

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO DEL URUGUAY

Caolines en el Uruguay



Jorge Boturno

Nelson Coronel

Mayo-Junio 1980

PRESENTACION

El presente trabajo forma parte del Syllabus o Monografía Mundial sobre Caolines, organizado por el grupo de trabajo No. 23 Génesis de Caolines del International Geological Correlations Programme de UNESCO.

A continuación se citan las pautas generales seguidas para su elaboración.

1. Introducción
2. Historia de la utilización e investigación de caolines en Uruguay
3. Explotación actual y utilización de caolines en Uruguay
4. Posición Geológica de los caolines
5. Geología de caolinización
 - 5.1 Desarrollo tectónico
 - 5.2 Ambiente de sedimentación
 - 5.3 Edad de la caolinización
6. Aspectos mineralógicos y geoquímicos
7. Resumen
8. Bibliografía

UBICACION DEL URUGUAY

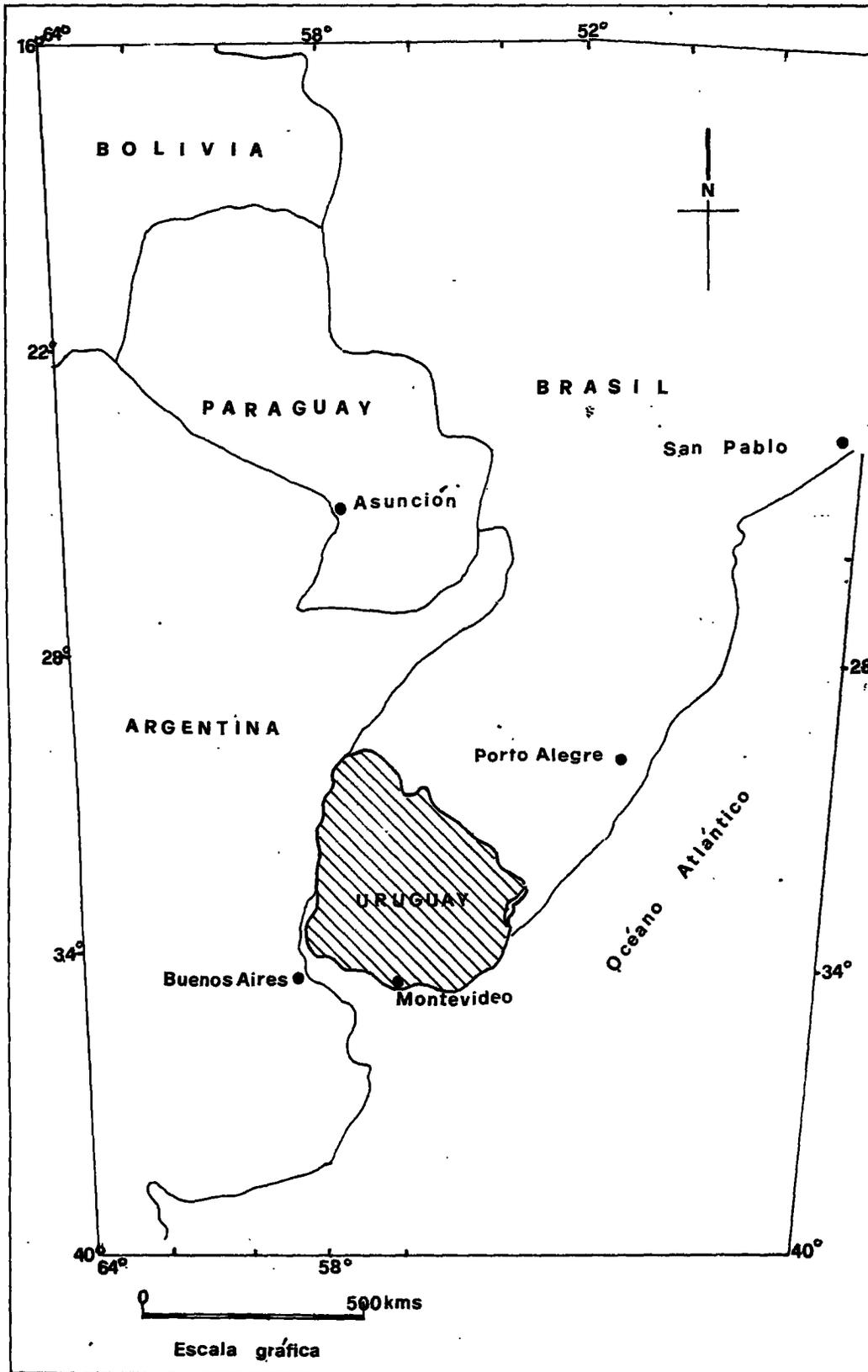


Figura A

INTRODUCCION

Esta monografía sobre caolines constituye una síntesis parcial de la información histórica, geológica y económica existente en el país.

Ha sido obtenida a partir de: comunicaciones personales, trabajos geológicos, mineralógicos, económicos y mineros, publicados o cuya información se encuentra en carpetas de laboratorios o en registros de la Inspección General de Minas del Instituto Geológico del Uruguay y de empresas privadas y estatales.

Si bien este trabajo no contiene la totalidad de la información existente, permite sí obtener una visualización general del estado de conocimiento que de esta materia se tiene.

Hasta el presente, no existen estudios ni registros de información mas o menos racionalizados. Por lo tanto su realización comprendió una rápida y exhaustiva compilación de datos, análisis crítico y homogeneización de información disponible.

HISTORIA DE LA UTILIZACION E INVESTIGACION DE CAOLINES

Los antecedentes mas lejanos que se tienen en el Uruguay acerca de la utilización de materiales arcillosos, se remontan a la época prehispánica. El uso principal que hacían las civilizaciones indígenas de estos materiales, era para la elaboración de utensilios y vasijas, numerosos "paraderos o túmulos" dan prueba de su utilización.

Durante el período comprendido entre la colonización española y la década del 40 de este siglo, los productos elaborados a partir de esta materia prima dependía en su totalidad de la importación.

A partir de la segunda guerra mundial comienza el desarrollo de la industria de la cerámica nacional. La primera explotación de caolines en cantera la realizó la empresa Alonso Pérez para su utilización en la fabricación de caños de gres (1942) CAORSI, J. Com. Pers.

Inmediatamente después y hasta nuestros días, toma impulso la industria de la cerámica con la fabricación de azulejos, lozas, sanitarios, tejas, ticholos, etc.

