



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE
ARCILLAS EN CANTABRIA**

MEMORIA



RP

11259

I.T.G.E.

**APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE ARCILLAS
EN CANTABRIA**

MAYO 1990

En este Proyecto de Investigación han participado los siguientes técnicos:

* DIRECCION Y SUPERVISION

D. Gregorio Gómez Moreno (1)

* LABOR DE CAMPO Y REALIZACION DE LA MEMORIA

D. Luis Antonio Díaz Rodríguez (1)

* SONDEOS Y COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS

D. Luis Antonio Díaz Rodríguez (1)

D. Vicente Calderón Almena (1)

juntamente con el personal de los laboratorios del ITGE.

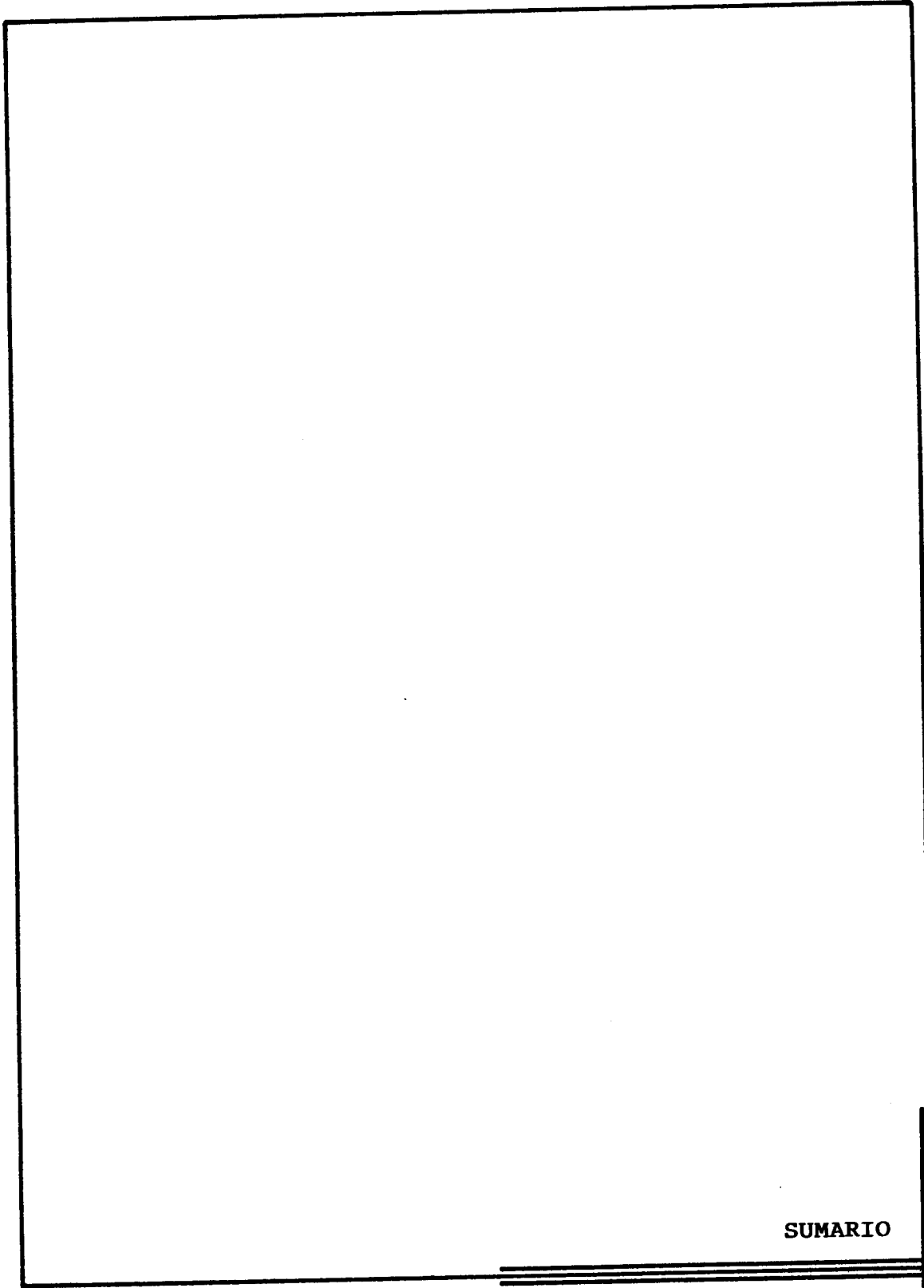
* COLABORACIONES

D. Angel García Cortés (2)

Laboratorios del A.I.C.E (Castellón de la Plana)

(1) Dirección de Recursos Minerales, Sección de Rocas y Minerales Industriales.ITGE.

(2) ITGE.



SUMARIO

SUMARIO

I.- INTRODUCCION	1
I.1.- Antecedentes	1
I.2.- Objetivos y metodología de trabajo	2
II.- SITUACION GEOGRAFICA DE LAS AREAS SELECCIONADAS ...	4
III.- MARCO GEOLOGICO DE LAS AREAS SELECCIONADAS	6
IV.- LITOESTRATIGRAFIA	9
IV.1- Cretácico:	
IV.1.a.- Fm. Vega de Pas	9
IV.1.b.- Fm. Las Rozas	10
IV.1.c.- Fm. Las Peñosas	12
IV.1.d.- Fm. La Canal	13
IV.2- Terciario:	
IV.2.a.- Fm. Oyambre	16
IV.2.b.- Fm. Merón	17
V.- TECTONICA	18
VI.- CARACTERISTICAS LITOESTRATIGRAFICAS DE LOS SONDEOS EFECTUADOS	20
VI.1.- Sondeo nº1 (Prellezo)	22
VI.2.- Sondeo nº2 (La Venta de Tramalón)	24
VI.3.- Sondeo nº3 (Monte Corona)	24
VI.4.- Sondeo nº4 (Carretera a Bustablado) ...	25
VI.5.- Sondeo nº5 (Zurita)	26
VI.6.- Sondeo nº6 (Barcenilla)	27
VI.7.- Sondeo nº7 (Embalse del Ebro, Orzales)..	28
VI.8.- Sondeo nº8 (Embalse del Ebro, Llano) ...	29
VI.9.- Sondeo nº9 (Polientes)	31
VI.10.- Sondeo nº10 (Villamoñico)	32

VII.- ARENAS CAOLINIFERAS EN LA CORDILLERA CANTABRICA: SU COMPARACION CON LAS AFLORANTES EN CANTABRIA ...	33
VIII.- ESTUDIOS GEOFISICOS	37
IX.- METODOS ANALITICOS:	
IX.1.- Análisis granulométricos y su comentario ..	40
IX.2.- Análisis mineralógicos y su comentario .	53
IX.3.- Análisis químicos y su comentario	62
IX.4.- Análisis tecnológicos y su comentario	74
X.- APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE LAS ARCILLAS INVESTIGADAS POR AREAS	83
XI.- POSIBILIDADES Y PERSPECTIVAS	88
XII.- CONCLUSIONES	93
XIII.- BIBLIOGRAFIA	98
<u>ANEXO:</u> ESTUDIO MICROPALAEONTOLOGICO DEL SONDEO N°1	101

>>>>>>>>-----<<<<<<<<<<

Los tomos que conforman el Proyecto:"Aprovechamiento Industrial de Arcillas en Cantabria" son los siguientes:

- a) MEMORIA
- b) ESTUDIOS GEOFISICOS
- c) ANALISIS GRANULOMETRICOS, MINERALOGICOS Y QUIMICOS
- d) ENSAYOS TECNOLOGICOS Y SEMI-INDUSTRIALES
- e) COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DE LOS SONDEOS Y MAPAS

I.- INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

Este Proyecto de investigación constituye un complemento del que se llevó a cabo en la Comunidad Autónoma de Cantabria, durante los años 1986 y 1987, por el ITGE.

Se ha trabajado en distintas áreas geográficas, dentro de dicha Comunidad, intentando evaluar las zonas cuya canteabilidad era la más propicia y con los niveles arcillosos más interesantes. Para ello, se efectuaron una serie de sondeos mecánicos de rotación y también estudios geofísicos, que han contribuido en poder mostrar el gran recurso potencial que Cantabria posee en aquellos materiales y que con este informe-memoria se pretende reflejar.

I.1.- Antecedentes

El estudio fundamental de caracterización de las arcillas de Cantabria ha sido realizado por el ITGE (1988) en sus dos vertientes: 1) Caracterización granulométrica, mineralógica y química, y 2) Caracterización tecnológica. También se han realizado ensayos semi-industriales (ITGE, 1988) demostrando que el producto extraído del indicio o de la cantera tiene una aplicación industrial eficiente y adecuada.

Para tener una visión amplia de las posibilidades potenciales de las arcillas de Cantabria y comprender en toda su extensión la investigación que se ha realizado en esta 2^a Fase, se recomienda consultar el informe-memoria del ITGE del año 1988. En Díaz Rodríguez et al. (1988), Gómez Moreno et al. (1988) y Díaz Rodríguez y García Cortés (1988) se pueden encontrar, también, datos publicados de aquel estudio de caracterización.

I.2.- Objetivos y Metodología de Trabajo

Los principales objetivos perseguidos con la realización de este Proyecto de investigación fueron los siguientes:

- a) Estudio de las áreas favorables que se dedujeron en la 1^ª Fase de investigación (ITGE,1988).
- b) Realización de sondeos mecánicos (10 en total), dentro de las áreas favorables, para evaluar la potencialidad del material arcilloso y su frecuencia interestrato, junto con el levantamiento de la columna estratigráfica correspondiente.
- c) Cartografía, a escala 1/10.000, de los entornos de los puntos sondeados, efectuándose una delimitación de los niveles favorables de posible explotación.
- d) Caracterización de las muestras tomadas de los testigos de los sondeos efectuados. Análisis granulométricos, mineralógicos, químicos, tecnológicos y semi-industriales.

La metodología de trabajo que fue seguida tuvo como base de partida la experiencia acumulada en la 1^ª Fase de investigación. Así, en primer lugar, se seleccionaron los emplazamientos de los sondeos que debían de realizarse dentro de cada una de las zonas seleccionadas, para posteriormente ser muestreados los testigos obtenidos en los tramos limolítico-arcillosos más interesantes, e incluso se muestrearon niveles de arenas que, bien por su riqueza en sílice o porque contenían una significativa presencia de minerales kandíticos (arenas caoliníferas), eran dignos de tenerlos en cuenta. En conjunto, se tomaron 123 muestras de las que 105 de las mismas procedían de los testigos de los sondeos y las otras 18 restantes, referenciadas

en el volumen de datos analíticos como LA-, se tomaron en la superficie del terreno. El peso de la muestra tomada fue de aproximadamente 5 Kg. Para posteriores análisis tecnológico-semi-industriales se tomaron alrededor de 30 Kg de muestra, toda ella procedente de los testigos de los sondeos.

Los análisis generales (granulometría, mineralogía y quimismo) se realizaron en los laboratorios del ITGE, mientras que los ensayos semi-industriales fueron llevados a cabo por el Instituto Técnico de Investigaciones Cerámicas (AICE), cuyos laboratorios se encuentran en Castellón de la Plana.

II.- SITUACION GEOGRAFICA DE LAS AREAS SELECCIONADAS

II.- SITUACION GEOGRAFICA DE LAS AREAS SELECCIONADAS

Las áreas seleccionadas fueron tenidas en cuenta a tendiendo a los siguientes criterios:

- * Volumen de materiales arcillosos.
- * Calidad de las arcillas, teniendo en cuenta su posible utilidad.
- * Posibilidades de explotación y accesos.
- * Centros de consumo.
- * Concentración geográfica de los indicios y explotaciones principales.

Su ubicación geográfica recae dentro de la Franja Costera y la Franja Meridional si se hace mención a las tres franjas que Cendrero et al. (1986) dividen de norte a sur a Cantabria (Fig.1).

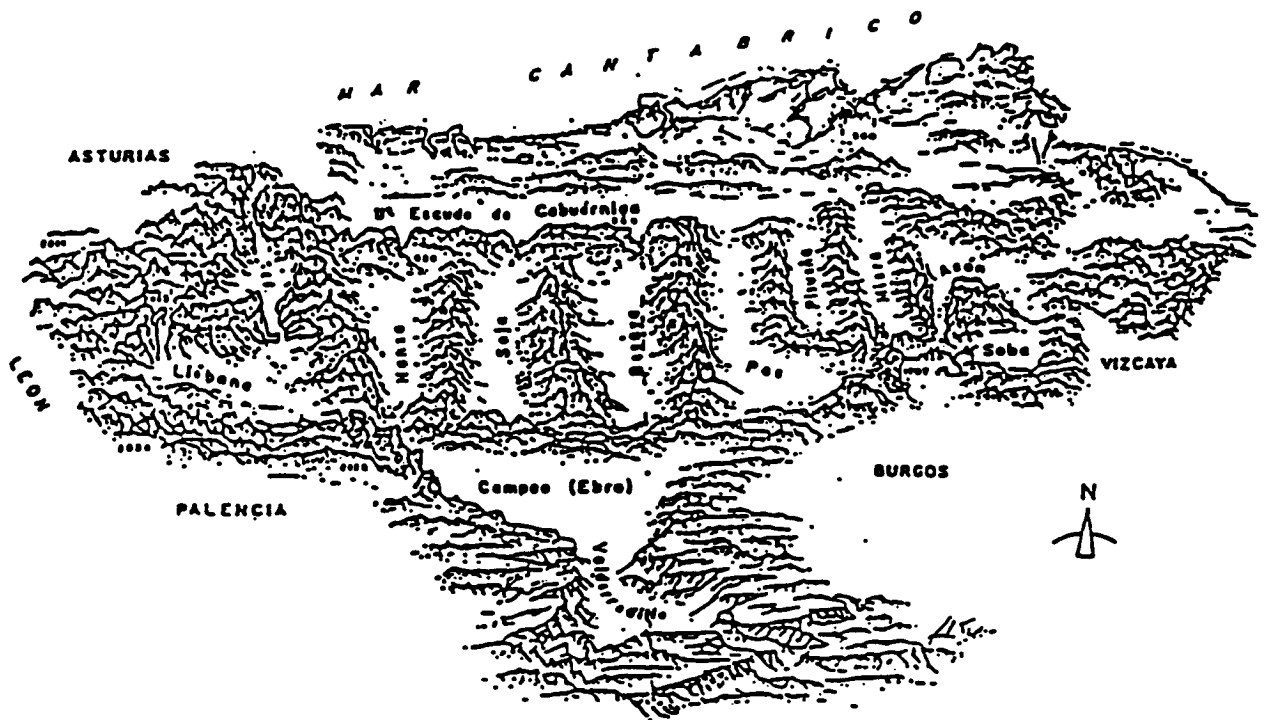
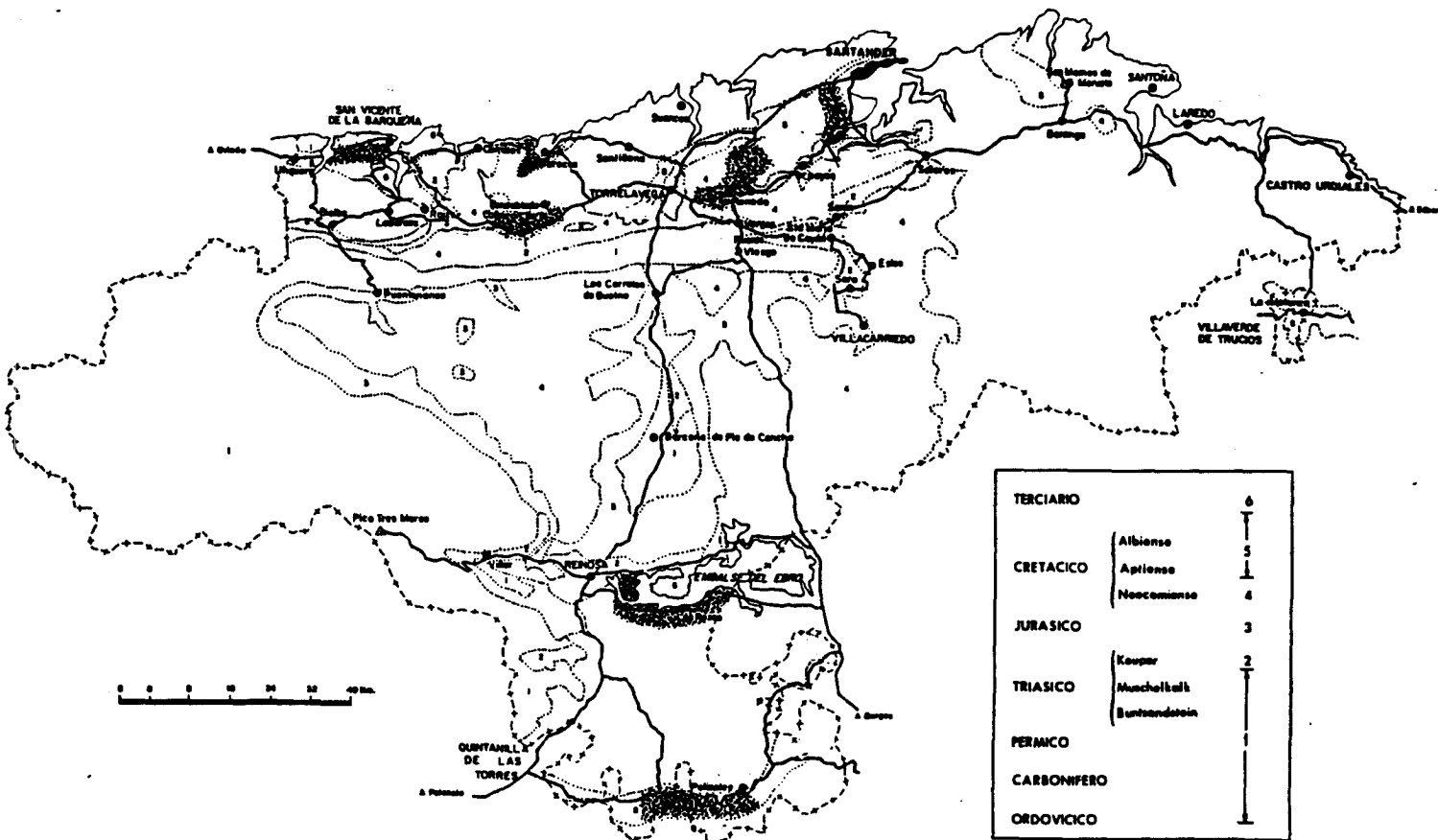


Fig.1

La Franja Costera es un espacio geográfico que limita al norte con el mar Cantábrico y al sur con la sierra del Escudo de Cabuérniga, siendo el área, dentro de esta Franja, de verdadero interés, por su contenido en arcillas, la zona centro-occidental, es decir, la que abarca desde Unquera, límite con Asturias por el oeste, hasta Santander, la capital de la Comunidad.

