilla Limosa
	Limo	40.15	
	Arcilla	59.85	

CUADRO N° 5 - CLASIFICACION DE LOS SEDIMENTOS PELITICOS.

De acuerdo a estos resultados, se deduce que hay una ligera predominancia de limos arcillosos sobre arcillas limosas.

TRIANGULO DE COMPOSICION DE SEDIMENTOS CLASTICOS FINOS
(G. Bonorino y M Teruggi)

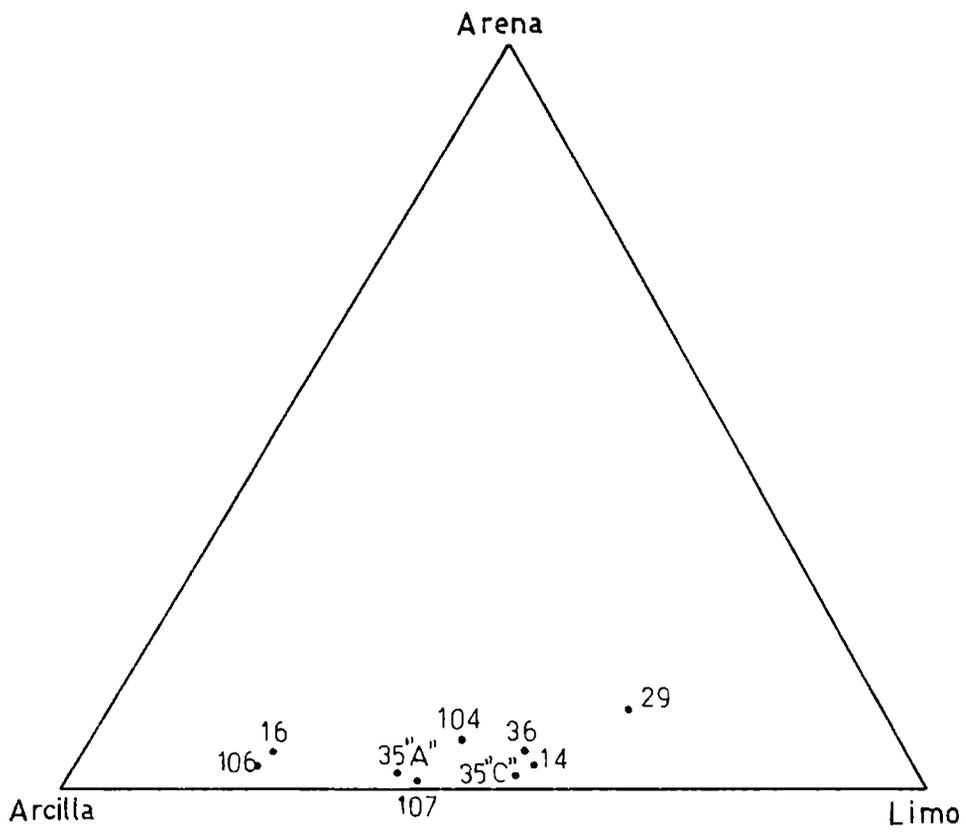


Fig 24

Métodos de estudio utilizados

Como ya se expresara al comienzo del trabajo, el principal objetivo de este estudio es conocer, en detalle, las características texturales y composicionales de las pelitas intercaladas en la secuencia sedimentaria descrita y que pertenecen, como se dijera anteriormente, a la Formación Las Aguilas.

Por tal razón, se recurrió a los siguientes métodos de estudio:

- Análisis granométrico
- Difracción de Rayos X
- Análisis químicos
- Análisis térmico-diferencial
- Dilatometría
- Estudio mineralógico óptico
- Microscopía electrónica

Caracteres texturales

Análisis granométrico

Con el objeto de conocer las variaciones granulométricas y, en particular, el contenido de la fracción arcilla (menor de 4 micrones), de las rocas pelíticas del área en estudio, se efectuaron análisis sobre nueve (9) muestras representativas del Horizonte Superior de pelitas, ya que este es el de mayor importancia económica.

El método de análisis, básicamente consistió en la obtención de 20 gr. de muestra por cuarteo, dispersando la misma en agua, con adición de carbonato de litio en un vibrador ultrasónico por espacio de 15 minutos. A continuación, se llevó la muestra dispersada a una probeta de 1 litro y se enrasó a 1 litro con agua destilada, controlando el pH para que se mantuviera ligeramente alcalino. Se procedió al análisis por pipeteo, de acuerdo al método convencional con extracciones de 20 ml a intervalos de tiempo preestablecidos hasta la fracción correspondiente a 1/2048 mm.

Una vez obtenidas las fracciones antedichas, el contenido de las probetas se volcó sobre un tamiz n° 230 y el retenido se lavó a fin de eliminar el material menor de 0,062 mm; se secó el material retenido en una estufa a 60°C y se procedió al tamizado, usando la serie Standard U.S ($\sqrt{2}$) del A.S.T.M.

Los resultados obtenidos figuran en el Cuadro N° 6.

Según se desprende del Cuadro N° 5, en las muestras, el porcentaje de arena es ínfimo y la mayor parte del sedimento está constituido por materiales limosos y arcillosos.

Los resultados de los análisis granométricos de las muestras, dadas en el Cuadro N° 6, deben ser analizados con suma cautela, por cuanto es difícil conseguir la dispersión total de las arcillas, debido a la presencia de óxidos de hierro que actúan como ligante entre los granos. En algunos casos se trataron las muestras con Calgón al 10% (PO_3Na_6), que tiene la propiedad de complejar los iones ferroso y férrico, contribuyendo esto a la dispersión de las partículas de arcilla.

Teniendo en cuenta lo antedicho, los resultados obtenidos exhiben siempre un porcentaje de la fracción arcilla inferior al real y por ello solamente se presentan datos correspondientes a nueve muestras, pues los demás valores obtenidos no ofrecen un adecuado margen de seguridad.

Los distintos métodos empleados permitieron la caracterización textural y composicional de las arcillas, la cual se desarrolla a continuación.

CUADRO N° 6

GRANULOMETRIA DE ARCILLAS

Ø	3	4	5	6	7	8	9	10	11	> 11
N° muestra	0.0445	-	22.5445	37.8745	47.1245	55.0245	64.0245	70.3945	78.3245	97.0945
16	-	-	3.9750	15.8000	26.100	40.1500	52.0350	62.0350	70.6750	100.000
29	-	-	11.000	41.3500	52.1750	60.1750	68.0500	71.7000	79.6000	96.2500
35"A"	-	-	4.2500	13.2500	25.4000	37.8250	49.6250	62.9750	77.9250	97.8750
35"C"	-	0.8593	9.8345	25.6845	38.6745	51.7345	58.4595	67.2595	75.0345	96.9095
36	-	-	12.6500	24.0500	358750	51.3250	60.5000	69.9750	75.0750	97.4750
104	-	-	13.470	29.9000	38.1750	44.1250	49.3000	50.3250	54.7750	96.6750
106	-	0.0943	1.5195	2.1445	7.8945	21.2695	35.5945	49.7445	61.7995	99.9945
107	-	-	3.39750	15.8000	26.1000	40.1500	52.0250	62.5750	70.6750	100.000

Caracteres composicionales

Análisis por difracción de Rayos X

Para la identificación y estimación cuantitativa de los minerales de arcillas, se realizaron dos tipos de análisis: a) sobre muestra total no orientada, previa molienda, sin ningún tratamiento y b) sobre muestra orientada. A tal efecto se procedió a dispersar las muestras y separar la fracción menor de 4 micrones; cada muestra en suspensión se depositó sobre portaobjeto de vidrio, dejando secar la misma a temperatura ambiente, con lo cual se obtiene una mejor orientación de las laminillas de arcillas paralelas a los planos (001).

El equipo utilizado para el registro de los difractogramas es el que posee el LEMIT, marca Philips cuyas condiciones de trabajo fueron las siguientes: radiación de Cobre (Cu) $K\alpha$ 1,5418 Å, filtro Niquel (Ni), diferencia de potencial 40 Kv, intensidad de corriente 18 mA, velocidad del goniómetro 2° 20/minuto. El factor de escala utilizado es 16 o 32 según la intensidad de los picos. En el registrador se trabajó con factor de multiplicidad 1, constante de tiempo 4 seg., contador de voltaje proporcional 1470 v.d.c. Los gráficos se hicieron para un recorrido del goniómetro entre 2°20 hasta 30° 20, ya que es en esta zona donde los minerales de arcillas presentan sus principales picos de difracción y que permiten su correcta identificación.

En el caso de la muestra orientada, se prepararon dos portaobjetos de la misma muestra para su análisis, normal, glicolada y calcinada a 550°C. Ambos tratamientos, de glicolación y calcinación producen una expansión o contracción característica de las dimensiones del espaciado atómico (001), que puede medirse a través de los difractogramas. Mediante calentamiento prolongado a alta temperatura, que difiere para cada grupo de minerales, los tres parámetros de la celda sufren variaciones, se rompe la estructura cristalina y se forma un material amorfo. El calentamiento puede, por cristalización provocar la formación de un nuevo mineral.

Procedimiento utilizado para muestra orientada

- 1 - De la suspensión dispersada original se preparan dos muestras orientadas (A y B) con fracciones menores de 4 micrones, sobre un portaobjeto de vidrio;
- 2 - Se dejan secar las muestras a temperatura ambiente;
- 3 - Se hace el difractograma de la muestra (A);
- 4 - Se identifican los espaciados atómicos d (hkl) en el difractograma;
- 5 - Se coloca la muestra (B) sobre un soporte en un recipiente con etilen-glicol, se lo cubre y se coloca en estufa a 60°C durante 2 horas. Se deja enfriar a temperatura ambiente y se saca la muestra del recipiente en el momento de ser analizada.
- 6 - Se hace el difractograma de la muestra glicolada (B);
- 7 - En este momento puede hacerse una primera identificación de los principales minerales de las arcillas;
- 8 - Se calienta en una mufla la muestra (B), controlando que ésta mantenga una temperatura de 550°C durante 2 horas (calcinación);
- 9 - Se hace un difractograma de la muestra calcinada (B).

Carroll (1970), sintetiza el comportamiento de los distintos minerales de las arcillas, con los tratamientos enunciados y en relación a la variación de sus espaciados atómicos (Cuadro N° 7), el cual se ha adoptado en este trabajo.

CUADRO N^o 7

IDENTIFICACION POR DIFRACCION DE RAYOS X DE LOS PRINCIPALES MINERALES DE ARCILLAS (2 micrones) EN MUESTRAS ORIENTADAS.
(Carroll 1970).

Mineral	Espaciado basal (001)	Efecto de la glicolación	Efecto del calentamiento
Caolinita	7.15 Å (001), 375 Å(002)	No hay cambio	Se vuelve amorfa a 550-600°C
Halloysita	10 Å (001)	No hay cambio	Se vuelve amorfa a menos temperatura que la Caolinita
Illita	10 Å (002)	No hay cambio	(001) Notablemente más intenso al calentarse y ser removidas las capas de agua.
Montmorillonita	15 Å (001)	(001) expande a 17 Å	A 300°(001) se contrae a 9 Å
Vermiculita	14 Å (001)	No hay cambio	Se deshidrata en forma de saltos.
Clorita	14 Å (001)	No hay cambio	(001) aumenta de intensidad, la estructura sufre colapso a 800°C.

La interpretación de los difractogramas para la identificación de los distintos minerales de las arcillas, se realizó teniendo en cuenta principalmente los trabajos de Molloy y Kerr (1961), Norrish y Taylor (1962), Brown (1961) y el - Inorganic Index to the powder diffraction file (J.C.P.D.S.) (1972).

En la estimación cuantitativa de los componentes se han tomado en consideración las intensidades de las reflexiones correspondientes a cada una de las especies mineralógicas, las cuales son directamente proporcionales a su concentración, teniendo en cuenta el factor de absorción y el de Laurentz.

Se siguió el trabajo de Johns, Grim y Bradley (1954), considerando uno de los métodos más adecuados para la cuantificación de arcillas.

Los resultados que se presentan en el Cuadro N^o 8, fueron obtenidos de los difractogramas realizados, para lo cual se utilizó el cálculo de la superficie areal de las reflexiones correspondientes a cada mineral, por planimetría. Con estos datos se obtuvieron los porcentajes en peso de los mismos. Las impurezas más comunes encontradas son cuarzo y feldespatos potásicos y calcosódicos. Sus porcentajes han sido calculados en aquellas muestras en las que se efectuaron análisis químicos y calcularon las fórmulas estructurales. En las restantes solo se indica si las impurezas son escasas o abundantes.

Es decir, la cuantificación fue realizada principalmente en base a la difracción de Rayos X y verificada con los resultados de los análisis químicos.

Mineralogía de arcillas

Como ya se dijera anteriormente, las arcillas analizadas corresponden a la Formación Las Aguilas, ya que en esta localidad, la Formación La Tinta no es portadora de pelitas. En el Cuadro N^o 8, figuran las especies identificadas: caolinita, illita, pirofilita y clorita. Como la halloysita no pudo ser cuantificada, salvo en algunos casos, no figura en el cuadro citado, aunque forma parte del porcentaje de caolinita calculado para algunas de las muestras, como se verá más adelante (Véase Microscopía electrónica de arcillas, pág.121).

Es importante tener en cuenta que las arcillas de esta formación difieren mineralógicamente de las arcillas de la - Cantera Loma Negra, Barker; Sierras Bayas, Olavarría (Formación La Tinta). La composición de las arcillas de Sierras Bayas ya ha sido suficientemente estudiada (Iñiguez, 1965, Caillère e Iñiguez, 1967; Iñiguez, 1970; Iñiguez y Zalba, 1974; Di Paola y Marchese, 1974); la misma es esencialmente illítica en el nivel de arcillas situado por debajo de la caliza, mientras que las arcillas que se encuentran sobre la misma - caliza, en Cerro Negro, Olavarría, contienen "illita con abundante clorita y una pequeña proporción de un interestratificado irregular de clorita-montmorillonita" (Iñiguez y Zalba op. cit.).

A su vez, las arcillas blanco-verdosas y rojas situadas por debajo de la caliza, en la Cantera Loma Negra de Barker, contienen illita, clorita y un interestratificado de illita-montmorillonita, como también lo reconoce Bonhomé^m (op. cit.).

Para la zona de Barker-Chillar, la composición de las arcillas es esencialmente caolinítica, con illita en menor proporción. En la zona de Barker - La Numancia, las especies que hemos identificado son caolinita e illita y finalmente en el área de Balcarce - Mar del Plata, los minerales de las arcillas son caolinita, illita y montmorillonita (Iñiguez y Zalba, 1974); con la mención de la presencia de halloysita por Rusthaller, 1977.

CUADRO N° 8

ESTIMACION CUANTITATIVA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA DE LAS ARCILLAS

POR DIFRACCION DE RAYOS X

Muestra N°	Illita %	Caolinita %	Pirofilita %	Clorita %	Cuarzo %	Feldespatos %
ROTIRO	14	86	-	-	escaso	escaso
5	25	42	33	-	vestig.	escaso
6	23	16	61	-	escaso	escaso
7	25	42	33	-	escaso	escaso
8	7	24	69	-	escaso	escaso
9	22	41	32	5	abundante	escaso
10	62	38	-	-	escaso	escaso
11	33	67	-	-	abundante	escaso
12	50	25	15	-	10	escaso
14	98	2	-	-	abundante	escaso
15	40	40	15	-	5	escaso
16	45	35	15	-	5	escaso
18	75	25	-	-	abundante	escaso
20	43	43	14	-	escaso	escaso

Continuación.

Muestra Nº	Illita %	Caolinita %	Pirofililita %	Clorita %	Cuarzo %	Feldespatos %
21	36	36	20	8	escaso	escaso
22	29	50	21	-	escaso	escaso
25	20	60	20	-	escaso	escaso
26	10	60	30	-	escaso	escaso
27	5	5	90	-	abundante	escaso
29	67	33	-	-	abundante	escaso
30	-	35	60	-	5	escaso
31	31	57	7	5	escaso	escaso
32	65	22	13	-	abundante	escaso
34	27	53	20	-	escaso	escaso
35 "A"	20	40	40	-	abundante	escaso
35 "B"	25	48	20	7	escaso	escaso
35 "C"	17	50	33	-	escaso	escaso
36	10	45	45	-	escaso	escaso
38	95	-	5	-	abundante	escaso
39	32	64	4	-	escaso	escaso
40	No determinado; abundante hematita					
41	No determinado; abundante hematita					

Muestra N ^o	Illita %	Caolinita %	Pirofililita %	Clorita %	Cuarzo %	Feldespatos %
101	100	-	-	-	abundante	escaso
102	95	-	5	-	abundante	escaso
103	-	100	-	-	escaso	escaso
104	95	-	5	-	abundante	escaso
105	70	24	-	6	abundante	escaso
106	30	65	5	-	escaso	escaso
107	57	43	8	-	escaso	escaso
108	36	55	9	-	escaso	escaso
109	27	68	5	-	escaso	escaso
110	73	18	9	-	escaso	escaso
111	45	22	33	-	escaso	escaso
112	17	25	58	-	abundante	escaso
113	90	5	5	-	abundante	escaso
115	-	95	5	-	abundante	escaso
116	10	50	40	-	escaso	escaso
117	83	-	17	-	abundante	escaso
118	67	-	33	-	abundante	escaso

Continuación.

Muestra N ^o	Illita %	Caolinita %	Pirofilita %	Clorita %	Cuarzo %	Feldespatos %
119	12	44	44	-	escaso	escaso
120	20	60	20	-	escaso	escaso
121	No determinado; abundante hematita.					
122	No determinado; abundante hematita.					
123	28	39	28	5	escaso	escaso
125	90	-	10	-	abundante	escaso
127	90	5	5	-	abundante	escaso
126	17	50	33	-	abundante	escaso
128	53	40	7	-	abundante	escaso
129	90	-	10	-	abundante	escaso
130	No determinado; abundante hematita.					
131	-	40	60	-	abundante	escaso
132	75	-	25	-	abundante	escaso
133	95	-	5	-	abundante	escaso
134	25	38	37	-	abundante	escaso
135	5	55	40	-	escaso	escaso

R O R I R H R S F F Z O Z I R O R H

Continuación.

Muestra N ^o	Illita %	Caolinita %	Pirofillita %	Clorita %	Cuarzo %	Feldespatos %
42	60	10	30	-	abundante	escaso
43	30	10	20	-	40 ⁺	escaso
43 bis	54	6	40	-	muy abund.	escaso

HORIZONTE INFERIOR

Si graficamos la composición mineralógica de las arcillas en un cuadro por localidades versus formaciones, entonces se tiene una idea más clara de la distribución de las mismas en el Cordón de Tandilia, Cuadro N° 9. De acuerdo al mismo, la Formación Las Aguilas es la denominación local de las Cuarcitas Balcarce de Amos, et. al. (op.cit.).

El estudio de la mineralogía de la Formación Las Aguilas, nos permite generalizar algunas propiedades de las distintas especies identificadas y analizarlas por separado.

Caolinita: los difractogramas realizados sobre muestra orientada, permiten observar una secuencia de reflexiones (001), mientras que las reflexiones (h k) se ven disminuidas o están ausentes. Los picos de caolinita entre 7.13 y 7.16 Å, (001), y 3.57 Å (002), se mantienen estables luego de tratamiento con etilen-glicol, pero desaparecen luego de someter la muestra a calentamiento (550 °C) durante dos horas (la caolinita se vuelve amorfa).

En muestra total, algunas presentan picos definidos en 4.42 Å y 4.34 Å y en otras, estos picos se convierten en una banda mal definida.

Los picos en 7.16 Å y 3.5 Å intensos y agudos, evidencian un buen grado de cristalinidad. (Figura N° 25).

Halloysita: el pico correspondiente a 10.1 Å, se superpone con la reflexión de primer orden de illita. Hay muestras en las que ambos minerales están presentes, ya que al calcinar durante dos horas a 550°C, se reduce notablemente este pico, pero no desaparece, lo cual se interpreta como que la mayor parte corresponde a halloysita hidratada (Endellita, $(Al_2 Si_2 O_5 OH_4 \cdot 4 H_2O)$). Las reflexiones en 7.18 Å (001) y 3.59 Å (002), se superponen con las de caolinita, pero los picos de halloysita son más anchos que aquéllos.

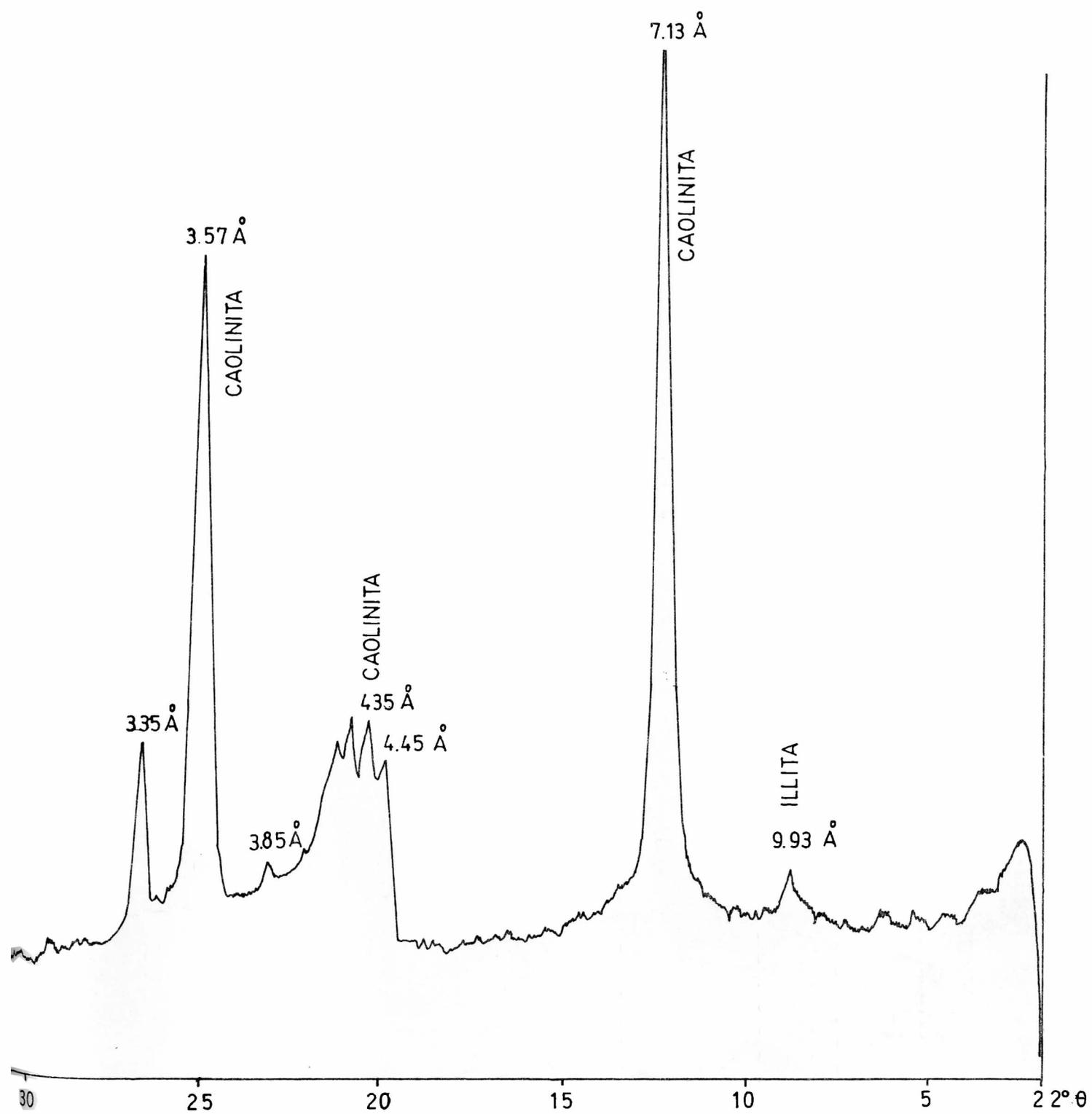
Las reflexiones en el rango 2.38 Å a 2.00 Å son características tanto de halloysita como de caolinita (Fig.N°26).

CUADRO N° 9

COMPOSICION MINERALOGICA DE LAS ARCILLAS EN DISTINTAS LOCALIDADES DE LAS SIERRAS DE TANDIL EN BASE AL ANALISIS POR DIFRACCION DE RAYOS X, MICROSCOPIA ELECTRONICA Y ANALISIS QUIMICOS.

	FORMACION LA TINTA	"FORMACION" CERRO NEGRO	FORMACION LAS AGUILAS Cuarцитas Balcarce
Olavarría	Illita	illita,clorita- montmorillonita <hr/> illita	--
Chillar- Barker	-	-	caolinita,illita, pirofilita
NO de Barker (Cuchilla de las Aguilas)	-		caolinita,halloysita, illita,pirofilita, clorita,montmorillonita.
SE de Barker (Cantera Loma Negra)	Illita,illita- montmorillonita, clorita.	-	-
Barker-La Numan- cancia	-	-	caolinita-illita
Balcarce- Mar del Plata	-	-	caolinita,halloysita, illita,montmorillonita.