En cuanto a la investigación, en caolines, los trabajos pioneros corresponden a MARSTRANDER (1916), este autor cita productos plásticos arcillosos con acompañamiento de algunos análisis, no hace referencia a si realmente son caolines o simplemente se refiere a arcillas en general

WALTER, K. (1932), señala la necesidad urgente de encontrar yacimientos de sustancias cerámicas en el país. Este autor en su publicación "Sobre la Existencia de Yacimientos Minerales y Rocas Explotadas en la República Oriental del Uruguay", analiza la situación, comentando algunos puntos observados por él, que se citan a continuación:

1.) Paso de la Azotea, en el camino de Minas a Mariscal, y en un pequeño ramal a el Arroyo Perdido , en el campo perteneciente a Eloy Risetto. De acuerdo a los análisis, Walter concluyó que la roca era de naturaleza sialítica, pero no caolínica. Este producto, era proveniente de la alteración in situ de un granito gnéisico de poca extensión. Como consecuencia no tendría aplicación práctica.

2.) Cerca de la Estación Isla Mala (Depto. de Florida), apariciones locales pero sin interés económico, afloramiento asociado al de Paso Severino del Arroyo Santa Lucía Chico. El origen sería debido a alteraciones locales de rocas cristalinas.

3.) También se analizaron materiales provenientes de los alrededores de Paysandú, y la arcilla yesífera de Bellaco, descartándose su uso para la industria cerámica.

LAMBERT, R. (1939), en el relevamiento geológico del Departamento de Durazno, senala en la descripción de algunos afloramientos de edad Devoniana Inferior, la presencia de gránulos feldespáticos mas o menos caolinizados y de depósitos de esquistos arcillosos con tacto jabonoso, no precisando su naturaleza mineralógica. En el período comprendido entre los trabajos de LAMBERT en el Depto. de Durazno (1939) y los primeros estudios mineralógicos de algunas arcillas Devonianas, realizadas por GOÑI (1952), se inicia la explotación de arcillas caolínicas ubicadas en los depósitos Devónicos de las Formaciones Cordobés y Cerrezuelo. Es de destacar la precindencia total de apoyo tecnológico y científico a estas explotaciones. Seguramente el descubrimiento de estos yacimientos fue de naturaleza casuística.

Precisamente GOÑI (1952) realiza un estudio analítico de algunas muestras de rocas arcillosas provenientes de esa región, señalando la existencia de materiales caolíníticos en porcentajes que van del 48,2 % al 90 % en su mayoría.

Finalmente, en los últimos años, como consecuencia de la apertura de numerosas canteras, se viene confirmando la presencia de depósitos caolínicos en los sedimentos Devonianos correspondientes a las Formaciones Cordobés y Cerrezuelo.

CAORSI & GOÑI (1958), BOSSI (1966), (1967), (1978), señalan la

ocurrencia de arcillas caolínicas en las FORMACIONES ya mencionadas.

Es de resaltar, que si bien hasta el presente se han elaborado numerosos estudios geológicos, no existe por el momento, trabajos de prospección y evaluación a nivel nacional de estos materiales.

EXPLOTACION ACTUAL Y UTILIZACION DE CAOLINES

Nuestros caolines se extraen de materiales sedimentarios, no habiéndose datado yacimientos importantes de otra génesis. Los sedimentos en que tuvo lugar la ocurrencia de depósitos de caolines son de edad Devoniano Inferior, pertenecientes a dos FORMACIONES geológicas. Son integrantes de las litologías de las FORMACIONES CERREZUELO y CORDOBES (BOSSI, 1966).

Las zonas de explotación se encuentran en la parte nororiental del Depto. de Durazno (Uruguay Central), fundamentalmente en los alrededores de las localidades de Blanquillo, San José de las Cañas, nacientes de los arroyos Las Cañas y San Ramón, Las Cañas, Cerrezuelo, Capilla de Farruco, Las Palmas y al oeste de la ciudad del Carmen. Su distribución geográfica queda representada en la carta No. 1.

La explotación de estos materiales se hace en la totalidad de los casos en forma de cantera a cielo abierto. La tecnología que se emplea en este tipo de explotación es variada, generalmente rudimentaria.

El proceso de explotación puede esquematizarse para todos los casos de la siguiente manera:

Descubierta de los materiales estériles

Se realiza de dos maneras: con herramientas manuales y/o con pala mecánicas. El espesor de los mantos estériles varía entre 1 metro (canteras de Blanquillo) y 3 metros (canteras de Cerrezuelo).

Extracción, Limpieza y Clasificado Primario

Basicamente se efectúa en forma manual, en algunos casos se utiliza para el movimiento primario, martillos neumáticos y explosivos.

La carga en cantera se realiza fundamentalmente con palas mecánicas, en yacimientos muy pequeños, se hace manualmente.

En cuanto al transporte hacia los centros de consumo, es fundamentalmente por tránsito carretero. Excepcionalmente, cuando las rutas se vuelven intransitables, el transporte se hace por vía férrea.

El estado actual de la explotación, en lo que a calidad y can-

tividad de material se refiere, no satisface totalmente las exigencias de la industria. Por este motivo se debe seguir importando. Las cifras de producción de los últimos tres años se muestran en el siguiente cuadro: (Industrias Extractivas de la R.O.U., Estadísticas 1977-1978-1979, Inspección General de Minas, IGU)

ANO	Prod. anual/ton	Importación (ton)
1977	30901	1864
1978	35434	
1979	35790	4940

Para años anteriores no existen datos fidedignos de producción, estimándose que posteriormente al año 1945 la producción superó las 10000 toneladas por año (fuente: Inspección General de Minas, IGU).

Estas cifras indican, que para el año 1977 la importación fue de un 6,03 %, para 1978 fue de y para 1979 fue de 13,8 % sobre el total producido en nuestro país.

El registro de canteras en vigencia al 31/12/78 fue de 56, de las cuales las más importantes son: Blanquillo, Blanquillo 3 y Ganagriex. Las dos primeras mencionadas pertenecen a la firma METZEN y SENA y aportan un 50,91 % al total producido. La restante pertenece a la firma GANAGRIEX Ltda. y aporta un 19,08 %. Las otras 53 canteras en explotación aportan el 30 % final.

El uso principal de esta materia prima tiene varios fines:

En cerámica blanca, para la fabricación de porcelana artística, loza de mesa, loza sanitaria, porcelana eléctrica y azulejos.

También para la fabricación de esmaltes utilizados en cerámica, en cristalerías y en enlozado sobre hierro.

En cerámica roja, Para la fabricación de tejas, ticholos y baldosas.

Como arcilla refractaria, para la elaboración de materiales refractarios.

Industria del papel, Se utiliza caolín de gran pureza como carga y acabado de ciertos tipos de papel.

Otros usos

Se emplean en la fabricación de azul de ultramar, en las industrias del cuero, industria química (fabricación de sulfato de alúmina, etc.), fabricación de cemento Portland, etc.