La Franja Meridional engloba a dos comarcas: Campoo y Los Valles del Sur, y en ambas comarcas existen arcillas de cierto interés industrial. En la comarca de Campoo la zona seleccionada se encuentra en el entorno del embalse del Ebro, mientras que en la comarca de Los Valles del Sur, la zona de interés se encuentra en el municipio de Valderredible, en la parte más al sur de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

En el gráfico inferior se pueden observar las áreas seleccionadas mediante punteado.



III.- MARCO GEOLOGICO DE LAS AREAS SELECCIONADAS

III.- MARCO GEOLOGICO DE LAS AREAS SELECCIONADAS

La Comunidad Autónoma de Cantabria se encuentra geológicamente dentro de la Región Vasco-Cantábrica y las áreas que se seleccionaron para su estudio se encuentran dentro del Dominio Peri-Asturiano (Feuillet y Rat, 1971) (Fig.2).

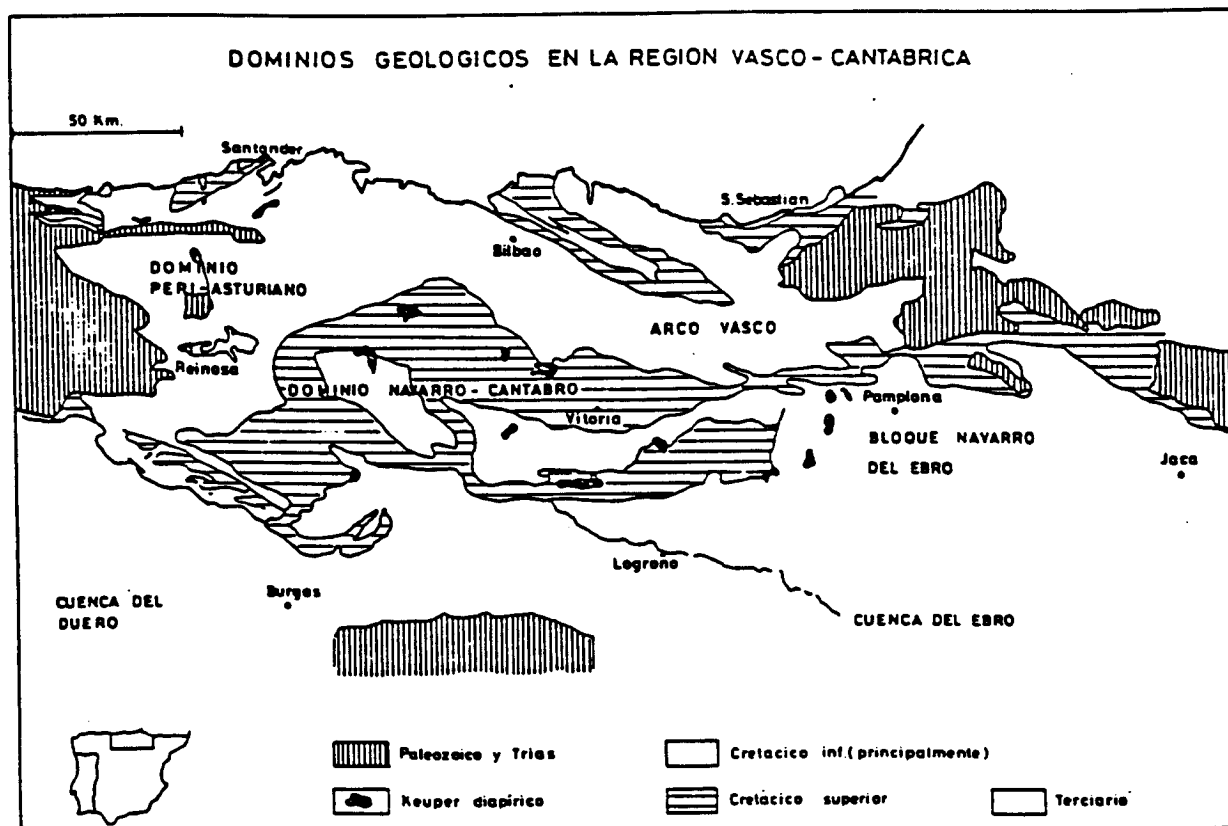


Fig.2

A su vez, García Mondejar y Pujalte (1981) han dividido al Dominio Peri-Asturiano en cuatro zonas con carácter de unidad tectoestratigráfica, y numeradas de I a IV, de sur a norte de Cantabria respectivamente (Fig.3).

Las áreas favorables seleccionadas en esta investigación se encuentran dentro de las zonas II y IV y los materiales arcillosos que se han tenido en cuenta pertenecen, desde más antiguo hasta más moderno, a los sistemas : Cretá-

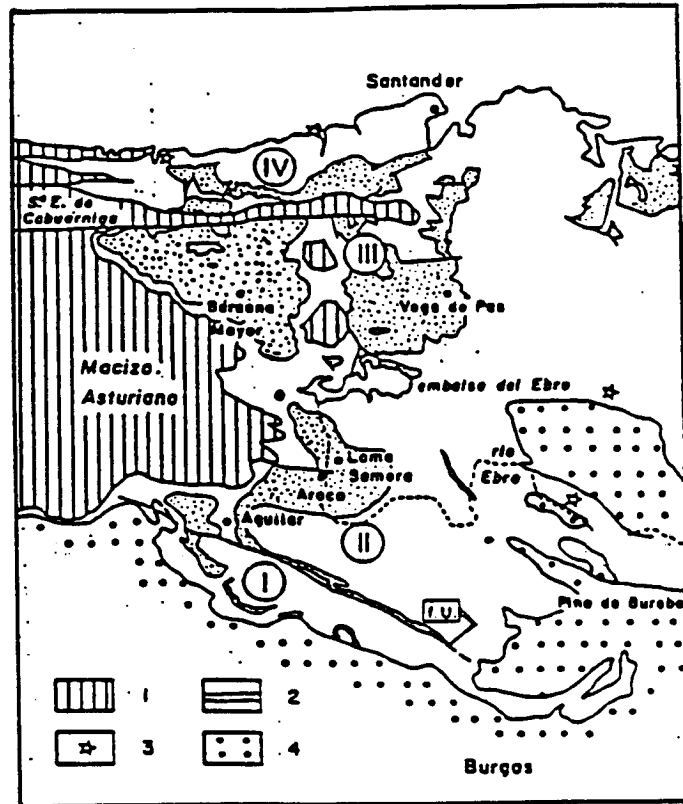


Fig.3

cico y Terciario. En la Fig.4 puede contemplarse la columna litoestratigráfica generalizada de la Comunidad Autónoma de Cantabria y coloreadas las formaciones geológicas objeto de estudio y que a continuación se comentan.

LITOESTRATIGRAFIA DE LA COMUNIDAD AUTONOMA DE CANTABRIA

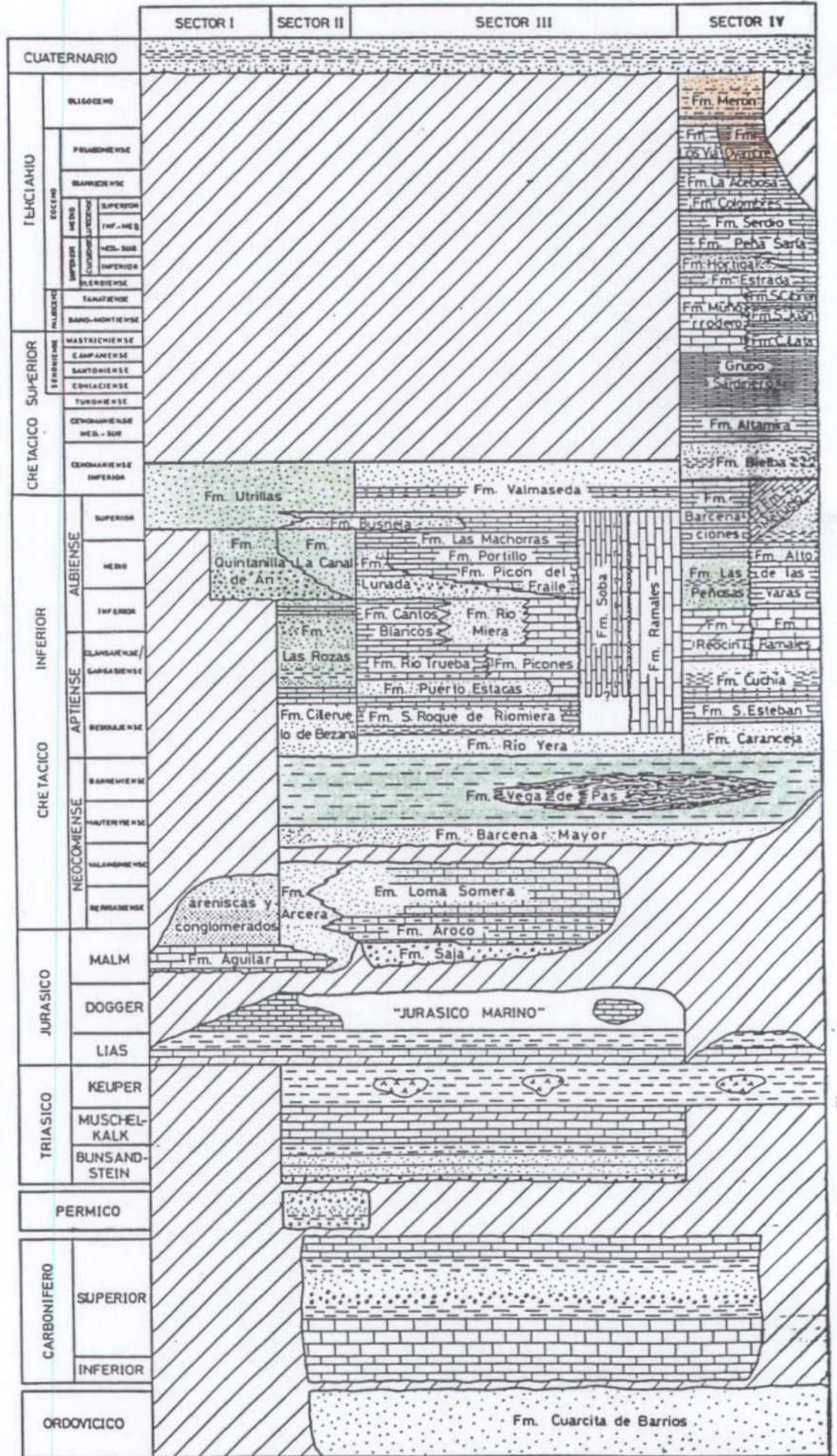
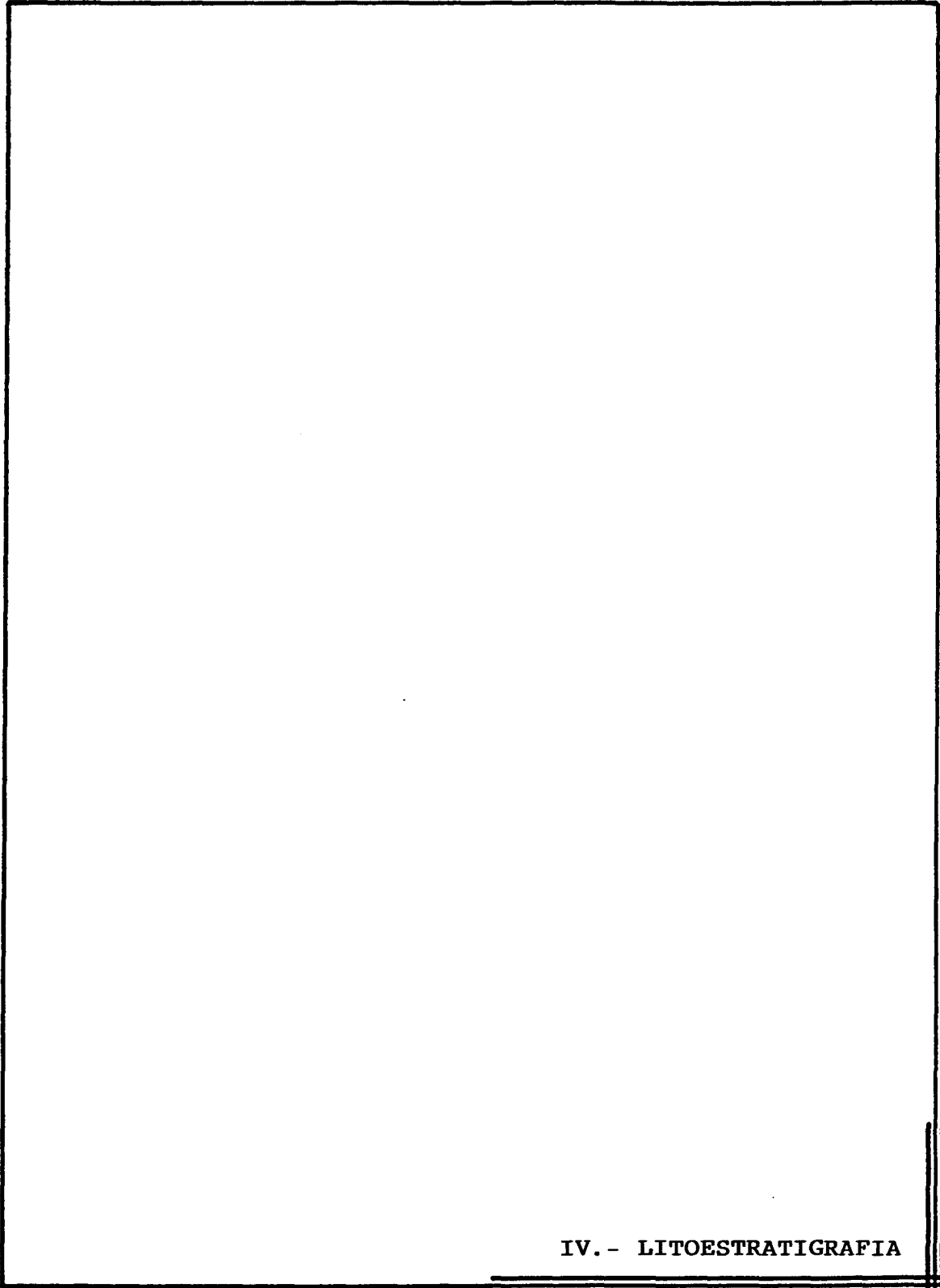
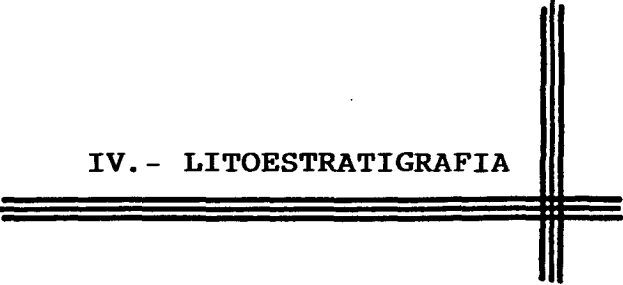


Fig.4



IV. - LITOESTRATIGRAFIA



IV.- LITOESTRATIGRAFIA

Las formaciones arcillosas que se tuvieron en cuenta para su estudio en esta 2ª Fase de investigación pertenecen a los sistemas geológicos siguientes:

IV.1.- Cretácico

Dentro de este sistema geológico se estudiaron las formaciones "Vega de Pas", "Las Rozas", "Las Peñas" y "La Canal".