Fig. 25
CAOLINITA E ILLITA IMPUREZAS DE CUARZO
MUESTRA N° 2



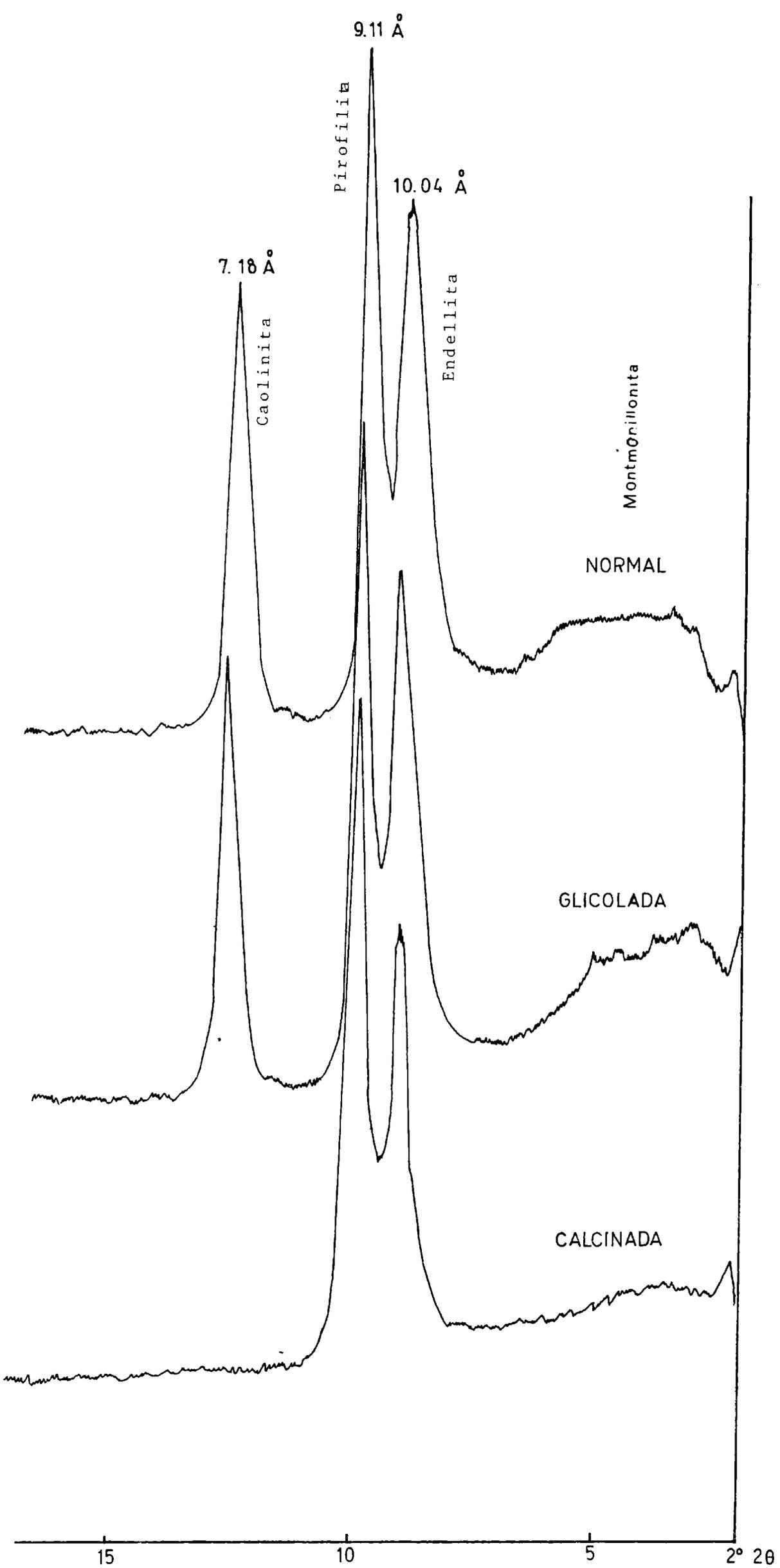


FIGURA N^o 26. ENDELLITA, PIROFILITA Y CAOLINITA. M.N^o 5

Por otra parte, existen además muestras que poseen una reflexión muy poco intensa en 10.1 Å y que contienen halloysita (Figura N° 27, Muestra N° 103), ya que ésta fue identificada por microscopía electrónica, presentando líneas longitudinales blancas, interpretadas por Bates - como indicativas de halloysita deshidratada (Ver Microscopía electrónica).

Por lo tanto existe halloysita en las dos formas posibles: halloysita deshidratada ($\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 \text{OH}_4$) y halloysita hidratada, Endellita ($\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 \text{OH}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$).

Pirofilita: en la mayor parte de las muestras, los picos son bien definidos, agudos e intensos. Las reflexiones de primero, segundo y tercer orden pueden ser apreciadas tanto en muestra normal como en muestra orientada. La primera reflexión (001) aparece con valores que abarcan un rango entre 9.06 a 9.40 Å. La reflexión (002) ofrece menores variaciones, registrándose entre 4.57 y 4.60 Å, mientras que la reflexión (003) se registra en 3.05 Å. (Figura N° 28).

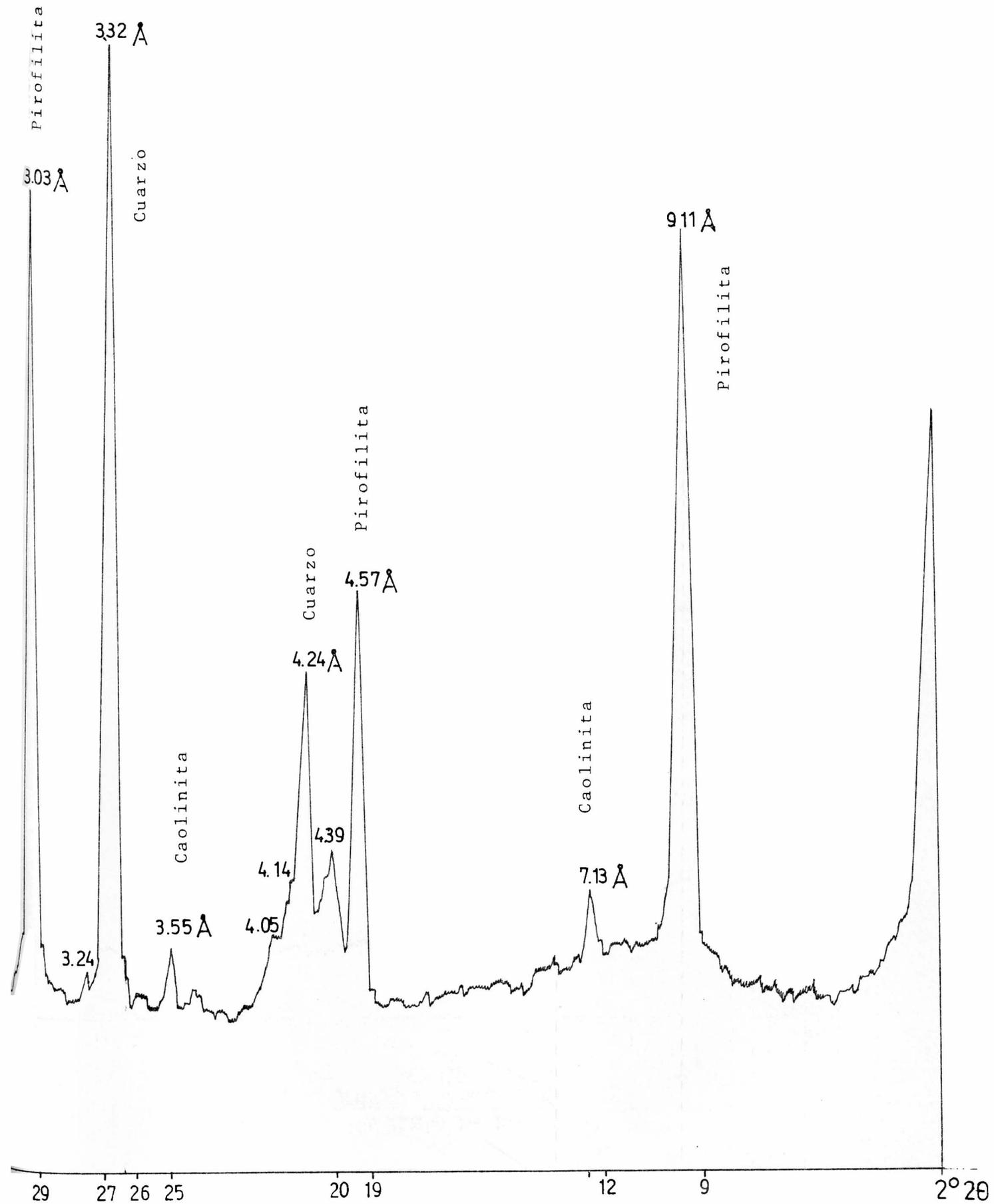
Illita: este mineral tiene sus reflexiones más importantes entre los 9.81 y 10.04 Å (001) y entre 4.95 y 5.00 Å (002). Algunas muestran picos agudos y definidos y otras picos - más anchos y de menor intensidad, evidenciando una variación en el grado de cristalinidad, así como también en la proporción en que intervienen en la composición de las arcillas. Como ya lo hiciéramos notar, el pico de 10.1 Å, se superpone a la reflexión de primer orden de Endellita, dificultando la identificación de ambos minerales.

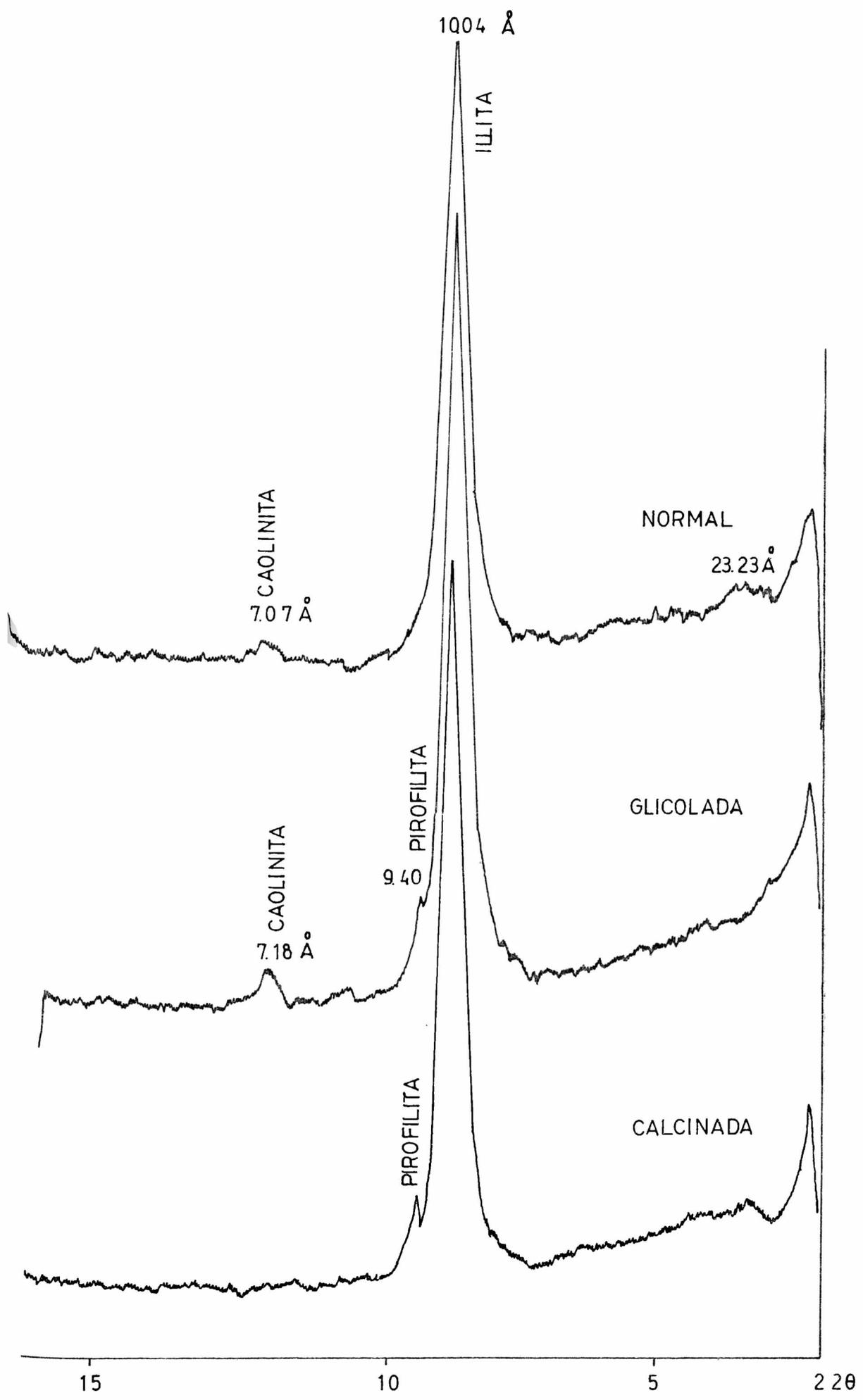
El tratamiento con etilen-glicol no produce cambios en la estructura, mientras que la calcinación intensifica el pico de 10 Å al ser removidas las capas de agua (Figura N° 29).

La illita fue de utilidad para comprobar la presencia de Endellita en las muestras, según el comportamiento del pico de 10 Å al calcinar (Figura N° 26).

Como ya lo hiciéramos notar en el capítulo "Procesos

FIGURA N^o 28. PIROFILITA Y CAOLINITA. IMPUREZAS DE CUARZO. M. N^o 115.





ILLITA CON IMPUREZAS
DE CAOLINITA Y PIROFILITA
MUESTRA N° 101

Fig. 29

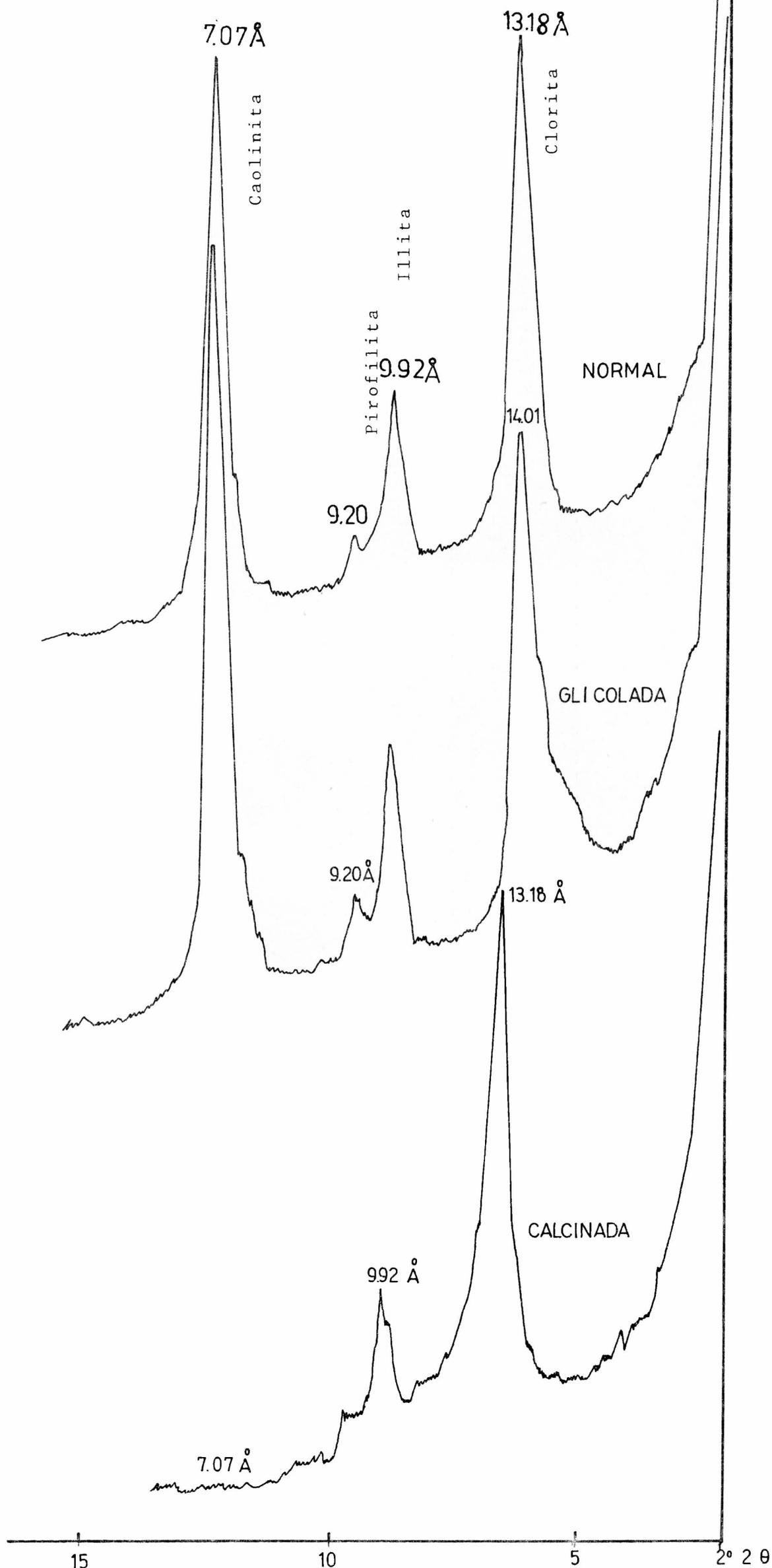
diagenéticos en las formaciones La Tinta y Las Aguilas"; Bonhome (op. cit.), obtuvo el índice de cristalinidad de la illita de las arcillas de Barker, cuyos valores son - del orden de 3.5, los cuales difieren notablemente de los obtenidos por los mismos autores para las arcillas de Olavarría (Formación La Tinta).

Clorita: esta especie mineralógica es muy escasa, de manera que su presencia se pone en evidencia realmente cuando se realizan muestras orientadas.

La reflexión de primer orden (001) se produce entre 14.01 y 14.25 Å, la (002) en 7.07 Å y las reflexiones de los planos (003) y (004) en 4.69 y 3.56 Å respectivamente. Las reflexiones de los primeros 4 órdenes son fuertes, lo cual se vincula, según Brown (1961) con un bajo contenido en hierro. En la Figura N° 30 se muestran los difractogramas obtenidos luego de los tratamientos de glicolación y calcinación. A pesar de que la muestra contiene también caolinita, la presencia de una reflexión basal (001) en 14.01 Å es indicativa de clorita. Además, la reflexión (004), que - también coincide con la reflexión (002) de caolinita, está levemente separada de aquélla y pueden identificarse ambas en 3.56 Å la de clorita y en 3.53 Å la de caolinita. Las cloritas que tienen su espaciado basal en 14.0 Å y están bien cristalizadas ofrecen esta característica, como ya lo hiciera notar Brown (Op. cit.).

El espaciado basal depende, según Brown (op. cit.) de las dimensiones entre la capa de talco y la capa de brucita y de las fuerzas que las mantienen unidas. Se demostró que si las sustituciones octaédricas se reparten por igual entre la capa de talco y la de brucita, entonces la carga x por celda unidad, es igual al reemplazo de Si por Al en la fórmula $(\text{Si}_{4-x} \text{Al}_x)$. Así parece que la variación en el espaciado basal (001) puede estar relacionada principalmente con el valor x . Para ortocloritas, según la definición de Tschermak (1890, 1891), dentro de las cuales incluimos la clorita analizada, se verifica la relación lineal:

FIGURA N^o 30. CLORITA, CAOLINITA, ILLITA Y PIROFILITA.
M.N^o 30.



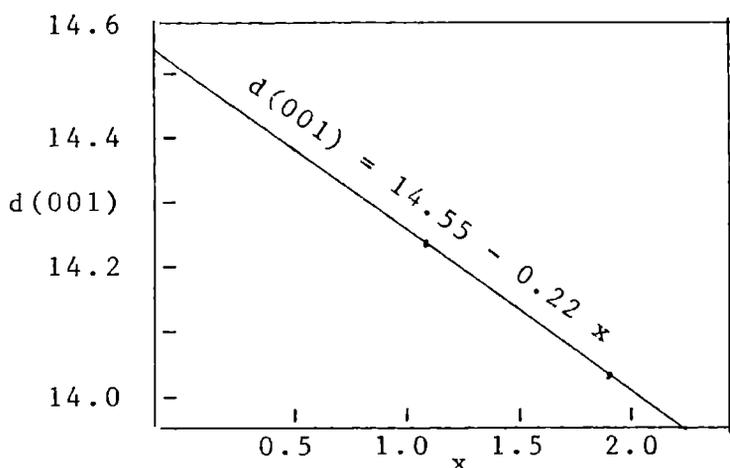
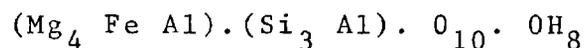


FIGURA N^o 31.- d (001) en Å para ortocloritas, versus x, número de iones Al que reemplazan iones Si en la fórmula $(\text{Mg}_{6-x-y} \text{Fe}^{+2} \text{y Al}_x) \text{Si}_{4-x} \text{Al}_x) \text{O}_{10} (\text{OH})_8$. Brown 1961.

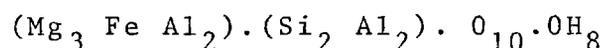
En nuestro caso, $x = 1.1$ y 1.9 (Figura N^o 31). Cuando $x = 0$, $d(001) = 14.55 \text{ Å}$.

De acuerdo a los análisis efectuados y a las consideraciones expuestas, la clorita presente en esta asociación es fundamentalmente magnésica, con iones Al reemplazando iones Si y iones Mg.

Si consideramos que la composición química de las cloritas es $(\text{Mg, Fe, Al})_6 (\text{Si, Al})_4 \cdot \text{O}_{10} \cdot \text{OH}_8$, que es la misma fórmula de la Figura N^o 31 y habiendo obtenido para x valores de 1.1 y 1.9 en las distintas cloritas analizadas, para $x = 1.1$, la fórmula sería



y para $x = 1.9$



Utilizando la clasificación de Foster (1962), que se basa en el reemplazo de Si por Al y en la relación $\text{Fe}^{++} : \text{R}^{++}$, entonces:

para $x = 1.1$

Si = 3

$\text{Fe}^{++2}:\text{R}^{++} = 0.20$

y

para $x = 1.9$

Si = 2

$\text{Fe}^{++2}:\text{R}^{++} = 0.25$

En ambos casos, la clorita corresponde a la composición del Clinocloro.

Montmorillonita: este mineral es muy escaso y su presencia se ha detectado solamente en muestras orientadas (Figura N° 26). Por esta razón no se incluye en el Cuadro N° 8 que corresponde a análisis de muestra total.

Distribución areal y vertical de los minerales de las arcillas.

Para poder apreciar la distribución vertical de los minerales de las arcillas, se efectuó el análisis cuantitativo de los mismos, habiéndose seleccionado algunos difractogramas correspondientes a perfiles columnares representativos de la variación mineralógica encontrada (Cuadro N° 8).

Los ejemplos citados pertenecen a pelitas de los Horizontes Inferior y Superior, sobre todo al último de éstos, ya que el Horizonte Inferior tiene escaso desarrollo areal, por lo cual no reviste importancia económica.

De acuerdo a los análisis por difracción de Rayos X - podemos destacar los siguientes hechos:

1.- En el Horizonte Inferior (Figura N° 13), constituido por un nivel de limolitas blancas, las especies mine-

ralógicas identificadas son illita, pirofilita y caolinita, con impurezas de cuarzo y feldespatos, tal como se desprende de los difractogramas y de los análisis químicos. No se observa variación de importancia lateral ni vertical y solamente se nota que predomina la illita con proporciones que oscilan entre 30 y 60 %; sigue en abundancia la pirofilita de 20 a 40 %, y finalmente la caolinita, que varía entre 6 y 10 %. Es notable además la abundancia de cuarzo, el cual alcanza valores de hasta 40%. (Figura N° 32).

2.- En las arcilitas del Horizonte Superior, se observa una variación areal muy marcada. En el sector NE (Perfiles columnares 1, 2, 3 y 4, Figura N° 11), las arcilitas, distribuidas en dos niveles de color blanco, son sedosas al tacto y de la misma composición. En este horizonte se identificaron pirofilita, caolinita y halloysita, acompañadas de illita en menos proporción, con impurezas de cuarzo y feldespatos.

La illita es más abundante en el sector superior, disminuyendo en proporción hacia la parte basal, donde se incrementan la caolinita, halloysita y pirofilita.

En la porción central y NO del mapa de ubicación de yacimientos (Figura N° 2), los dos niveles anteriormente descritos, son reemplazados arealmente por los tres niveles ya mencionados, de coloración blanca, roja y violácea. Esta distribución se mantiene en toda el área mencionada. (Figura N° 33).