Se estima que el 90 % del caolín es usado en la industria de la cerámica blanca y refractaria.

De acuerdo a datos estimados de algunas industrias, el caolín

es utilizado entre un 10 y 20 % del total de los materiales, en cerámica roja, entre un 40 y 80% en cerámica blanca y porcentajes mas elevados aún en materiales refractarios.

Estos datos, demuestran que algunas de nuestras industrias, cuyos productos inclusive son rubros de exportación, dependen altamente de la materia prima en cuestión.

La calidad de los caolines, excepto algunos estudios analíticos, no está determinada. No existen normas ni patrones a nivel nacional por las cuales se deba regir nuestra industria.

La calidad de los caolines depende de su uso. Como en nuestro país es utilizado en forma importante en la cerámica y refractarios, se hará una breve reseña de pautas para estos fines:

Análisis Físico

Se estima que las rocas deben de poseer bajo porcentaje de fracción arena y limo. En este ítem debemos de hacer notar, que la FORMACION CORDOBES, posee mayores contenidos en fracción arena. En la FORMACION CERREZUELO, si bien es variable, se encuentran lentes con escasos porcentajes de esta granulometría.

BOSSI (1966), estima contenidos en arena del 10 al 20 % en la FORMACION CORDOBES. Los datos por nosotros manejados indican porcentajes del 15 al 25 % de arena para esta FORMACION, no disponiéndose de éstos para la FORMACION CERREZUELO.

Tenor en sílice y alúmina y su relación

Tanto a lo que se refiere a tenor en sílice, expresado como SiO_2 y alúmina, como Al_2O_3 , así como la relación que mantienen, más se acerquen a la de la caolinita se considera de mejor calidad el material.

Los valores citados por DANA (1976) son los que manejamos. El análisis senalado por el autor mencionado y al cual nos referimos es el siguiente:

SiO_2	46.5 %
Al_2O_3	39.5 %
H_2O	14.6 %

Desde este punto de vista, se notan diferencias en los caolines extraídos de las dos FORMACIONES geológicas explotadas. Los porcentajes medios de esta roca se dan en el siguiente cuadro:

FORMACION CERREZUELO		FORMACION CORDOBES	
\bar{X} de 20 muestras		\bar{X} de 13 muestras	
SiO_2	51.79		58.9
Al_2O_3	34.73		25.36
H_2O	12.27		9.94

(Datos porcentuales)

A pesar de la variabilidad de ambas rocas, en este sentido, se destaca que la FORMACION CERREZUELO, proporciona la mayor parte de los caólínes de calidad superior.

Tenor en Hierro

El tenor en hierro se determina como óxido férrico. La roca utilizada debe contener porcentajes menores al 1 % - 1.5 %, para ser considerada como de primera calidad.

Este óxido se presenta en cantidades diferenciales en los dos sedimentos explotados:

FORMACION CERREZUELO	FORMACION CORDOBES
\bar{X} de 20 muestras	\bar{X} de 13 muestras
Fe ₂ O ₃ 3.26 %	2.46 %

De las 13 muestras estudiadas para la FORMACION CORDOBES, el 100 % presenta contenidos en óxidos de hierro superiores al 1.5 %. Esto indica que la mayoría del material es homogéneamente considerado como de segunda calidad.

Para las muestras estudiadas en la FORMACION CERREZUELO, el 50 % de éstas tiene valores situados por debajo de 1.5 % y el 40 % posee valores inferiores al 1 % de óxido de hierro. De aquí, que los materiales de primera calidad en lo que a ese punto se refiere, también son provenientes de la FORMACION CERREZUELO.

Con contenidos menores al 1 % - 1.5 % en Fe₂O₃, los caólínes son utilizados en cerámica blanca y refractarios. Con contenidos mayores se utiliza para cerámica roja.

El contenido en óxido de titanio puede ser limitante en presencia de altos contenidos de óxidos de hierro.

Tenor en Manganeso Este se determina como MnO₂. Su tenor importa como enmascarante de hierro. El contenido de este óxido para los caólínes de ambas FORMACIONES es muy bajo, por este motivo su acción es casi nula.

La mayor parte de las determinaciones químicas, han sido hechas para estos cuatro óxidos (sílice- alúmina- hierro y manganeso.) Los escasos análisis indicaron que nuestros materiales no tienen otra limitante importante para la industria cerámica. Por ejemplo, el contenido en carbonatos, podemos decir que es prácticamente nulo. Los datos analíticos presentados provienen de muestras de arcillas caolínicas de yacimientos en explotación.



POSICION GEOLOGICA DE LOS CAOLINES

En el Uruguay se conocen hasta el presente tres grandes momentos geocronológicos, donde se constató la presencia de rocas portadoras de caolines, o capaces de proporcionarlos.

En el Precambriano

Existen extensas áreas graníticas, muchas de ellas se encuentran en avanzado estado de alteración. Si bien es conocida la formación de caolín a partir de los feldespatos de esas rocas, no se conocen en el país acumulaciones de esta naturaleza, capaces de ser explotadas.

Afectando materiales de esta edad y depósitos Cámbricos, tuvo lugar la caolinización conocida en los Cerros de Aguirre (Depto. de Rocha).

Este fenómeno no fue estudiado y su explotación fue de corto alcance y desechada.

En el Permocarbonífero

La Formación Tres Islas, es portadora de arcillas caolínicas en estructuras lenticulares. Se han explotado algunos yacimientos, pero el grado de impureza (abundante fracción limo), así como débiles espesores de los lentes, determinó su abandono.

En el Devoniano

En el Uruguay, la gran mayoría de los depósitos de arcillas caolínicas conocidas hasta el momento, se encuentran ubicados dentro de nuestra estratigrafía en sedimentos de edad Devónico Inferior. Es a estos tipos de depósitos, que nos vamos a referir de aquí en adelante.

La distribución geográfica de los depósitos devonianos comprende: En el Depto. de Durazno (ubicado en el centro del país), ocupan una larga franja de dirección este-oeste, que comienza un poco al oeste de la ciudad de Durazno y se extiende hacia el este hasta la estación Funtas de Herrera; a partir de allí toman rumbo norte 45 este, donde adquieren entonces una gran extensión en superficie. En el Depto de Cerro Largo (ubicado en el Noreste del país), constituyen el sustratum rocoso del sector suroccidental de dicho departamento, (ver fig. No. 3).