IV.1.a.- Formación Vega de Pas

Es la unidad litoestratigráfica más moderna dentro del "Wealdense" de la Cuenca de Sedimentación de Cantabria (Hauteriviense Superior-Barremiense) y consta de dos miembros: "Capas de Vivíparus" y "Capas Rojas".

El Miembro Inferior o Capas de Vivíparus contiene una abundante asociación de gasterópodos y de lamelibranquios y litológicamente está compuesto por limolitas arcillosas negras con intercalaciones de delgados bancos de areniscas y también por limolitas arcillosas rojizas y verdosas, fundidas entre sí a modo de moteado. Estos últimos materiales corresponden sedimentológicamente a una facies intermedia dentro del Miembro, mientras que las limolitas arcillosas negras y delgados bancos areniscosos se engloban dentro de una facies lacustre (Pujalte, 1982).

Este Miembro fue sondeado entre Cabezón de la Sal y Virgen de la Peña (sondeo nº 4) y en los alrededores de Zurita (sondeo nº 5) y fundamentalmente constaba de niveles limolítico arcillosos rojos, con moteados verdosos,

grises y areniscas. Los niveles fosilíferos aparecían intermitentemente en determinados horizontes y con espesores centimétricos.

El Miembro Capas Rojas sucede gradualmente al anterior y constituye la principal unidad litoestratigráfica del "Wealdense" verdaderamente explotable y de interés industrial. Consta fundamentalmente de limolitas arcillosas rojas compactas con ligeras intercalaciones de color verdoso y, en menor grado, se presentan bancos de areniscas ocres y grises verdosos de dos a cuatro metros de potencia.

Este Miembro fue detectado en los sondeos realizados en el área de Monte Corona (Comillas), cerca de la Ermita de San Esteban (sondeo nº 3), y en las proximidades de Barcenilla (Piélagos) (sondeo nº 6).

IV.1.b.- Formación Las Rozas

Esta Formación se considera incluida dentro del denominado Complejo Urgoniano (Rat, 1959) que caracteriza a potentes acumulaciones calcáreas, de tipo arrecifal, y poseedoras de abundantes rudistas. Este Complejo, en la Cuenca de Cantabria, llega a alcanzar más de 4000 m de espesor y contiene, aparte de calizas, niveles de margas, lutitas, areniscas y conglomerados.

En este Proyecto de investigación se han seguido las ideas de García Mondejar (1979) que considera al Complejo Urgoniano como un conjunto de megaciclos (U_1 , U_2 , U_3 , U_4), del Cretácico Inferior Vasco-Cantábrico, en los que aparecen calizas con caracteres urgonianos y por ello distingue cuatro sectores (Fig.5) con litoestratigrafías parecidas, aunque con individualidad propia.

La Formación Las Rozas pertenece a los megaciclos U_1 y U_2 y

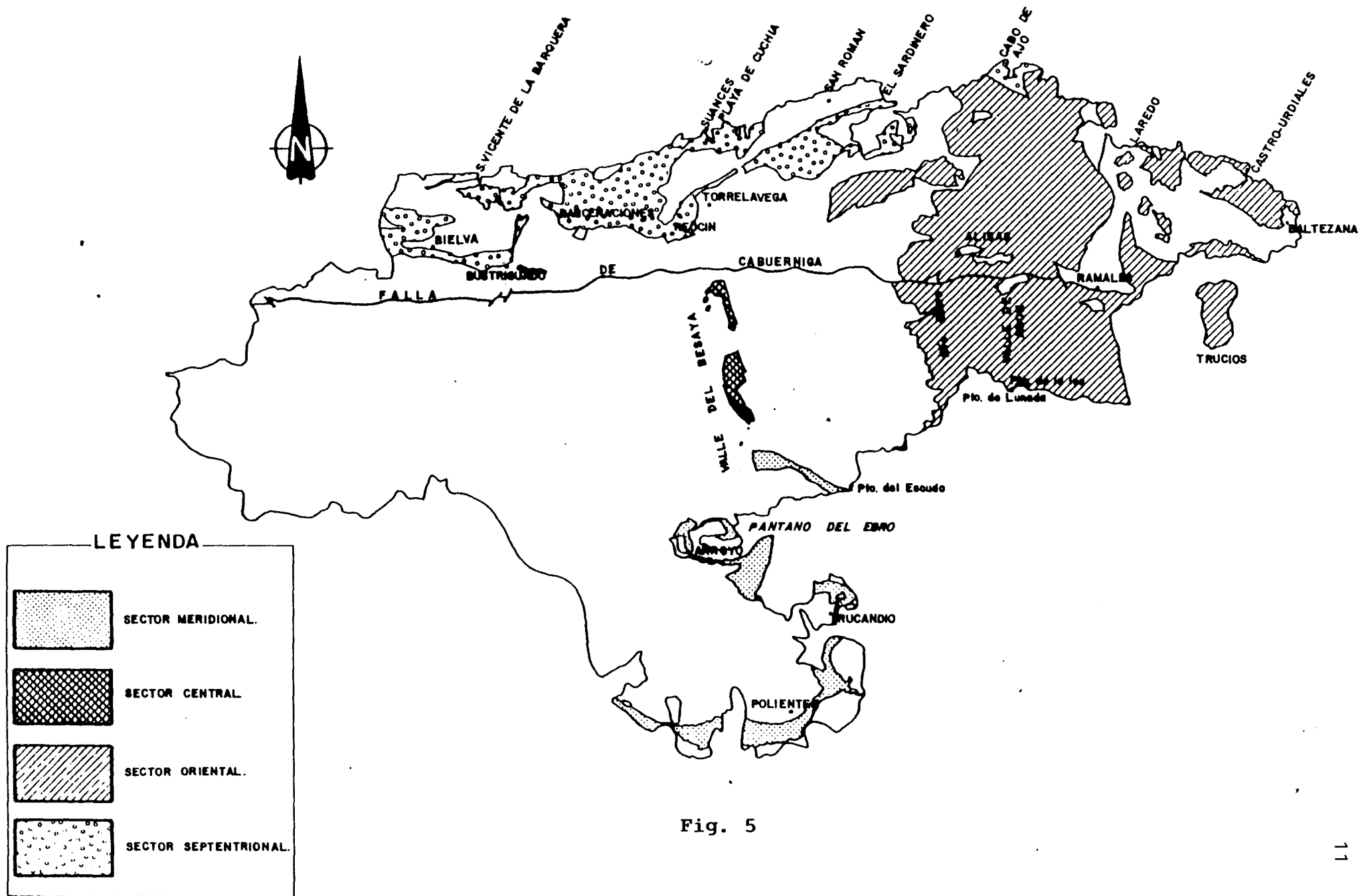


Fig. 5

de los cuatro miembros que la componen (Pujalte, 1982) es el denominado "Areniscas y Lignitos del Ontañón" el que ha sido investigado. Se caracteriza litológicamente por la presencia de areniscas microconglomeráticas, arenas, limolitas y lutitas, con niveles explotables de lignitos hacia la base del Miembro.

El tramo más arcilloso y de posible explotabilidad del Miembro Areniscas y Lignitos del Ontañón se sitúa hacia su parte inferior, en general, asociado a los paquetes lignitíferos, son los niveles arcillosos grises oscuros denominados "cayuela" por los lugareños.

Dado que los paquetes arcillosos de mayor interés comercial se encuentran ligados a su proximidad a los lechos carbonosos, es recomendable conocer el ambiente sedimentario de formación de los carbones que se encuentran en el borde sur del embalse del Ebro y cuyo comentario se realizará más adelante dentro del apartado "Características Litoestratigráficas de los Sondeos Efectuados".

IV.1.c.- Formación Las Peñas

Esta Formación presenta una gran variabilidad litológica con ambientes desde continentales fluviales hasta marinos someros. La serie tipo se encuentra precisamente en el área investigada, alrededores de Cobreces, y su potencia se estima en unos 200 m aproximadamente.

Tanto las labores de ensanche del tramo de carretera, que une Cobreces y la Venta de Tramalón, como las zanjas abiertas para albergar la conducción del gas natural en dirección a Asturias por parte de ENAGAS, nos ha permitido observar parcialmente los estratos de esta Formación, juntamente con el sondeo realizado en las inmediaciones de la Venta de Tramalón.

En general, consta de areniscas ocres, con estratificación cruzada, y niveles limolítico-arcillosos grises, carbonosos en ocasiones, con un cierto moteado ferruginoso, y de morfología lenticular. La potencia de los estratos es variable debido al fuerte cambio lateral de facies que presentan, oscilando los niveles arcillosos entre los 1,5 y 2 m de potencia.

Se ha realizado un corte estratigráfico A - B (Fig.6), siguiendo la zanja abierta para la conducción del gas, desde el arroyo de Conchuga hasta el borde de la carretera. En la cartografía 1/10000 de la zona se señala dicho corte.

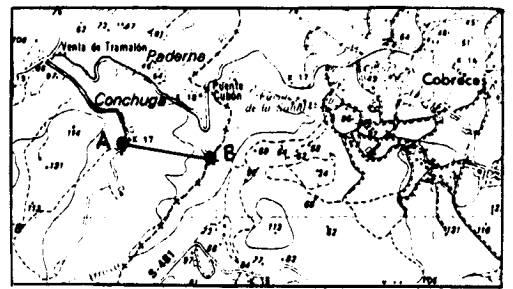
IV.1.d.- Formación La Canal

Siguiendo la nomenclatura de García Mondejar (1979), esta Formación pertenece al ciclo U_3 , dentro de las cuatro megasecuencias en que dicho autor divide al Complejo Urgoniano de la Cuenca Cantábrica.

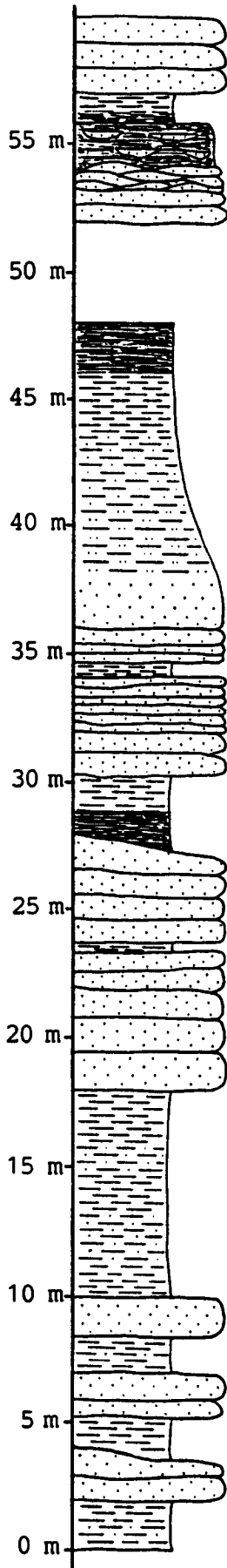
En el área de Polientes, en el sur de Cantabria, la secuencia U_3 comienza con la Formación Conglomerados de Quintanilla de An, que muchos autores, en los cortes estratigráficos del área, la sitúan en la base de la Formación Utrillas (Pujalte, 1982). Está constituida por niveles conglomeráticos, que por efecto de la erosión diferencial resaltan sobre el terreno, y por areniscas con estratificación cruzada. Sobre esta última Formación descansa la Formación La Canal, pudiéndose apreciar en la Fig.7 la columna estratigráfica, realizada desde el pueblo de Bascones de Ebro en dirección a Cuillas del Valle, que de manera gradual une a ambas formaciones.

Al ascender en la serie, dentro ya de la Formación La Canal y hasta llegar al pueblo de Cuillas del Valle,

Fig. 6



B



A

Areniscas ocre y lutitas grises con nódulos de pirita e hiladas carbonosas. Hay estratificación lenticular y flaser y es muy frecuente la laminación interna.

Tramo cubierto. Sobre el Arroyo de la Conchuga

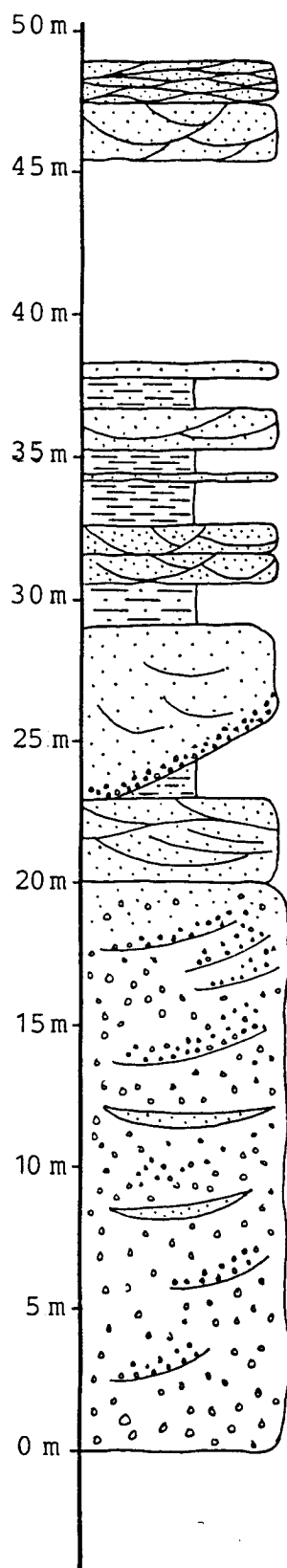
Tramo que comienza con unas limolitas grises carbonosas que, a muro, pasan a una coloración gris-blanquecina con moteado ocre. Son bastante plásticas y hacia el muro del tramo, va aumentando la componente arenosa hasta convertirse en unas arenas ocre.

Tramo arenoso con bancos de espesores irregulares, desde centiméricos hasta métricos. Las areniscas son de color ocre y existen algunos interstratos arcillosos grises blanquecinos y grises carbonosos.

Tramo arcilloso-limoso de color gris blanquecino y con moteado rojizo.

Tramo de areniscas ocre con cierta fracción arcillosa, y de lutitas algo limosas de color blanquecino-amarillento.

Fig. 7



Areniscas ocre blanquecinas potentes con estratificación cruzada en surco, a muro, y lenticular, a techo.

Tramo cubierto

Limolitas grises carbonosas y areniscas ocre.

Areniscas ocre con estratificación en surco

Lutitas limosas grises carbonosas que son más arenosas hacia muro.

Areniscas ocre blanquecinas con estratificación cruzada en surco. Laminación de óxidos de Fe.

Limolitas arcillosas grises y rojas laminadas

Areniscas cremas muy potentes con un nivel conglomerático de unos 50 cm hacia la base del tramo.

Limolitas arcillosas grises-rojas micáceas.

Areniscas cremas con estratificación cruzada en surco. Picoteado de materia orgánica y laminado.

Tramo conglomerático muy potente con cantos cuarcíticos de hasta 10 cm de diámetro. La estratificación es cruzada en surco y hay niveles intercalados de areniscas.

se observan secuencias alternantes de areniscas, en bancos de 2-2,5 m, y de niveles arcillosos rojos con algunos tonos ocres. A la salida de aquel pueblo comienza una serie potente de areniscas blanquecinas, con estratificación cruzada en surco a gran escala, en bancos de hasta 5 m de potencia e intercalaciones de limolitas arcillosas de colores grises, rojos y cremas.

En el techo de la Formación La Canal parece que se repite la secuencia deposicional del ciclo U_1 , es decir, aparecen areniscas microconglomeráticas, los estratos areniscos se adelgazan y se observan niveles pizarrosos grises, muy micáceos y laminados.

IV.2.- Terciario

Los materiales terciarios que se han considerado en esta investigación pertenecen a las formaciones: "Oyambre" y "Merón".

IV.2.a.- Formación Oyambre

Se caracteriza litológicamente por su elevado contenido en limolitas arcillosas rojas, ricas en foraminíferos, con variadas intercalaciones de estratos arenosos y conglomeráticos, pudiendo encontrarse brechas calcáreas.

Los afloramientos en el área de estudio son bastante deficientes y es preciso recurrir, en todo momento, a un estudio micropaleontológico de la fauna que contienen los estratos para saber el nivel cronoestratigráfico Terciario a que pertenecen. La Formación Oyambre se engloba en el Priaboniense.