3.- En cuanto a la distribución vertical, se advierte una variación notable de los minerales de las arcillas. La illita predomina en el sector blanco superior, disminuyendo en forma gradual hacia los niveles rojo y violáceo. Esta disminución es regular; en algunos casos puede reducirse en un 75% y en otros llega a desaparecer por completo. En cuanto a la caolinita, su distribución vertical es inversa a la de la illita, siendo escasa en el nivel blanco y aumentando regularmente en los niveles rojo y violáceo. La pirofilita también forma parte de todo el Horizonte Superior y su distribución con respecto a los otros minerales es muy

FIGURA N° 32. HORIZONTE INFERIOR DE PELITASILLITA Y PIROFILITA CON IMPUREZAS DE CUARZO

PERFIL N° 14

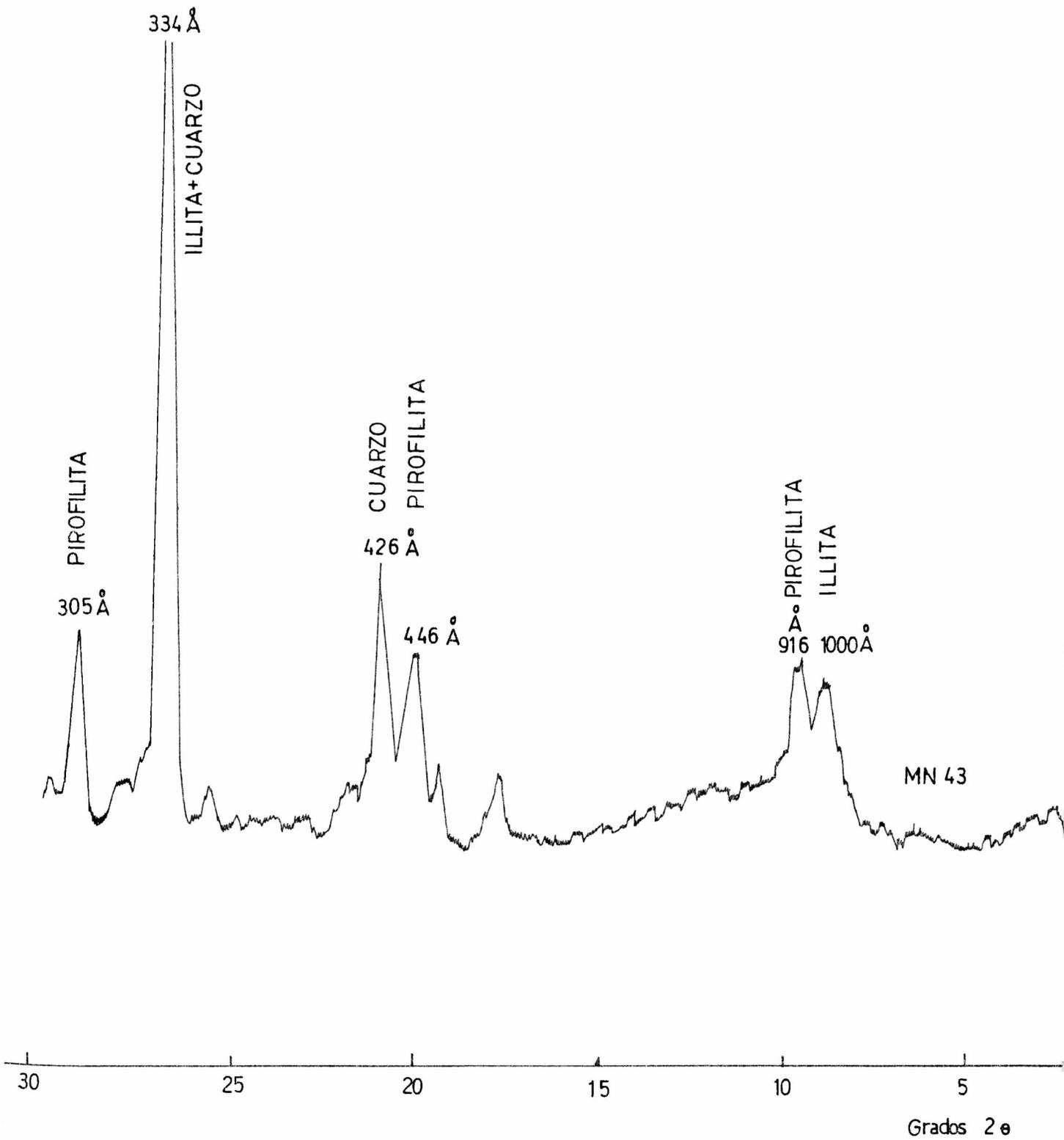
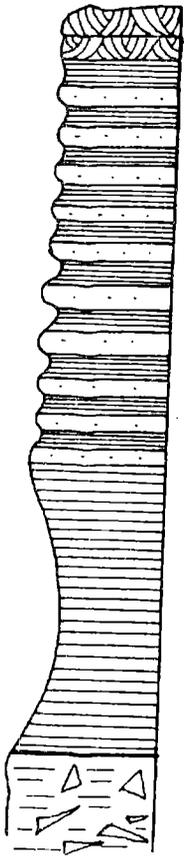


FIGURA N° 33

PERFIL N° 23



Alternancia de psamitas y pelitas. Las pelitas son de coloración blanquecina-amarillenta hasta rosada. (M. N° 132). En el medio de esta secuencia aparece un nivel de arcilla color ocre (M.N° 133). En la parte inferior aparecen lentes de ortoconglomerados de ftanitas con una matriz arcillosa (M.N° 134).

4.00m Arcilla roja uniforme. Solamente en el techo se observa un delgado nivel de arcilla blanca. El óxido de hierro forma nódulos (M.N° 135).

Arcilita silicificada.

variable: alcanza en algunos casos a formar la casi totalidad de la muestra y en otros a estar subordinada por completo a los demás minerales de las arcillas. Muestra una selección vertical notoria ya que en las pelitas de la alternancia psamito-pelítica está ausente; es escasa en el nivel superior de arcilla blanca, aumentando gradualmente hacia los niveles inferiores rojo y violáceo, en donde llega a constituir la mayor parte de la muestra (Figuras N^os. 34 y 35).

Es de hacer notar también que en este sector de arcillas rojas y violáceas es donde se ha detectado la presencia de clorita (Clinocloro), en una proporción inferior al 10%.

4.- Es evidente que la concentración mayor de caolinita y pirofilita en la parte basal del Horizonte Superior de pelitas, responde a una selección natural de los minerales durante el proceso de depositación, lo cual está de acuerdo con el tamaño promedio de esos cristales, que muestran un mayor desarrollo con respecto a los de illita. Esta sería la razón por la cual se depositan primero pirofilita y caolinita (y/o halloysita), disminuyendo su proporción hacia arriba, donde en la mayoría de los casos predomina illita.

Expresando gráficamente la composición mineralógica del Cuadro N^o 8, puede apreciarse la variación vertical que presentan los argilominerales. Efectivamente, como puede verse en la Figura N^o 36, la illita, aunque de comportamiento un tanto variable, disminuye hacia abajo en la mayor parte de los perfiles estudiados. Además, aparentemente en la mayoría de los casos, hay una relación illita:caolinita-pirofilita, que se pone de manifiesto en la disminución de la primera con aumento de la proporción de caolinita y/o pirofilita.

Fig. nº 34
Perfil nº 23

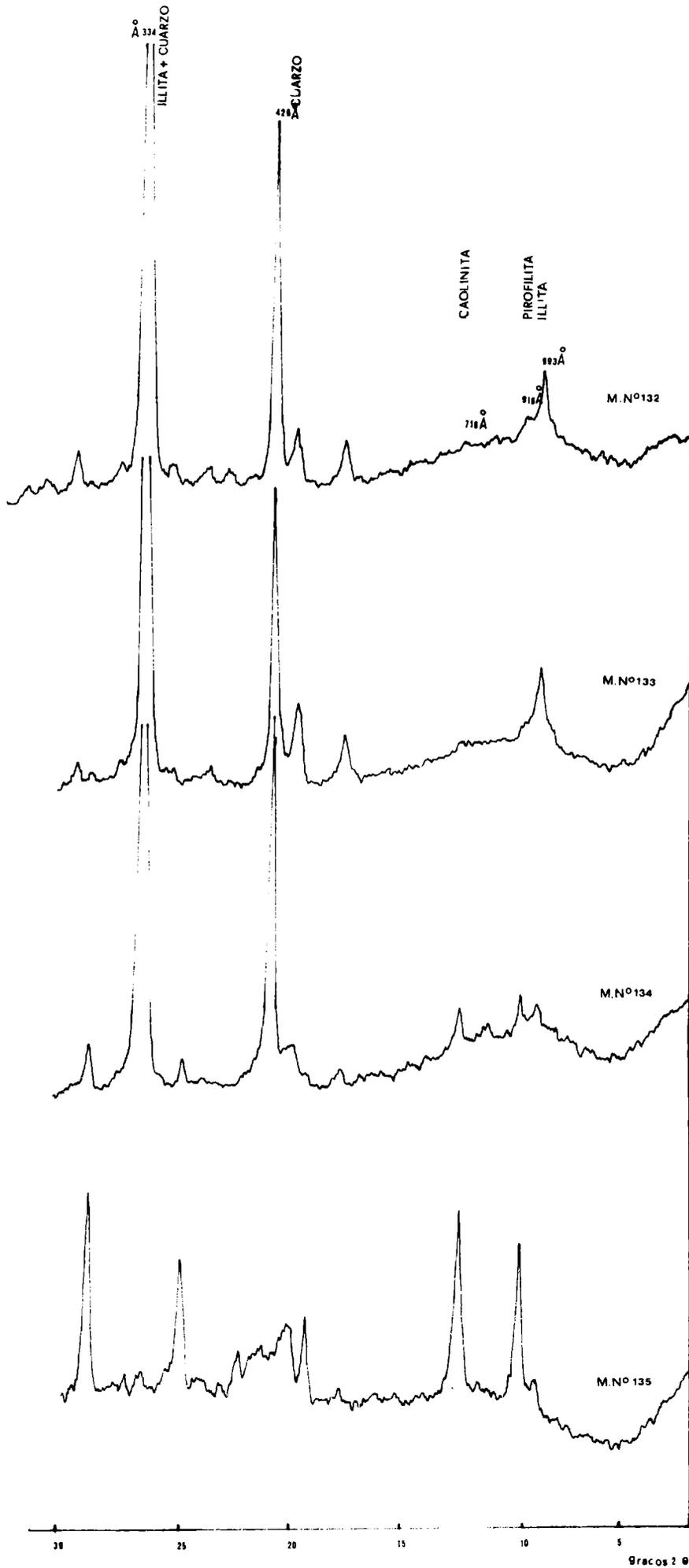


Fig 35

PERFIL N° 1

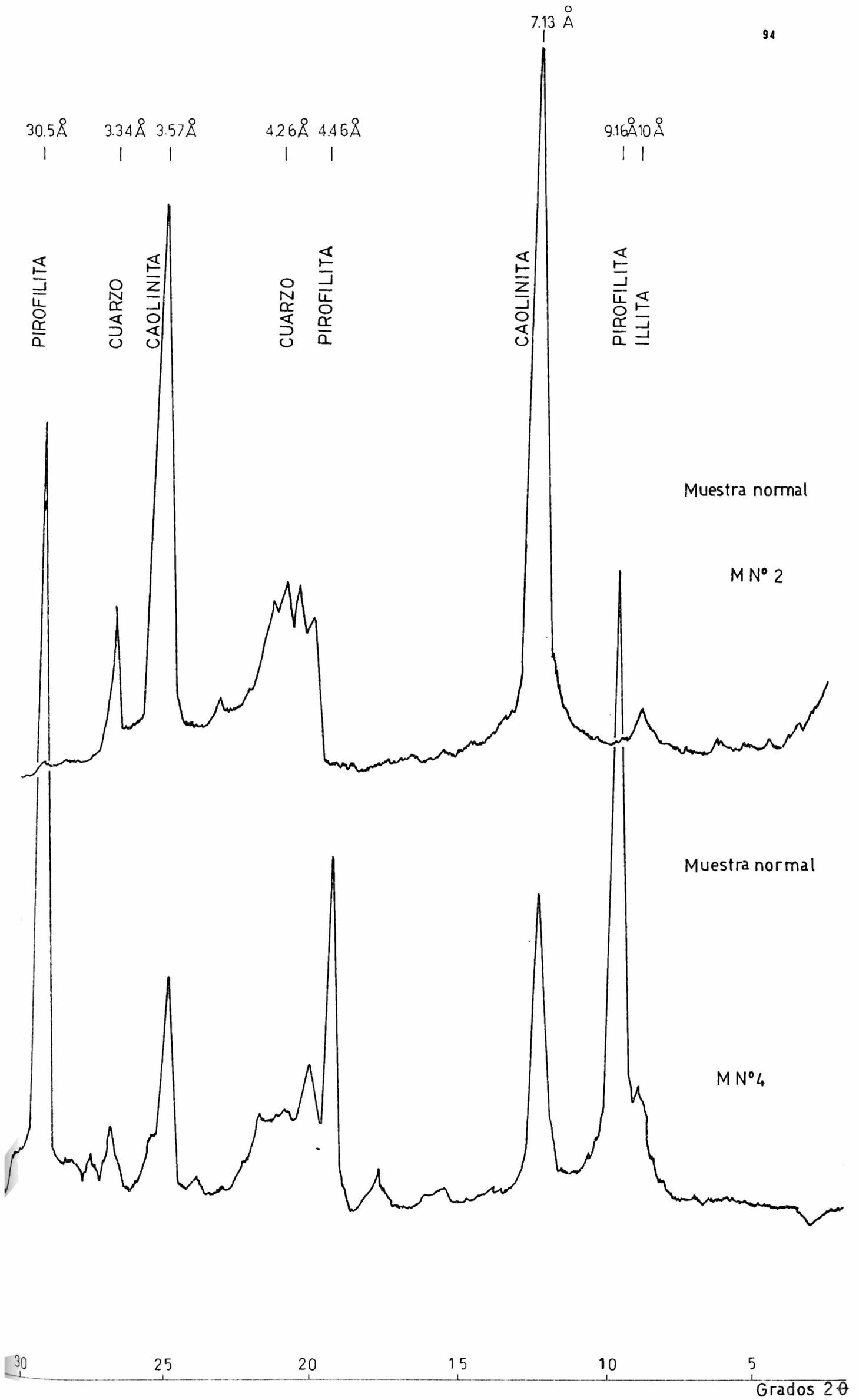
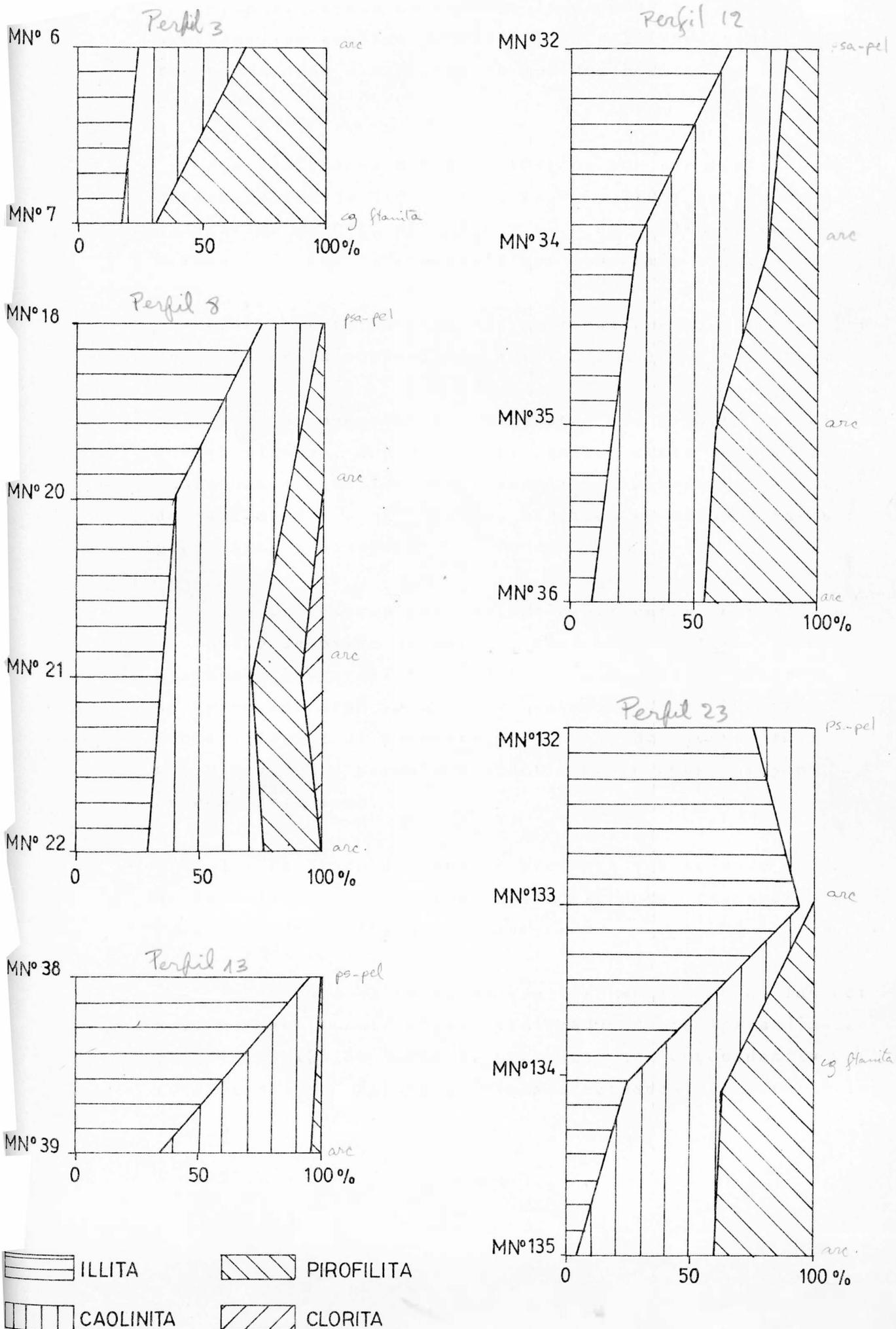


FIGURA N^o 36. VARIACION MINERALOGICA VERTICAL DE LOS MINERALES DE LAS ARCILLAS EN ALGUNOS PERFILES ESTUDIADOS.



Análisis químico de arcillas

Con el objeto de conocer la composición química de las arcillas, se realizaron veintitres análisis químicos, correspondientes a muestras de los dos horizontes de arcilitas estudiados.

Se utilizaron métodos clásicos por vía húmeda para la determinación de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 y TiO_2 ; en cambio para la valoración de CaO , MgO , K_2O y Na_2O se empleó la técnica que aplica la espectrofotometría por absorción atómica.

Las características más sobresalientes, desde el punto de vista de la composición química son las siguientes:

1.- Las muestras que presentan los tenores más elevados en alúmina, cuyos valores oscilan entre 34 y 40 %, corresponden a aquellas cuya composición mineralógica comprende caolinita y/o halloysita, asociada en algunos casos a pirofilita y diasporo.

2.- Se observa una variación porcentual marcada en el contenido de óxido de hierro, correspondiendo los valores máximos a las arcilitas violáceas como era de suponer, donde se registraron valores de hasta 58% de Fe_2O_3 . En el Horizonte Inferior el porcentaje de óxido de hierro oscila entre 0.8 y 2 % y permanece prácticamente constante en todo el espesor del mismo.

3.- El óxido de potasio presenta variaciones marcadas, desde 0.17% a 5.4% en los tres horizontes, respondiendo al contenido de illita de las muestras.

Se destaca el hecho de que los resultados de las estimaciones semicuantitativas realizadas sobre los análisis por difracción de Rayos X, presentan una concordancia casi total con los análisis químicos efectuados. (Cuadro N° 10).

CUADRO N° 10

ANÁLISIS QUÍMICO DE ARCILLAS

Muestra N°	Color	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁻	H ₂ O
4	bl.verdosa	55.10	30.80	1.20	0.50	0.03	0.32	-	1.32	1.75	0.42	8.20
6	bl.verdosa	48.60	34.80	2.00	0.50	0.03	0.16	-	0.64	3.40	1.05	8.10
12	bl.verdosa	46.00	34.50	2.00	1.50	0.20	0.60	-	0.76	7.22	1.08	6.30
15	bl.verdosa	43.90	35.30	2.80	1.00	0.03	0.20	-	0.82	4.70	1.00	9.30
16	roja	42.10	36.90	4.80	1.60	-	0.07	-	0.55	5.45	1.77	8.35
20	bl.verdosa	44.90	40.00	0.80	1.16	-	0.20	-	0.61	4.65	1.28	7.46
21	roja	41.40	33.30	13.60	0.60	-	0.10	-	0.32	1.17	0.93	9.29
22	violácea	41.40	34.40	8.40	1.00	0.03	0.10	-	0.54	4.50	0.26	8.70
25	bl.verdosa	45.90	39.20	0.80	1.70	-	0.30	-	0.23	2.76	0.75	8.96
26	roja	47.80	36.60	3.20	1.04	-	0.03	-	0.10	1.32	0.61	9.82
27	violácea	63.80	18.50	12.00	1.18	0.25	0.04	-	0.12	0.17	0.27	3.84
30	roja	59.60	27.20	4.80	0.75	0.03	-	-	0.42	0.94	1.10	6.10
35"A"	roja	43.90	31.60	12.80	0.64	0.10	-	-	0.18	1.16	1.38	9.40
35"B"	roja	35.70	38.10	11.20	0.42	0.05	-	0.97	0.39	1.95	1.54	11.10
35"C"	roja	34.20	32.60	21.20	1.30	-	0.07	-	0.17	1.15	1.13	9.18
36	violácea	18.10	12.10	58.00	0.98	0.05	0.04	0.71	0.40	0.89	1.73	8.76
39	bl.verdosa	45.30	40.60	2.00	0.66	-	0.20	-	0.12	1.86	2.37	9.12
40	roja	41.80	35.60	8.80	0.80	0.03	0.90	-	0.09	1.48	1.21	10.42

Continuación.

Muestra N°	Color	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁻	H ₂ O
40	roja	41.80	35.60	8.80	0.80	0.03	0.90	-	0.09	1.48	1.21	10.42
41	violácea	25.50	19.0	43.20	0.86	-	0.04	0.77	0.34	0.51	2.20	9.57
106	bl.verdosa	43.70	34.00	1.50	1.90	1.75	2.52	-	0.88	4.05	1.20	10.15
116	bl.rosada	45.90	37.20	3.20	1.30	0.68	1.04	-	0.28	2.50	1.10	6.80
120	roja	49.80	29.60	6.65	0.95	0.20	0.07	-	0.82	3.75	0.70	8.20
135	roja	38.85	32.40	14.26	1.64	0.75	1.47	-	0.25	1.34	0.80	9.20
43	bl.amarill.	79.70	14.20	0.80	0.54	-	0.30	-	0.02	1.32	1.11	2.99

Análisis térmico-diferencial

En el análisis térmico-diferencial de los minerales de las arcillas, como es bien sabido, se producen reacciones endotérmicas características debidas a la deshidratación y desoxidrilación (pérdida de agua de la estructura cristalina) y reacciones exotérmicas debidas a la formación de nuevas fases a temperaturas elevadas. El termograma que se obtiene, indica el grado y temperatura de los procesos térmicos sufridos por la muestra en cuestión, que está notablemente influenciada por las variables del equipo utilizado y por las condiciones de operación. Los resultados obtenidos, pueden emplearse como estudio comparativo cuali y cuantitativo, siempre que se opere bajo condiciones preestablecidas.

VARIABLES DEL EQUIPO

Horno: de tipo cilíndrico, vertical, con termocupla de control de Pt - Pt/Rh.

Programador de calentamiento: a disco recortado, de velocidad de giro variable, con autotransformador acoplado con servomotor y control tipo rückerführung.

Registrador: potenciométrico, tipo $X_1 - X_6/T$, con escala cada 12 cm de ancho y registro cada 12 segundos.

Portamuestras: tipo black, de níquel.

Termoelementos: de platino - platino con 10% de rodio, de 0,5 mm de diámetro.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

La velocidad de calentamiento es de $107 \text{ min}^{-1} \pm 1^\circ\text{C}$, se utiliza como material de referencia caolín lavado, calcinado a 1100°C y que pasa tamiz n° 70 (según norma IRAM). La compactación es la natural, sin presión exterior. Se usó el material sin diluir, en una atmósfera oxidante, a presión ambiente. Las muestras fueron acondicionadas en ambiente de 55% de humedad relativa, previo vacío, durante 90-100 horas.

Características de los Termogramas

En la mayoría de las arcillas analizadas, el primer pico endotérmico se produce a temperaturas menores de 200°C, correspondiendo a la eliminación de agua que no pertenece a la estructura, sino que es adsorbida superficialmente. El segundo pico endotérmico se produce alrededor de los 550°C, o bien en 585°C y corresponde a la deshidratación de los minerales.

El primer pico exotérmico aparece entre 975° y 990°C, siendo en algunas muestras muy poco marcado, y en otras bien definido.

De acuerdo a los picos registrados, las especies minerales identificadas corresponden a caolinita, illita y pirofilita.

El primer pico endotérmico, entre 150° y 200°C, aparece cuando las caolinitas tienen gran plasticidad y el tamaño de los cristales es pequeño. El segundo pico endotérmico, - en 550°C, es característico de las "Fire Clays", de gran desorden estructural. Cuando el segundo pico exotérmico cae en 585°C, el mineral es caolinita, con un mayor ordenamiento estructural. En algunas muestras, los picos son poco marcados y en otras bien definidos, dependiendo esto de la proporción de caolinita en la muestra y del grado de ordenamiento estructural de la misma.

El primer pico exotérmico, que se produce entre 975° y 990°C, es característico del grupo de la Caolinita y está asociado a la síntesis de mullita ($3 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{ SiO}_2$) y/o cristalización de $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

El termograma de la muestra N° 43 (Figura N° 37), es característico del mineral illita. La ausencia de caolinita está conformada por la falta del pico exotérmico de 975°C en el termograma.