Desde el punto de vista estratigráfico, estos depósitos se apoyan discordantemente en un sustratum cristalino antiguo, (precambriano B 200 M.A.) (PRECIOSI, F.; SPOTURNO, J.; HEINZEN, W. 1979), muy erosionado, con una paleopendiente muy baja buzante, hacia el noroeste. En el tope son cubiertos

del nivel inferior, teniendo en cuenta que que la potencia de dicho miembro es del órden de los 80 metros, este nivel está comprendido entre los 40 y 50 metros. Se trata de un banco continuo de espesor variable entre los 3 y 8 metros, limitado por encima y debajo, por espesos niveles de areniscas gruesas. La roca se define como una lutita caolínica, micácea a veces piritosas, estructuralmente masiva a groseramente lajosa. El color en general es blanco, blanco rosáceo y amarillenta, como en el caso del nivel de la base, presenta frecuentemente importantes concentraciones de óxido de hierro, tanto en la masa como en los planos de fisura. Hacia el contacto con las areniscas basales, se observan importantes incrementos de la fracción arena, siendo éste de tipo gradacional, en el tope del banco, el límite es a borde neto.

La gran mayoría de las explotaciones en este nivel, están ubicadas en las zonas de ladera media, este hecho facilita una rápida descubierta, asimismo la propia morfología del estéril superior (areniscas con un escarpado de tipo escalonado), permite un avance importante.

Si bien este hecho facilita en parte la explotación, existen en la mayoría de los casos fenómenos tectónicos locales con desplazamientos cortos de los bloques y cambios en el buzamiento, que dificultan la explotación y una estimación mas acabada de las reservas.

Los principales yacimientos se encuentran fundamentalmente en las laderas de los valles de los arroyos Las Cañas y San Ramón y en los alrededores de las localidades de Capilla de Farruco y el Cerrezuelo.

El miembro superior de la Formación CERREZUELO, está integrado por areniscas finas a medias y medias, limolitas, lutitas y areniscas gruesas con niveles de areniscas gravilosas a conglomerádicas. Las areniscas finas y medias son de regular a buena selección, arcósicas, muscovíticas, subredondeadas, masivas y con planos de estratificación cruzada y subparalela, presentan colores rojo y pardos. Las lutitas y limolitas en general son micáceas, masivas y localmente con estratificación paralela muy foliada, los colores en general son blanco agrisados, violados, lila y rojizos cuando están oxidados. Estos episodios finos se observan generalmente intercalados en los niveles areniscosos. Las areniscas conglomerádicas, aparecen hacia la base del paquete, siendo gradualmente su desaparición hacia la parte media y tope de este miembro. La potencia máxima estimada es de 100 metros.

A pesar de que se han observado niveles arcillosos de escasa potencia, no existen en este miembro canteras de arcillas. Seguramente la gran edafización de estas rocas no permite ver yacimientos de arcilla. No se tiene antecedentes analítico de estas arcillas.-

La FORMACION CORDOBES litológicamente esta integrada por: areniscas muy finas, limolitas y lutitas caolinicas, micáceas. Las areniscas son bien seleccionadas arcillosas y de colores blanco y rojizos. Las limolitas y lutitas son micáceas, a veces piritosas y ocasionalmente yésíferas, de color gris y con niveles hematíticos, ocres.-

Los niveles lutíticos, ocres contienen además abundantes fósiles cuya especies principales, según el estudio de Mendez (1938) en Bossi (1966) son: Leptocoelia Flavellitis Conrad, Orbiculoidea Baini Sharpe, Acaste Signifer Clarke, Schuchertella Agassizi Harrington, Lingula Lepta Clarke.-

Numerosas explotaciones de arcillas caolinicas, se observan a lo largo del perfil estratigráfico de esta formación, no obstante, los yacimientos mas importantes se observan en la base de dicha formación (alrededores de la localidad de Blanquillo). También en la parte media y en el tope de la formación, (camino a La Paloma y alrededores de la mencionada localidad) se observan pequeñas explotaciones de estas arcillas, algunas de las cuales presentan contaminaciones por yeso.-

La facilidad de edafización de estos sedimentos, no permite que afloren por, lo tanto las posibilidades de prospección se reducen a la elaboración de cateos de corto alcance.-

Las limitantes de la explotabilidad.

Las condiciones de explotabilidad de estas arcillas estan limitadas por: los mantos de cobertura, la presencia de yeso, y costas de oxidación de minerales de hierro, distribuido fundamentalmente en los planos de fisura y en la masa.

La FORMACION LA PALOMA constituye el tope de la sedimentación Devónica, esta caracterizada fundamentalmente, por areniscas finas y finas a medias, de buena selección, cuarzosas y micáceas, arcillosas, masivas y con estratificación fina de tipo paralelo, de color violáceo. Se intercalan lechos graviliosos y conglomerádicos. La potencia máxima observada de estos sedimentos es del orden de los 40 metros. No se observaron lechos arcillosos intercalados en las areniscas.

Resumiendo, dentro del Devoniano, se tiene conocido básicamente, tres posiciones geoestratigráficas, que de la base a la cima son: En la FORMACION CERREZUELO, un nivel en la base con estructura lenticular, de muy poca potencia y de muy bajas condiciones de explotabilidad; un segundo episodio arcilloso se localiza hacia la parte media de la formación, se trata de un banco de potencia variable entre los 3 y 8 metros, donde no todo es explotable, diversas limitantes tales como: espesor del estéril, calidad de la propia arcilla, contaminación por hierro, presencia de granulos de arena, impiden de una u otra forma, una explotación total del banco.

En la FORMACION CORDOBES, tanto en la base como en su parte media y superior, ocurren frecuentes episodios arcillosos. La cobertura edáfica limita la observación, además la presencia de numerosos bancos ocraceos, lechos hematíticos y cristalizaciones de yeso, dificultan la explotabilidad y reducen la calidad como materia prima de estos caolines.

La FORMACION LA PALOMA, por el momento puede considerarse estéril, en cuanto a la presencia de yacimientos de esta naturaleza.

GEOLOGIA DE CAOLINIZACION

Desarrollo tectónico.

El único yacimiento conocido de arcillas caolínicas, con desarrollo tectónico, lo constituye el yacimiento de los Cerros Aguirre en el Departamento de Rocha -(este de nuestro país)-.-

Si bien el fenómeno particular del proceso de caolinización en sí no es conocido, el yacimiento está instalado a lo largo de una zona brecha de falla. Esta brecha de dirección aproximada norte-sur, separa hacia el este metamorfitos del grupo Lavalleja Rocha (Cambriano Superior Moderno) y hacia el oeste depósitos molásicos de la formación PIEDRAS DE AFILAR (CAMBRICO).-

Desde hace unos doce años, este yacimiento dejó de ser explotado seguramente la baja calidad del material así como las dificultades para acceder a dicha región condicionaron la continuidad de la extracción.-

Ambiente de Sedimentación.