La potencia aproximada de esta Formación puede alcanzar fácilmente los 150 m o incluso más, teniendo presente el tipo de cuenca de depósito (tipo cubeta) en la que se encuentra.

IV.2.b.- Formación Merón

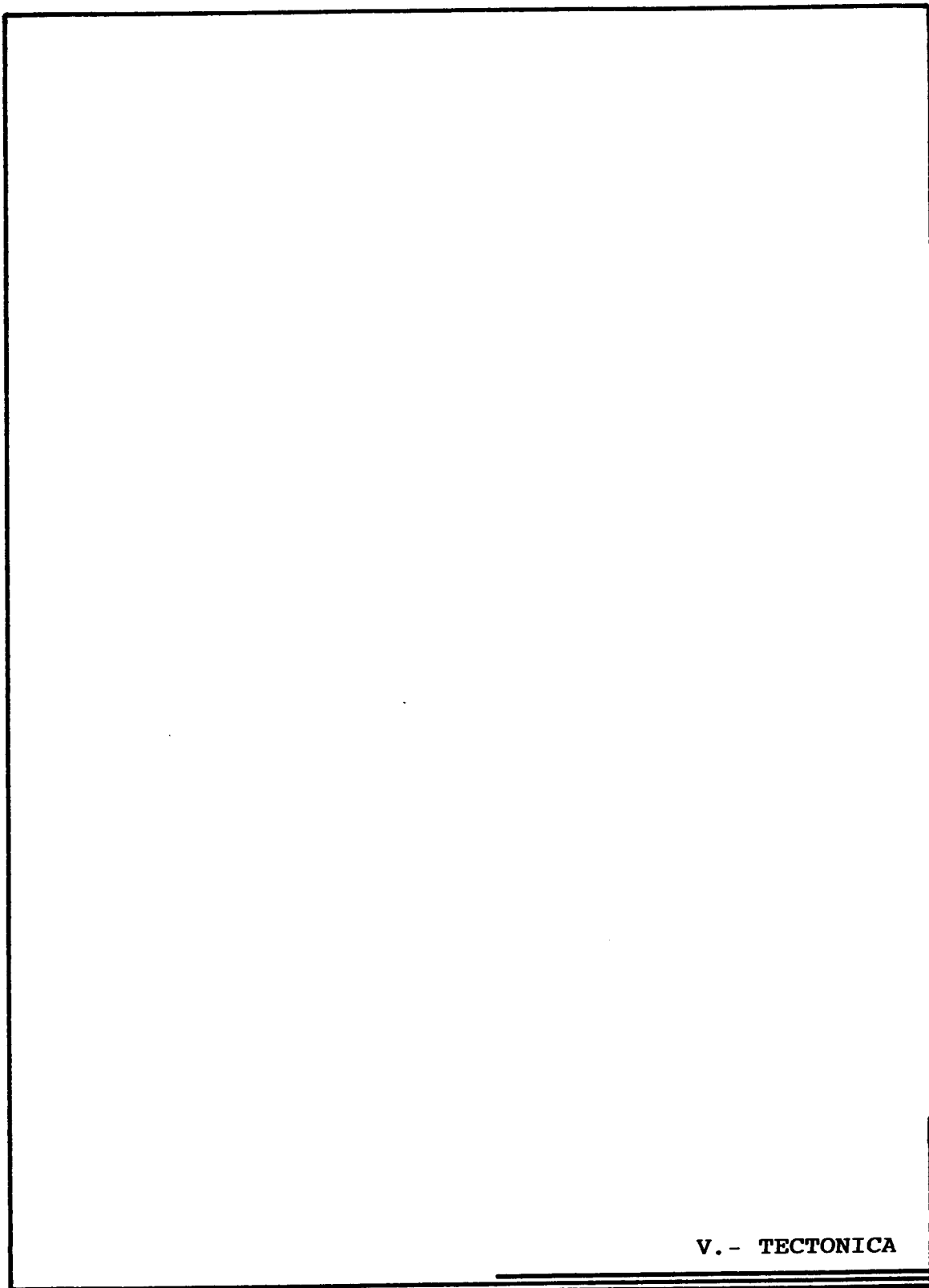
La litología de esta Formación es muy similar a la anterior y sobre la que subyace.

Hay un paso gradual entre ambas formaciones, existiendo un nexo de unión-separación a través de unos niveles olistolíticos de grandes dimensiones (calizas rosadas fosilíferas) englobados dentro de unos niveles limolíticos arcillosos rojizos.

El sondeo nº1 realizado sobre los materiales terciarios se enclavó prácticamente en la zona de tránsito de la Formación Oyambre y la Formación Merón.

>>>>>>-----<<<<<<<<

En un anexo, al final de esta memoria, se puede consultar el informe micropaleontológico, concerniente a los materiales extraídos del sondeo nº1, y en el que se detectan las dos formaciones terciarias anteriormente expuestas, es decir, Fm Oyambre (Priaboniense) y Fm Merón (Oligoceno Inferior).



V. - TECTONICA

V.- TECTONICA

Las principales fases orogénicas que han configurado estructuralmente la Comunidad de Cantabria pertenecen al ciclo Herciniano y al ciclo Alpino. Aquel, más prematuro en el tiempo geológico, marcó las directrices de la deformación cuando se produjo la actividad del ciclo Alpino, sobre todo en los bordes de contacto con el Macizo Asturiano.

La Orogenia Hercínica afectó a los materiales paleozoicos de la Comunidad, originando pliegues y cabalgamientos de orientaciones preferenciales E-W.

La Orogenia Alpina conjugó la aparición de etapas de distensión y compresión durante las que se produjo la evolución estructural final de la Cuenca Cantábrica. Así, durante la etapa distensiva, desarrollada en el Mesozoico, se produjo una gran subsidencia, relacionada con la apertura del Golfo de Vizcaya, de sedimentos como así lo reflejan las potentes series sedimentarias del "Wealdense" (\approx 1000 m) y del Urgoniano (\approx 4000 m) en el centro de la Cuenca.

El posterior cierre del Golfo de Vizcaya y la colisión con la Placa Europea (Terciario) dio lugar a una etapa compresiva que fue la responsable de la mayoría de las estructuras que se observan en la actualidad.

La falla del Escudo de Cabuérniga es un accidente geológico que, de oeste a este de Cantabria, separa dos dominios estructurales diferentes. El dominio norte, por encima de la falla, se caracteriza por la orientación preferente NE-SO de las estructuras en contraposición con la dirección estructural habitual NO-SE que se manifiesta en la Cuenca Vasco-Cantábrica, en la que se incluye la Cuenca de Cantabria. Los pliegues son continuos y con suaves buzamientos.

Al sur de la falla del Escudo de Cabuérniga los pliegues poseen una dirección de deformación NO-SE y son de amplios desarrollos.

VI.- CARACTERISTICAS LITOESTRATIGRAFICAS DE LOS SONDEOS
EFECTUADOS

VI.- CARACTERISTICAS LITOSTRATIGRAFICAS DE LOS SONDEOS EFECTUADOS

A lo largo de esta 2^a Fase de investigación se llevaron a cabo 10 sondeos mecánicos de rotación, con recuperación de testigo, que conforman un total de 757,84 m perforados y que se desglosan como sigue:

<u>Sondeo</u>	<u>Perforado</u>	<u>Muestras</u>
nº 1 Prellezo(S. Vicente de la Barquera)	119,53 m	18
nº 2 Venta de Tramalón (Cóbreces)	52,23 m	4
nº 3 Monte Corona (Comillas)	57,48 m	6
nº 4 Carretera a Bustablado (Cabezón)	61,70 m	10
nº 5 Zurita (Piélagos)	67,80 m	9
nº 6 Barcenilla (Piélagos)	69,30 m	12
nº 7 Embalse del Ebro (Orzales)	68,40 m	19
nº 8 Embalse del Ebro (Llano)	89,40 m	8
nº 9 Polientes (Valderredible)	70,00 m	11
nº10 Villamoñico (Valderredible)	102,00 m	8
	<hr/>	<hr/>
	total... 757,84 m	105

La cantidad de sondeos realizados, condicionada tanto por el presupuesto como por la duración del proyecto, se ha intentado conjugar con las unidades litoestratigráficas sobre las que se iba a actuar. Así, los distintos materiales geológicos perforados lo fueron tanto en cuanto con uno o más sondeos aquellas unidades quedasen estratigráficamente representadas y puesto en evidencia su potencial arcilloso.

Dentro del Cretácico, la Formación Vega de Pas fue la más ampliamente sondeada (4 sondeos), en función de

su mayor desarrollo regional, mientras que otras formaciones, como "Las Rozas", "La Canal" y "Las Peñas", con uno o dos sondeos se consideraron suficientemente evaluadas. Los materiales terciarios aflorantes en los alrededores de San Vicente de la Barquera también fueron investigados con un único sondeo.

En general, la profundidad media de perforación fue de 60 m, salvo en casos concretos (sondeos n^{ros} 1 y 10), ya que no tiene mucho interés profundidades mayores para abrir canteras en este tipo de materiales.

En la Fig.8 se puede apreciar la situación geográfica y geológica de los sondeos efectuados y en el volumen anexo de sondeos se pueden consultar las columnas litoestratigráficas realizadas.

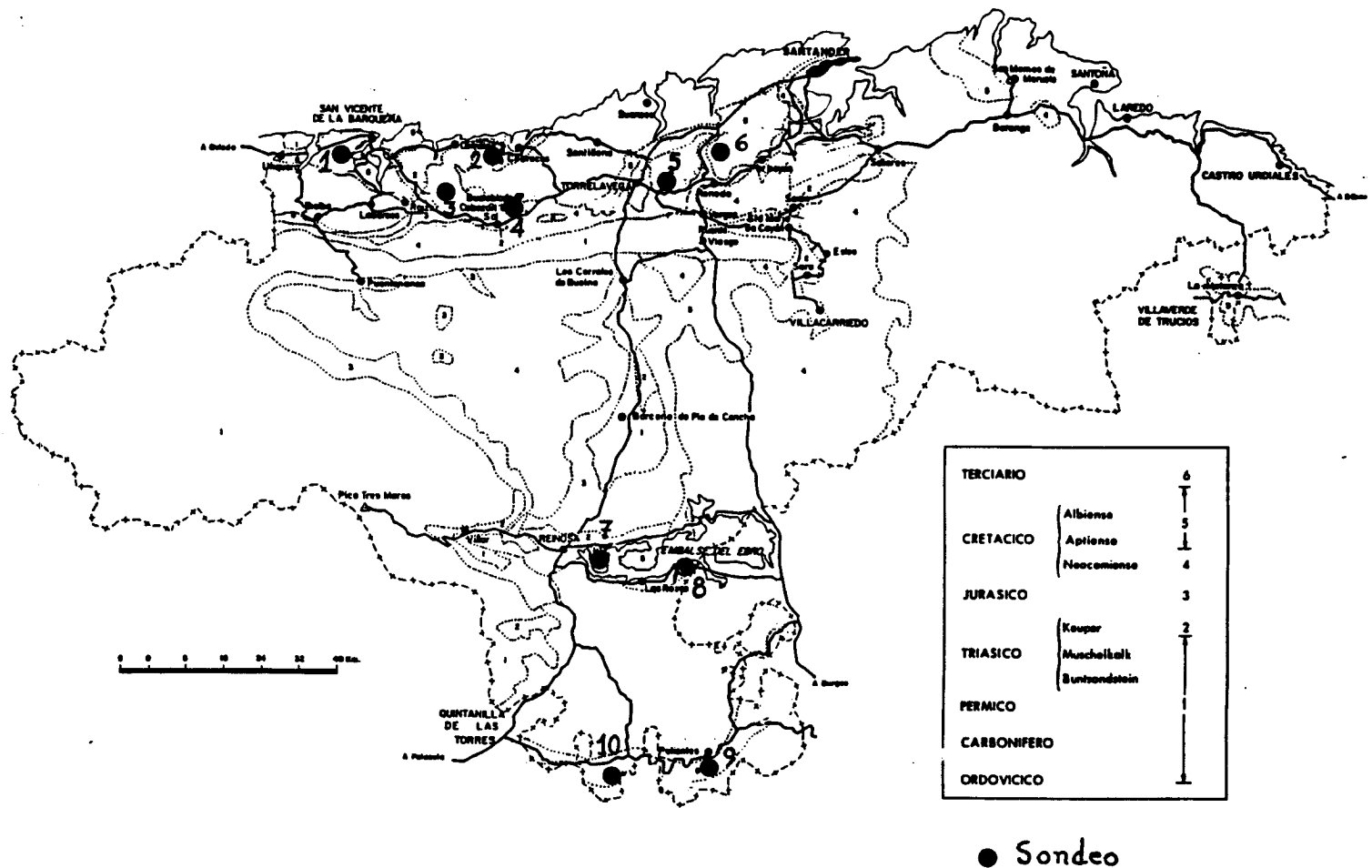


Fig.8

VI.1.- Sondeo n°1 (Prellezo)

El sondeo atraviesa en su totalidad materiales terciarios y por su ubicación y el buzamiento de las capas perfora, en los primeros tramos, materiales del Oligoceno Inferior, para pasar, alrededor de los 30 m, a cortar los terrenos del Priaboniense Superior-Medio.

El emboquillado de la sonda fue vertical sobre la superficie del terreno, dado el suave buzamiento ($\approx 25^\circ$) de los estratos. A posteriori, al observar los testigos del sondeo se apreciaron fuertes variaciones del ángulo de inclinación de las capas con la profundidad, lo que nos indica una posible cuenca tipo cubeta para la zona y los materiales terciarios que nos ocupan. En la Fig.9 se expone una posible interpretación idealizada.

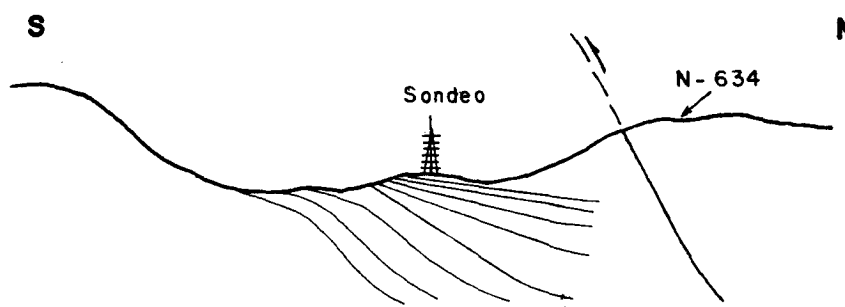


Fig.9

Todo el sondeo, en general, está constituido por limolitas arcillosas rojas achocolatadas, con mayor o menor contenido en limo y ligeras pasadas arenosas. Todo en su conjunto es muy homogéneo.

En comparación con el total de la columna del sondeo, los interestratos arcillosos que se detectaron representan un 95% de ese total. En la Fig.10 se representa gráficamente este dato y su equivalencia con los demás sondeos.