En algunos gráficos se observa mayor grado de compleji-

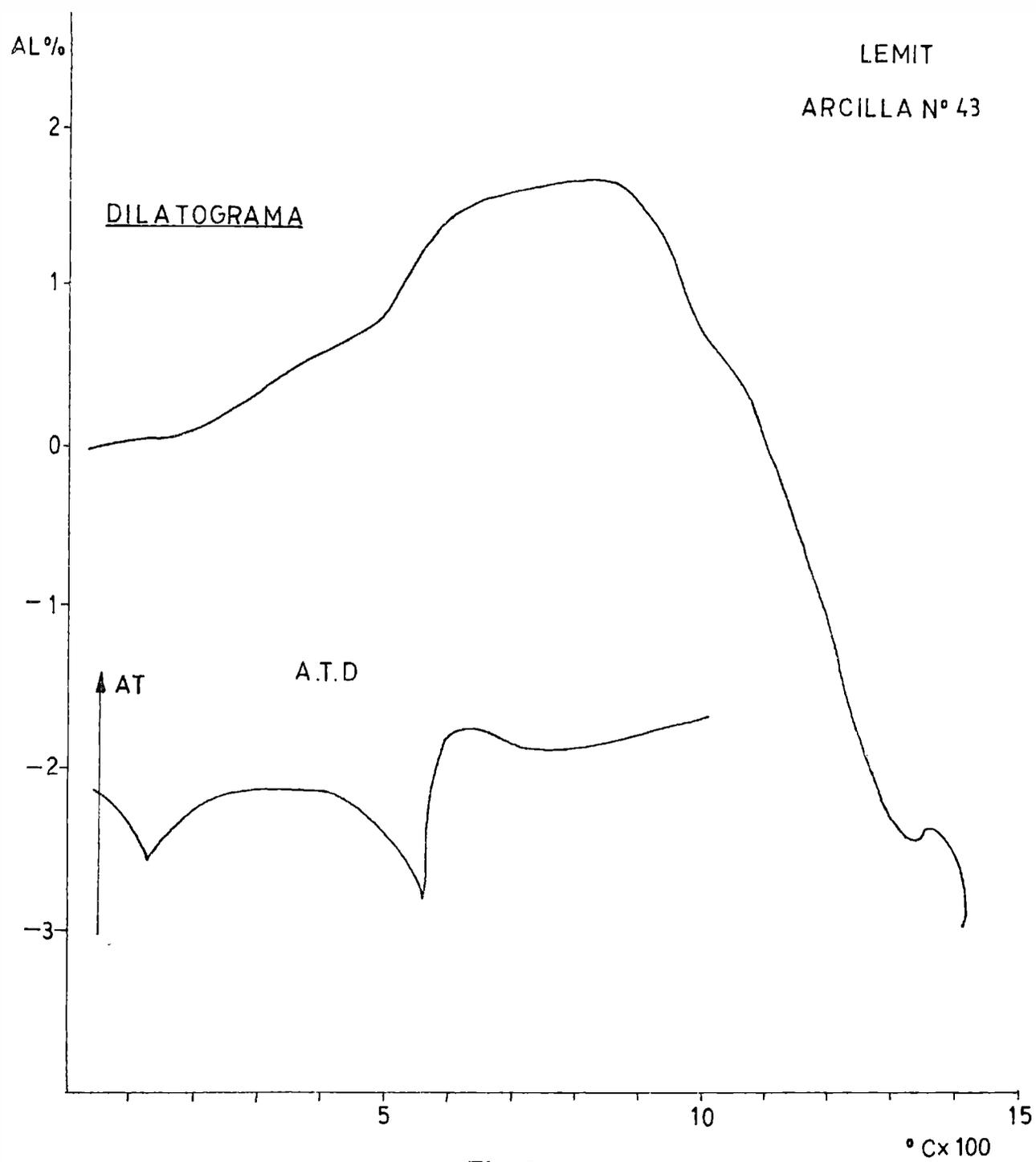


Fig. 37

dad en los picos, debido a la presencia de varios minerales de las arcillas en proporciones considerables (Muestra N° 30, Figura N° 38), en la cual hay caolinita y pirofilita, - como se confirmará por difracción de Rayos X.

De acuerdo a los análisis térmico-diferenciales obtenidos, es posible afirmar que este procedimiento es de utilidad en el estudio de las arcillas, como complemento de los métodos por difracción de Rayos X, confirmando las asociaciones minerales presentes y estableciendo el grado de ordenamiento estructural.

Las arcillas del grupo de la Caolinita analizadas, pertenecen en su mayor parte a las de tipo "Fire Clays", que ocupan una posición intermedia entre la estructura ordenada de la caolinita y la de menor orden de la halloysita.

Si bien por medio de este método no fue posible identificar halloysita, lo antedicho aportó más evidencias en favor de la presencia de este mineral en la asociación, antes de verificarlo definitivamente por microscopía electrónica.

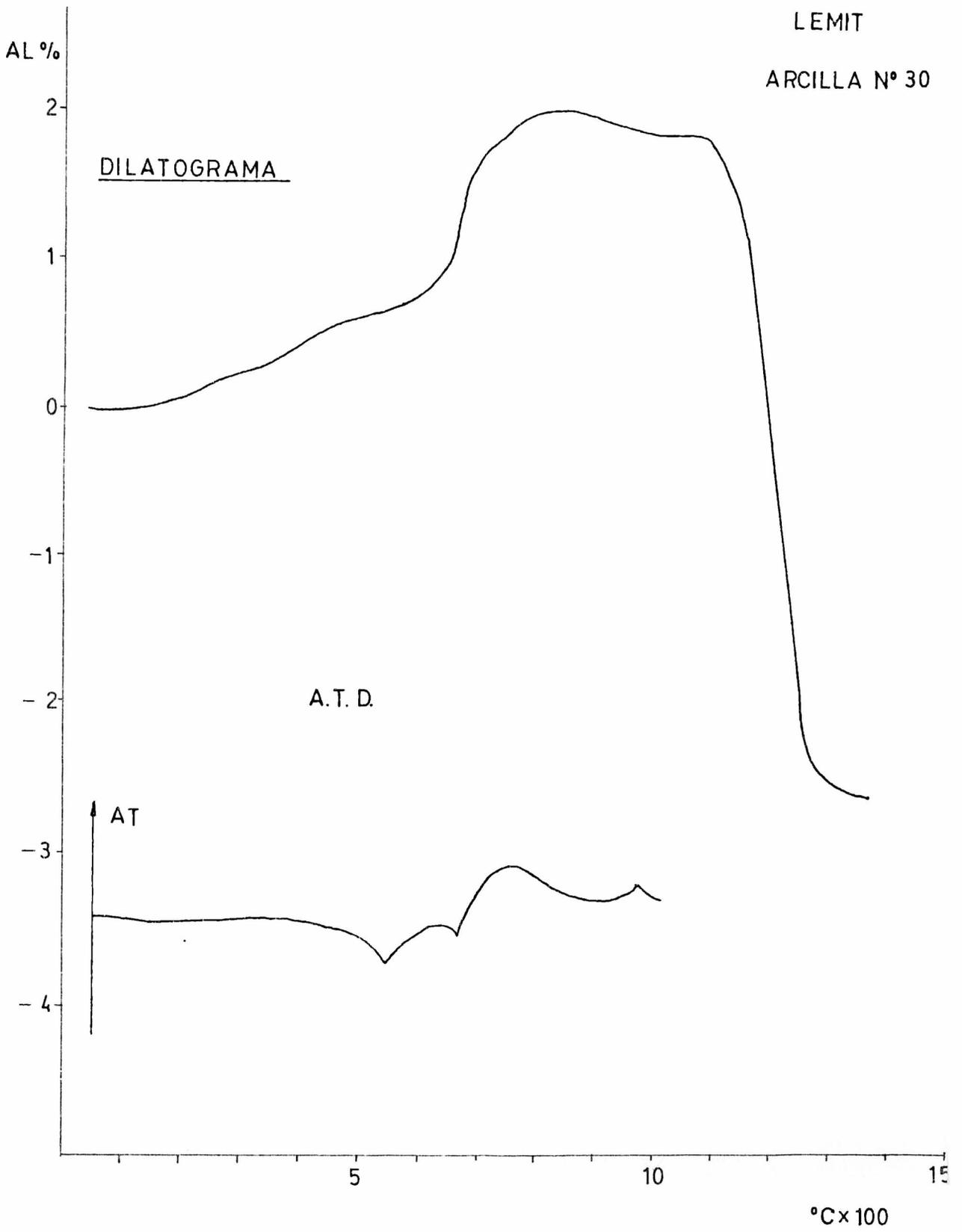


Fig 38

Dilatometría

Desde el punto de vista tecnológico, el análisis dilatométrico forma parte de los ensayos clásicos de control en la tecnología de arcillas. Constituye sin duda, la técnica más adecuada para revelar el comportamiento térmico de las arcillas y sus mezclas durante el período de cocción, ya que permite obtener un gráfico con las variaciones de las dimensiones de las probetas en función de la temperatura. Las curvas obtenidas, dilatogramas, registran las contracciones (sinterización del material arcilloso) y expansiones (por exfoliación o hinchamiento) y la velocidad a la que las mismas se desarrollan. (Rossini, et. al. 1969).

Equipo utilizado

Dilatómetro "Stiger Tonindustrie", automático, con programador y registrador electrónico. El horno es calentado con resistencia de platino y alcanza temperaturas de 1500°C. El registrador de seis puntos, grafica simultáneamente las temperaturas del horno, del interior de la probeta de ensayo y la dilatación total correspondiente a la probeta y barras de soporte. La escala del registrador tiene una amplitud de 25 cm y corresponde a una variación de longitud de 1 mm. Los ensayos fueron realizados sobre probetas de muestra triturada, sin previo tratamiento de purificación y se molieron para confeccionar las mismas.

Condiciones de ensayo

La velocidad de calentamiento es de 3°/min., con una presión de 40 g/cm² sobre las probetas. Las mismas se moldearon sobre arcilla molida que pasa tamiz n° 70, con una humedad del 5% y una presión de 200 kg/cm².

Características de los dilatogramas

En los dilatogramas de las muestras analizadas, los procesos expansivos entre los 600° y 900°C, parecen responder a la presencia de illita y pirofilita fundamentalmente.

Las muestras con porcentajes superior a 30 % de illita, producen procesos expansivos a alta temperatura (a partir de los 1200°C), como se observa en las muestras n° 12 y 15 (Figura N° 39 y 40).

En las muestras que tienen similares proporciones de pirofilita e illita, 25 % de cada una aproximadamente y una proporción de caolinita entre 40 y 60 %, los dilatogramas muestran que se verifican procesos expansivos entre 600 y 900°C y un proceso de contracción normal por encima de los 1300°C. Este tipo de mezclas parecerían ser las ideales para la fabricación de materiales refractarios de elevada calidad, siempre que el contenido en óxido de hierro no supere el 1%. (Figura N° 41).

Este método es una técnica simple, rápida y fácil de interpretar. Es muy eficaz como control de materias primas, así como también en la determinación de curvas óptimas de calentamiento y máxima temperatura de cocción de una arcilla o mezclas de materiales cerámicos, para la obtención de un determinado producto. (Rossini, et. al. 1971).

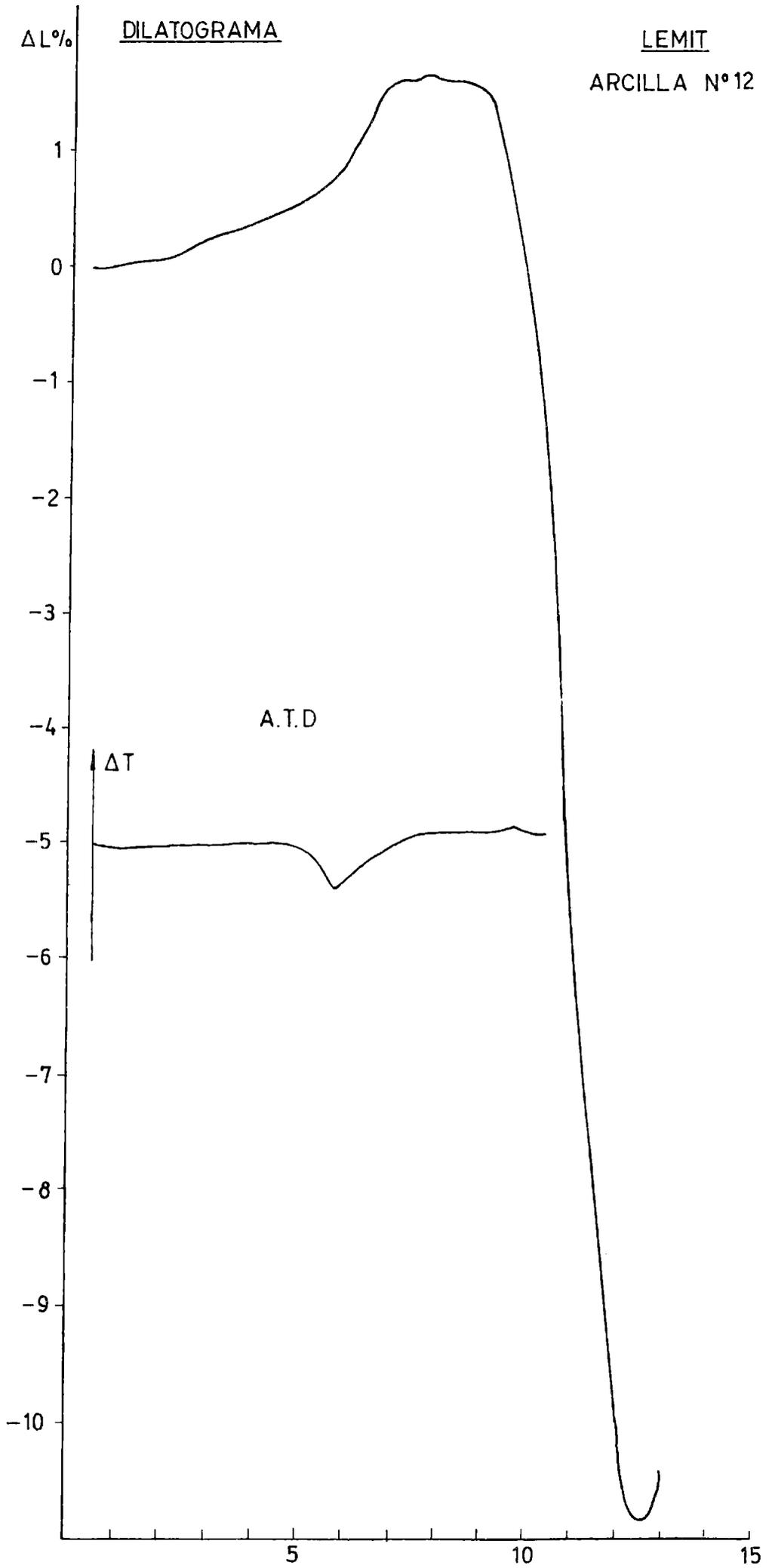


Fig 39

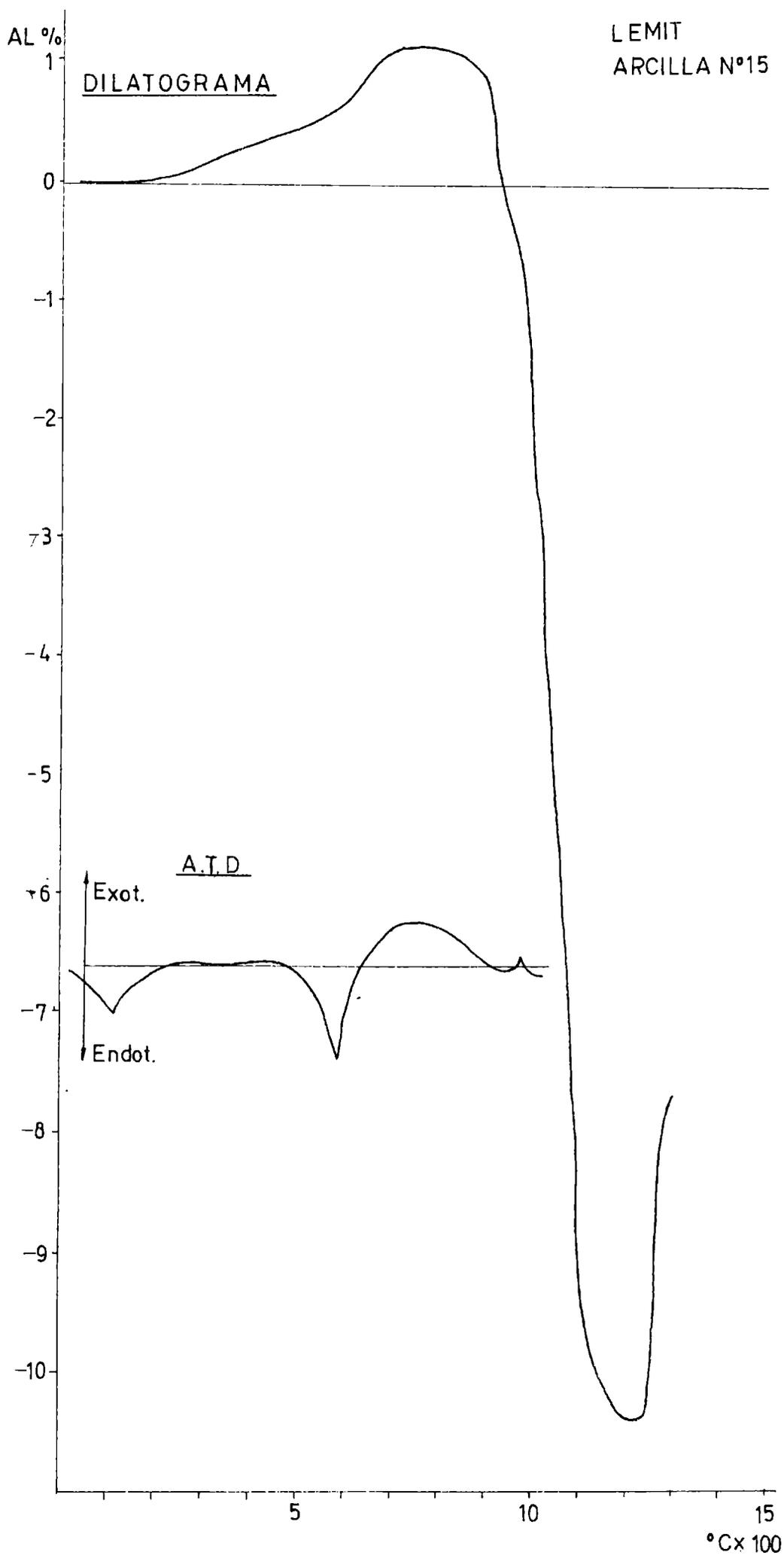


Fig 40

LEMIT
ARCILLA Nº 25

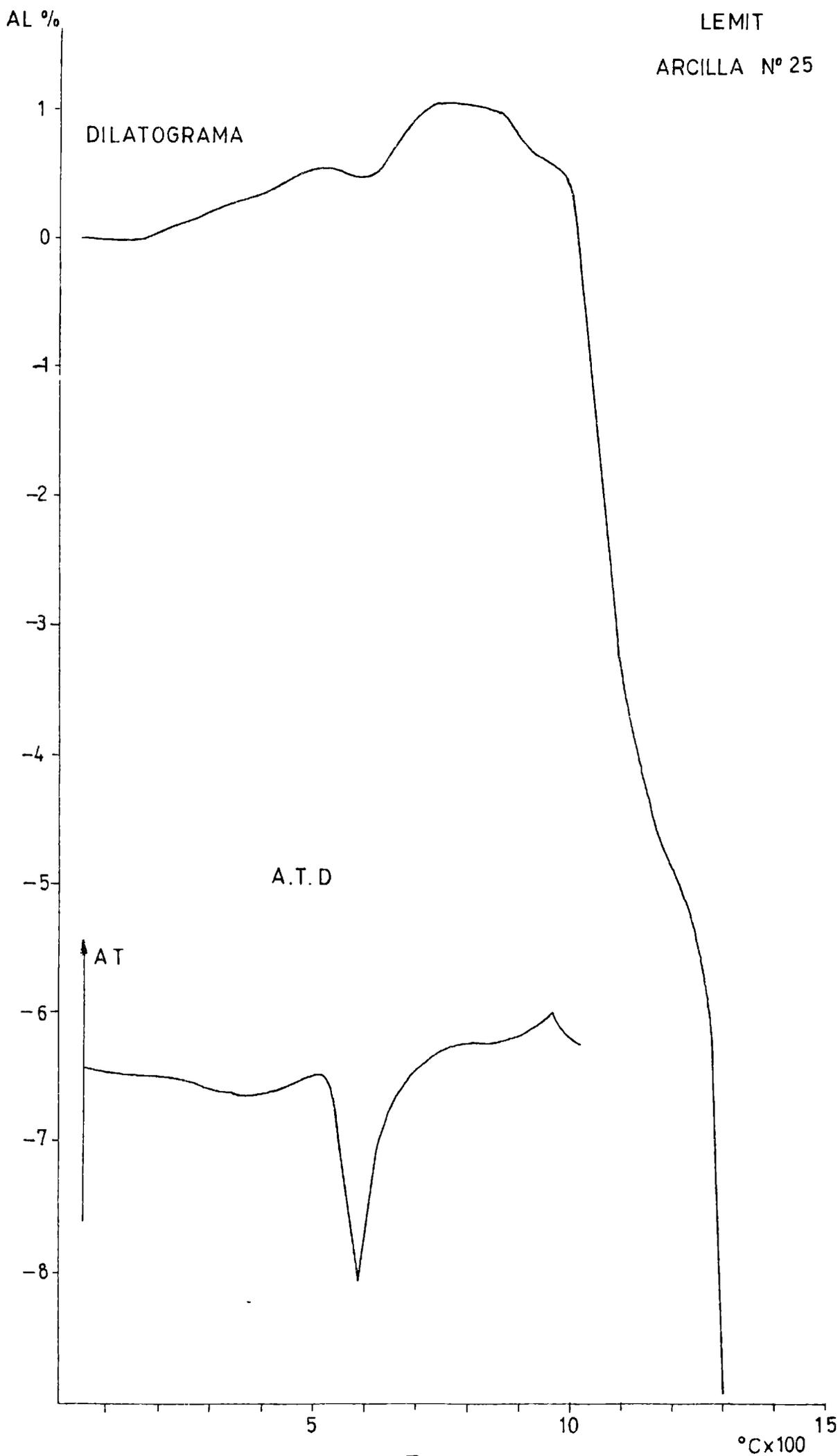


Fig 41

Estudio mineralógico óptico de la fracción arena (Ret.Tam.230)

Como se mencionara en la pág.65 , la dificultad que presentan las arcillas para su dispersión, debido a los procesos de cementación por óxidos de hierro (hematita), hace que las partículas de arcilla permanezcan adheridas a la superficie de los granos de arena. De este modo, las observaciones sobre el retenido del tamiz 230, se vieron obstaculizadas por la presencia de una película superficial de arcillas y óxidos de hierro.

Para evitar este inconveniente, se lavó el retenido del tamiz 230 con una solución de Calgón (PO_3Na)₆ al 10%. El PO_3^- tiene la propiedad de complejar los iones ferroso y férrico, contribuyendo esto a la dispersión de las partículas de arcilla. La muestra lavada y seca se incluyó en bálsamo de Canadá, sin efectuar la separación clásica de minerales livianos y pesados, dada la escasa cantidad de arena retenida, por lo cual un solo preparado ha servido para la identificación de estos minerales.

El Cuadro N° 11, contiene los resultados de siete muestras, representativas de las variaciones mineralógicas observadas. Dada la similitud composicional advertida, la descripción de los minerales se hace en forma conjunta.

Cuarzo: clastos angulosos a subangulosos con extinción normal y frecuentes inclusiones fluidas.

Feldespatos potásicos: clastos subredondeados de ortoclasa con maclas de Carlshad, alterados a muy alterados en sericita y de microclino con típica combinación de maclas de periclino-albita, algo alterados en sericita.

Plagioclasas: clastos subangulosos, con hábito tabular, límpidos, en general poco alterados en sericita, con maclas de Albita y sin estructuras zonales. Se trata de Oligoclasa media a básica (15-30% An).

Anfíboles: Hornblenda, como prismas subredondeados, frescos, pleocroicos, del castaño al castaño verdoso.

Piroxenos: clastos de augita, de forma subangulosa, de color gris, sin pleocroísmo y clastos de hipersteno de forma subangulosa y hábito prismático, pleocroicos del castaño al castaño rosado.

Muscovita: laminillas redondeadas, incoloras.

Epidoto: clastos redondeados de zoicita, de color verde grisáceo, extinción recta, birrefringencia elevada.

Turmalina: clastos subredondeados de schorlita, de hábito prismático corto, pleocroica gris a castaño oscuro.

Diasporo: clastos subangulosos a subredondeados, incoloros, hábito prismático y extinción recta. Hay individuos maclados en forma de tijera (Figura N^o 19). También se observan agregados de seis puntas, de aspecto pseudo hexagonal. En general están cubiertos por una película de óxidos de hierro (color rojo) que dificulta la observación. El cristal de diasporo de la Figura N^o 18, corresponde a una arcilita blanco-verdosa, sin óxido de hierro, por lo cual puede observarse nítidamente el mineral. En algunos cristales se observa disolución intraestratal (diente de perro). (Figura N^o 18).

Calcedonia: clastos subredondeados, con estructura microcristalina en su variedad microgranular.

Rutilo: clastos subangulosos, de hábito prismático, color castaño rojizo, extinción recta.

Minerales opacos: clastos subredondeados de color rojo oscuro, a veces constituyendo agregados, de hematita y clastos redondeados de limonita, algunos traslúcidos, de color castaño amarillento.

CUADRO N° 11COMPOSICION MINERALOGICA DE LA FRACCION ARENA MUY FINA
(ret.tam. 230)

N° muestra	5	14	16	21	25	35"C"	36
Cuarzo	21	76	45	1	60	1	1
Plagioclasas	4	5	13	-	-	-	-
Feldespatos potásico	-	3	-	-	-	-	-
Anfiboles	-	-	10	-	-	-	-
Piroxenos	18	x	4	-	-	1	-
Diasporo	51	x	-	99	-	46	1
Epidoto	-	x	-	-	-	-	-
Rutilo	-	-	-	-	-	x	-
Muscovita	-	1.40	-	-	-	-	-
Calcedonia	6	-	-	-	40	-	-
Minerales opacos	-	12	28	-	-	51	97
Turmalina	x	x	-	-	-	-	-

x = menos del 1%.

PetrografíaCortes delgados

Con el objeto de conocer fundamentalmente la textura de las arcilitas y determinar áreas de aporte de minerales detríticos mayores de 62 micrones, se realizaron cortes delgados de los distintos tipos de rocas que integran la secuencia sedimentaria. Se incluyen descripciones de las rocas del basamento. Las observaciones realizadas sobre cortes delgados, fueron seleccionadas y se incluyen aquí aquellas que hemos considerado representativas de los distintos tipos litológicos encontrados.

Roca de basamento: Migmatita tonalítica.