Para este ítem, se realizará una reseña, particularmente en lo que se refiere al proceso sedimentario petrogenético de las arcillas caolínicas en los depósitos devonianos en nuestro país. LAMBERT (1939) señala que los sedimentos devónicos de URUGUAY, por sus características litológicas conducen a considerarlos de acuerdo con OPPENHEIN (1936) como depósitos costaneros o de es-

tuarío, cuyos materiales han sufrido un bajo transporte. Señala LAMBERT, que los niveles arcillosos indican aguas tranquilas, en tanto que las granulometrías groseras con estratificación cruzada son indicios de corrientes variables. LAMBERT (1941), postula además que estos sedimentos corresponden a depósitos marinos de aguas poco profundas, relacionados a etapas transgresivas y regresivas del mar devónico, correlacionables con aquellos de la misma edad, de facies igualmente austral, conocidos en otras áreas de América del Sur y del Africa Austral. TERRA & MENDEZ (1939) publican la existencia de fósiles marinos de edad Devoniano Inferior, encontrados hacia la parte media de la secuencia (FORMACION CORDOBES), algunos de los cuales ya fueron mencionados.

La FORMACION CERREZUELO, caracterizada fundamentalmente por depósitos esencialmente detriticos (groseros en el miembro inferior y areniscosos en el miembro superior), contiene intercalados niveles y lentes arcillosos.

Según BOSSI (1966) la presencia de estos lentes y/o niveles caolínicos, dentro de los episodios groseros, en una sedimentación de tipo litoral, dan prueba de la existencia de locales zonas de tranquilidad.

Las recientes observaciones de campo, confirman la existencia de lentes arcillosos, a los cuales se les atribuye origen en procesos sedimentarios de aguas calmas en determinados intervalos de tiempo y en áreas espaciadas. La existencia de un nivel relativamente potente y extenso hacia la parte media de la FORMACION, indicaría un intervalo generalizado de relativa calma de las aguas, con predominio de sedimentación de partículas finas. Seguramente estos depósitos de arcillas caolínicas, se habrían acumulado en aguas dulces, de mares costeros y/o litorales de tipo estuarino.

Determinaciones analíticas realizadas por GOÑI (1952), indican para todas las muestras un rango de PH de 6,1 a 7,2, debe agregarse la ausencia de calcáreo, así como la presencia de pirita, lo cual verifica aguas dulces o debilmente salinas, así como un ambiente de características reductoras.

Desde el punto de vista paleoclimático, de acuerdo a las características litológicas y petrográficas de estos sedimentos; se estaría en presencia de un régimen de clima riguroso. Este permitió la destrucción y desintegración de rocas de tipo granítico y migmático, provenientes del zócalo antiguo y un corto

transporte a las zonas de acumulación. La carencia de materia orgánica pautaría un posible clima árido.

De acuerdo al esquema de LAMBERT (1939), los sedimentos de la FORMACION CORDOBES, corresponderían a la etapa ingresiva del mar devoniano. Esto se pone de manifiesto con el pasaje concordante de los depósitos groseros en la base (FORMACION CERREZUELO, MIEMBRO INFERIOR), a los niveles areniscosos de buena selección (FORMACION CERREZUELO, MIEMBRO SUPERIOR), hasta colmatar con los sedimentos lutíticos de color gris oscuro, con abundante concentración de pirita y ricos en fósiles (FORMACION CORDOBES).

En la fracción arcilla, el mineral predominante es la caolinita, por lo tanto se debe de notar que de acuerdo con MILLOT (1942), ésta resultaría incompatible con un medio de sedimentación estrictamente marino. Indudablemente la deposición indica un predominio de aguas calmas. La mineralogía apoyaría un régimen de aguas dulces a debilmente salinas, así como de características reductoras. A la fauna fosilífera se le atribuyen ambientes de tipo litoral.

Edad de la caolinización

Para ambas formaciones, se plantean dos hipótesis:

En primer lugar, las arcillas se originaron en el continente a partir de la alteración de los feldespatos y fueron transportados como detritos a las zonas de acumulación. En este caso, la formación de la arcilla es anterior a la deposición de los sedimentos.

En segundo, las arcillas se originaron a partir de iones en suspensión en las propias zonas de acumulación, en este caso, la edad es contemporánea con la sedimentación.

ASPECTOS MINERALOGICOS Y GEOQUIMICOS

En este campo, los trabajos son escasos, particularmente nos vamos a referir a los depósitos de arcillas caolínicas de las FORMACIONES CERREZUELO y CORDOBES.

Los primeros trabajos en esta materia corresponden a GOÑI (1952), quien analiza y publica los siguientes datos de muestras proveniente del Depto. de Durazno, pertenecientes a las rocas del Devoniano Inferior, no indicando la FORMACION específica a la que pertenecen.

No.	PROCEDENCIA	% H ₂ O entre 450-700°c.	% CAOLINITA
1	Blanquillo	6.8	48.2
2	"	9.2	67
3	"	7	51.5
4	San Ramón de Canas	7.2	52.8
5	"	9.4	67.1
6	Sarandí del Yí	8.2	60
7	"	9.6	70
8	Sección 6	12.8	91.4
9	Sección 13	12.2	90
10	" 13	0.6	10

De acuerdo a la posición geográfica mencionada, tentativamente se puede atribuir que las muestras provenientes de Blanquillo corresponden a la FORMACION CORDOBES. En cuanto al resto puede considerarse asociadas a la FORMACION CERREZUELO.

El cuadro demuestra por un lado una característica de las rocas Devonianas: es la presencia constante de caolinita como mineral esencial.

Por otro lado es de hacer notar, la variación cuantitativa de este material en la roca filitosa.

El análisis de la fracción arena, realizado por el mismo autor, determinó la presencia de cuarzo con o sin turmalina en las 6 primeras, las 4 restantes son exclusivamente cuarzosas.

De acuerdo a lo presentado anteriormente, en el Devoniano existen por lo menos dos grandes niveles estratigráficos de arcillas caolínicas.

El primero de ellos, ubicado en la parte media de la FORMACION CERREZUELO y el segundo, la FORMACION CORDOBES como tal, integrada por espesos niveles arcillosos.