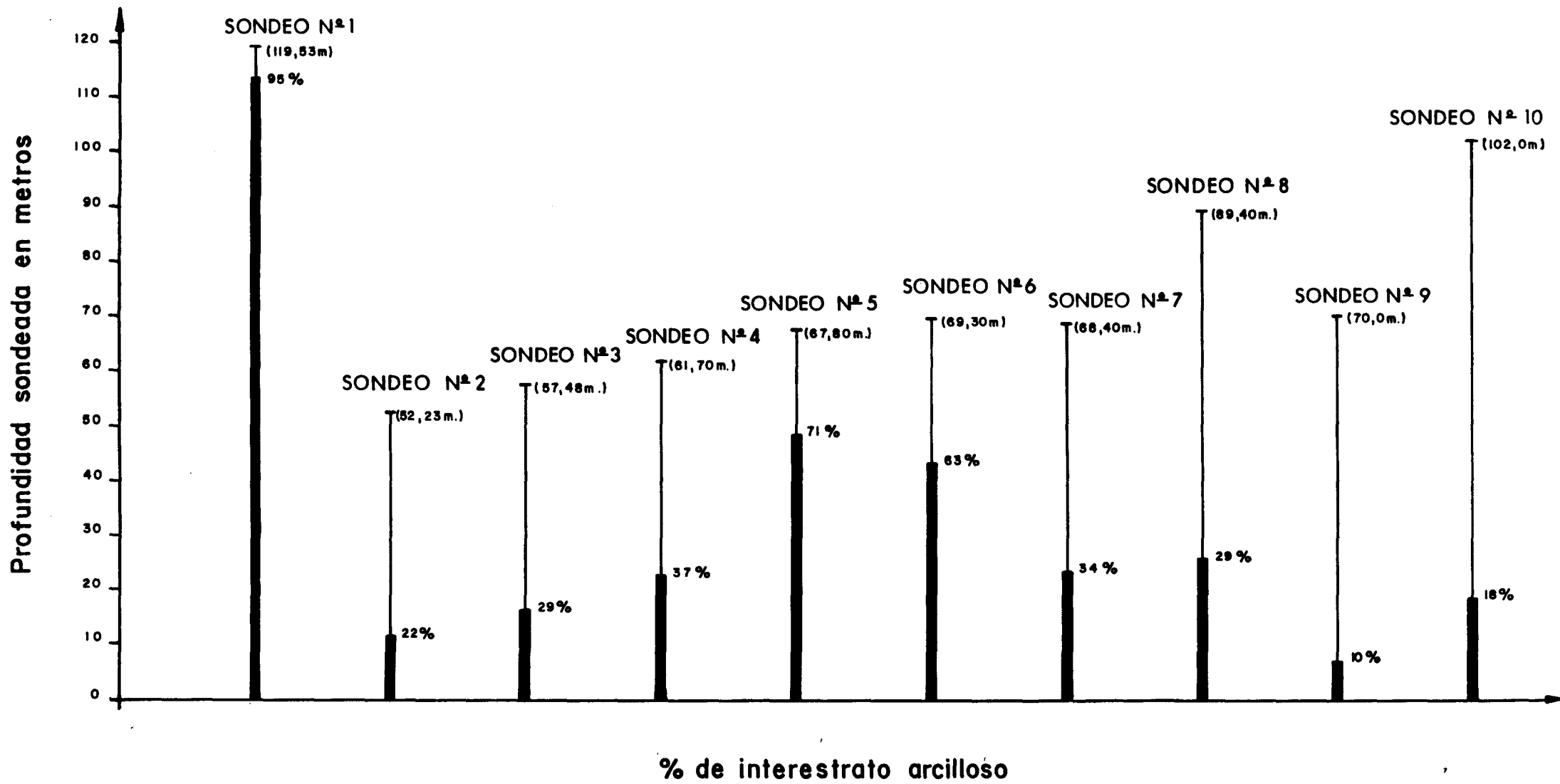


Fig. 10

VI.2.- Sondeo nº2 (Venta de Tramalón)

Este sondeo, situado al pie de una excavación que se realizó para la extracción de material útil como zahorra en las obras de la carretera que une Cóbreces y la Venta de Tramalón, cortó parte del flanco norte de la estructura sinclinal de Cóbreces-Comillas, concretamente perforó los estratos basales de la Formación Las Peñas y la parte alta de las calizas de facies urgoniana.

El sondeo fue realizado con una inclinación de 10° frente a la vertical. A partir de los 28 m de profundidad se empiezan a detectar las calizas urgonianas.

En general, frente al conjunto litológico total de material perforado (52,23 m), los niveles limoso-arcillosos que existen en toda la columna del sondeo representan un 22% (Fig.10).

Los niveles arcillosos están constituidos por limolitas arcillosas grises, más o menos oscuras, plásticas, si están embebidas en agua, y con altos contenidos en materia orgánica. Se suelen apreciar en los estratos arcillosos ciertos moteados rojizos y algunas pasadas arenosas.

VI.3.- Sondeo nº3 (Monte Corona)

Con este sondeo se inician una serie de perforaciones que van a afectar a la Formación Vega de Pas, en distintos puntos de la Franja Litoral Costera de Cantabria.

Una vez observados los testigos del sondeo se ha podido deducir que el mismo cortó a los tramos basales de la Formación Vega de Pas y muy posiblemente la zona de tránsito con la Formación infrayacente o Formación Bárcena Mayor.

Litológicamente en su conjunto, el sondeo consta de limolitas lutítico-arenosas de tonos grises verdosos y con moteado rojizo y areniscas, repitiéndose cíclicamente y estando separado cada ciclo del anterior por una costra ferruginosa. El ciclo comienza por limolitas arcillosas que hacia muro pasan a areniscas micáceas con intercalaciones limolíticas más o menos ferruginosas y con restos carbonosos.

El emplazamiento del sondeo está en una zona declarada en el año 1988, simultáneamente a las labores de perforación, como Parque de Interés Natural y por tanto en su entorno no es posible establecer una posible extracción de materiales arcillosos. Si bien hacia el norte, por el trazado de la estructura, se pueden encontrar otras zonas favorables.

El porcentaje que representan los interestratos arcillosos frente a la columna total del sondeo es del 29% (Fig.10).

VI.4.- Sondeo nº4 (Carretera a Bustablado)

Este sondeo se enclavó entre dos canteras activas que extraen arcillas de la Formación Vega de Pas. Una es la cantera "Las Navas de Turujál", al oeste de Cabezón de la Sal, y la otra corresponde a la explotación "Virgen de la Peña", ambas del mismo propietario.

La inclinación del sondeo, frente a los estratos, fue de 25° para cortarlos prácticamente en perpendicular.

En conjunto, el sondeo atraviesa limolitas arcillosas rojizas, con moteado verdoso en mayor o menor proporción, y niveles areniscosos ocres y grises verdosos. Se aprecian intercalaciones de estratos fosilíferos (gasterópodos), desde centimétricos hasta 1,5 m, a los 14, 28, 35 y 44 metros, los que nos corrobora que nos encontramos dentro

del Miembro Inferior de la Formación Vega de Pas, concretamente dentro del Miembro Capas de Vivíparus. Los estratos limolítico-arcillosos tienen una potencia aproximada de unos 3 metros.

Hay que reseñar que la existencia de aquellos niveles fosilíferos, intercalados entre los niveles limolítico-arcillosos, pueden ser perjudiciales para el aprovechamiento cerámico industrial del material, si bien, su escasa potencia y la facilidad de su detección de visu, ya que vienen agrupados en lumaquelas, minimiza su acción.

Como ejemplo a esto último, se puede citar a la cantera "Virgen de la Peña" cuya explotación se sitúa a partir de un tramo lumaquéllico limolítico arenoso de color negro, de unos 12 m de potencia, y que se encuentra por debajo de los niveles sondeados.

El porcentaje de interestrato considerado como arcilloso, frente al total de la columna del sondeo, es del 37% (Fig.10).

VI.5.- Sondeo n°5 (Zurita)

Estratigráficamente, este sondeo parece estar enclavado en un nivel semejante al sondeo anterior n°4, es decir, se cortaron los tramos basales del Miembro Inferior de la Formación Vega de Pas, y existe además una antigua cantera, en las cercanías del sondeo, que explotó los niveles limolítico-arcillosos rojizos aflorantes entre los niveles lumaquéllicos negros del Miembro Capas de Vivíparus, observables en dicha cantera.

Al comenzar el sondeo, inclinado 30° sobre la horizontal, ya se detectaron niveles de fósiles (gasterópodos)

que nos indican que nos encontramos dentro del Miembro Inferior de la Formación Vega de Pas, y vuelven a ser observados desde los 53 m de profundidad hasta la práctica totalidad de los tramos finales del sondeo.

Los niveles limolítico-arcillosos son preferentemente de color gris, y también de tonalidades rojizas, siendo la primera mitad del sondeo la más favorable, donde hay cierta entidad de espesor en los niveles arcillosos cortados, entre 2 y 5 metros de potencia, y donde las intercalaciones fosilíferas son muy escasas.

Se puede considerar que la suma de todos los estratos limolítico-arcillosos existentes en la columna del sondeo representa el 71%, frente al total de dicha columna (Fig.10).

VI.6.- Sondeo nº6 (Barcenilla)

Este sondeo, de todos los realizados en la Formación Vega de Pas, desde el nº4 hasta este inclusive, es el que mejores resultados ofrece debido fundamentalmente a dos hechos:

- 1) Estratigráficamente, está enclavado en el Miembro Capas Rojas, que es el Miembro verdaderamente más favorable para el aprovechamiento cerámico de los materiales "wealdenses" de Cantabria.
- 2) Su ubicación geográfica es excelente, entre Torrelavega y Santander, el buzamiento de los estratos es adecuado para una posible explotación y las reservas son amplias.

La inclinación de perforación dada al sondeo fue de 20° y se fueron atravesando tramos areniscosos y limolítico-arcillosos bastante homogéneos, tanto en el aspecto morfoló-

gico como de potencia. Así, los tramos limolítico-arcillosos que se han detectado en la columna del sondeo tienen una potencia de 7 m, de 14 m e incluso se alcanzan los 20 m, a una profundidad de 50 m. Esta profundidad no es problemática para poder efectuar la posible explotación de dichos materiales, ya que por la propia morfología del terreno es posible cortar aquellos niveles en zonas más superficiales.

En este sondeo se tomaron las muestras limolítico-arcillosas, a una profundidad de 50 m, que más tarde se ensayaron semi-industrialmente. El porcentaje de interestratos limolítico-arcillosos a lo largo del sondeo representa un 63% frente al total de la litología (Fig.10).

VI.7.- Sondeo nº7 (Embalse del Ebro, Orzales)

En general, el sondeo, realizado con una inclinación de 15° sobre la vertical, corta limolitas arcillosas de colores grises verdosos, a techo del mismo, con diversos moteados rojizos que paulatinamente, a mayor profundidad, se tornan de colores grises e incluso negros, sobre todo en las proximidades de niveles carbonosos. A los 61 m de profundidad existe un nivel de lignito, que se detecta en superficie e incluso fue calicatado, de unos 30 cm de potencia.

Con respecto a la profundidad alcanzada, se puede dar una frecuencia de intercalación arcillosa del 34% (Fig. 10) con cinco tramos interesantes:

- A partir de 13 m de profundidad 5 m de potencia
- A partir de 20 m de profundidad 2,5 m de potencia
- A partir de 35 m de profundidad 4 m de potencia
- A partir de 43 m de profundidad 7 m de potencia
- A partir de 61 m de profundidad 5 m de potencia

La topografía en la zona es favorable para el afloramiento en superficie de estos tramos arcillosos.

Hay que reseñar que el sondeo atravesó una zona de fractura, alrededor de los 40 m de profundidad, por la que circulaba agua subterránea. En dicha zona se produjo la pérdida total de agua en las labores de perforación del sondeo, dificultándose desde aquella cota en adelante la ejecución de las mismas.

VI.8.- Sondeo nº8 (Embalse del Ebro, Llano)

Este sondeo se realizó con una inclinación de 30° con la vertical para cortar lo más favorablemente posible la serie, existiendo un 29% de interestrato arcilloso frente al total de la columna sondeada (Fig.10).

Existen dos tramos interesantes a diferentes profundidades, uno de los cuales empieza a los 20 m, de unos 6 m de potencia, y que es correlacionable en superficie con los niveles limolítico-arcillosos grises que se observan en la trinchera del ferrocarril, hacia el oeste del sondeo y visibles desde su emplazamiento, y otro situado a unos 74 m de profundidad y cuya potencia alcanza los 5 m aproximadamente. Este nivel posiblemente esté en relación con los materiales que se explotan en la cantera Sierra Vallejo (Ficha CR-34, ITGE, 1988) que está próxima al sondeo, hacia el este.

Litoestratigráficamente, aquellos tramos corresponden a limolitas arcillosas grises, carbonosas en ocasiones, en las que se observan estructuras de slickensides, sobre todo en el nivel de mayor profundidad, son bastante plásticas y no presentan ningún tipo de laminación interna.

Las superficies de slickensides indican cambios en

el nivel freático de la columna de agua sobre el sedimento, es decir, condiciones de desecación-encharcamiento, y también están relacionadas con el aumento en contenido de azufre de los lechos carbonosos.

El medio sedimentario de formación de los carbones existentes en el Miembro Areniscas y Lignitos del Ontañón, que fue sondeado en las estaciones 7 y 8, es típico de los ambientes restringidos y reductores en áreas constituidas por pantanos de agua dulce en tránsito a marismas salobres, es decir, en ambientes submareales poco profundos (ITGE, 1985).

Los pantanos susceptibles de formar turberas responden a tres modelos esenciales, con diversos tipos intermedios, que fueron descritos por McCabe (1984): Pantanos flotantes (floating swamp), Pantanos de zonas bajas (low-lying swamp) y Pantanos elevados (raised swamp).

El tipo que mejor encaja para aquel Miembro sondeado es el de low-lying swamp dado que este modelo de pantano está asociado a medios sedimentarios fluviales (llanuras de inundación) y palustres. Los pantanos de estos medios suelen tener un pH que varía entre 3,5 y 6,5, lo que provoca que las arcillas floculen rápidamente y los carbones generados en estos ambientes posean unos altos contenidos en cenizas, que van decreciendo a medida que se alcanzan las zonas centrales de la cuenca.

En general, los carbones de los medios de transición tienen un alto contenido en azufre debido probablemente (Horne et al., 1978) a la reducción, adsorción y fijación por la turba/carbón, en forma de sulfuros, del azufre, que en forma de sulfatos, está disuelto en el agua del mar.

Los carbones existentes en el Miembro Areniscas y Lignitos del Ontañón son ricos en azufre y por otro lado

los análisis del pH, llevados a cabo en los testigos de los sondeos, nos indican un valor promedio bastante ácido (5,25 \pm 1,25) (Ver Datos Analíticos).

VI.9.- Polientes (Valderredible)

Se enclavó en la Formación La Canal, dentro de la parte basal del Miembro Areniscas de Cuillas del Valle, justamente por debajo de los niveles areniscosos potentes que resaltan en el relieve y en las proximidades de la calicata realizada en la 1^ª Fase de investigación (ITGE, 1988).

La litología predominante a lo largo de todo el sondeo es la areniscosa con ligeras intercalaciones limo-arcillosas (centimétricas). Hay algún nivel de mayor potencia, concretamente uno a los 16 m, de casi cuatro metros de potencia, y otro a los 28 m, de unos 3 m de potencia.

Las areniscas son de color ocre-blanquecino, con mayor o menor predominancia de uno u otro color, según nos encontremos a muro o a techo del sondeo respectivamente. Contienen minerales kandíticos, ya que tiznan los dedos de blanco, pero también es frecuente observar micas blancas, bastante abundantes en algunos tramos. Hacia muro es habitual la aparición de nivelillos microconglomeráticos cuya cantidad va en aumento, sobre todo a partir de los 40 m, como zona de transición a la formación infrayacente conglomerática de "Quintanilla de An."

Los tramos limolítico-arcillosos más potentes son de colores grises verdosos con moteados rojizos entremezclados. Las intercalaciones limolítico-arcillosas centimétricas son de tipo "hard-clay" con una coloración gris verdosa. El tanto por ciento de interestrato arcilloso frente al total del sondeo es del 11% (Fig.10).

En este sondeo se realizó una testificación geofísica cuyo comentario se realiza más adelante, en el apartado VIII.- Estudios Geofísicos.

VI.10.- Sondeo n°10 Villamoñico (Valderredible)

Este sondeo se situó a 10 Km del anterior, realizado en Polientes, y la parte más alta de la Formación La Canal, para complementar y conocer el desarrollo estratigráfico de la misma y detectar los niveles limolítico-arcillosos intercalados entre los potentes bancos areniscos de dicha Formación.

El resultado fue que la serie cortada presenta un predominio bastante acusado de niveles areniscos ocres y aquí ya no se detectaron las areniscas blanquecinas que se apreciaron en el sondeo n°9 de Polientes..Hay, por el contrario, con respecto al anterior, mayor número de intercalaciones limolítico-arcillosas, con indicios de carbón (70 cm), y algún nivel carbonatado (dolomítico) con intraclastos y bioclastos.

VII.- ARENAS CAOLINIFERAS EN LA CORDILLERA IBERICA:
SU COMPARACION CON LAS AFLORANTES EN CANTABRIA

VII.- ARENAS CAOLINIFERAS EN LA CORDILLERA IBERICA: SU COMPARACION CON LAS AFLORANTES EN CANTABRIA

La explotación de arcillas y caolines dentro de la Comunidad Valenciana, como parte integrante de la Cordillera Ibérica, produce, en líneas generales, tres niveles de calidades que se resumen como sigue (Colomer Guinart, 1988):

	%Al ₂ O ₃	%Fe ₂ O ₃	%K ₂ O+Na ₂ O	%Ppc	+40µm	+10µm	<2µm
Calidad 1	33-35	0,6-0,8	0,5-1	11-12	0,1-0,3	10-20	40-50
Calidad 2	28-31	0,8-1,3	2,5-3,5	9-10,5	0,5,1	20,30	25-35
Calidad 3	22-28	0,2-0,5	1,5-2,5	5-8	1-3	30-40	15-30

Las producciones aproximadas, para el año 1998, de cada una de las variedades anteriormente expuestas fueron:

Calidad 1	12.000 t/año
Calidad 2	12.000 t/año
Calidad 3	26.000 t/año

El mercado que abastecen las diferentes plantas de producción se dirige hacia la industria cerámica mayoritaria mente, en sus distintos subsectores de pavimentos y revestimientos, sanitarios, loza y porcelana, esmaltes, etc.