Procedencia: Cuchilla de Las Aguilas. Barker

Descripción megascópica: Migmatita de color verdoso, con abundante mica.

Descripción microscópica: La roca posee textura porfiroblástica. Los porfiroblastos son de oligoclasa media, con zonación incipiente, de tipo normal y poco definida. Los cristales son límpidos o bien presentan moderada alteración alofánica. Se observa el desarrollo de maclas de Carlsbad-albita. Además, existen porfiroblastos de microclino límpidos, con inclusiones de cuarzo. Los feldespatos potásicos presentan roturación en los bordes y han sufrido una rotación incipiente; algunos de los individuos más grandes de microclino contienen inclusiones de plagioclasa y biotita.

La base entre porfiroblastos, es un agregado granoblástico de cuarzo y feldespatos y contiene muscovita y biotita en agregados finos. Las micas se disponen en planos de foliación ligeramente ondulados (paleosoma).

El agregado de cuarzo y feldespatos es neosoma poco definido y por los porfiroblastos representa un proceso de blastesis, provocado por metasomatismo alcalino. El proceso sería: 1°.- Gneiss primitivo, 2°.- diferenciación metamórfica, 3°.- metasomatismo, 4°.- cataclasis (foliación, esquistosidad y rotura).

Formación La Tinta

Ortocuarcita "inferior" Muestra A

Procedencia: Cuchilla de Las Aguilas

Descripción megascópica: ortocuarcita de grano mediano, de color blanquecino-rosado, muy dura y compacta, teñida superficialmente por óxido de hierro.

Descripción microscópica: la roca está constituida por granos de cuarzo redondeados a subredondeados, bien seleccionados, su tamaño varía entre 300 y 500 micrones. Se observa crecimiento secundario de cuarzo.

La extinción del cuarzo es ondulante débil a moderada. En pequeña proporción se observan individuos de cuarzo policristalino. El cuarzo posee escasas inclusiones globulares que pueden presentar orientación. Es común que trenes de inclusiones dispuestos en planos más o menos paralelos entre sí, atraviesen dos o más clastos, e incluso el crecimiento secundario interpuesto. Hay grumos de arcilla y en las grietas aparece arcilla hematitizada.

Ortocuarcita Muestra B

Procedencia: Cuchilla de Las Aguilas. Barker

Descripción megascópica: arenisca silícea castaña, de grano mediano a grueso, muy deleznable y teñida por óxidos de hierro.

Descripción microscópica: la roca está constituida por clastos de cuarzo subredondeados, con un tamaño que va desde 250 a 400 micrones. La extinción de los granos de cuarzo es normal, aunque algunos presentan extinción ondulante. Se observan numerosos clastos de cuarzo con bordes de crecimiento secundario de cuarzo pero éste no ha actuado como aglutinante de los granos y éstos aparecen prácticamente sueltos. Es común la presencia de laminillas birrefringentes de arcillas

orientadas y dispuestas en una delgada capa bordeando el crecimiento secundario de los granos (Figura N° 17). También se observa abundante pigmentación por óxidos de hierro.

Ortocuarcita "superior" Muestra C

Procedencia: Cuchilla de Las Aguilas. Barker

Descripción megascópica: ortocuarcita de grano mediano, de color blanco, homogénea, muy dura y compacta.

Descripción microscópica: los granos de cuarzo presentan un alto grado de redondez y circularidad, su tamaño varía entre 300 y 500 micrones. Los clastos han sido cementados por cuarzo en crecimiento secundario. Se observa una gran selección ya que la roca está constituida casi exclusivamente por granos de cuarzo, que en algunos casos presentan inclusiones globulares fluidas en cada grano, algunas de ellas con orientación. También se notan, aunque raras, algunas inclusiones de muscovita. La roca es más compacta que las ortocuarcitas inferiores, ya que el número de contactos intergranulares es mayor. No existen niveles ni grumos arcillosos, ni tampoco litoclastos. El redondeamiento de los granos es mayor y la extinción es ondulante baja a moderada.

Formación Las Aguilas

Brecha S/N

Procedencia: Cuchilla de Las Aguilas. Barker

Descripción megascópica: brecha formada por clastos angulosos de ftanitas, de color blanquecino o rosado. El tamaño de los clastos es entre 0.05 y 0.20 m de diámetro, unidos por una "matriz" arcillosa silicificada.

Descripción microscópica: los fragmentos brechosos están formados por un mosaico muy fino de cuarzo anhedral, con contactos nítidos, rectos e irregulares hasta ameboidales. Se

observan agregados de cuarzo de 20-30 micrones de tamaño promedio y agregados mayores (100 micrones), que forman mosaicos equidimensionales. Tienden a disponerse formando grupos homogéneos, con un borde de cristales de cuarzo más pequeños, indicando un relleno posterior de cavidades. También se ven agregados de tipo venoso probablemente como relleno de grietas. En algunas zonas se observan agregados de cristales paralelos dispuestos en pequeñas ondas.

Limolita Muestra N°43

Procedencia: Cuchilla de Las Aguilas. Barker

Descripción megascópica: limolita de color blanco, con clastos de cuarzo en concentraciones nodulares y estructuras deformacionales por efectos de carga.

Descripción microscópica: se observan granos de cuarzo muy fino, que constituyen la base de la roca. También hay granos de cuarzo dispersos, formando lentes, de 300 micrones de tamaño promedio. Además hay un 20% de la roca constituida por granos de cuarzo de 10-30 micrones de tamaño (parte limosa). El cuarzo tiene extinción ondulante moderada a fuerte y forma en total el 58% de la roca.

Dispersos en esta base, aparecen manchones de minerales arcillosos, con repliegues, laminaciones interrumpidas y deformaciones por efectos de carga, en los cuales se distingue un mineral muy birrefringente formando abanicos, pirofilita, determinado por difracción de Rayos X. Se estima que las arcillas forman el 40% de la roca.

Hay también granos de cuarzo con extinción normal, que se dispone con su eje mayor paralelo a las direcciones de deformación, rodeando a los manchones de arcillas.

Se observan numerosos cristalitos de circón (2%) dispersos en la base cuarzosa fina.

Los minerales opacos, hematita, son numerosos y se encuentran dispersos en la base de la roca, en general con cierta orientación y rodeando el material arcilloso.

Arcilita Muestra N° 2

Procedencia: Horizonte Superior de pelitas. Cuchilla de Las Aguilas. Barker.

Descripción megascópica: arcilita de color blanco, compacta, con laminación.

Descripción microscópica: la roca está constituida por agregados arcillosos orientados, dispuestos paralelamente, siguiendo líneas algo sinuosas. En esa masa arcillosa, se advierten túbulos ovalados o redondeados, según el plano de corte, perpendiculares a la laminación, rellenos por clastos subangulosos a subredondeados de cuarzo. En ellos se introducen los agregados de arcillas y granos de cuarzo.

Hay una diferencia de comportamiento a la presión diagenética entre la pelita y los túbulos rellenos, que se observa en la distinta posición de la laminación de la pelita y en los contactos entre los túbulos y la misma.

Arcilita Muestra N° 21

Procedencia: Horizonte Superior de pelitas. Cuchilla de Las Aguilas. Barker.

Descripción megascópica: arcilita de color rojo, con laminación nítida.

Descripción microscópica: la roca está impregnada de óxido de hierro (hematita) por lo cual es difícil su observación; la laminación puede ser reconocida por variaciones de color, ya que los minerales opacos (hematita), forman bandas de color rojizo oscuro que separan bandas más claras, blanquecinas de arcilla.

En estas bandas claras se observan minerales de hábito planar como pirofilita, dispuestos paralelamente y también lentes de ftanita y cuarzo microcristalino, coincidentes con la laminación.

Distribuidos en toda la arcilla hay cristales de diasporo, la mayoría de ellos maclados en forma de tijera, muy birrefringentes y que atraviesan la laminación (Figura N° 19).

Arcilita Muestra N° 35 "C"

Procedencia: Horizonte Superior de pelitas. Cuchilla de Las Aguilas. Barker.

Descripción megascópica: arcilita de color violáceo, con manchones blancos irregularmente distribuidos.

Descripción microscópica: se observa una "matriz" de minerales arcillosos que forman la mayor parte de la roca, en donde se distinguen laminillas de mayor birrefringencia que el resto y también de mayor tamaño de pirofilita (verificada por difracción de Rayos X). También aparecen clastos de ftanita englobados en la matriz arcillosa. Las zonas de color blanco apreciadas megascópicamente, corresponden a concentraciones de diasporo en cristales bien desarrollados, de hábito prismático, algunos maclados en forma de tijera; otros formando agregados muy birrefringentes y con colores de interferencia elevados.

Los minerales opacos (hematita) son muy abundantes y pigmentan la masa arcillosa, dándole una coloración rojiza a violácea. Se observan generalmente concentraciones de hematita rodeando los cristales de diasporo.

Arcilita Muestra N°128

Procedencia: Horizonte Superior de pelitas. Cuchilla de Las Aguilas. Barker.

Descripción megascópica: arcilita en partes arenosa, de color blanquecino y rojizo que muestra una laminación dada por el color. Las capas rojizas son de grano más fino y de menor espesor que las capas blanquecinas.

Descripción microscópica: se observan clastos de cuarzo, de tamaño variado, subredondeados, algunos con extinción ondulante moderada y bordes de crecimiento secundario, dispuestos en una masa de cristales de cuarzo más fino y de un agregado de material arcilloso. Alternan capas rojas arcillosas con capas más claras del agregado cuarzoso y arcilloso.

Aparece una laminación dada por la orientación de los minerales de hábito planar (muscovita y pirofilita), y los clastos de cuarzo, que se orientan con su eje mayor paralelo a los planos de laminado. Aparece una disminución de tamaño de los granos de cuarzo en sentido transversal a la laminación de abajo hacia arriba. Hay también feldespatos potásicos pero éste es escaso.

Ftanita Muestra N° 28

Procedencia: Horizonte Superior de pelitas. Cuchilla de Las Aguilas. Barker.

Descripción megascópica: ftanita con abundante material arcilloso, heterogénea, muy dura, de coloración blanquecina y rojiza con impregnaciones de óxidos de hierro.

Descripción microscópica: composición: cuarzo 70%, arcilla 28%, opacos (magnetita y hematita) 2%.

Se observan agregados uniformes de calcedonia y cuarzo. Estos últimos tienen textura granoblástica, con orientación preferencial y contactos intercristalinos netos, siendo su forma lenticular. En cantidades reducidas se advierten individuos de cuarzo, parcialmente rodeados de la base cuarzosa fina, o por agregados arcillosos orientados. Es probable que se trate de clastos. Finalmente, dispersos en esa masa, o en manchones irregulares, aparecen escamillas incoloras y de alta birrefringencia de pirofilita, de gran tamaño (105 x 40 micrones).

A través de grietas se han introducido soluciones que contenían hierro, posibilitando la formación de minerales ferruginosos (hematita, limonita, magnetita), cristalizando

la magnetita, en este caso, en individuos euhedrales y estando actualmente hematitizada por completo.

Las pocas evidencias encontradas permitirían suponer que la roca es una pelita que sufrió procesos de silicificación.

Ortocuarcita D

Procedencia: Cuchilla de Las Aguilas. Barker.

Descripción megascópica: roca de grano mediano, compacta, de color blanco a rosado.

Descripción microscópica: la roca está compuesta por clastos de cuarzo subredondeados a redondeados, predominando los primeros, cuyos tamaños oscilan entre 300 y 500 micrones. Los contactos entre los clastos son nítidos y se observan numerosos bordes de crecimiento secundario. La extinción de los granos es ondulante moderada a fuerte. Se observan algunos clastos de cuarzo policristalino y también granos de arcilla muy birrefringentes de pirofilita, rodeados de agregados arcillosos casi isótropos (caolín) (Figura N° 22). Hay abundantes cristales de rutilo y algunos de apatita.

Ortocuarcita E

Procedencia: Cuchilla de Las Aguilas. Barker.

Descripción megascópica: ortocuarcita de grano mediano, de color blanquecino-rosado.

Descripción microscópica: la roca está constituida por clastos de cuarzo de granulometría de arena mediana a gruesa; se observan litoclastos de cuarzo policristalino, así como cierta orientación por zonas de los ejes mayores de los clastos y son comunes los contactos intergranulares sutura-

les de tipo estilolítico. La mayoría de los clastos presentan extinción ondulante moderada a fuerte, siendo ésta heredada. Hay algunos grumos de arcillas recristalizada (caolín). En distintas partes se pueden ver grietas rellenas - por cuarzo que atraviesan más de un clasto. También hay numerosos clastos con crecimiento secundario de sílice. La roca se presenta altamente silicificada, con apariencia de metacuarcita.

Sabulita Muestra N^o 134

Procedencia: Cuchilla de Las Aguilas. Barker.

Descripción megascópica: roca de color gris blanquecino, - compacta, con nódulos de ftanitas en una matriz psamítica.

Descripción microscópica: la roca está constituída por - clastos de diversa composición cuyo tamaño oscila entre 1/2 a 4 mm. Predominan los clastos de cuarzo policristalino (cuarzo de vena) con bordes suturales, fuerte extinción ondulante, presentando una leve orientación. Se observan trenes de inclusiones de rutilo en planos paralelos y oblicuos. Los clastos de cuarzo son escasos y se observan en ellos láminas de Böhn y fuerte extinción ondulante. Los litoclastos son de dos clases: a) de ftanitas (tamaño 1.4 mm) con oolitas totalmente reemplazadas por sílice (tamaño 150-200 hasta 1000 micrones) y en cuyos bordes se observa la estructura concéntrica original (Figura N^o 16), o bien ftanitas laminadas y b) de ortocuarcitas (260 micrones) con crecimiento secundario de cuarzo.

La matriz está formada por agregados no orientados de cuarzo y sericita atravesada por venas de cuarzo, probablemente derivados de la desintegración de ortocuarcitas.

Hay algunos cristales de circón y escasa proporción de cemento de calcedonia.

De acuerdo a la estimación cuantitativa de los componentes (Ver Cuadro N^o 2) y según la clasificación de Pettijhon, (1957) la roca es un ortoconglomerado oligomíctico de naturaleza protocuarcítica.

Microscopía electrónica de arcillas

El desarrollo del microscopio electrónico ha permitido la determinación, con gran precisión, de la forma y tamaño de las partículas minerales que componen la fracción arcilla y también hasta qué grado se reduce el tamaño de estas partículas cuando son sometidas a tratamientos mecánicos. Actualmente pueden obtenerse resoluciones hasta de 4 angstroms y los aumentos llegan hasta 250.000 X.

Específicamente se utilizó esta técnica para estudiar la morfología de los cristales de arcillas, el tamaño de las partículas y en especial para corroborar algunos estudios por difracción de Rayos X y dilucidar difractogramas dudosos de caolinita.

Los electrones, provenientes de un filamento incandescente, no tienen el poder de penetración de los Rayos X, sino que al chocar contra la materia, son interceptados superficialmente, por lo cual proveen solamente información sobre las partes superficiales del material examinado, así como también sobre su forma y aspecto. Los cristales de arcilla, por su pequeño tamaño, no pueden estudiarse por medio del microscopio óptico común, cuyo poder de resolución es del orden de los 0,3-0,4 micrones (3.000 a 4.000 angstroms). El microscopio electrónico en cambio, permite su estudio con el máximo detalle.

Preparación de las muestras

Las muestras se dispersaron en agua destilada, utilizando los métodos comunes y se separó la fracción arcilla (menor de cuatro micrones). Se obtuvieron suspensiones muy diluídas y se depositó una gota con micropipeta en las mallas standard del microscopio electrónico sobre membranas de nitrocelulosa, sombreadas con carbono. Para este tipo de muestras se utilizó el microscopio marca Philips, EM 300, de la C.N.E.A. Las microfotografías fueron tomadas por

transmisión a 40 K.V.. También se obtuvieron microfotografías con el Steroscan JSM-U3, con sombreado de oro y paladio, del Instituto de Neurobiología (CONICET) con 10.000 aumentos en el negativo. (Figuras N^os. 53 y 54).

Se seleccionaron arcilitas blancas, rojas y violáceas de los dos horizontes. Este método permitió identificar la presencia de halloysita en muestras con alto contenido en alúmina y que por difracción de Rayos X y análisis térmico diferencial habían sido identificadas como caolinita.

Aspecto y forma de presentarse de los minerales de arcillas analizados al microscopio electrónico.

Caolinita: Se presenta como placas euhedrales características, pseudohexagonales. Es interesante destacar, y esto puede observarse en las fotografías obtenidas (Figuras N^os. 42 y 47), que las placas de caolinita son con frecuencia lo suficientemente delgadas como para transmitir las sombras de cristales menores que yacen debajo.

Illita: Este mineral es el que presenta mayor dificultad para su identificación, ya que carece de características distintivas bajo el microscopio electrónico. Las fotografías del grupo de la illita, se parecen a las de montmorillonita, en que ambos parecen carecer de bordes cristalinos. Sin embargo las placas de illita muestran un contorno algo más definido. Es posible que las láminas fotografiadas sean agregados de cristales. Es muy difícil separar la illita de las impurezas que generalmente la acompañan (Figura N^o 46).

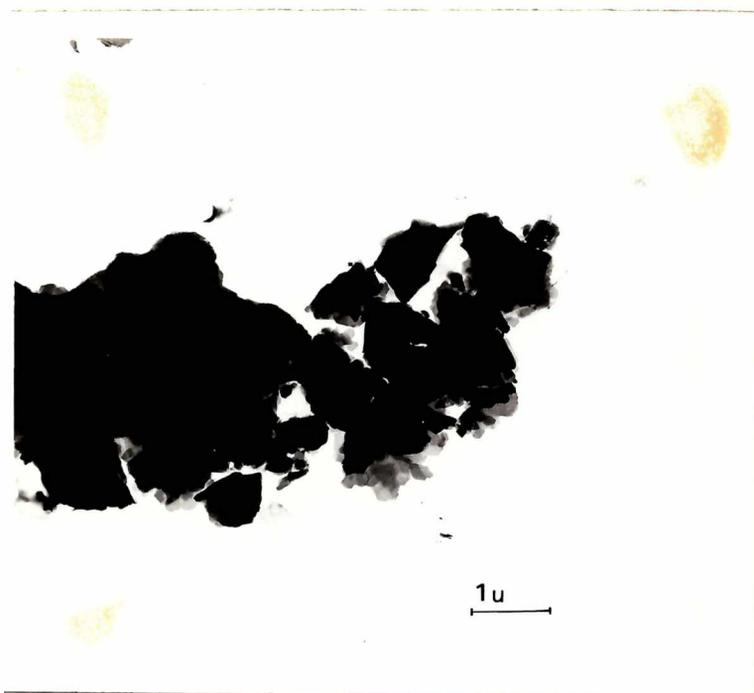
Pirofilita: Las fotografías muestran que la pirofilita tiene contornos gruesos y bordes rectos. Las líneas sinuosas que forman una "red" en las láminas de pirofilita, son presumiblemente efectos de difracción, también observadas en otros minerales de arcillas (dickita, sericita) cuando las láminas son traslúcidas al haz de electrones. Podrían producirse por el efecto de irregularidades en las placas interpuestas en el paso del haz de electrones (Figuras N^os. 43,

44 y 45). Algunas fotografías muestran partículas asociadas que podrían ser de cuarzo.

Halloysita: Aparece en formas elongadas y tubulares (Figuras N^os. 43, 45, 47, 48, 49 y 53). La forma de la halloysita ha sido estudiada por Bates, et. al. (1950), quienes postularon una cristalización tubular y sugirieron una interpretación estructural. La evidencia más convincente del desarrollo tubular está sostenida por las diminutas formas en anillos (doghnut) que resultan al fotografiar un extremo de dicho cristal. Bates da una interpretación sobre la diferencia morfológica fundamental entre la halloysita tubular y las láminas de caolinita, basada en estudios de microscopía electrónica. De acuerdo a esta interpretación, la halloysita hidratada ($4 \text{ H}_2\text{O}$) está constituida por láminas dobles curvadas con capas intermedias de agua, que se han enrollado a raíz de la diferencia entre la distancia oxígeno-oxígeno en la capa de SiO_4 de una lámina doble y la distancia oxhidrilo-oxhidrilo en la capa de gibsita de una doble capa diferente.

En caolinita, dickita y nacrita, las distancias entre los grupos oxhidrilo-oxhidrilo y los grupos oxígeno-oxígeno, no muestran diferencia debido a la mayor proximidad de los átomos, de tal forma que es posible un empaquetamiento planar.

De acuerdo a la teoría sostenida por Bates, op.cit., cuando la halloysita ($4 \text{ H}_2\text{O}$) es deshidratada a halloysita ($2 \text{ H}_2\text{O}$), las dobles capas acortan la distancia que hay entre las mismas y los enlaces se hacen más fuertes, causando líneas longitudinales a lo largo del tubo. De este modo, la halloysita deshidratada muestra un "desenrollamiento" parcial. (Figura N^o 43).



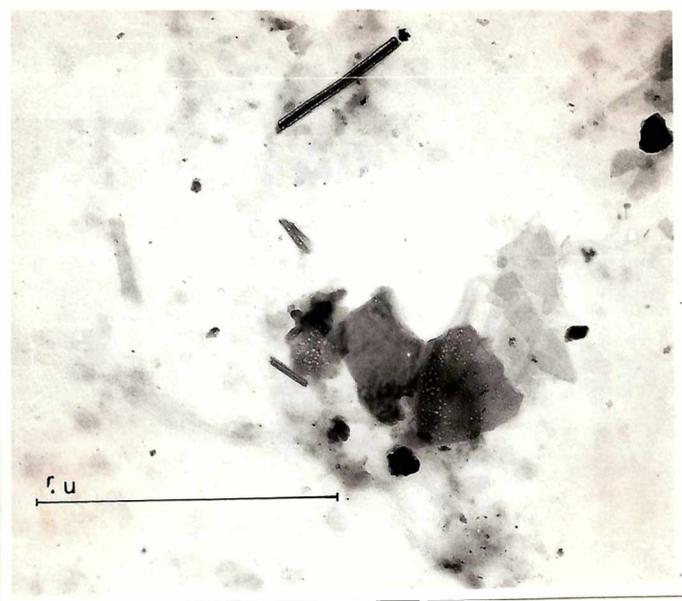
Caolinita en cristales pequeños, transparentes, en la parte inferior derecha de la foto y cristales grandes de pirofilita, oscuros en la foto.

2800 aumentos

Muestra N° 2

Perfil N° 2

FIGURA N° 42



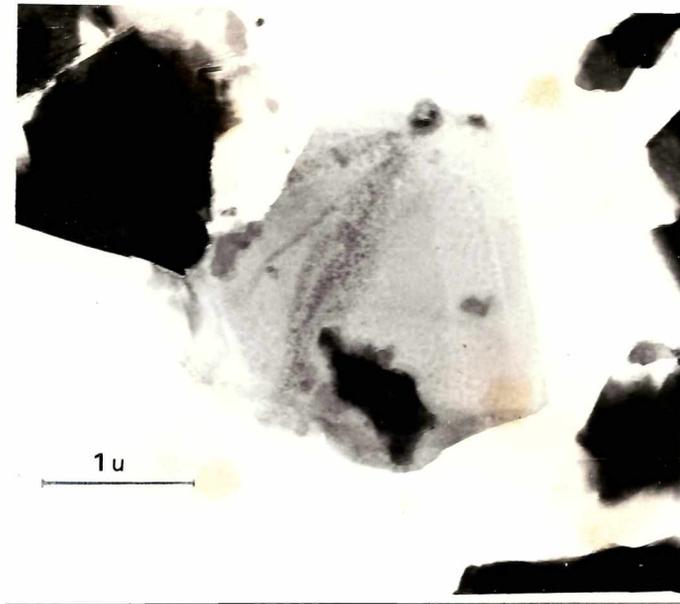
Cristales transparentes de pirofilita, tubos de halloysita e impurezas.

12000 aumentos

Muestra N° 5

Perfil N° 3

FIGURA N° 43



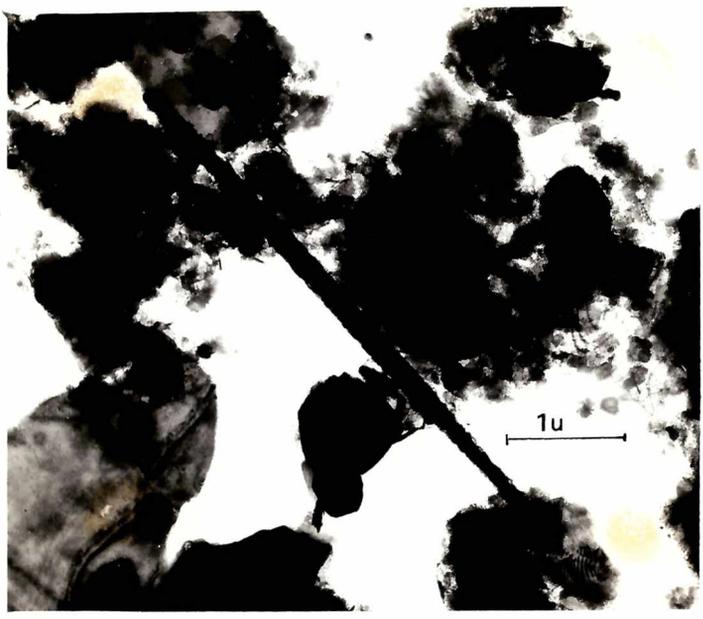
Detalle de placas de pirofilita, de bordes netos, transparentes, con sombras de difracción.