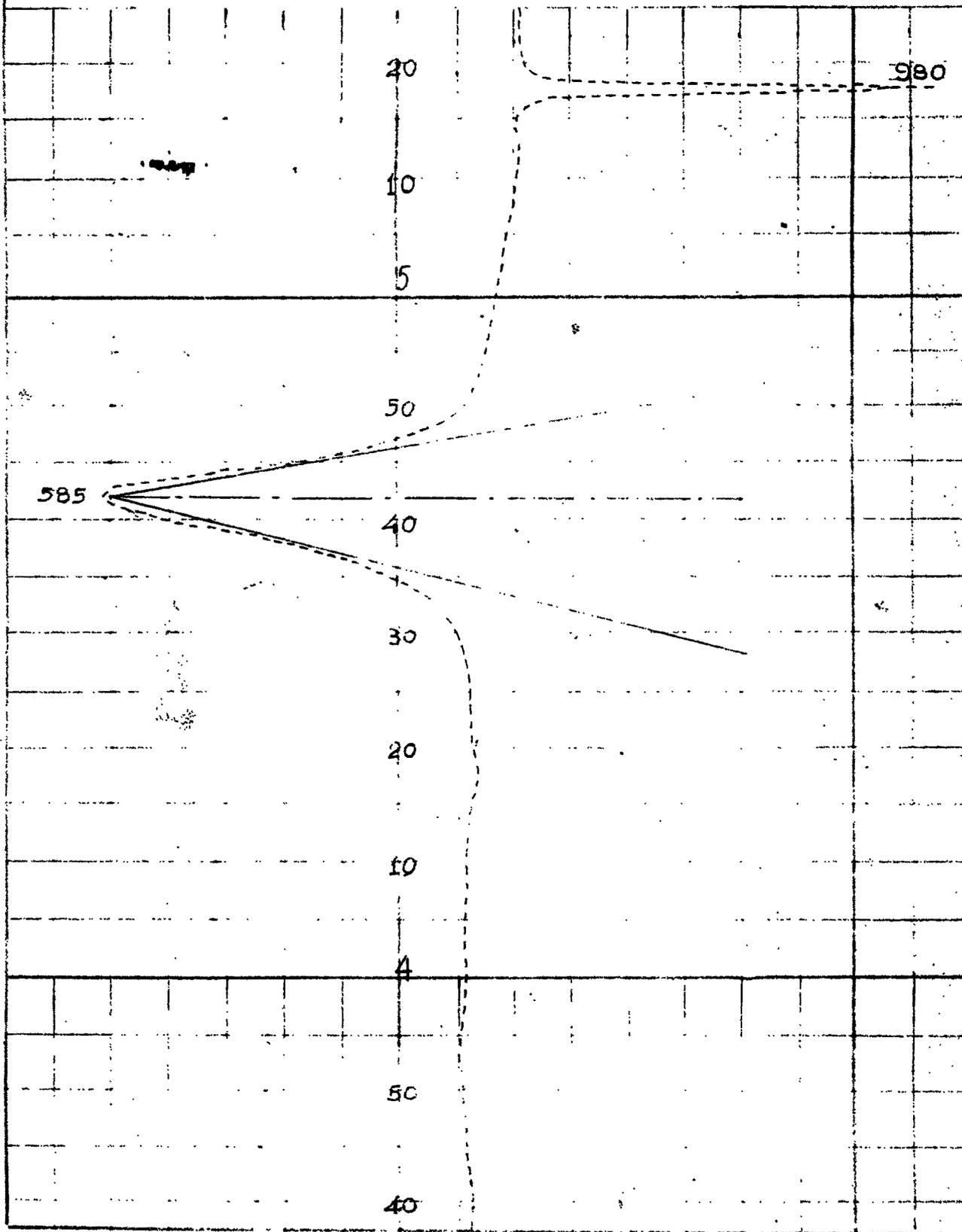
Los caolines que explotan en la FORMACION CERREZUELO, contienen escasa fracción arena, cuya mineralogía es esencialmente cuarzo y/o muscovítica.

La fracción arcilla está compuesta fundamentalmente por caolinita, su rango de variación cuantitativa es alto. La naturaleza mineralógica de esta fracción fue comprobada en una muestra sometida a análisis Térmico Diferencial por el Centro de Investigaciones Tecnológicas de A.N.C.A.P. Esta muestra se comporta de la forma señalada en la gráfica de la Fig. No 4, determinándose caolinita muy bien cristalizada.

Desde el punto de vista químico a continuación se detallan al-

ENSAYO POR ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
DE UNA MUESTRA DE ARCILLA

An. N° _____



gunos valores analíticos, obtenidos del laboratorio y archivo de Minas del Instituto Geológico del Uruguay.

FORMACION CERREZUELO

valores límites de 35 muestras

SiO ₂	43,33 % - 59,38 %
Al ₂ O ₃	23,08 % - 39,90 %
Fe ₂ O ₃	0,18 % - 0,42 %
TiO ₂	1,2 % - 1,8 %
MgO	0,00 % - 0,1 %
CaO	0,00 % - 1,8 %
MnO	0,00 % - 1,29 %
Pérd. por calc.	8,11 % - 14,74 %

A continuación se detalla el análisis de una muestra obtenida de Cerrezuelo, realizado en el laboratorio de la BGR de Alemania Federal, (LORENZ, W., STAMPE, W., 1977)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO
45,96	36,86	1,01	1,542	0,25	0,08	0,05	0,12	0,014

SO ₃	P ₂ O ₅	Perd. por calc.
0,03	0,1	13,91

Teniendo en cuenta los datos anteriores y de acuerdo a la composición química teórica de la caolinita (SiO₂ 46,5%, Al₂O₃ 39,5%, H₂O 14,6%), en lo que a estos tres elementos se refiere, la composición química obtenida de los análisis confirma altos porcentajes de caolinita. El elemento acompañante más importante sería siempre el cuarzo. El mineral arcilloso, así como la presencia de pirita y la ausencia de calcáreos en estas rocas, estaría indicando condiciones de PH por lo menos inferiores a 7,8 (KRUMBLEIN & GARRELS, 1952), como límite máximo, en condiciones de EH negativo y por lo menos inferior a - 0,15. Se supone la presencia de pirita como de origen singénico. Se observa que esta FORMACION estuvo sometida a una oxidación posterior, en donde toman nacimiento los colores que hoy predominan, los óxidos de hierro (hematita-limonita) y óxidos de manganeso.