Otra pequeña parte se emplea en las industrias del papel, caucho, plaguicidas, etc.

En un proyecto de investigación de caolines de la Cordillera Ibérica, realizado por el ITGE (1975) y para esta zona de la Comunidad Valenciana, se investigaron cuatro

zonas que se desglosan (Babarro Ferreiro, 1988):

Zona 1: Municipios de Aras de Alpuente, La Yesa y Titaguas.

Zona 2: Andilla, Villar del Arzobispo, Higuieruelas, Chulilla y Domeño.

Zona 6: Rincón de Ademuz (Valencia) y Riodeva (Teruel).

Zona 14: Municipios de Gestalgar, Bugarra y Pedralba.

En la siguiente Tabla se pueden contemplar los resultados de los análisis químicos del caolín de estas zonas:

Componente	Z-1	Z-2	Z-6	Z-14
SiO ₂	79,08-48,10	81,86-47,62	77,91-50,24	79,70-40,86
Al ₂ O ₃	34,69-10,39	38,83-11,37	34,28-11,43	29,01- 9,58
Fe ₂ O ₃	1,88-0,14	2,60-0,12	1,32-0,24	2,77- 0,17
TiO ₂	0,37-0,00	0,48-0,00	0,14-0,00	0,69-ind.
CaO	9,26-0,00	3,60-0,00	2,16-0,17	13,15-ind.
MgO	0,42-0,00	0,59-0,00	0,39-0,17	6,95-0,04
K ₂ O	4,92-0,25	6,90-0,47	5,00-0,36	7,05-0,46
Na ₂ O	0,93-0,22	1,67-0,31	1,27-0,42	0,78-0,32
Ppc	15,48-4,15	13,62-3,90	13,72-4,74	21,72-2,91

Por otro lado, y siguiendo dentro de las arenas caoliníferas de la Cordillera Ibérica, los caolines de Póveda de la Sierra, explotadas actualmente por CAOBAR S.A., presentan las siguientes especificaciones:

TODO-UNO

Granulometría:	300 mallas ($\approx 43 \mu\text{m}$)	78,40%
	10 "	83,60%
	15 "	17,60%
	5 "	11,70%
	2 "	8,90%

MATERIAL TAMIZADO A 85 MALLAS Y REFINADO A 20 MALLAS

Iso Brightness	81,70	Mineralogía: Caolinita	73%
Abrasion Valley	400	Mica	3%
Fracción $<2\mu\text{m}$	38,40%	Cuarzo	4%
" $<10\mu\text{m}$	18,00%	Feldesp.	20%

Análisis Químico (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ppc
53,0	33,1	0,45	0,18	0,14	0,09	3,44	0,19	9,90

Las aplicaciones del caolín^r extraído en Póveda de la Sierra van dirigidas fundamentalmente a los siguientes sectores : cerámica y cargas (papel y caucho).

Una vez expuestas las principales características de los caolines o arenas caoliníferas que se explotan en la Cordillera Ibérica y estableciendo su comparación con los niveles caoliníferos detectados en Cantabria, en el área de Polientes, se puede afirmar que es en el capítulo del rendimiento del producto a comercializar donde las arenas caoliníferas cántabras están muy por debajo de sus homónimas de la Cordillera Ibérica, sin embargo los análisis

químicos de las fracciones $<12 \mu\text{m}$ proveen datos semejantes, sino mejores, que los de los caolines sedimentarios que se explotan en aquellas zonas.

Para aclarar, sino en su totalidad si en parte, la posible existencia de niveles caoliníferos (sensu stricto) en el sur de Cantabria, cabe decir que con esta 2^a Fase de investigación y los recorridos de campo efectuados aquellos se encuentran en la zona basal de la Formación La Canal (Miembro Areniscas de Cuillas del Valle) y limitados a muro por la Formación Conglomerados de Quintanilla de An. Son cuerpos lenticulares, acordes con el medio sedimentario a que pertenecen (canales meandriformes), y de potencia variable. Geográficamente, la zona más favorable para su localización se halla en una banda rectangular, de 1 Km de ancho por 12 Km de largo, que discurre entre los pueblos de Rocamundo, al este, y Villanueva de la Nía, al oeste, dentro del municipio de Valderredible.

Los análisis obtenidos de los testigos de los sondeos realizados en esta zona (números 9 y 10) revelan niveles de arenas caoliníferas (exclusivamente el sondeo n^o9) con porcentajes de fracción arcillosa ($<4 \mu\text{m}$) de alrededor del 10%, mientras que los tramos arcillosos (arcillas de tipo plastic clay) poseen altos porcentajes de fracción $<4 \mu\text{m}$ (40-60%).

VIII.- ESTUDIOS GEOFISICOS

VIII.- ESTUDIOS GEOFISICOS

Las investigaciones geofísicas realizadas en este Proyecto de investigación fueron llevadas a cabo en el municipio de Valderredible, en el sur de Cantabria, y más concretamente en una banda comprendida entre los pueblos de Quintanilla de An y de Rocamundo, en los alrededores de Polientes.

Los medios analíticos empleados fueron los sondeos eléctricos verticales (S.E.V.) y la testificación geofísica del sondeo nº9 (Polientes).

En la 1ª Fase de investigación de las arcillas de Cantabria (ITGE,1988) se efectuaron en esta zona diversos recorridos de campo junto con varias calicatas que pusieron en evidencia la existencia de niveles arcillosos y arenosos, más o menos caoliníferos, dentro de la "Facies Utrillas", que aflora por estos alrededores.

Ante estos hechos y los datos aportados por la campaña de sondeos mecánicos realizados por ENADIMSA (1980), dentro de la zona, y los realizados por el ITGE en esta 2ª Fase de investigación, se programó la realización de una campaña de prospección geofísica.

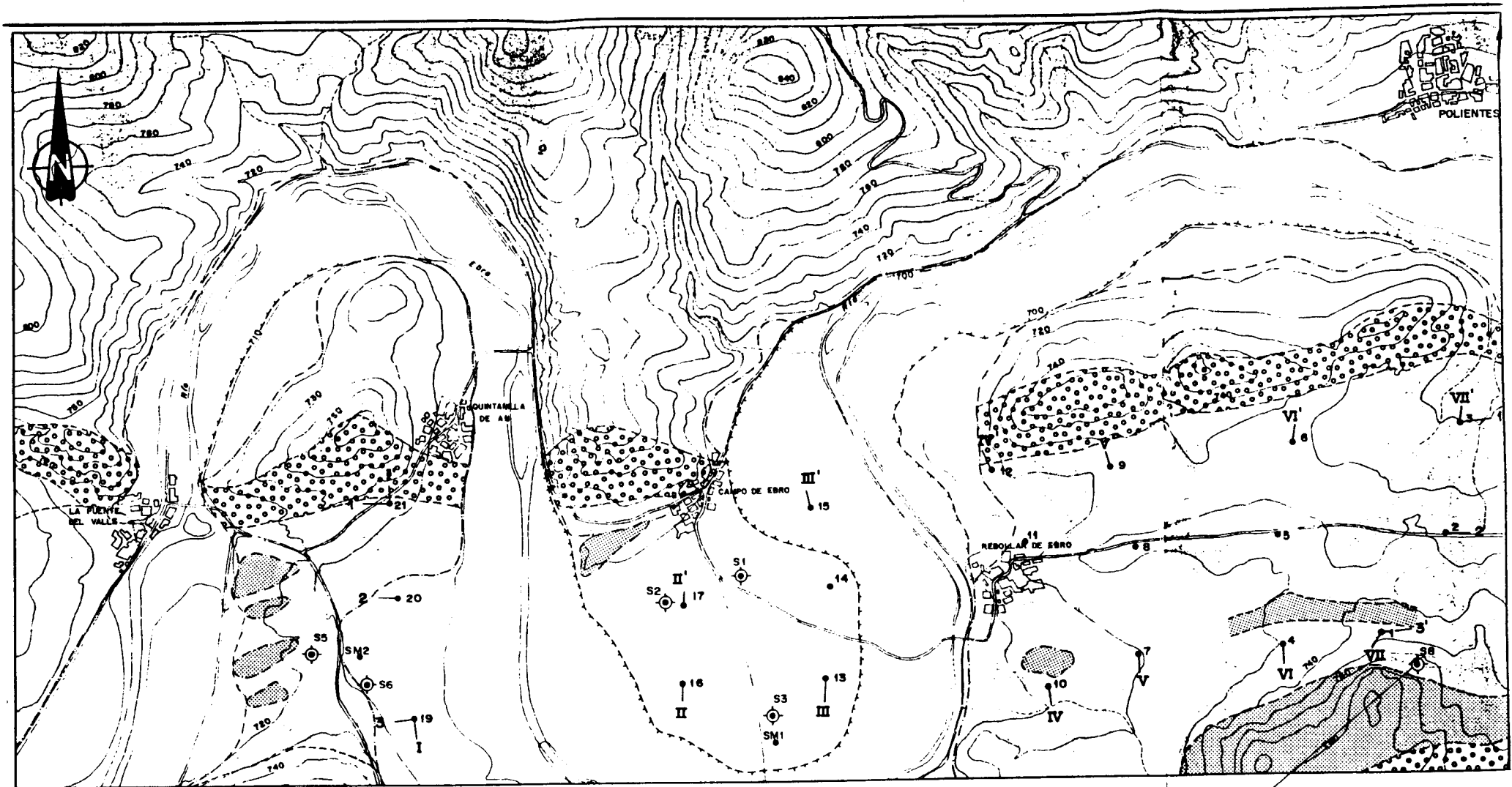
Se efectuaron una serie de perfiles longitudinales y transversales al área de estudio, intentando cubrir la misma con una malla de S.E.V. .Esta red se situó de manera que complementara los datos obtenidos en la campaña de sondeos mecánicos realizada con anterioridad.

Con el objetivo de aportar parámetros de resistividad a la campaña de S.E.V. y a la vez tener una columna estratigráfica más completa, ante la posible pérdida de testigo en el sondeo mecánico nº9 realizado, dado el carácter arenoso de la Formación sondeada, se procedió a la testifica



ción geofísica de dicho sondeo. En la Fig. 10bis se puede observar el área estudiada geofísicamente y la distribución tanto de los S.E.V. como de los sondeos mecánicos. Hay que hacer mención que solamente el sondeo S8 de la citada figura pertenece a esta 2^a Fase de investigación, siendo los restantes (S1, S2, S3 y S5) realizados por EDAMINSA (1980).

Los resultados obtenidos no fueron muy satisfactorios, dadas las características litológicas del terreno testificado, y solamente entre los S.E.V. 1 y 2 existe una zona aparentemente arcillosa-arenosa, fundamentalmente de unos 30-40 m de potencia, y a unos 18-30 m de profundidad.






En el volumen: "Investigación Geofísica en Polientes (Cantabria)", anexo a esta memoria, se pueden consultar con más detalle los resultados obtenidos, tanto gráfica como numéricamente.



LEYENDA

CUATERNARIO		Arenas y limos.
CRETACICO		Arenas, arcillas, areniscas y conglomerados

Signos Convencionales

	Contacto normal
	Contacto discordante
	Terrazas
	SE V
	Sondeo mecánico.

Sondeo ITGE

Fig. 10 bis

IX.- METODOS ANALITICOS

La metodología de los procedimientos analíticos seguida es la misma que la desarrollada en la 1^ª Fase de investigación (ITGE,1988). Así, las muestras (123 en total), procedentes en su mayoría, salvo 18, de los testigos de los sondeos efectuados, fueron sometidas a unos análisis granulométricos, mineralógicos y químicos, cuyo esquema metodológico se expone en la Fig.11 .

IX.1.- Análisis granulométricos y su comentario

Se parte del todo-uno, troceando previamente a sus componentes hasta una fracción inferior a 8 mm, mediante un tamizado en húmedo, con tamices normalizados del tipo ASTM, alcanzándose la fracción granulométrica de 62 μm . El material que pasa este último tamaño de malla es ciclonado mediante un "cyclosizer" que alcanza el corte de las 12 μm . El cernido se analizará químicamente y asu vez será introducido en un "sedigraph" para completar el análisis granulométrico y llegar hasta las fracciones inferiores a las 2 μm .

En este estudio los intervalos que se consideran como arena, limo y arcilla son los siguientes (ITGE,1988):

$$\begin{aligned} & \text{arena} > 62 \mu\text{m} \\ 4 \mu\text{m} < \text{limo} > 62 \mu\text{m} \\ & \text{arcilla} < 4 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos se pueden contemplar en la Tabla 1 y también en el volumen, anexo a esta memoria, de datos analíticos. De los mismos se desprenden unos relativos altos porcentajes de fracciones finas para el conjunto total de las muestras.

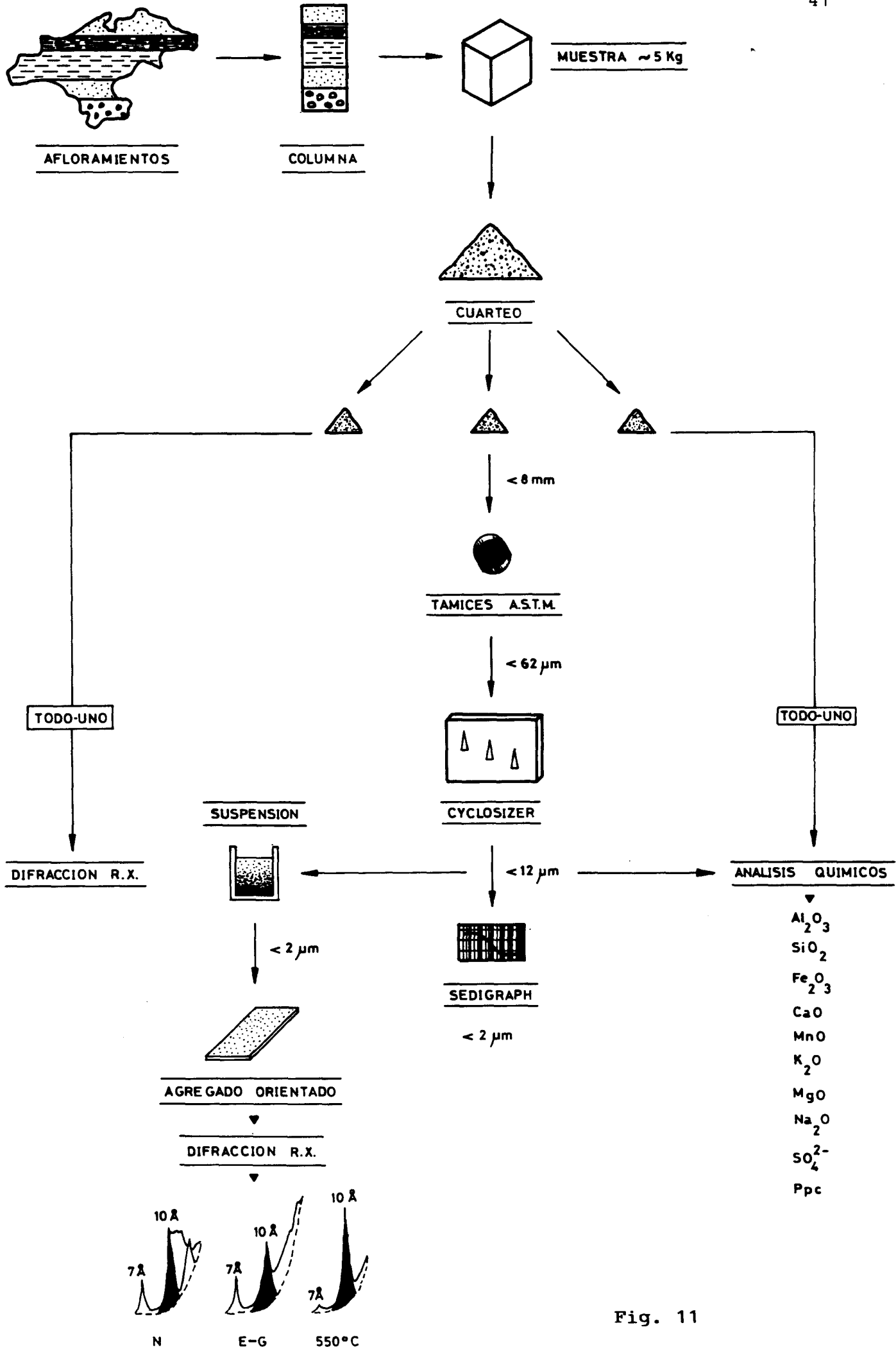


Fig. 11

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	< 2	2-4	4-8	8-16	16-32	32-62	> 62	ARCILLA	LIMO	ARENA
		μm									
	<u>Sondeo n° 1</u>										
Fm. Merón	P-1	27,31	10,30	10,82	11,33	21,98	15,27	2,99	37,61	59,40	2,99
	P-2	22,12	11,05	11,05	13,34	26,72	13,13	2,59	33,17	64,24	2,59
	P-3	24,74	11,62	9,08	12,85	22,46	14,46	4,79	36,36	58,85	4,79
	P-4	9,18	11,97	14,76	15,00	30,88	12,72	5,49	21,15	73,36	5,49
	P-5	23,89	10,17	13,22	13,66	26,09	9,23	3,74	34,06	62,20	3,74
	P-6	22,97	12,29	13,89	13,39	23,76	9,61	4,09	35,26	60,65	4,09
Fm. Oyambre	P-7	18,95	17,41	11,78	13,51	26,35	10,11	1,89	36,36	61,75	1,89
	P-8	14,58	18,22	23,08	15,11	19,93	7,73	1,35	32,80	65,85	1,35
	P-9	16,98	14,33	16,98	16,82	25,66	8,29	0,94	31,31	67,75	0,94
	P-10	32,47	14,88	14,88	14,88	16,90	4,91	1,08	47,35	51,57	1,08
	P-11	29,31	13,37	16,56	14,36	19,05	5,52	1,83	42,68	55,49	1,83
	P-12	25,61	13,09	14,79	12,59	22,70	9,35	1,87	38,70	59,43	1,87
	P-13	27,65	11,06	16,59	15,01	19,12	8,27	2,30	38,71	58,99	2,30
	P-14	26,96	12,86	15,93	14,56	18,14	8,83	2,72	39,82	57,46	2,72
	P-15	29,91	13,65	16,26	14,64	17,09	6,62	1,83	43,56	54,61	1,83
	P-16	25,81	13,53	15,36	16,16	18,33	7,97	2,84	39,34	57,82	2,84
	P-17	28,53	15,72	11,65	11,20	20,44	9,65	2,81	44,25	52,94	2,81
	P-18	22,52	10,54	11,51	11,30	19,73	18,31	6,09	33,06	60,85	6,09