5600 aumentos

Muestra N^o 43

Perfil N^o 14

FIGURA N^o 44



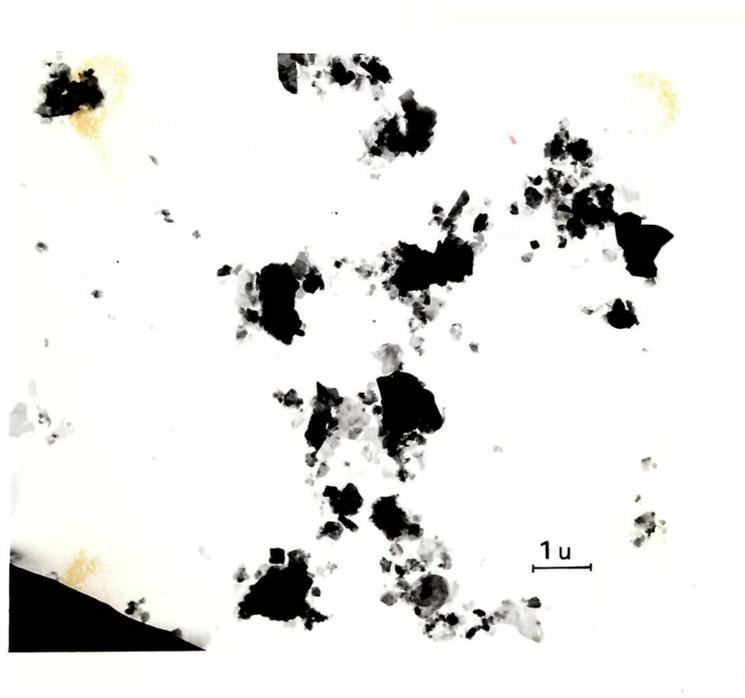
Pirofilita en láminas grandes, con sombras de difracción. Halloysita en forma de tubo, en el centro de la foto y cristales superpuestos de calolinita en la parte media de la misma.

4500 aumentos

Muestra N^o 101

Perfil N^o 15

FIGURA N^o 45



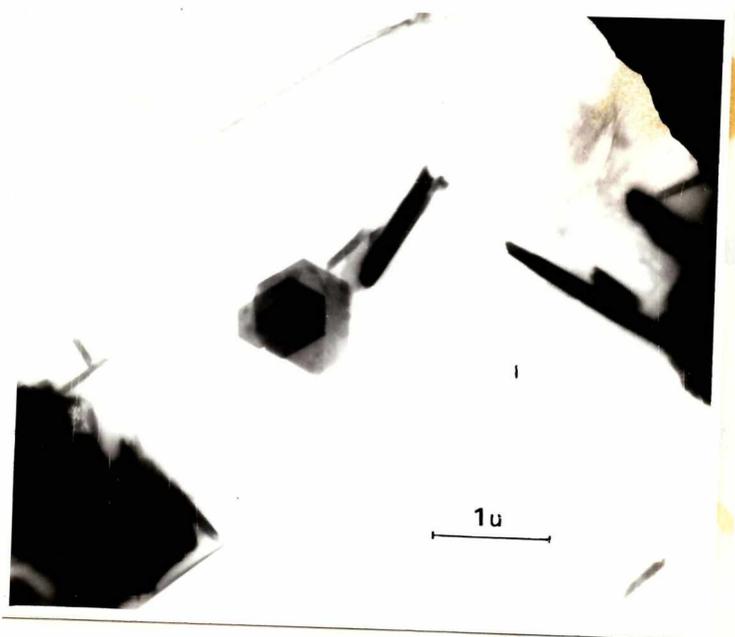
Illita, caolinita y
pirofilita en cris-
tales pequeños.

2340 aumentos

Muestra N^o 102

Perfil N^o 15

FIGURA N^o 46



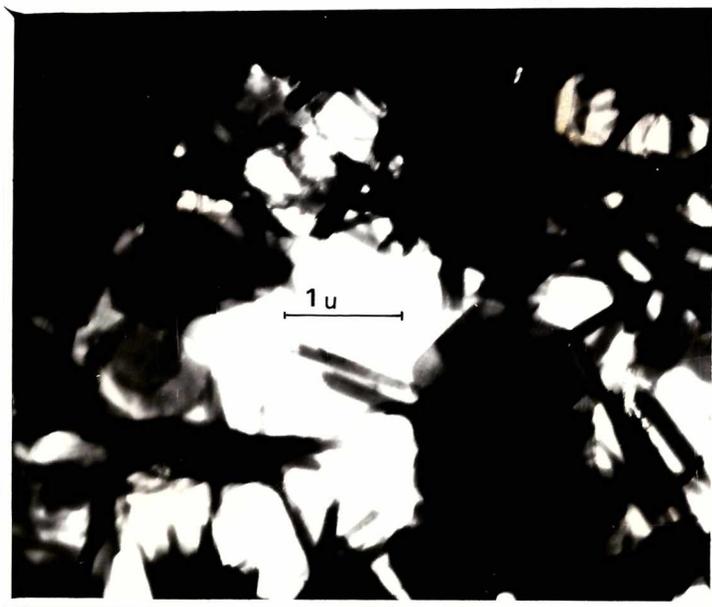
Cristales hexagonales
de caolinita superpues-
tos y tubos de halloy-
sita.

4500 aumentos

Muestra N^o 103

Perfil N^o 15

FIGURA N^o 47



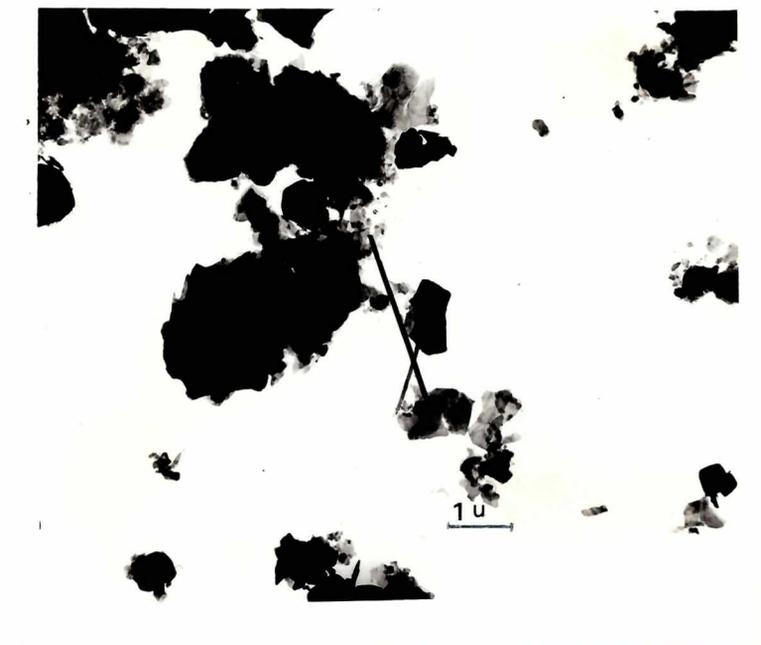
Halloysita en tubos,
formando la mayor parte
de la muestra. Además,
cristales hexagonales
de caolinita en la por-
ción inferior derecha
de la foto.

4500 aumentos

Muestra N^o 103

Perfil N^o 15

FIGURA N^o 48



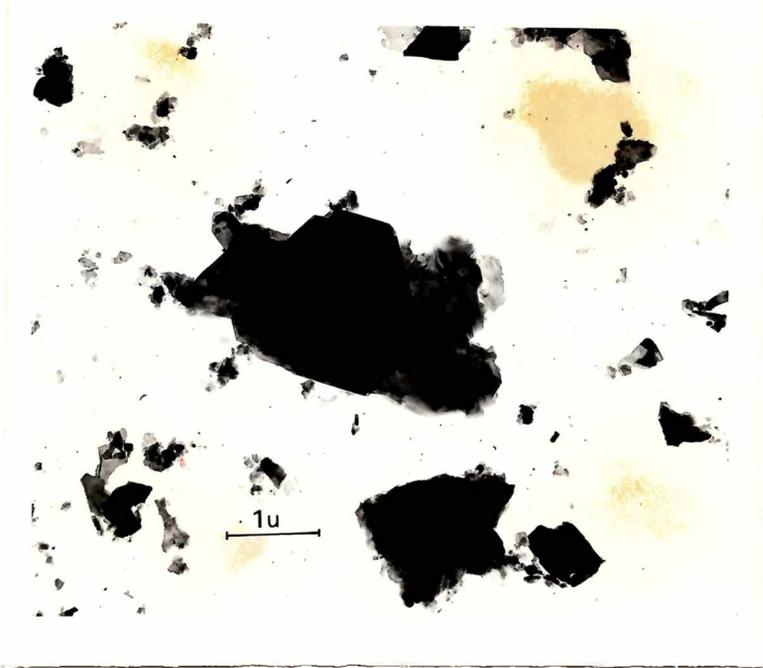
Pirofilita, illita,
halloysita y caoli-
nita.

2340 aumentos

Muestra N^o 104

Perfil N^o 15

FIGURA N^o 49



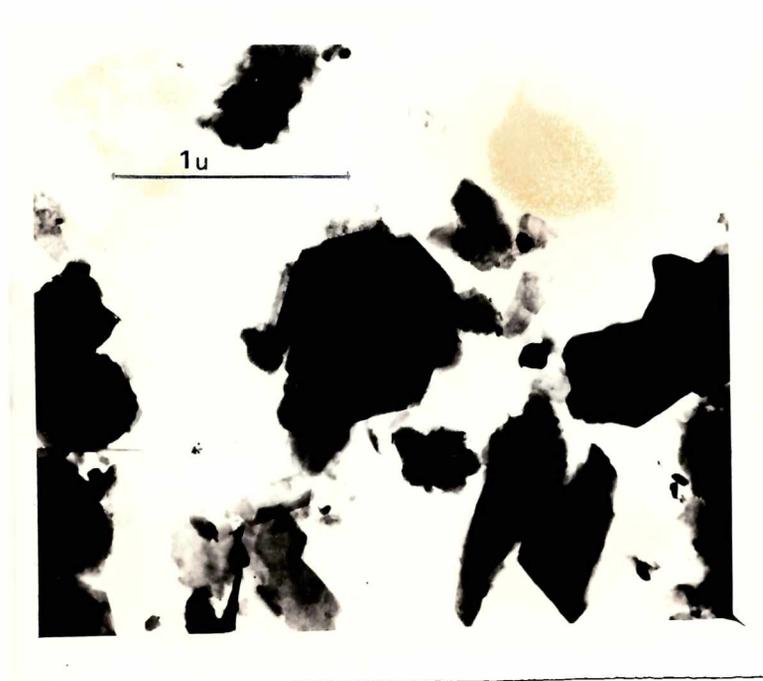
Caolinita superpuesta
a láminas de pirofilita
y agregados de illita.

3600 aumentos

Muestra N^o 105

Perfil N^o 15

FIGURA N^o 50



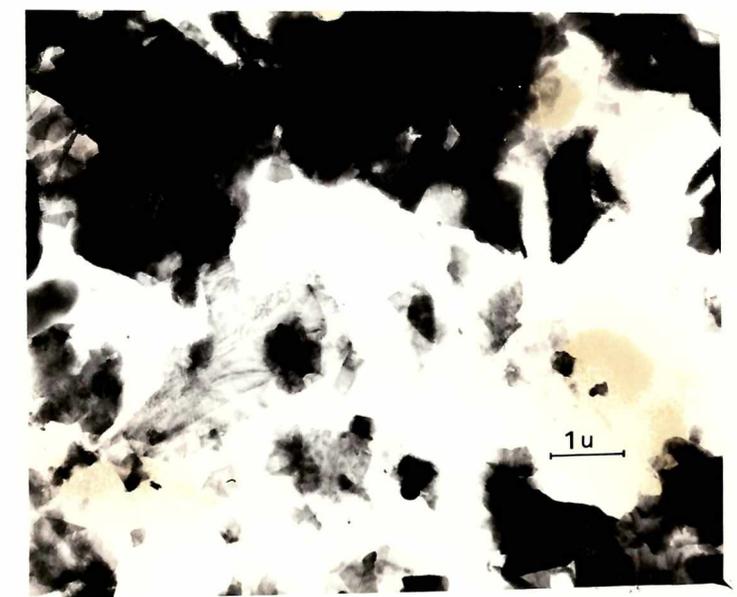
Caolinita, cristal
hexagonal en el cen-
tro de la foto y más
pequeña en la parte
inferior de la misma,
láminas irregulares
de pirofilita.

9250 aumentos

Muestra N^o 106

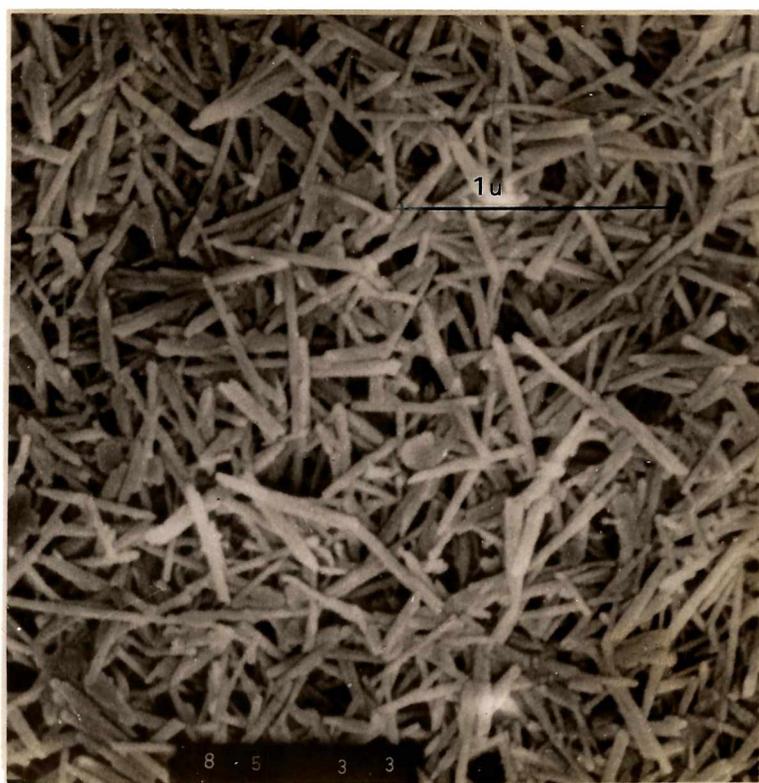
Perfil N^o 15

FIGURA N^o 51



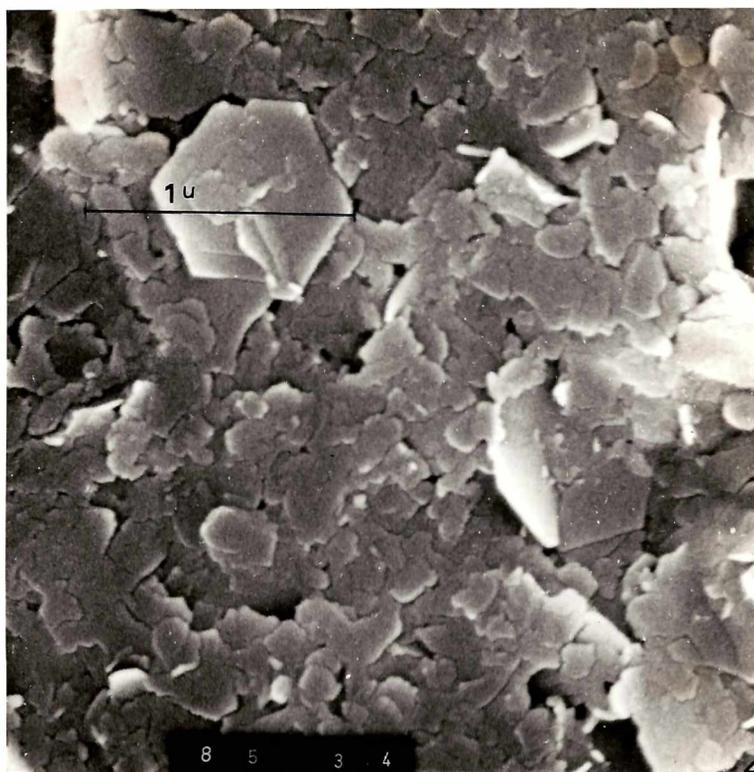
Pirofilita
2840 aumentos
Muestra N° 107
Perfil N° 15

FIGURA N° 52



Halloysita
10000 aumentos
Muestra N° 103

FIGURA N° 53



Caolinita
10000 aumentos
Muestra N^o 5

FIGURA N^o 54

Conclusiones del análisis por microscopía electrónica

De las microfotografías obtenidas, resulta evidente que este método es muy valioso como complemento en la identificación mineralógica, sobre todo cuando se trata de especies fácilmente individualizables como caolinita, halloysita y pirofilita, y como herramienta para solucionar problemas que no puede resolver la difracción de Rayos X. En este caso, las fotografías electrónicas han resultado decisivas para la identificación de halloysita, ya que los difractogramas y los termogramas no proveían información concluyente para distinguir los picos de caolinita y halloysita.

Distribución de los minerales de las arcillas

Horizonte Inferior de pelitas: caolinita en cristales de pequeño tamaño, pirofilita en grandes cristales, e illita en agregados, esta última predomina sobre la pirofilita y caolinita.

Horizonte Superior de pelitas: cristales euhedrales de caolinita, de gran desarrollo y abundante halloysita, en su mayor parte acompañados de pirofilita. En el sector basal de arcilla roja y violácea se presentan pirofilita y caolinita con escasa illita y halloysita.

CLASIFICACION TECNOLOGICA DE LAS ARCILLAS

De acuerdo a los ensayos tecnológicos realizados sobre muestras representativas de los 2 horizontes de pelitas que aparecen en la zona, se han establecido diferentes calidades de materiales. Las mismas fueron determinadas en base a los resultados de los análisis por difracción de Rayos X, análisis - térmico diferenciales, curvas dilatométricas, refractariedad, capacidad de intercambio y plasticidad. De este modo, se han establecido cinco calidades designadas con las letras A, B, C, D y E y que son las siguientes:

Calidad A: Aptas para refractarios

Arcillas de color blanco con un contenido en SiO_2 entre 43 y 55 %, en Al_2O_3 entre 33 y 38%, y en Fe_2O_3 entre 0,4 y 3,20% y un cono pirométrico equivalente entre 31 y 32,5%.

Mineralógicamente corresponden a arcillas esencialmente caoliníticas, algunas con halloysita en cantidades variables y acompañadas de pirofilita e illita. Contienen, en general, una proporción de caolinita e illita que parece ser la ideal para la fabricación de materiales refractarios de elevada calidad. Muestras N^os. 4, 6, 25, 103, 106 y 116. (Adjunto detalle Hoja de Especificaciones Técnicas Muestra N^o 25).

Tienen su distribución en el Horizonte Superior exclusivamente.

Calidad B: Aptas para la fabricación de loza y azulejos

Arcillas plásticas de color blanco-verdoso, con un contenido de SiO_2 entre 45 y 46% y en Al_2O_3 entre 34,5 y 36% y en Fe_2O_3 entre 0,9 y 2,00% y cono pirométrico equivalente 23-26.

Mineralógicamente presentan una elevada proporción de

mica, muscovita, illita y de pirofilita y muestran un proceso expansivo a partir de los 1250° - 1275° el cual se atribuye a la presencia de mica. Se citan como ejemplo las muestras N^os. 12 y 15 (Detalle en Hoja de Especificaciones Técnicas, Muestra N^o 15).

Se encuentran en el nivel de arcillas blancas del Horizonte Superior exclusivamente.

Calidad C: Aptas para pastas cerámicas y azulejos

Limolitas de color blanco, con un contenido en SiO_2 del 72,5%, en Al_2O_3 de 19% y en Fe_2O_3 de 0,7% y cono pirométrico equivalente 23.

Mineralógicamente corresponden a arcillas con illita como principal constituyente, acompañada de pirofilita en menor proporción y muy escasa caolinita (menor del 5%), además presentan abundante cuarzo. El abundante cuarzo y el bajo porcentaje en Fe_2O_3 , posibilitaría la utilización de este material en la fabricación de pastas cerámicas y azulejos. (Detalle en Hoja de Especificaciones Técnicas, Muestra N^o 43).

Su distribución se restringe al Horizonte Inferior.

Calidad D: Aptas para cerámica roja

Arcillas rojas y violáceas, con un contenido en SiO_2 de 47%, en Al_2O_3 de 31 a 33% y variable proporción de Fe_2O_3 , entre 8,5 y 18%. El cono pirométrico equivalente varía entre 21 y 29.

Mineralógicamente corresponden a arcillas compuestas por caolinita, pirofilita e illita. El óxido de hierro limita su aplicación en la industria de refractarios, por lo cual se utilizan para cerámica roja. Muestras N^os. 16, 120 y 135. (Detalle en Hoja de Especificaciones Técnicas, Muestra N^o 16).

Son las más abundantes y se localizan en el sector medio e inferior del Horizonte Superior de arcilitas.

Calidad E:

Arcillas rojizas hasta blanquecinas, que luego de calcinadas presentan puntos aislados de hierro; con relativamente baja contracción por cochura, abundante SiO_2 , entre 55 y 60 %, una proporción de Al_2O_3 entre 23 y 28%, Fe_2O_3 - muy variable y cono pirométrico equivalente entre 21 y 23.

Mineralógicamente están constituídas por pirofilita, caolinita e illita. Son arcillas de mala calidad no pudiéndoseles dar uso tecnológico definido. (Son las menos abundantes). (Detalle en Hoja de Especificaciones Técnicas, - Muestra N° 30.

Se encuentran distribuídas en las arcillas rojas del Horizonte Superior.

Tal como puede observarse, la calidad de las arcillas está íntimamente vinculada a su composición mineralógica y contenido en óxido de hierro fundamentalmente, por lo tanto un análisis mineralógico de muestra total por Rayos X, da una primera apreciación de la calidad del material.

Hojas de especificaciones técnicas

Además de los ensayos ya expuestos, se efectuaron otros ensayos tecnológicos en la División Cerámica del LEMIT y - que comprenden las siguientes determinaciones:

Capacidad de intercambio: fue determinado por el método de saturación de las posiciones de cambio con acetato de amonio y posterior liberación del amonio de la muestra homioionizada por reemplazo catiónico con cloruro de sodio y valoración del amonio liberado. (Bol. Soc. Española Cerámica y Vidrio. Vol. 11, 187, 1972).

Índice de plasticidad: se determinó por el método de Atterberg según norma A.S.T.M. D-423 y D-424 e I.R.A.M. 10.502.

Cono pirométrico equivalente: determinado según el método indicado en la norma I.R.A.M. 12.507.

Comportamiento al secado y cochura: las medidas de variación lineal por secado y cochura se hicieron sobre probetas elaboradas en barro plástico, con humedades que oscilan entre 18 y 25 %, moldeadas por compactación normal y en semiseco con 5% de humedad y 200 kg/cm² de presión.

A continuación se adjuntan las hojas de especificaciones técnicas correspondientes a cada una de las distintas calidades de arcillas determinadas en base a los análisis tecnológicos realizados en el presente estudio.

HOJA DE ESPECIFICACIONES TECNICASArcilla N° 25Ubicación: Horizonte Superior de Pelitas, Perfil N° 9Aspecto: Arcilla blanco-verdosa con laminación bien marcada.Color después de calcinada: Blanca.Análisis mineralógico: Por estimación semicuantitativa por difracción de Rayos X.

Caolinita	%	60
Pirofilita	%	20
Illita	%	20
Cuarzo	%	0
Montmorillonita	%	0

Análisis químico:

Anhídrido silícico (SiO ₂)	45.9
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	39.2
Oxido de titanio (TiO ₂)	1.7
Oxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	0.8
Oxido de calcio (CaO)	-
Oxido de magnesio (MgO)	0.3
Oxido de sodio (Na ₂ O)	0.2
Oxido de potasio (K ₂ O)	2.7
Pérdida por calcinación a 1000° %	9.2

Análisis térmico diferencial:

El termograma revela la presencia de una arcilla cao-
linítica de elevado desorden cristalino acompañada por mi-
neral illítico en menor proporción.

Análisis dilatométrico:

El dilatograma presenta la forma de aquellas arcillas

que contienen minerales del grupo de las micas por la expansión que ocurre entre 600 y 900°, y de minerales del grupo del caolín por las inflexiones que sufre la contracción a partir de los 900°; esas zonas de menor velocidad de contracción ocurren en las caolinitas entre 650-850°, 900-1050° y 1150-1300°. En el presente dilatograma se observan las "mesetas" de los 900-1050° y la de 1150-1300°.

Refractariedad:

Cono pirométrico equivalente	32 1/2
Temperatura equivalente	1724°

Capacidad de intercambio:

Valor T	2,16 mEq/100g
---------	---------------

Plasticidad:

Índice de plasticidad	4,1
Límite líquido	20,4
Límite plástico	16,3

Características tecnológicas determinadas sobre probetas moldeadas en barro plástico:

Variación lineal %, a 100-105°	-	2,8
Variación lineal %, a 1000°	-	3,5
Variación lineal %, a 1400°		14,8
Densidad aparente g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)		2,34
Densidad aparente en agua g/cm ³ (después de calcinada a 1400°)		2,36
Porosidad aparente %, (después de calcinada a 1400°)		1,0

Características tecnológicas determinadas sobre probetas elaboradas en semi-seco:

Variación lineal %, a 100-105°	-	0,2
Variación lineal %, a 1000°	-	0,7
Variación lineal %, a 1400°	-	8,1

Densidad aparente g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	2,50
Densidad aparente en agua g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	2,53
Porosidad aparente %, (después de calcinada a 1400°)	1,9

Posible utilización tecnológica:

Es una excelente arcilla para la fabricación de refractarios de primera calidad. También puede ser empleada en la fabricación de loza y porcelana.

HOJA DE ESPECIFICACIONES TECNICAS

Arcilla N° 15

Ubicación: Horizonte Superior de Pelitas, Perfil N° 7

Aspecto: Arcilla gris-verdosa, con tonalidades rosadas, con laminación bien marcada.

Color después de calcinada: Blanco-amarillento.

Análisis mineralógico: Por estimación semicuantitativa por difracción de Rayos X.