En cuanto a las arcillas caolínicas de la FORMACION CORIOBES, BOSSI (1978), estima la siguiente composición mineralógica media: (no especifica la mineralogía de la fracción arena):

Arena	10 - 20 %
Caolinita	40 - 50 %

Illita	30 - 40 %
Oxidos de hierro	3 - 7 %

Los valores límites de un análisis mineralógico de los caolines de esta FORMACION indican los siguientes porcentajes (METZEN Y SENA S.A.):

Cuarzo	15 - 25 %	CUADRO No. 1
Caolinita	55 - 65 %	
Illita	15 - 25 %	

Los datos mas recientes acerca de la mineralogía de caolines de la FORMACION CORDOBES se obtuvieron a partir de cinco muestras recogidas de las canteras de la empresa METZEN Y SENA S.A. en la localidad de Blanquillo. Los análisis mineralógicos y químicos fueron realizados en el laboratorio del BGR de Alemania Federal (LORENZ, W., STAMPE, W. 1977). Estos se muestran en el siguiente cuadro:

1.) Análisis Químico

No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO
1	57,08	25,92	1,54	1,053	1,09	0,23	0,07	3,12	0,003
2	56,29	24,86	3,37	1,033	1,06	0,24	0,12	3,18	0,002
3	29,99	15,29	22,28	0,573	0,68	0,46	0,34	5,15	0,003
4	57,86	26,07	1,40	1,079	0,93	0,16	0,15	2,88	0,002
5	57,15	26,27	2,17	1,070	0,99	0,33	0,11	2,97	0,003
	SO ₃	P ₂ O ₅	Perd. por Calc.						
	0,05	0,1	8,04						
	0,97	0,2	9,70						
	14,09	1,65	22,26						
	0,05	0,12	8,76						
	0,11	0,11	8,79						

2.) Análisis Mineralógico

CUADRO No. 2

No.	Componente Principal	Componente Secundario	Oligoelementos
1	Caolinita	Cuarzo, Muscovita	Feldespatos dolomita, alunita?, siderita
2	Caolinita	Cuarzo, Muscovita	Feldespatos, dolomita, alunita?, siderita?
3	Jarosita	Caolinita, cuarzo	Muscovita (illita), feldespatos

No.	Componente Principal	Componente Secundario	Oligoelementos
4	Caolinita	Cuarzo, muscovita	Feldespatos, alunita?, dolomita, siderita?
5	Caolinita	Cuarzo, muscovita	Feldespatos, alunita?, dolomita, siderita?

Finalmente se detalla el siguiente cuadro de valores químicos obtenidos a partir de 15 muestras de los caolines de la FORMACION CORDOBES, en el laboratorio del I.G.U. (Gentileza del Ing. H. TOSI):

FORMACION CORDOBES

valores límites de 35 muestras

SiO ₂	46,38 % - 60,5 %
Al ₂ O ₃	20,5 % - 33,8 %
Fe ₂ O ₃	1,5 % - 7,62 %
TiO ₂	0,3 % - 0,5 %
MgO	0,6 % - 3,8 %
Na ₂ O	0,2 % - 4,9 %
K ₂ O	0,3 % - 4,9 %
CaO	0,2 % - 5 %
MnO	0,00 % - 0,035%
Perd por calc.	8 % - 14,79%

De acuerdo a estos datos, en primer lugar si bien existe un predominio de caolinita, la mayor parte de las muestras indican la presencia de otros minerales acompañantes. Algunos autores incluyen dentro de éstos: feldespatos, dolomita, alunita?, siderita?, (ver cuadro 2), otros incluyen illita (cuadro 1'). Esto hablaría de rocas arcillosas con menor contenido en caolinita, que las correspondientes a la FORMACION CERREZUELO. Exepción a estas arcillas es la muestra No. 3 (cuadro. 2), donde aparece como mineral esencial la Jarosita, acompañada por caolinita y cuarzo. La formación de este mineral implicaría un aumento en el potencial de oxido-reducción, lo cual podría explicarse en base a dos hipótesis: 1.) Como depósito de origen singenético y localizado, 2.) como depósito de origen epigenético, encuadrándose en el marco de oxidación postdeposicional.

Observaciones de campo, determinaron la presencia de cristalizaciones de yeso en la roca caolínica. En cuanto al origen de este mineral, si bien no hay estudios profundos al respecto, se asume en primera instancia, que el mismo es de tipo epigenético.

Con los datos que disponemos, nos vemos limitados a concluir en esta materia. Podemos tentar sin embargo atribuirle a la caolinita dos presumibles orígenes: 1.) Acumulación en medio de tipo marino pero el material proviene del arrastre de partículas detríticas formadas en el continente.

2.) Otra alternativa sería la neoformación. Las visualizaciones de las rocas tienden a favorecer la primera hipótesis, aunque no es de descartar que en algunos momentos hallan actuado los dos mecanismos.

Este material arcilloso, así como la presencia de pirita y la ausencia de calcáreo, indicarían ambientes de PH inferiores a 7,8, así como EH menores a - 0,15. Esta FORMACION ha sufrido en parte una oxidación posterior, lo cual debe ser la causante de los probables minerales señalados de este origen.

RESUMEN

Desde el punto de vista histórico, tanto los usos como la investigación de estos materiales, recién a partir de la segunda mitad de este siglo toman importancia.

En la actualidad existe una importante industria dedicada al procesamiento de estos materiales especialmente aquella dedicada a la cerámica blanca y refractarios.

A pesar de la existencia de yacimientos de caolines en el país, los mismos no satisfacen totalmente las necesidades de la industria. Tal es así, se ve en la necesidad de importar una buena parte de estos materiales.

Las mayores limitantes de estos yacimientos son su baja calidad y la tecnología de explotación.

Los únicos yacimientos conocidos, se encuentran en la parte oriental del Departamento de Durazno (centro del país). Las rocas portadoras de estos caolines son de edad Devónico Inferior, dentro de los cuales se han separado tres FORMACIONES: CERREZUELO, CORDOBES y LA PALOMA.

La FORMACION CERREZUELO, contiene estructuras lenticulares, y bancos arcillosos dentro de los cuales existen niveles de hasta 1 metro de potencia de gran pureza.

La FORMACION CORDOBES, si bien la mayor parte de la misma es de naturaleza arcillosa, no siempre las arcillas reúnen condiciones de calidad y explotabilidad (alto % de impurezas, espesor del estéril, etc.)

La FORMACION LA PALOMA, no se han encontrado niveles arcillosos. La génesis de estos sedimentos en términos generales, está vinculada a episodios transgresivos. En una primera fase a un régimen de mares costeros y/o litorales de tipo estuarino (FORMACION CERREZUELO), en una segunda etapa, representada por una facie de máxima profundidad (FORMACION CORDOBES). La FORMACION LA PALOMA señala nuevamente un facies de poca profundidad.

Desde el punto de vista mineralógico, las arcillas de Cerrezuelo son las de mayor pureza, llegando a poseer hasta un 90% de caolinita. Para Cordobés, los porcentajes difícilmente sobrepasan el 70% de caolinita.