TABLA 1

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	μm							ARCILLA	LIMO	ARENA
		< 2	2-4	4-8	8-16	16-32	32-62	> 62			
	<u>Sondeo n° 2</u>										
Fm. Las Peñas	T-1	37,84	5,26	5,78	9,04	15,77	16,13	10,18	43,10	46,72	10,18
	T-2	34,69	7,76	5,70	8,73	16,57	15,88	10,67	42,45	46,88	10,67
	T-3	43,09	15,60	11,88	11,75	11,52	3,76	2,40	58,69	38,91	2,40
	T-4	47,75	9,68	9,00	9,92	13,81	5,64	4,20	57,43	38,37	4,20
	<u>Sondeo n° 3</u>										
Fm. Vega de Pas	MC-1	6,57	10,95	19,70	20,55	24,72	7,81	2,81	17,52	79,67	2,81
	MC-2	5,81	8,01	10,49	9,25	20,50	25,55	20,39	13,82	65,79	20,39
	MC-3	14,56	11,02	9,05	9,35	19,16	20,69	16,17	25,58	58,25	16,17
	MC-4	6,14	6,14	11,66	12,35	20,50	23,76	19,45	12,28	68,27	19,45
	MC-5	31,89	17,71	14,18	14,10	13,46	5,37	3,29	49,60	47,11	3,29
	MC-6	8,66	7,28	13,51	12,89	26,06	22,04	9,56	15,94	74,50	9,56
	<u>Sondeo n° 4</u>										
"	B-1	56,43	4,39	1,25	6,70	13,80	9,40	8,03	60,82	31,15	8,03
	B-2	40,08	6,84	1,47	8,60	21,79	14,19	7,03	46,92	46,05	7,03
	B-3	57,62	1,20	0,60	7,00	13,96	7,23	12,39	58,82	28,79	12,39
	B-4	61,78	3,36	1,34	5,52	8,27	2,29	17,44	65,14	17,42	17,44
	B-5	26,94	6,06	0,34	6,22	10,77	4,32	45,35	33,00	21,65	45,35
	B-6	45,43	4,04	0,50	5,74	11,20	7,16	25,93	49,47	24,60	25,93
	B-7	24,24	1,32	0,52	4,67	9,70	5,39	54,16	25,56	20,28	54,16

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	< 2	2-4	4-8	8-16	16-32	32-62	> 62	ARCILLA	LIMO	ARENA
		μm									
Fm. Vega de Pas	B-8	36,71	8,36	0,93	5,02	9,94	5,74	33,30	45,07	21,63	33,30
	B-9	38,10	3,39	0,42	4,92	9,22	4,68	38,67	41,49	19,84	38,67
	B-10	23,95	4,00	0,58	5,58	19,85	14,19	22,35	27,95	57,86	14,19
	<u>Sondeo n° 5</u>										
Fm. Vega de Pas	Z-1	15,76	3,99	0,89	10,35	32,88	27,02	9,11	19,75	71,14	9,11
	Z-2	18,64	6,05	0,25	10,82	30,46	16,86	16,74	24,69	58,57	16,74
	Z-3	39,75	8,24	0,24	9,70	23,11	10,02	8,94	47,99	43,07	8,94
	Z-4	14,83	7,08	0,11	8,76	26,02	15,76	27,44	21,91	50,65	27,44
	Z-5	22,37	8,39	0,16	10,96	26,06	9,24	22,82	30,76	46,42	22,82
	Z-5bis	31,66	3,64	0,36	7,43	18,18	13,06	25,67	35,30	39,03	25,67
	Z-6	18,07	3,75	0,11	6,44	22,95	15,11	33,57	21,82	44,61	33,57
	Z-7	21,61	0,45	0,11	6,09	19,99	16,68	35,07	22,06	42,87	35,07
	Z-8	16,60	6,74	0,24	8,54	21,89	10,72	35,27	23,34	41,39	35,27
	<u>Sondeo n° 6</u>										
"	BAR-1	33,79	9,22	0,44	8,22	22,06	17,97	8,30	43,01	48,69	8,30
	BAR-2	21,16	4,77	0,26	5,47	18,28	23,62	26,44	25,93	47,63	26,44
	BAR-3	23,03	3,18	0,13	4,86	17,19	20,25	31,36	26,21	42,43	31,36
	BAR-4	31,21	3,94	0,36	7,25	21,32	17,02	18,90	35,15	45,95	18,90
	BAR-5	22,76	10,19	0,68	11,00	22,33	15,71	17,33	32,95	49,72	17,33
	BAR-6	48,96	8,96	1,19	10,11	16,39	9,65	4,74	57,92	42,08	4,74

TABLA 1

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	< 2	2-4	4-8	8-16	16-32	32-62	> 62	ARCILLA	LIMO	ARENA
		μm									
Fm. Vega de Pas	BAR-7	2,35	1,36	0,44	1,54	3,45	4,27	86,99	3,71	9,30	86,99
	BAR-8	65,48	1,71	0,34	11,27	15,51	4,98	0,71	67,19	32,10	0,71
	BAR-9	33,82	10,97	0,46	13,32	28,08	12,08	1,27	44,79	53,94	1,27
	BAR-10	39,82	7,77	0,49	5,77	12,53	7,86	25,76	47,59	26,65	25,76
	BAR-11	12,60	2,31	0,31	4,69	17,21	13,85	49,03	14,91	36,06	49,03
	BAR-12	12,18	1,38	0,41	3,41	15,50	21,04	46,08	13,56	40,36	46,08
	<u>Sondeo n° 7</u>										
Fm. Las Rozas	OR-1	5,33	0,35	0,18	0,55	1,76	3,12	88,71	5,68	5,61	88,71
	OR-2	74,11	4,03	1,61	3,40	7,70	5,10	4,05	78,14	17,81	4,05
	OR-3	11,44	1,77	0,27	12,99	16,20	25,70	31,63	13,21	55,16	31,63
	OR-4	11,61	1,05	0,40	10,95	19,84	24,72	31,43	12,66	55,91	31,43
	OR-5	42,91	1,84	0,92	6,13	18,18	16,78	13,24	44,75	42,01	13,24
	OR-6	54,12	1,71	0,57	5,78	15,00	9,34	13,48	55,83	30,69	13,48
	OR-7	57,68	1,21	1,21	6,00	14,22	11,11	8,57	58,89	32,54	8,57
	OR-8	63,42	2,05	1,36	7,12	13,05	7,18	5,82	65,47	28,71	5,82
	OR-9	1,79	0,26	0,04	0,20	0,52	0,84	96,35	2,05	1,60	96,35
	OR-10	23,78	1,32	0,80	6,88	31,30	24,89	11,03	25,10	63,87	11,03
	OR-11	36,94	3,32	0,83	12,41	19,13	18,06	9,31	40,26	50,43	9,31
	OR-12	49,92	5,80	1,74	6,94	19,06	13,43	3,11	55,72	41,17	3,11
	OR-13	48,15	1,54	1,02	3,13	11,57	20,04	14,55	49,69	35,76	14,55
	OR-14	54,27	2,33	1,17	2,91	12,75	14,75	11,82	56,60	31,58	11,82
	OR-15	27,69	3,21	0,96	6,75	19,03	19,05	23,31	30,90	54,21	23,31
	OR-16	32,19	1,75	0,70	4,69	18,76	25,79	16,12	33,94	49,94	16,12

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	< 2	2-4	4-8	8-16	16-32	32-62	> 62	ARCILLA	LIMO	ARENA
		μm									
Fm. Las Rozas	OR-17	44,15	3,43	0,98	5,31	13,55	6,95	25,63	47,58	26,79	25,63
	OR-18	34,09	3,06	0,77	6,24	27,84	24,14	3,86	37,15	58,99	3,86
	OR-19	59,64	1,90	1,27	7,34	18,45	8,30	3,10	61,54	35,36	3,10
	<u>Sondeo n° 8</u>										
Fm. Las Rozas	LL-1	76,94	2,40	0,40	5,56	7,62	1,80	5,28	79,34	15,38	5,28
	LL-2	78,88	3,53	0,21	5,74	8,86	0,96	1,82	82,41	15,77	1,82
	LL-3	65,80	1,53	0,17	5,39	9,82	6,84	10,45	67,33	22,22	10,45
	LL-4	67,51	3,77	0,18	7,83	13,81	4,65	2,25	71,28	26,47	2,25
	LL-5	76,34	0,39	0,39	6,33	10,16	2,54	3,85	76,73	19,42	3,85
	LL-6	73,01	1,11	0,19	4,60	8,64	3,50	8,95	74,12	16,93	8,95
	LL-7	-	-	-	-	-	0,31	99,69	-	0,31	99,69
	LL-8	62,24	2,79	0,16	6,74	12,01	4,30	11,76	65,03	23,21	11,76
	<u>Sondeo n° 9</u>										
Fm. La Canal	PO-1	14,52	5,76	0,86	2,91	7,45	7,49	61,01	20,28	18,71	61,01
	PO-2	7,05	2,29	0,40	1,26	2,26	2,27	84,47	9,34	6,19	84,47
	PO-3	7,52	2,43	0,53	1,31	2,52	2,22	83,47	9,95	6,58	83,47
	PO-4	35,07	11,69	1,46	7,94	19,12	10,20	14,52	46,76	38,72	14,52
	PO-5	51,07	7,90	1,22	6,65	12,46	6,65	14,05	58,97	26,98	14,05
	PO-6	26,16	2,95	0,33	4,99	13,47	13,98	35,12	29,11	35,77	35,12
	PO-7	15,45	6,55	1,05	3,60	9,20	11,95	52,20	22,00	25,80	52,20

TABLA 1

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	< 2	2-4	4-8	8-16	16-32	32-62	> 62	ARCILLA	LIMO	ARENA
		μm									
Fm. La Canal	PO-8	32,34	4,57	0,76	6,36	18,69	11,63	25,65	36,91	37,44	25,65
	PO-9	45,22	14,44	2,51	7,50	14,70	11,26	4,37	59,66	35,97	4,37
	PO-10	4,96	1,97	0,25	1,08	1,92	1,45	88,37	6,93	4,70	88,37
	PO-11	29,83	13,52	2,80	7,30	20,04	11,15	15,36	43,35	41,29	15,36
	<u>Sondeo n° 10</u>										
Fm. La Canal	V-1	2,44	0,20	0,06	0,40	1,31	1,78	93,81	2,64	3,55	93,81
	V-2	56,76	16,87	2,30	8,71	9,25	1,99	4,12	73,63	22,25	4,12
	V-3	39,78	6,63	0,47	5,02	11,27	11,01	25,81	46,41	27,78	25,81
	V-4	44,85	11,65	1,16	8,31	17,93	8,10	8,00	56,50	35,50	8,00
	V-5	63,12	6,36	1,44	5,82	11,42	3,43	7,91	69,48	22,61	7,91
	V-6	34,36	2,83	0,19	3,85	12,56	15,44	30,77	37,19	32,04	30,77
	V-7	4,00	0,80	0,10	0,70	2,61	7,43	84,36	4,80	10,84	84,36
	V-8	42,45	3,50	0,47	4,54	10,32	6,39	32,33	45,95	21,72	32,33

TABLA 1

La representación gráfica de los resultados se ha realizado mediante histogramas (Fig.12), que reflejan, para cada unidad litoestratigráfica muestreada, el valor mínimo, el valor máximo y el valor de la media aritmética de todas las muestras analizadas.

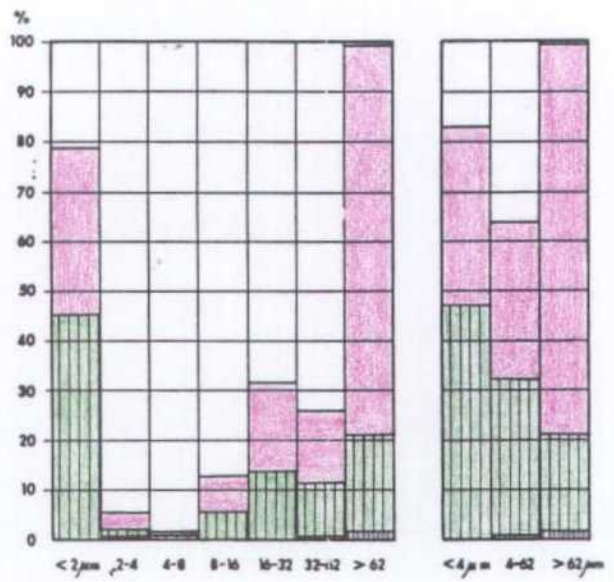
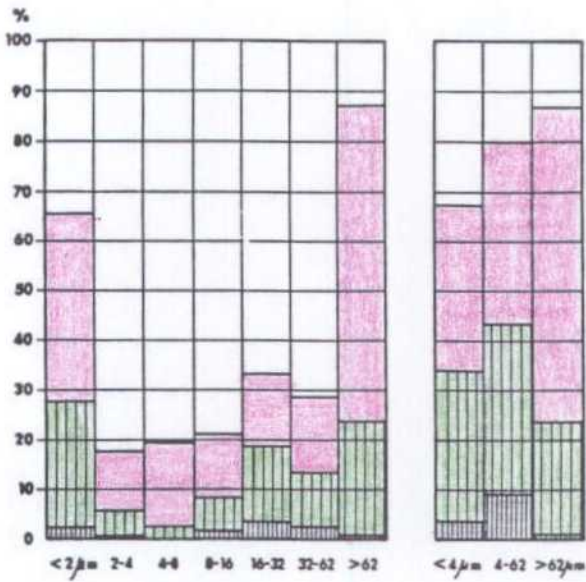
De todas las formaciones investigadas en este trabajo se puede comprobar que es la Formación Las Rozas (Fig.12) la que presenta un mayor porcentaje de fracciones finas o arcillosas, secundada por las formaciones Las Peñas y La Canal.

Por otra parte, en la formaciones Vega de Pas, Oyambre y Merón predominan las fracciones limosas frente a las arcillosas y, sobre manera, a las arenosas.

Dentro de cada una de estas últimas formaciones citadas no existen diferencias granulométricas notables entre sí mismas. Por ejemplo, en los sondeos n^{ROS} 4 y 5, que atraviesan los términos basales de la Formación Vega de Pas (Miembro Capas de Viviparus), el contenido en limo oscila, por término medio, entre un 30 y un 49%, mientras que para los términos más altos de la serie, prácticamente en la zona de transición entre los dos miembros de la Formación Vega de Pas (sondeo $n^{\circ}3$) y el propio Miembro Capas Rojas (sondeo $n^{\circ}6$), los contenidos en limo varían entre un 40 y un 66% .