Caolinita	%	40
Pirofilita	%	15
Illita	%	40
Cuarzo	%	5
Montmorillonita	%	0

Análisis químico:

	%
Anhídrido silícico (SiO ₂)	43.90
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	35.30
Oxido de titanio (TiO ₂)	1.00
Oxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	2.80
Oxido de calcio (CaO)	0.0
Oxido de magnesio (MgO)	0.20
Oxido de sodio (Na ₂ O)	0.82
Oxido de potasio (K ₂ O)	4.70
Pérdida por calcinación a 1000°	9.30

Análisis térmico diferencial:

El termograma indica la presencia de elevada proporción de illita y regular cantidad de caolinita.

Análisis dilatométrico:

El dilatograma es característico de materiales con

alta proporción de illita, pirofilita y/o muscovita, los cuales provocan una curva expansiva entre los 600 y 900°; seguidos por una muy elevada y rápida contracción que llega al 10,2 % a 1200°, seguida por una muy marcada y rápida expansión a partir de los 1220°.

Refractariedad:

Cono pirométrico equivalente	23
Temperatura equivalente	1605°

Capacidad de intercambio:

Valor T 7,25 mEq/100g

Plasticidad:

Índice de plasticidad	8,3
Límite líquido	31,5
Límite plástico	23,2

Características tecnológicas determinadas sobre probetas moldeadas en barro plástico:

Variación lineal %, a 100-105°	- 5,0
Variación lineal %, a 1000°	- 5,8
Variación lineal %, a 1400°	-10,2
Densidad aparente g/cm ³ (después de calcinada a 1400°)	1,99
Densidad aparente en agua g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	2,10
Porosidad aparente %, (después de calcinada a 1400°)	5,2

Características tecnológicas determinadas sobre probetas elaboradas en semi-seco:

Variación lineal %, a 100-105°	- 0,4
Variación lineal %, a 1000°	- 3,2
Variación lineal %, a 1400°	- 5,5

Densidad aparente g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	2,18
Densidad aparente en agua g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	2,20
Porosidad aparente %, (después de calcinada a 1400°)	1,1

Posible utilización tecnológica:

Debido a que es un mineral expansivo a alta temperatura deberá utilizarse con cuidado en cerámicas que se calcinen por encima de las temperaturas de expansión. Podrá utilizarse para refractarios de baja calidad y como constituyente menor en bizcochos de loza y azulejos.

HOJA DE ESPECIFICACIONES TECNICAS

Arcilla N° 16

Ubicación: Horizonte Superior de Pelitas, Perfil N° 7.

Aspecto: Arcilla roja

Color después de calcinada: Rojo

Análisis mineralógico: Por estimación semicuantitativa por difracción de Rayos X.

Caolinita	%	35
Pirofilita	%	15
Illita	%	45
Cuarzo	%	5
Montmorillonita	%	0

Análisis químico:

	%
Anhídrido silíceo (SiO_2)	42,10
Oxido de aluminio (Al_2O_3)	36,90
Oxido de titanio (TiO_2)	1,6
Oxido de hierro (Fe_2O_3)	4,8
Oxido de calcio (CaO)	0,03
Oxido de magnesio (MgO)	0,07
Oxido de sodio (Na_2O)	0,55
Oxido de potasio (K_2O)	5,45
Pérdida por calcinación a 1000° ,	8,35

Análisis térmico diferencial:

El termograma muestra un material arcilloso con predominio de illita sobre caolinita.

Análisis dilatométrico:

El dilatograma, típico de minerales del grupo de las

micas (Illita, Pirofilita y/o Muscovita), con una onda de expansión entre 600 y 900°, seguida de una muy pronunciada contracción que alcanza al 11,7 % a 1200°, seguida a partir de esa temperatura de una rapidísima expansión que reduce la contracción al 5,2 % a 1300°.

Refractariedad:

Cono pirométrico equivalente	26
Temperatura equivalente	1621°

Capacidad de intercambio:

Valor T	7,16 mEq/100g
---------	---------------

Plasticidad:

Índice de plasticidad	13,4
Límite líquido	37,4
Límite plástico	24,0

Características tecnológicas determinadas sobre probetas moldeadas en barro plástico:

Variación lineal %, a 100-105°	- 5,4
Variación lineal %, a 1000°	- 7,0
Variación lineal %, a 1400°	Deformada
Densidad aparente g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	1,85
Densidad aparente en agua g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	2,28
Porosidad aparente %, (después de calcinada a 1400°)	18,5

Características tecnológicas determinadas sobre probetas elaboradas en semi-seco:

Variación lineal %, a 100-105°	0
Variación lineal %, a 1000°	- 3,1
Variación lineal %, a 1400°	Deformada

Densidad aparente g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	1,85
Densidad aparente en agua g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	1,89
Porosidad aparente %, (después de calcinada a 1400°)	2,0

Posible utilización tecnológica:

Buen material para cerámica roja, adecuado para la fabricación de pisos y revestimientos cerámicos.

HOJA DE ESPECIFICACIONES TECNICAS

Arcilla N° 30

Ubicación: Horizonte Superior de Pelitas, Perfil N° 10

Aspecto: Arcilla gris-verdosa, con marcada laminación.

Color después de calcinada: Blanco-amarillento, con puntos de óxido de hierro.

Análisis mineralógico: Por estimación semicuantitativa por difracción de Rayos X.

Caolinita	%	35
Pirofilita	%	60
Illita	%	0
Cuarzo	%	5
Montmorillonita	%	0

Análisis químico:

	%
Anhídrido silícico (SiO ₂)	59,60
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	27,20
Oxido de titanio (TiO ₂)	0,75
Oxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	4,80
Oxido de calcio (CaO)	0,03
Oxido de magnesio (MgO)	-
Oxido de sodio (Na ₂ O)	0,42
Oxido de potasio (K ₂ O)	0,94
Pérdida por calcinación a 1000°	6,10

Análisis térmico diferencial:

El termograma, por su complejidad, indica la presencia de distintos tipos de minerales, como illita, pirofilita y caolinita.

Análisis dilatométrico:

La curva dilatométrica, presenta muy elevada expansión

entre 600 y 1100°, que llega al 2 % entre los 600 y 900°; a partir de los 1100°, el material contrae normalmente - hasta los 1250°, donde se inicia una estabilización volumétrica que llega hasta la máxima temperatura de ensayo.

Refractariedad:

Cono pirométrico equivalente	20-23
Temperatura equivalente	1590°

Capacidad de intercambio:

Valor T	0,92 mEq/100 g
---------	----------------

Plasticidad:

Índice de plasticidad	5,6
Límite líquido	23,9
Límite plástico	19,3

Características tecnológicas determinadas sobre probetas moldeadas en barro plástico:

Variación lineal %, a 100-105°	- 4,9
Variación lineal %, a 1000°	- 4,5
Variación lineal %, a 1400°	-12,7
Densidad aparente g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	1,69
Densidad aparente en agua g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	2,54
Porosidad aparente %, (después de calcinada a 1400°)	33,4

Características tecnológicas determinadas sobre probetas elaboradas en semi-seco:

Variación lineal %, a 100-105°	+ 0,4
Variación lineal %, a 1000°	+ 1,7
Variación lineal %, a 1400°	- 1,4

Densidad aparente g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	2,09
Densidad aparente en agua g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	2,53
Densidad aparente %, (después de calcinada a 1400°)	17,4

Posible utilización tecnológica:

Este material después de calcinado, presenta puntos aislados de hierro; es de relativamente baja contracción por cochura y no tiene mayor valor como arcilla refractaria, por lo que no se le puede dar una tecnología específica.

HOJA DE ESPECIFICACIONES TECNICAS

Arcilla N° 43

Ubicación: Horizonte Inferior de Pélitas; Perfil N° 14

Aspecto: Arcilla blanco-verdosa, con intercalaciones irregulares de psamitas, distribuídas en el interior del banco, con laminación bien marcada.

Color después de calcinada: Blanca; presenta puntos fundidos al calcinarse a 1400°.

Análisis mineralógico: Por estimación semicuantitativa por difracción de Rayos X.

Caolinita	%	10
Pirofilita	%	20
Illita	%	30
Cuarzo	%	40
Montmorillonita	%	0

Análisis químico:

	%
Anhídrido silícico (SiO ₂)	79,70
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	14,20
Oxido de titanio (TiO ₂)	0,54
Oxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	0,80
Oxido de calcio (CaO)	-
Oxido de magnesio (MgO)	0,30
Oxido de sodio (Na ₂ O)	-
Oxido de potasio (K ₂ O)	1,32
Pérdida por calcinación a 1000°,	2,99

Análisis térmico diferencial:

El termograma indica la presencia de elevada proporción de illita, no mostrando la presencia de caolinita ya que se encuentra ausente el pico exotérmico de 980°, característico de los minerales de la serie de las kanditas.

Análisis dilatométrico:

La curva dilatométrica es representativa de minerales illíticos con contenido elevado de cuarzo, demostrado este último, por la baja contracción del material y la expansión que supera la contracción del material arcilloso, provocando una marcada inflexión entre los 1325 y 1375°, por transformación del cuarzo en cristobalita.

Refractariedad:

Cono pirométrico equivalente	23
Temperatura equivalente	1605°

Capacidad de intercambio:

Valor T	3,83 mEq/100g
---------	---------------

Plasticidad:

Índice de plasticidad	4,9
Límite líquido	19,2
Límite plástico	14,3

Características tecnológicas determinadas sobre probetas moldeadas en barro plástico:

Variación lineal %, a 100-105°	- 4,8
Variación lineal %, a 1000°	- 4,3
Variación lineal %, a 1400°	- 4,9
Densidad aparente g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	1,87
Densidad aparente en agua g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	1,95
Porosidad aparente %, (después de calcinada a 1400°)	3,6

Características tecnológicas determinadas sobre probetas elaboradas en semi-seco:

Variación lineal %, a 100-105°	0
Variación lineal %, a 1000°	0

Variación lineal %, a 1400°	+ 2,0
Densidad aparente g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	2,00
Densidad aparente en agua g/cm ³ , (después de calcinada a 1400°)	2,05
Porosidad aparente %, (después de calcinada a 1400°)	1,1

Posible utilización tecnológica:

Este material, debido a su bajo contenido en óxido de hierro y elevado contenido de cuarzo, puede ser empleado en la fabricación de pastas cerámicas y en fabricación de loza y azulejos.

ESTIMACION DE RESERVAS

Considerando que el aspecto económico y particularmente la estimación de reservas de un yacimiento de recursos naturales no renovables, es de vital importancia, se delimitaron las áreas que abarcan los yacimientos explotables, con el fin de realizar una estimación de reservas teniendo en cuenta la calidad de los materiales.

Las arcillas representan un rubro importante en la producción minera de la Provincia. Es interesante destacar que Buenos Aires es la principal provincia minera del país, contribuyendo en un 60% a la producción total con rocas de aplicación, Angelelli et al. (1973). Las arcilitas de la zona estudiada, representan un centro de explotación con un ritmo diario de 6.000 a 10.000 ton., destinadas a la fabricación de cemento, refractarios, loza, azulejos y cerámica roja.

Delimitación de áreas en base a datos de afloramientos

Para el cálculo de áreas, se procedió primero a delimitar las mismas utilizando para ello el mapa geológico en escala 1:5000, donde se puede observar la ubicación de los perfiles columnares representativos. Además, teniendo en cuenta que el Horizonte Superior es el más extenso y potente y que está constituido por tres niveles de arcilitas de diferente color, densidad y composición mineralógica, se calcularon las áreas correspondientes para conocer las reservas de cada una por separado.

Determinación de la densidad de las arcillas

La densidad se determinó por el método del empuje hidrostático, en kerosene. Este empuje se registró cuando alcanzó un valor constante.

Condiciones: el peso de la muestra fue registrado cuando éste alcanzó un equilibrio de absorción de humedad en un ambiente de una humedad relativa de 68,9%. También se deter-

minó un límite inferior de la densidad, vale decir una densidad aparente (el empuje hidrostático en este caso es el que corresponde a la muestra recién colocada en el kerosene, antes de que éste sature los poros de la muestra). En definitiva, se utilizó la densidad aparente para los cálculos por considerarse que este valor se ajusta más a la realidad.

Los valores obtenidos de la densidad aparente para los distintos tipos de arcillas son:

Arcilla blanco-verdosa	2.50 gr/cm ³
Arcilla roja	3.09 gr/cm ³
Arcilla violácea	3.57 gr/cm ³

Reservas máximas y mínimas

Dado que los datos disponibles son de afloramientos, es evidente que la estimación realizada corresponde íntegramente a la categoría de mineral posible, pues un cálculo estricto de reservas implicaría la necesidad de realizar perforaciones en las áreas delimitadas. No obstante estas limitaciones, se procuró obtener cifras que aún dentro de la amplitud del término mineral posible provean una idea aproximada de las existencias de materia prima. Esto condujo a tomar el criterio de realizar estimaciones máximas y mínimas de reservas (Cuadro N^o 12 y 13). La estimación se tomó como máxima cuando en un área no existían afloramientos suficientes como para obtener espesores promedio ni cerrar un polígono. En estos casos, las áreas se cerraron siguiendo un criterio geológico y geomorfológico, entendiéndose de acuerdo con el estudio geológico realizado, que es probable la existencia de mineral dentro del área indicada, y se consideró como estimación máxima aquella que resultaba de suponer la existencia de arcilla en toda el área delimitada y en un espesor correspondiente al de los afloramientos. De esta manera se obtienen las reservas máximas dentro de la categoría de mineral posible (Cuadro N^o 12).

RESERVAS MAXIMAS

	AREA 1	AREA 2	AREA 3	AREA 4	AREA 5	AREA 6	AREA 7	AREA 8
Horizonte de pelitas	Inferior	Superior	Superior	Superior	Superior	Superior	Superior	Superior
Perfil columnar N°	1-2-3-4	5-6	7-8-9-10	11-12-13	15-16-17	18-19	20	21-22
Area de afloramiento	33.400	178.325	147.775	102.200	218.025	87.750	18.900	279.700
Esesor prom. arcilla blanca-verdosa	0.86	1.00	1.00	0.72	0.40	0.80	0.25	-
Esesor prom. arcilla roja	-	2.20	1.95	1.50	2.10	1.00	4.00	3.65
Esesor prom. arcilla violácea	-	-	1.71	1.13	0.50	0.75	-	0.25
Densidad ap. arcilla blanca-verdosa	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	-
Densidad ap. arcilla roja	-	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09
Densidad ap. arcilla violácea	-	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57	-	3.57
Volumen arcilla blanca	28.724	178.325	147.775	73.584	87.210	70.200	4.725	-
Volumen arcilla roja	-	392.315	288.161	153.300	457.852	87.750	75.600	1.020.900
Volumen arcilla violácea	-	-	252.695	115.486	109.012	65.812	-	69.920
Tonelaje arcilla blanca	71.810	445.812	369.437	183.960	218.025	175.500	11.812	-
Tonelaje arcilla roja	-	1.212.253	890.417	473.697	1.414.762	271.147	233.604	315.460
Tonelaje arcilla violácea	-	-	902.121	412.285	389.773	234.949	-	249.632

RESERVAS MINIMAS

		AREA 3	AREA 4	AREA 1
Horizonte de pelitas		Superior	Superior	Inferior
Perfil N°		7-8-9-10	11-12-13	1-2-3-4
Area de afloramiento arcilla blanco-verdosa	m2	119.925	35.770	33.400
Area de afloramiento arcilla roja	m2	138.450	35.770	-
Area de afloramiento arcilla violácea	m2	100.000	35.770	-
Espesor promedio arcilla blanco-verdosa	m	0.95	0.72	0.86
Espesor promedio arcilla roja	m	2.00	1.50	-
Espesor promedio arcilla violácea	m	0.87	1.13	-
Densidad arcilla blanco-verdosa	g/cm3	2.50	2.53	-
Densidad arcilla roja	g/cm3	3.09	3.08	-
Densidad arcilla violácea	g/cm3	3.57	3.61	-
Volumen arcilla blanco-verdosa	m3	113.928,75	25.754,40	28.724
Volumen arcilla roja	m3	276.900	53.655	-
Volumen arcilla violácea	m3	87.000	40.420,10	-
Tonelaje arcilla blanco-verdosa	Tn	284.822	64.385	71.810
Tonelaje arcilla roja	Tn	855.621	165.794	-
Tonelaje arcilla violácea	Tn	310.590	144.299	-

CUADRO N° 13

Teniendo en cuenta que los espesores locales de los mantos de arcillas sufren variaciones dado su carácter lenticular, para las estimaciones mínimas, se aplicó un sistema de triangulación, determinando figuras tridimensionales variables, según la forma resultante de la lente en particular, en las áreas que presentaban variaciones entre un máximo y cero en los espesores de los mantos. Estos puntos de espesores máximos y mínimos pueden unirse en el espacio de varias formas; convencionalmente, las dos formas más aceptables serían una lente; una cuña; y para el caso en que los espesores mínimos no alcanzan el valor cero: una sección de lente, o bien una sección de cuña, o sea un trapecio.

Además, entre los afloramientos de un área cerrada, en la cual hay espesores diferentes, desde un máximo hasta cero, la línea de espesor cero se tomó convencionalmente, de acuerdo a las características topográficas y geológicas del área en particular.

Se calculó el volumen de cada figura obtenida por métodos geométricos comunes y también su espesor medio, ponderándose luego los espesores de todas las figuras que integraban el área (Cuadro N° 12).

Se siguió este procedimiento ya que, si bien no se dispone de datos suficientes que deberían ser obtenidos por perforaciones, teniendo en cuenta los estudios de los afloramientos, la geología y la topografía del terreno y considerando la característica lenticular de los yacimientos, es lícito suponer la continuidad de las lentes observadas en una forma similar a los cuerpos considerados en los cálculos.

En el Cuadro N° 14 se dan los valores totales obtenidos para las estimaciones máximas y en el Cuadro N° 15 los valores totales para las estimaciones mínimas.

Resumiendo, considerando siempre las estimaciones dentro de la categoría de mineral posible y con un margen de

VALORES TOTALES PARA LAS RESERVAS MAXIMAS

		Horizonte Inferior	Horizonte Superior
Area arcillas y limolitas blanco- verdosas	m2	33.400	658.695
Area arcilla roja	m2	-	956.920
Area arcilla violácea	m2	-	721.245
Volumen arcilla blanco-verdosa	m3	28.724	561.819
Volumen arcilla roja	m3	-	2.475.883
Volumen arcilla violácea	m3	-	612.930
Tonelaje arcilla blanco-verdosa	Tn	71.810	1.404.599
Tonelaje arcilla roja	Tn	-	7.650.478
Tonelaje arcilla violácea	Tn	-	2.188.160

CUADRO N° 14

VALORES TOTALES PARA LAS RESERVAS MINIMAS

		Horizonte Inferior	Horizonte Superior
Area arcilla blanco-verdosa	m2	34.400	155.695
Area arcilla roja	m2	-	174.220
Area arcilla violácea	m2	-	135.770
Volumen arcilla blanco-verdosa	m3	28.724	139.683,15
Volumen arcilla roja	m3	-	330.555
Volumen arcilla violácea	m3	-	127.420,10
Tonelaje arcilla blanco-verdosa	Tn	71.810	349.207
Tonelaje arcilla roja	Tn	-	1.021.415
Tonelaje arcilla violácea	Tn	-	454.889

CUADRO N° 15

error concordante con los datos disponibles, es razonable suponer que el mineral no supera los cálculos de las reservas máximas y por supuesto no será menor que el límite inferior dado por las estimaciones mínimas.

Solo dentro de este criterio es que deben manejarse las cifras dadas en los cuadros, que no obstante sus limitaciones, permiten dar una idea de la importancia del área estudiada y pueden constituir la base para encarar un estudio más amplio.

Conclusiones sobre la estimación de reservas

Del exámen de los Cuadros N° 14 y N° 15, se deduce que el cálculo de reservas queda reducido a una estimación que para el caso de tres zonas bien delimitadas, es fidedigno y comprobado, pero para las restantes áreas la cifra es especulativa.

De esta manera, los totales que daré aquí se refieren a una estimación máxima de reservas posibles que hay en el área, teniendo en cuenta las variaciones que pueden surgir dado el carácter lenticular de los yacimientos.

Así, de acuerdo a las estimaciones realizadas, las reservas máximas de arcilla blanco-verdosa, disponible para la industria de refractarios y loza blanca (Cuadro N° 14), son de:

1.476.368 Ton.

Dentro de este tonelaje, la composición mineralógica y el comportamiento físico-químico, determinan la agrupación de la materia prima en distintas calidades que quedarían comprendidas en las calidades A y B de la Clasificación de las Arcillas.

Las arcillas rojas son las más abundantes, pero el variable contenido en óxido de hierro, limita su utilización

a la industria de cerámica roja e industria del cemento y la excluye totalmente de su utilización en refractarios y cerámica blanca. Para ellas las reservas máximas serían de:

7.650.478 Ton.

Al aumentar gradualmente el contenido de óxido de - hierro, las arcillas rojas pasan a arcillas violáceas, - constituyendo el sector basal del Horizonte Superior de arcillitas.

Las reservas máximas calculadas para las mismas son de:

2.188.160 Ton.

Ambos tipos de arcillas, rojas y violáceas estarían comprendidas dentro de la calidad D. y la calidad E.

De acuerdo a los datos totales dados en el Cuadro N^o 14, en la zona estudiada podría existir una reserva total de materia prima de arcillas, de:

11.315.006 Ton.

a la industria de cerámica roja e industria del cemento y la excluye totalmente de su utilización en refractarios y cerámica blanca. Para ellas las reservas máximas serían de:

7.650.478 Ton.

Al aumentar gradualmente el contenido de óxido de -
hierro, las arcillas rojas pasan a arcillas violáceas, -
constituyendo el sector basal del Horizonte Superior de ar-
cilitas.

Las reservas máximas calculadas para las mismas son de:

2.188.160 Ton.

Ambos tipos de arcillas, rojas y violáceas estarían comprendidas dentro de la calidad D. y la calidad E.

De acuerdo a los datos totales dados en el Cuadro N° 14, en la zona estudiada podría existir una reserva total de materia prima de arcillas, de:

11.315.006 Ton.

GENESIS DE LOS DEPOSITOS DE ARCILLAS DE LA FORMACION
LAS AGUILAS.

En las arcillas de la Formación Las Aguilas, los componentes minerales predominantes, según hemos visto, son caolinita, halloysita, illita y pirofilita. Estos sedimentos contienen óxidos de hierro, que dan coloración roja y violácea a las arcillas y que en algunos casos forman verdaderos acres hematíticos.

Para explicar el origen de estas arcillas, Caillère e Iñiguez, (1967) afirman que "ces materiaux proviennent de la zone d'alteration lateritique formée sur des roches granitiques". También Iñiguez y Zalba (1974), sostienen el origen detrítico de estos depósitos. Las condiciones de depositación de los mismos han estado vinculadas a un ambiente de sedimentación de plataforma estable, en aguas agitadas, y la acumulación alternada de sedimentos por sobre y debajo de la línea de costa. (Ver Ambiente Sedimentario). Las pelitas se depositaron intercaladas entre bancos de ortocuarcitas, respetando la morfología del fondo y dando lugar a la formación de niveles discontinuos y lenticulares.

Los minerales heredados ingresados a la cuenca, tales como caolinita, halloysita, pirofilita e illita, tienen diferentes condiciones de estabilidad. La caolinita, que es muy estable, es considerada el mineral de las arcillas detrítico más típico y resistente, según lo afirma Millot (1964), quién encontró que el rango de pH favorable para su preservación se halla entre 3 y 7, con un óptimo en 4.5.

Los minerales del Grupo de las Micas, representados en esta asociación por illita y pirofilita, sin embargo, resultan estables en medios alcalinos, con pH entre 7 y 9 y una zona óptima en 7.8; según el mismo autor. La pirofilita, como ya se dijera en capítulos anteriores, al tratar la mineralogía de arcillas, se encuentra íntimamente mezclada

con caolinita e illita, en toda la extensión de estos depósitos. Consideramos que la pirofilita de Barker es detrítica, heredada de la meteorización de rocas del basamento igneo-metamórfico. La forma de presentarse y la distribución de la misma descartan la posibilidad de un origen hidrotermal para este mineral.

Por otra parte, es evidente, según se tratara en páginas anteriores, que además de la herencia detrítica, se produjo la neoformación de minerales, de menor significación, tales como caolinita, pirofilita e hidróxido de aluminio (diasporo).

En las pelitas se desarrollaron pirofilita y diasporo, mientras que en las psamitas se ha observado el crecimiento autógeno de cristales de caolinita. La formación de pirofilita autógena en estas pelitas es de difícil explicación, dadas las condiciones fisicoquímicas necesarias - (Eh, pH) para su crecimiento, que se contraponen a las requeridas para arcillas caoliníticas.

Finalmente, las condiciones de formación del diasporo, requieren un medio ácido, cercano al punto de neutralidad. Los procesos que llevaron al desarrollo de este mineral se analizaron anteriormente y fueron detallados en un trabajo anterior (Zalba 1978).

Asociados íntimamente a las arcillas, existen concentraciones de óxidos e hidróxidos de hierro. Se trata de "Concentraciones preferentemente bolsoneras o lenticulares, de minerales de hierro, alojadas en un horizonte arcilloso, emplazado entre complejos de cuarcitas" según lo describiera Angelelli, et al (1973). En opinión de Teruggi (1975), estos depósitos de óxidos e hidróxidos de hierro "son singénicos con la depositación de las arcillas, formándose hematita como mineral primario y luego afectado por procesos de meteorización y metasomáticos que condujeron a la formación de ocres y minerales de hierro sedimentarios".