BIBLIOGRAFIA

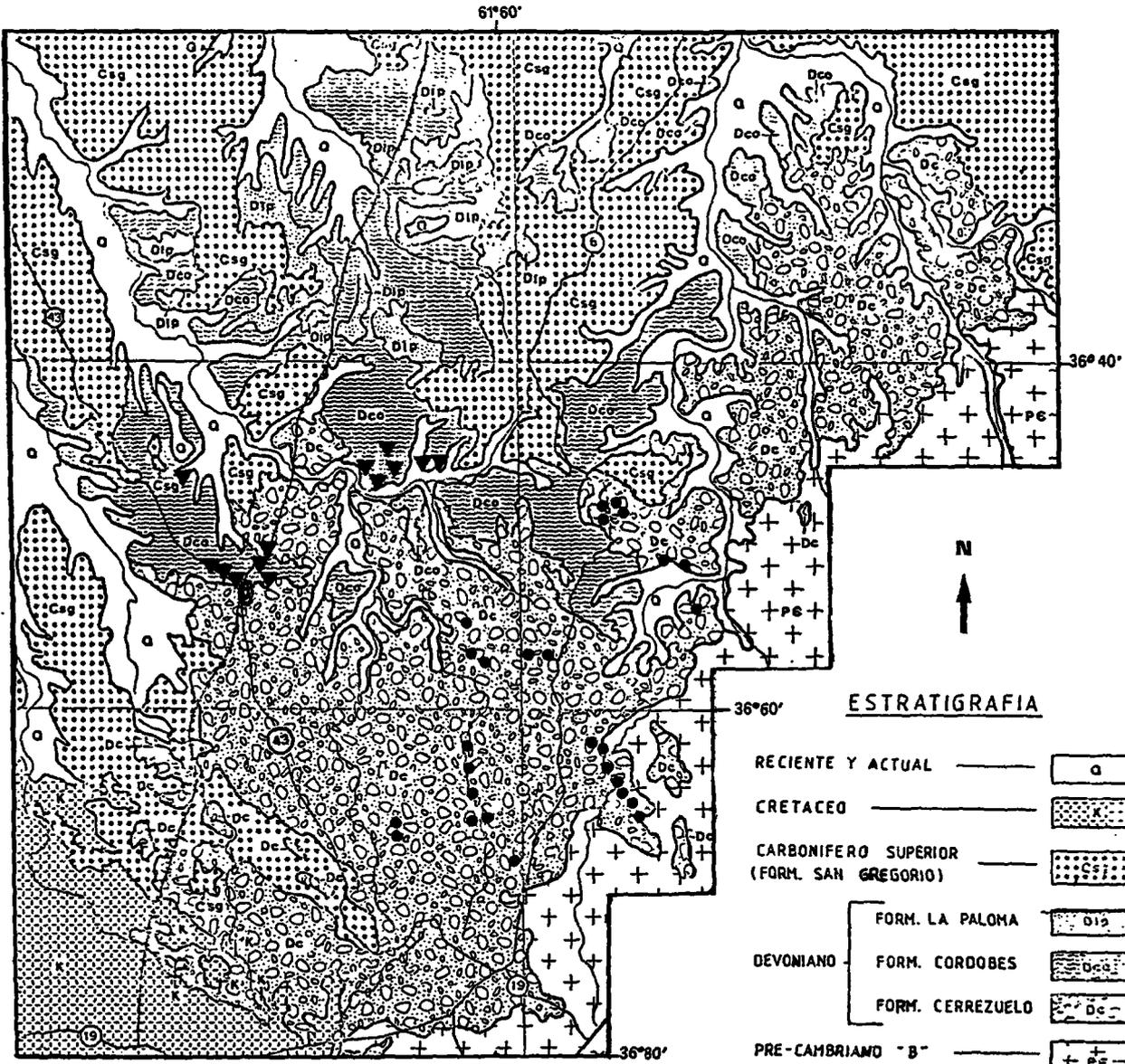
- BOSSI J. (1966) "Geología del Uruguay", Departamento de publicaciones de la Universidad de la República, Montevideo.
- BOSSI J. (1969) "Recursos Minerales del Uruguay" Editorial Nuestra Tierra No. 10.
- BOSSI J. (1978) "Recursos Minerales del Uruguay" Ediciones Daniel Aljanati. Montevideo, Uruguay.
- CARRSI J. GONI J. (1958) "Geología Uruguaya, Instituto Geológico del Uruguay, Bol. No. 37, Montevideo Uruguay.
- GOÑI J. (1952) "Etude mineralogique de quelques argiles devonien^{es} de l'Uruguay Central. Compt. Rend. Acad. Sc. 235, 1662-1664.
- INSPECCION GENERAL DE MINAS (1977-1980-1979) "Industrias Extractivas de la R.O. del Uruguay. Instituto Geológico del Uruguay.
- KRUMFELN, W.C.- GARRELS R.M. (1952) "Origin and classification of the chemical sediments in terms of pH and oxidation reduction potentials.
- LAMBERT R. (1939) Memoria explicativa del mapa geológico de los terrenos sedimentarios de las rocas efusivas del Dpto. de Durazno. Instituto Geológico del Uruguay Bol. No. 29.
- LAMBERT R. (1941). "Estado Actual de nuestros conocimientos sobre la geología de la R. . del Uruguay. Instituto Geológico del Uruguay Bol. No 29.
- LORENZ W. STANFE W. (1977) "Untersuchung von Lagerstätten nicht-metallischer mineralischer Rohstoffe in Uruguay. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- MARSTRANDER R. (1916) "Informe preliminar sobre las riquezas minerales de la R.O. del Uruguay Bol. No 2 Instituto Geológico del Uruguay.
- MENDEZ R. (1938) "Fósiles devónicos del Uruguay Instituto Geológico del Uruguay Bol. No.24.
- MILLOT G. (1942) Relations entre la constitution et la g n se des roches sedimentaires argileuses. Geol. "pliq. et Prosp. Min. Vol. II, Nancy France.
- OFFENHEIM V. (1936) Geology of devonian areas of Paraná Basin in Brazil Uruguay and Farsguay. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists vol 20 n9 pp. 1208-1236.

PRECIOZZI, F.; SPOTURNO, J.; HEINZEN, W. (1979) "Carta Geo-Es-
tructural del Uruguay. Instituto Geológico del
Uruguay.

TERRAE; MENDEZ (1939) "Contribución a la Geología del Uruguay
Bol. Physis 14.

WALTER, K. (1932) "Sobre la existencia de yacimientos de minerales
y rocas explotadas en la R. O. del Uruguay. Rev.
Facultad de Agronomía No. 6.





BASE GEOLOGICA: PRECIOZZI et al (1979)

Fig. 33 ?

ex. cuadro

Fuente: Servicio Geológico

Fig. ~~32~~ 33 ✓