El ión Fe^{3+} precipita a partir de un pH 2.5 como lo afirma Millot (1964), por procesos de hidrólisis. En un ambiente agitado, o sea en condiciones de alto potencial de oxidación, las soluciones que contienen hierro lo precipitan como óxido férrico (Carozzi, 1960). Las condiciones de oxidación-reducción del medio donde se depositaron las arcillas están dadas por una acción fuertemente oxidante: ambiente de alta energía producida por la acción de las olas.

La presencia de óxidos férricos asociados a minerales detríticos es característica de ambientes aeróbicos y agitados, según lo afirma Carozzi (op. cit.), y su acumulación requiere una correcta combinación de factores químicos (pH ácido, Eh positivo) que regulen la precipitación, de acuerdo a lo expresado por Huber y Garrels (1950).

Tal cual se desprende de este estudio, las arcillas de la Formación Las Aguilas reconocen, en forma amplia, una herencia detrítica, proveniente de rocas graníticas y migmatíticas, conservándose en el medio en que se depositaron en razón de su estabilidad.

Por otra parte, los óxidos e hidróxidos férricos asociados a los minerales de las arcillas, son singénicos con la depositación de las mismas.

Además se produjeron procesos diagenéticos que afectaron a los minerales originales, dando lugar a la neoformación de arcillas e hidróxido de aluminio.

CONCLUSIONES

1) Estratigráficas

- 1.- Se determina en la zona de la Cuchilla de Las Aguilas, la existencia de dos unidades litoestratigráficas con carácter formacional denominadas La Tinta y Las Aguilas.
- 2.- Se define el neoestratotipo de la nueva formación Las Aguilas en la zona de la Cuchilla de Las Aguilas.
- 3.- Consideramos que esta unidad sería equivalente a las Cuarcitas Balcarce de Amos, et. al. (1972).
- 4.- Los criterios para separar la Formación La Tinta de Las Aguilas son los siguientes:
 - a) Presencia de una discordancia (paraconcordancia aparente) de carácter regional que separa espesos bancos de ortocuarcitas infrayacentes y una brecha de ftanitas con matriz psamítica, posiblemente derivada de la erosión de las Calizas negras del techo de la Formación La Tinta, portadoras de ftanitas.
 - b) Diferencias mineralógicas en las arcillas y entre los sedimentos más gruesos de las dos formaciones (principalmente las sabulitas).
 - c) Acuñaamiento de las capas basales de la Formación Las Aguilas. (Traslape).

2) Composicionales

- 1.- Las arcilitas de la región ubicada al oeste de la localidad de Barker, se encuentran intercaladas entre ortocuarcitas, tienen un buzamiento regional entre 6° y 12° hacia el SE y SSO y están distribuidas en dos horizontes que se diferencian tanto por su -

mineralogía como por su yacencia. Se convino en denominarlos Horizonte Inferior y Horizonte Superior.

- 2.- El Horizonte Inferior está compuesto por limolitas de color blanco, limitado en su base por ortocuarzitas de color gris-blanquecino y en su techo por un ortoconglomerado de ftanitas con matriz psamítica. El Horizonte Superior está constituido por arcilitas de color blanco-verdoso en el sector superior, rojo en el sector medio y violáceo en el sector basal. Su techo está formado por una alternancia psamito-pelítica, intercalada en las ortocuarzitas y su piso está constituido por una pelita que ha sufrido procesos de silicificación.
- 3.- Las psamitas de La Tinta pueden ser definidas como ortocuarzitas de primer ciclo y constituidas exclusivamente por cuarzo monocristalino.
- 4.- Las psamitas de la Formación Las Aguilas pueden ser consideradas como ortocuarzitas de 2° ciclo por la presencia de clastos de ftanitas y litoclastos de ortocuarzitas.
- 5.- En las sabulitas, el aumento en el contenido de litoclastos, permite considerarlas como protocuarzitas.
- 6.- Mineralógicamente, las conclusiones derivadas de los análisis por difracción de Rayos X, análisis térmico-diferenciales, análisis químicos y microscopía electrónica, permiten aseverar que la composición de las arcilitas de la Formación Las Aguilas, es esencialmente caolinítica, presentando los distintos horizontes las siguientes asociaciones de minerales de las arcillas:

Horizonte Inferior -illita-pirofilita-caolinita.

	1-caolinita-illita
Horizonte Superior	2-caolinita-piروفilita-illita- (clorita).
	3-caolinita-piروفilita-halloy- sita-illita.

- 7.- El sector basal del Horizonte Superior de arcilitas, presenta una concentración de caolinita y piروفilita mayor que los restantes sectores. Ello responde a una selección natural durante el proceso de depositación en base a la granulometría, ya que ambos minerales muestran mayor desarrollo que los demás minerales de las arcillas.
- 8.- Las estimaciones cuantitativas de los minerales de las arcillas concuerdan con los resultados de los análisis químicos. Las variaciones en los tenores de alúmina corresponden a variaciones en la proporción de caolinita, con valores máximos de 40% de Al_2O_3 . El óxido de hierro se presenta en proporciones variables de acuerdo al tipo de arcilla (blanca, roja o violácea) y aún dentro de un mismo tipo de arcilla, llegando a valores máximos de 58% de Fe_2O_3 para las arcilitas violáceas. El óxido de potasio presenta valores entre 0.17% a 5.4%, correspondiendo a las variaciones en el contenido de illita.
- 9.- Los análisis térmico-diferenciales permiten decir - que la mayor parte de las arcillas analizadas pertenecen al grupo de las kanditas (caolines), correspondiendo al tipo "Fire Clays".
- 10.- Las arcilitas rojas y violáceas del horizonte Superior deben su coloración a la presencia de óxido de hierro (hematita). Este es singénico con los depósitos arcillosos, su concentración aumenta hacia la base de los mismos, formando en ocasiones verdaderos ocre hematíticos.
- 11.- Del estudio de cortes delgados de arcilitas, se ha podido constatar la presencia de diasporo ($AlOOH$) en

el Horizonte Superior; en arcilitas blancas y rojas. Se considera que el diasporo es autígeno, formado a partir de las arcilitas ricas en alúmina, caolinita, halloysita y pirofilita, por un proceso de desilicificación para formar óxido básico de aluminio (AlOOH).

12.- Las relaciones texturales del diasporo con las rocas arcillosas que lo contienen, permiten asegurar que las mismas no fueron sometidas a presiones y temperaturas elevadas.

13.- En base a las microfotografías electrónicas se pudo observar para las arcilitas de la Formación Las Águilas, la presencia de halloysita, acompañando a la caolinita, en el Horizonte Superior.

3) Paleoambientales

1.- Las dos formaciones mencionadas corresponden a la - facies de plataforma estable de Krumbein y Sloss - (1969), depositadas bajo condiciones de tectonismo estable (inexistente o muy débil) y fuerte meteorización química.

2.- Se considera a las formaciones reconocidas como integrantes de la asociación de areniscas cuarzosas de manto, de acuerdo a Krumbein y Sloss (1969).

3.- Se advierte una ciclicidad manifiesta en la Formación Las Águilas, mientras que la Formación La Tinta carece de ella en la Cuchilla de Las Águilas.

4) Tectónicas

1.- La región ha sufrido la acción de una tectónica antigua que afectó a las rocas del basamento, responsable de la esquistosidad y foliación, produciendo fallas orientadas en un sistema de rumbo E-O.

2.- La secuencia sedimentaria sobrepuesta y las rocas del basamento, presentan evidencias de un tectonismo posterior que afectó a todo el conjunto, produciendo fallas de rechazo horizontal de poca magnitud (menos de 100 metros) y rumbo NO-SE y dos sistemas de diaclasas verticales, con rumbo 160° y 245° respectivamente.

5) Económicas

1.- En base a los resultados de los análisis por difracción de Rayos X, análisis térmico-diferenciales, curvas dilatométricas, refractariedad, capacidad de intercambio, plasticidad y posible utilización industrial, se han establecido diferentes calidades de arcillas, designadas con las letras A, B, C, D y E y que son las siguientes:

Calidad A: Arcillas blanco-verdosas, excelentes para la fabricación de materiales refractarios.

Calidad B: Arcillas blanco-verdosas, con un proceso expansivo entre los 1250° y 1275° . Aptas para la fabricación de loza y azulejos.

Calidad C: Arcillas blanco-amarillentas, con abundante cuarzo. Aptas para la fabricación de pastas cerámicas y azulejos.

Calidad D: Arcillas rojas y violáceas. Aptas para la fabricación de cerámica roja.

Calidad E: Arcillas rojizas hasta blanquecinas, que luego de calcinadas presentan puntos negros de hierro. De mala calidad y sin uso tecnológico definido.

2.- Teniendo en cuenta el relevamiento geológico realizado, la variación de espesores en áreas cerradas y la característica lenticular de los yacimientos, las reservas máximas estimadas, dentro de la categoría de mineral posible son las siguientes:

1.476.368 Ton.

de arcilla blanco-verdosa, disponible para la industria de refractarios, loza blanca y azulejos, que involucra las calidades A y B determinadas.

7.650.478 Ton.

de arcillas rojas.

2.188.160 Ton.

de arcillas violáceas. Dentro de estas dos últimas cifras estarían involucradas las categorías D y E.

De acuerdo a estas cifras, la cantidad total de materia prima disponible en el área de estudio sería de:

11.315.00 Ton.

6) Genéticas

- 1.- En cuanto a la génesis de estos yacimientos, se ha podido establecer que las arcilitas son, en su mayor parte, de origen detrítico, provenientes de rocas del basamento.
- 2.- Los procesos diagenéticos involucrados corresponden a las etapas de anadiagénesis (cementación y autigénesis) y epidiagénesis (autigénesis), los minerales neoformados son caolinita y pirofilita, en psamitas y diasporo, caolinita y pirofilita en pelitas.



BIBLIOTECA

618
25-VII-1978

[Handwritten signatures and initials]

BIBLIOGRAFIA CITADA EN EL TEXTO

- Aguirre, E. 1879. La geología de la Sierra Baya. An.Soc.Cient. Arg., VIII. Buenos Aires.
- 1882. Constitución geológica de la Provincia de Buenos Aires. Censo Gral. de la Pcia. de Buenos Aires.
- 1897. a. Notas geológicas sobre la Sierra de La Tinta. Museo Nac. Buenos Aires., An., V, Serie II, 2 (Buenos Aires). 333-347.
- Almeida, de F.F. Ma. 1944. *Collenia itaperensis* Sp. novo fossil precámbrico do Estado de Sao Paulo. Univ. Sao Paulo. Fac. Fil. Cie. e Letras. XLV. 1, 86-106. Sao Paulo.
- Amaral, G. y K. Kawashita, 1968. Determinação da idade do Grupo Bambuí pelo método Rb/Sr. Bol. Paranaense de Geol. N° 26. 39-40.
- Amos, A., B. Quartino y R. Zardini, 1972. Grupo "La Tinta". (Provincia de Buenos Aires. Arg.) Paleozoico o Precámbrico?. An. XXV Congr. Bras. Geol. 211-221. Sao Paulo.
- Angellelli, V., R. Villa y J.M. Suriano, 1973. Recursos minerales y rocas de aplicación de la Provincia de Buenos Aires. Prov. de Buenos Aires. M.O.P., LEMIT, An. II. La Plata.
- Antonioli, J.A. 1969. Formación La Tinta. (Ordovicico, Provincia de Buenos Aires). Com. Inv. Cient. Notas VI (5). La Plata.
- Bates, T.F., F.A. Hildebrand y A. Swineford, 1950. Morfology and structure of endellite and halloysite. Am. Mineralogist, 35: 463-484.
- Borrello, A.D. 1962. Formación Punta Mogotes. An. Com. Inv. Cient. Prov. de Buenos Aires, I, N° 1. La Plata.
- 1966. Trazas, restos tubiformes y cuerpos fósiles problemáticos de la Formación La Tinta. Sierras Septentrionales de la Pcia. de Buenos Aires. Paleont. Bon. v: 1-42. Com. Inv. Cient. lv: 515-531, La Plata.
- Brindley, G.W. 1951. The kaolin Minerals, "X-Ray identification and structures of clay minerals". Chap. III. 32-75. Mineral. Soc. of Great Britain Monograph.
- Brown, G. 1961. The X Ray identification and crystal structures of clay minerals. Ed. by G. Brown. London.

- Caillère, S. y A.M. Iñiguez Rodriguez, 1967. Etude mineralogique de "La Tinta" formation argileuse de la Province de Buenos Aires, Republique Argentine. Bull. Soc. Fr. Minéral. et Cristallograf.
- Carroll, D., 1970. Clay Minerals. A guide to their X-Ray identification. Sp. paper, 126. Geol. Soc. Amer.
- Carozzi, A.V., 1960. Microscopic Sedimentary Petrography. J. Wiley and sons, Inc. New York.
- Dalla Salda, L., M. Guichón y C. Rapela, 1972. Hallazgo de una brecha de talud en el techo de las Calizas de Barker, Provincia de Buenos Aires. Rep. Arg. A.m.p.s. 3, N° 3 y 4. 133. Buenos Aires.
- Dalla Salda, L., A.M. Iñiguez Rodriguez, 1978. La Tinta, Precámbrico y Paleozoico de Buenos Aires. Presentado al VII Congreso Geológico Argentino. Neuquén.
- Di Paola, E. y H.G. Marchese, 1974. Relación entre la tectosedimentación, litología y mineralogía de arcillas del Complejo Buenos Aires y la Formación La Tinta. (Prov. de Bs.As.). A.m.p.s. 5, N° 3-4. 45-57.
- Doering, A. 1881. Informe oficial de la Comisión Científica agregada al Estado Mayor General de la expedición al Río Negro (Patagonia). III, Geología. Bs.As.
- Frenguelli, J. 1950. Razgos generales de la morfología y geología de la Provincia de Buenos Aires. Prov. de Bs. As. M.O.P. LEMIT, Serie II, 62. La Plata.
- Foster, M.D. 1962. An interpretation of the composition and classification of chlorites, U.S., Geol. Surv. Profess. Paper. 414-A.
- González Bonorino, F. y Teruggi, M.E., 1952. Léxico Sedimentológico. Museo Arg. Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". Publ. Ext. Cult. Didáct. G. Buenos Aires.
- González Bonorino, F., 1954. Geología de las Sierras Bayas. Partido de Olavarría. Pcia. de Bs.As., LEMIT, Serie II, 55. 1-37. La Plata.
- González Bonorino, F., R.A. Zardini, M. Figueroa y T. Limousin, 1956. Estudio geológico de las Sierras de Olavarría y Azul. LEMIT, Serie II, 63. 1-23. La Plata.
- Halpern, M., E. Linares y C. Latorre, 1970. Edad rubidio-electronio de las rocas graníticas del basamento cristalino del área de Olavarría, Pcia. de Buenos Aires. Rep. Arg. Rev. Asoc. Geol. Arg. XXV, (3), 303. Buenos Aires.
- Harrington, H.J. 1940. La edad de la dolomita de Olavarría. Rev. Mus. La Plata. N. Ser. Secc. Geol. II. 233-258. La Plata.

- Hauthal, R. 1896. Contribución al estudio de la Geología de la Provincia de Buenos Aires. 1. Las Sierras entre Cabo Corrientes e Hinojo. Rev. Mus. La Plata. VII. 477-489. La Plata.
- 1901. Contribución al conocimiento de la geología de la Provincia de Buenos Aires. I. Excursión a la Sierra de La Ventana. II. Apuntes geológicos de la Sierra de Olavarría. Univers. Nac. de La Plata. Publ., 1. La Plata.
- 1904. Beitrage zur geologie der Argentinischen Provinz Buenos Aires. Dr. Peterm. Mitt. Band. 50. Heft. 4-33-92. Gottia.
- Heusser, J.C. y G. Claraz, 1863. Ensayos de un conocimiento geognóstico físico de la Provincia de Buenos Aires. 1. La cordillera entre Cabo Corrientes y Tapalqué. Buenos Aires. 1.
- Holmberg, E.L., 1884. Viajes a las Sierras de Tandil y a La Tinta. Ia. parte. Acad. Nac. Cienc., Actas V, 1 - (Córdoba). 1-58.
- Holmberg, E., 1972. Tandilia en Geología Regional Argentina. Acad. Nac. Cienc. (Córdoba). 365-393.
- Huber, N.K. y R.M. Garrels, 1953. Relation of pH and oxidation potential to sedimentary iron mineral formation. Econ. Geology. 48, 337-357.
- Iñiguez Rodriguez, A.M. 1965. Mineralogía de algunos yacimientos de arcillas de la Provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Museo de La Plata.
- 1970. Composición mineralógica de las arcillas de la Serie de La Tinta, Provincia de Buenos Aires. Rev. Anales, LEMIT, M.O.P., Serie II. 56. 75-83. La Plata.
- Iñiguez Rodriguez, A.M. y C.O. Scoppa, 1970. Los minerales de arcilla en los suelos zonales ubicados entre los ríos Paraná y Salado (Provincia de Buenos Aires). Inst. Nac. de Tecn. Agrop. Rev. Invest. Agrop. Serie 3, VII, 1. 1-41. Buenos Aires.
- Iñiguez Rodriguez, A.M. y P.E. Zalba, 1974. Nuevo nivel de arcilitas en la zona de Cerro Negro, Partido de Olavarría, Provincia de Buenos Aires. Rev. LEMIT, Serie II, 64. La Plata.
- Iñiguez Rodriguez, A.M. y P.E. Zalba, 1974. Geología de yacimientos de arcillas refractarias de la Provincia de Buenos Aires. Asoc. Geol. Arg. Buenos Aires. 7
- Inorganic Index to the Powder Diffraction file. Pennsylvania. E.E.U.U.

- Johns, W.D., R.E. Grim y W.F. Bradley, 1954. Quantitative estimations of clay minerals by diffraction methods. Jour. Sedim. Petrol. XXIV, (4): 242-251.
- Johnson, H.D. 1977. Shallow marine sand bar sequences an example from the late Precambrian of North Norway. Jour.of. Sediment. 24, 245-270.
- Krumbein, W.C., 1947. Analysis of sedimentation and diagenesis: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., V, 31, 168-174.
- Krumbein, W.C. y L.L. Sloss, 1969. Estratigrafía y sedimentación. Centro Regional de Ayuda Técnica. México.
- Maack, R. 1941. Comentarios sobre geologic map of South America. Separata dos Arquivos de Biología e Tecnologia. V e VI, Art. 15, 113-196. Curitiba. Brasil.
- Marchese, H.G. y E.C. Di Paola, 1975. Miogeosinclinal Tandil. R.A.G.A., XXX, N° 2, 161-179. Buenos Aires.
- Millot, G. 1964. Geologie des argiles. Masson. Paris.
- Montero, C., 1951. Estudio geológico de la zona de Barker (Partido de Juárez), Provincia de Buenos Aires. U.N.L.P. Tesis. Inédito.
- Molloy, M.W. y P. Kerr, 1961. Diffractometer patterns of A.P.I. reference clay minerals. Amer. Min. XLVI, (May-June).
- Nágera, J. 1915. La sierra Baya. Tesis Univ. Nac. Buenos Aires. Fac. de Cienc. Exac. Fís. y Nat., N° 109. Buenos Aires.
- 1916. La Sierra de Las Dos Hermanas. Physis, III, N° 14, 150-154. Buenos Aires.
- 1918. Nota preliminar sobre la serie sedimentaria antigua de la Sierra Baya. Primera Reunión Nac. Soc. Hist. Nat. Tucumán 1916. 82-86. Buenos Aires.
- 1919 a La Sierra Baya (Provincia de Buenos Aires). Estudio geológico económico. Anal. Minist. Agric. Sec. Geología Miner. y Min., XIV, 1. Buenos Aires.
- 1919 b. Nota geológica sobre el Cerro San Agustín. Balcarce. Dción. Gral. Minas. Bol. 22. Serie B. Geol. Buenos Aires.
- 1926. Notas precambriennes Argentines (Bonaerense). Congr. Geol. Intern. Comptes rendues de XIII Session. Belgique 1922. Fac. III. 1651. Liège. (Bélgica).
- 1933. Extremidad mediterránea de Tandilia. Resumen de su composición geológica. Humanidades. XXIII, 203-212. La Plata.

- 1940. Tandilia. Publ. Humanidades. Fac. Humanidades y Cienc. Ed., Univ. Nac. La Plata., XXIV, 1-272, Hist. Fis. de la Prov. de Buenos Aires. La Plata.
- Norrish, K y R.M. Taylor, 1962. Quantitative analysis by X-Ray diffraction. Division of soils. C.S.I.R.O. Adelaide Australia.
- Larsen, G. y G. Chilingar, 1967. Developments in sedimentology 8. Diagenesis in sediments. Elsevier. Amsterdam.
- Palacio, A. 1946. Contribución al conocimiento geológico de la parte oriental del partido de Olavarría. Tesis. Museo de La Plata. N° 94. La Plata.
- Pettijohn, F.J., 1957. Sedimentary rocks. Harper and bros. New York.
- Rabassa, J. 1973. Geología superficial de la Hoja "Sierras de Tandil" Provincia de Buenos Aires. M.O.P., LEMIT, An. Serie II, 240 (La Plata), 117-160.
- Reineck, H.E. y Singh, R., 1973. Depositional sedimentary environments. Springer Verlag. Berlín. 466p.
- Rock Color Chart 1963 prepared by the rock color chart Committee. New York.
- Rossini, A.R., L.A. Mennucci y R. Figueras, 1969. Dilatometría de arcillas refractarias nacionales. M.O.P., LEMIT, An., Serie II, 141, 33-68. La Plata.
- Rossini, A.R., E. Pereira y L.A. Mennucci, 1971. Análisis térmico diferencial de kaolinitas argentinas. M.O.P., LEMIT, An., Serie II, 195. 3-24. La Plata.
- Rusthaller, R.E., 1977. Arcilla caolinítica de "Los Pinos", Provincia de Buenos Aires. Mus. Arg. Cienc. Nat. "Bernardino Rivadavia", VIII, 1. Buenos Aires.
- Schauer, O. y H. Venier, 1967. Observaciones geológicas en la zona de Barker, Sierra de La Tinta, Provincia de Buenos Aires. Prov. de Bs.As., Com. Invest. Cient. Notas, V, 6. La Plata.
- Schiller, W., 1929. Über schiebungen in der Tandil. Gebirge gruppe der argentinischen Provinz Buenos Aires. Geol. Rundschau, XIX, 257-263. Berlin. (Complicaciones tectónicas - cobijaduras en las Sierras de Tandil). Mus. de La Plata. XXXII, 299-306. La Plata, 1930.
- 1930 a. Complicaciones tectónicas (cobijaduras) en las Sierras de Tandil. Museo La Plata. Rev. XXXII 299-306. (La Plata).

- 1938 b. Cobijaduras tectónicas en el Paleozoico de la Sierra de La Tinta. Museo La Plata, Notas, III. Geol. S. (La Plata)., 35-46.
- Siemiradzki S. von, 1893. Eine Forschun greise in Patagonien Petermans Mitt. Bd. 39, 49-62.
- Teruggi, M.E., 1951. Contribución a la petrología del Partido de Tandil, el cerro Noceti, Provincia de Buenos Aires. Museo Arg. "Bernardino Rivadavia", Rev. III, Geol., 1 (Buenos Aires), 1-53.
- 1964. Paleocorrientes y paleogeografía de las ortocuarzitas de la Serie de La Tinta (Provincia de Buenos Aires). , Prov. de Bs. As. Com. Invest. Cient. An., V (La Plata), 1-27.
- Teruggi, M.E. y J.D. Kilmurray, 1975. Tandilia. Relatorio. Geología de la Provincia de Buenos Aires, VI Congreso Geol. Arg. Bahía Blanca. Buenos Aires. 55-77.
- Teruggi, M.E., J.O. Kilmurray y L. Dalla Salda, 1973. Los dominios tectónicos de la región de Tandil. An. Soc. Cient. Arg., CXCIV, 1-2 (Buenos Aires), 81-94.
- Teruggi, M.E., V.E. Mauriño y T. Limousin, 1962. Geología de la porción oriental de las Sierras de Tandil. An. Ias. Jorn. Geol. Arg., II (Buenos Aires), 359-372.
- Teruggi, M.E., V.E. Mauriño, T.A. Limousin y O. Schauer, 1958. Geología de las Sierras de Tandil. Asoc. Geol. Arg. Rev., XIII, 3 (Buenos Aires), 185-204.
- Tschermak, G. 1890. "Clorite Group". S.B. A Kad. Wiss. Wien, Abt., I, 99, 174-266.
- 1891. "Clorite Group", S.B. A Kad. Wiss. Wien., Abt. I, 100, 29-107.
- Valentín, J., 1894. Rápido estudio sobre las Sierras de los Partidos de Olavarría y Azul. Museo de La Plata, Rev., VI (La Plata), 1-24.
- 1898. Bosquejo geológico de la Argentina. Parte geológica del 2do. Censo Nacional de 1895. I (Buenos Aires), 61-109.
- Vargas Gil, J.R. y C.O. Scoppa, 1973. Los suelos de la Provincia de Buenos Aires. Rev. Invest. Agrop., Serie 3, X, 2 (Buenos Aires), 57-80.
- Villar Fabre, J.F., 1954. Resumen geológico de la Hoja 32 q- Sierras de Tandil. Rev. Asoc. Geol. Arg. IX, 109-130.
- 1956. Informe geológico Hoja 32 q- Tandil (Prov. de Buenos Aires). Dir. Nac. Geol. Min. Buenos Aires. Inédito.
- William, H.F., F.J. Turner y Ch.M. Gilbert, 1955. Petrography an introduction to the study of rocks in thin sections. Freeman and. Co. San Francisco. California. E.E.U.U.

- Zalba, P.E., 1978. Sobre la presencia de diasporo y halloysita en las arcilitas de la zona de Barker, Provincia de Buenos Aires. Presentado al VII Congreso Geológico Argentino (Neuquén).
- Zeballos, E. 1876-1877. Estudio geológico de la Provincia de Buenos Aires. An. Soc. Cient. Arg. II-III.