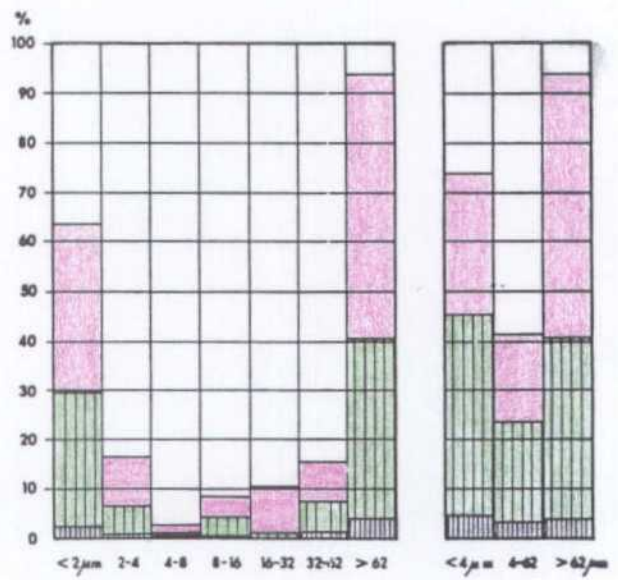
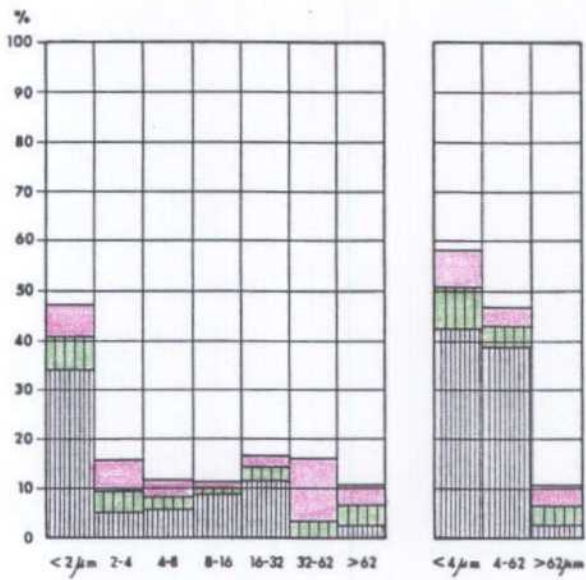
En los materiales terciarios analizados existe un incremento de los tamaños finos ($< 4\mu\text{m}$) hacia el muro del sondeo $n^{\circ}1$ realizado. Concretamente corresponde al conjunto de serie perteneciente al Priaboniense, a partir de los 30 m de profundidad, siendo la granulometría general de las muestras muy homogénea a lo largo de todo el sondeo.

En conjunto, de los dos sondeos realizados sobre la Formación Las Rozas el que posee mayor tanto por ciento



Fm. LAS PEÑOSAS

Fm. LA CANAL



Fm. OYAMBRE

Fm. MERON

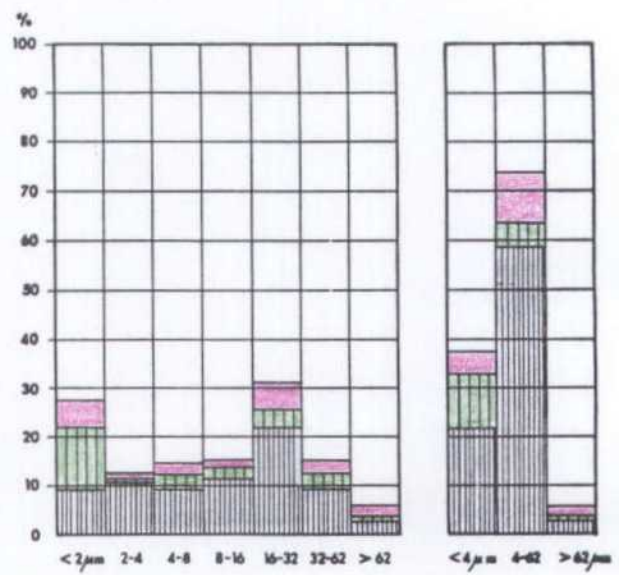
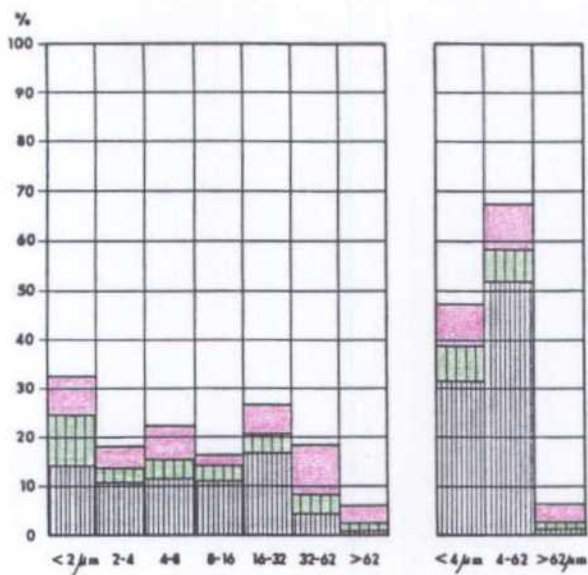


Fig. 12

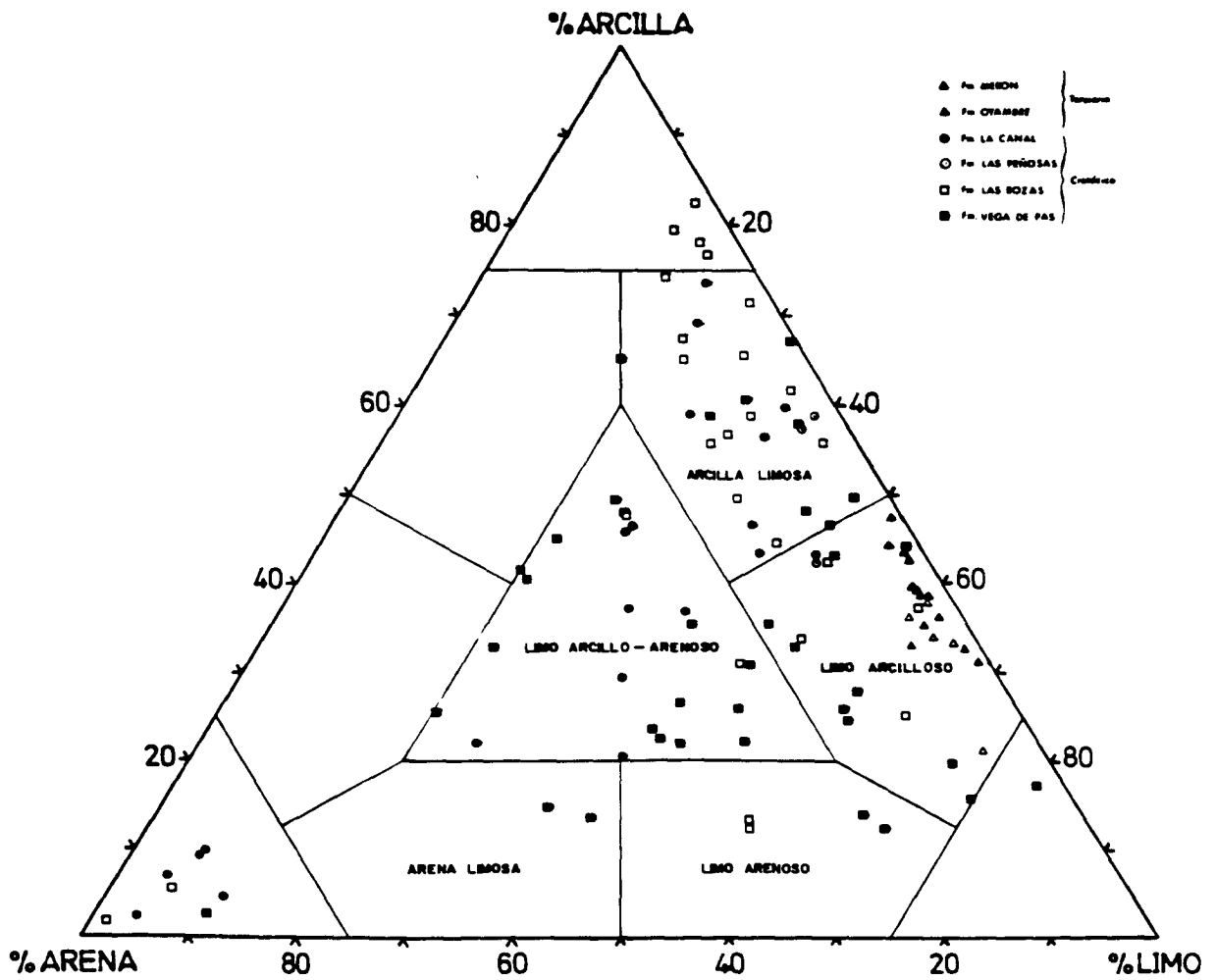
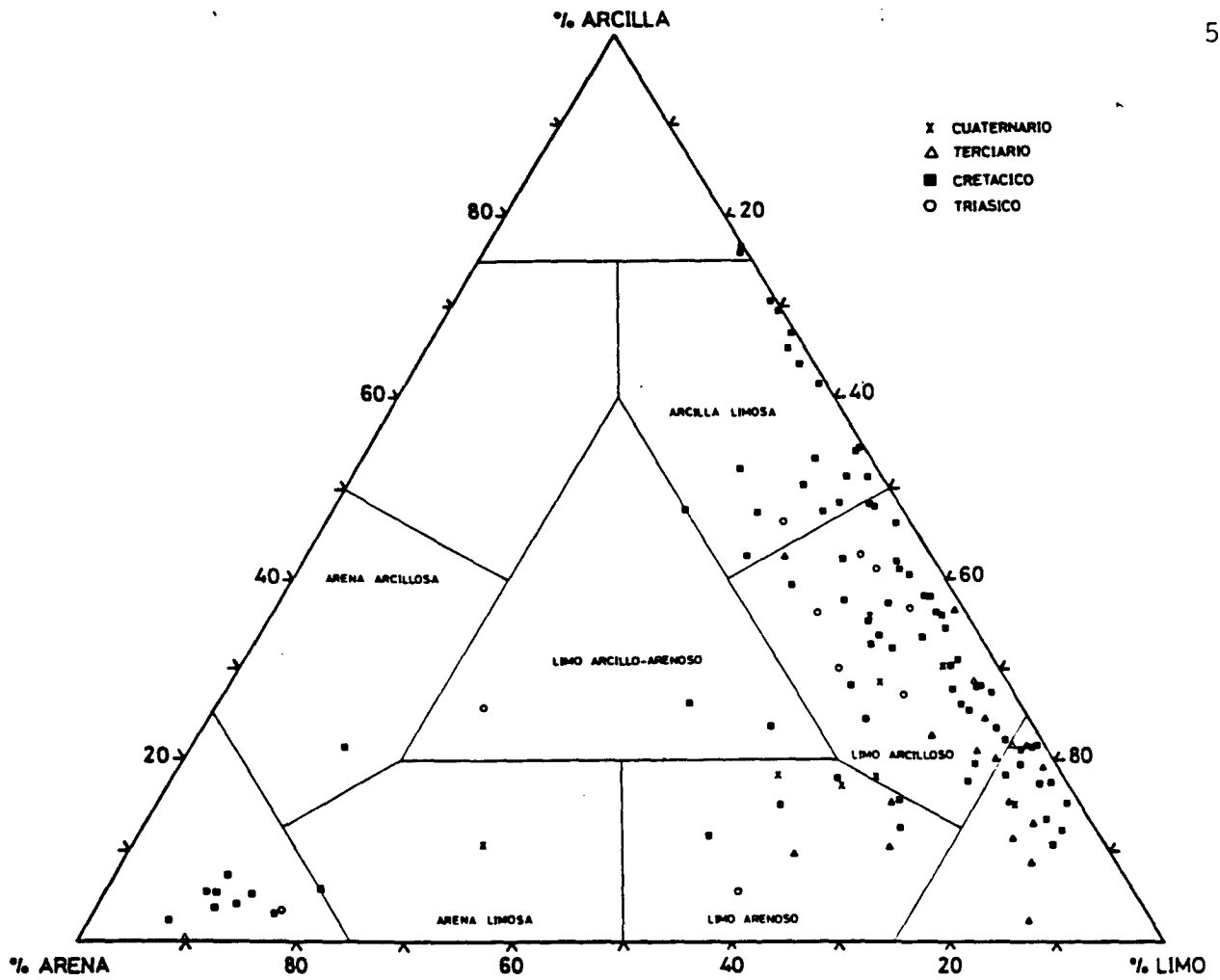
de fracción arcillosa es el que se efectuó en los alrededores de Llano, con una media del 70% de material por debajo de las 4 μm .

Los testigos analizados de los sondeos realizados en el municipio de Valderredible, en las cercanías de Polientes y de Villamoñico, poseen unos altos contenidos en materia arcillosa (36% de media) y también es de destacar la abundante fracción arenosa (40% de media) de los mismos, dada la naturaleza litológica de la Formación sondeada. De hecho, se analizaron muestras de areniscas blanquecinas, con cierto contenido en minerales kaolíticos, siendo el contenido de la fracción arcillosa ($< 4 \mu\text{m}$) de alrededor del 10% .

Las arenas caoliníferas de Polientes poseen un escaso porcentaje de fracción arcillosa y esta es una de las especificaciones que las pueden invalidar para su uso en la fabricación de papel. Así, el caolín de tipo Caosil, utilizado como carga para la fabricación de papel, cumple las siguientes especificaciones:

- Blancura $> 80\%$
- Granulometría : $50\% < 2 \mu\text{m}$

En la Fig.13 se puede observar el diagrama triangular de Shepard (1954) con la distribución granulométrica de las muestras analizadas.



IX.2.- Análisis mineralógicos y su comentario

El estudio mineralógico efectuado ha seguido los mismos pasos que en la 1^ª Fase de investigación (ITGE, 1988), siendo el equipo de análisis un difractómetro Philips modelo PW-130, utilizado con las siguientes condiciones experimentales: tubo de cobre, con monocromador de grafito, con un voltaje de 40 Kv y una intensidad de 40 mA.

La mineralogía se estudió sobre la muestra tal cual venía (todo-uno) y la fracción arcillosa fue obtenida mediante una suspensión acuosa en probetas, con la ayuda de unas gotas de hexametáfosfato sódico, obteniéndose a la vez agregados orientados. Estos últimos, cuando así lo requería la identificación de la fase mineral arcillosa, fueron sometidos a las pruebas clásicas de hinchamiento, por tratamiento con etilen-glicol, y de colapsamiento, por calentamiento a 550°C durante una hora.

Las preparaciones fueron sometidas a unos barridos entre 2° y 60° y la velocidad de rastreo fue de 1°/min.

En las muestras analizadas se indican los minerales principales, los accesorios y trazas, y se realiza, dentro de la fracción arcillosa, una estimación semicuantitativa de las fases minerales presentes, por la medida de las áreas de los picos. Se considera contenido bajo al menor de 30%, contenido medio al comprendido entre el 30-50%, contenido alto al superior al 50% y contenido muy alto por encima del 75% .

Los minerales no arcillosos detectados han sido: cuarzo, feldespatos (K, Na, Ca), carbonatos (calcita, dolomita) y óxidos de hierro.

En cuanto a los minerales arcillosos que se han puesto en evidencia, teniendo en cuenta la clasificación de los

filosilicatos en seis grupos (Newman, 1987):

- 1) Grupo caolinita-serpentina
- 2) Grupo talco-pirofilita
- 3) Grupo micas
- 4) Grupo cloritas
- 5) Grupo esmectitas y vermiculitas
- 6) Grupo palygorskita-sepiolita

tenemos que destacar a los pertenecientes a los grupos (1) (subgrupo del caolín), (3) (micas, tipo illita), (4) (cloritas) y (5) (esmectitas y vermiculitas).

En la Tabla 2 se pueden contemplar los datos analíticos, que corresponden a la fracción $< 12 \mu\text{m}$, de la mineralogía de las muestras de los testigos de los sondeos.

Comenzando en el tiempo geológico, de más antiguo a más moderno, por el Sistema Cretácico, la Formación Vega de Pas, que ha sido la más ampliamente sondeada (sondeos n^{ros} 3, 4, 5, 6), presenta como minerales arcillosos principales a los de los grupos del caolín y la mica, con altos contenidos, estando presentes como trazas los minerales arcillosos de los grupos de la clorita y la vermiculita.

Como mineral principal no arcilloso destaca la presencia de cuarzo, estando los feldespatos y la calcita como accesorios. Hay que reseñar la detección exclusivamente de plagioclasas, como trazas o accesorios, en los sondeos n^{ros} 3 y 6, que justamente corresponden a los tramos estratigráficos más altos dentro de la Formación Vega de Pas. Precisamente en estos tramos altos aparece la mica como mineral arcilloso mayoritario frente a la caolinita, fenómeno que se invierte en los tramos más inferiores de dicha Formación (sondeos n^{ros} 4 y 5), lo que confirma las investigaciones llevadas a cabo durante la 1^a Fase de investigación (ITGE, 1988) en lo referente a que los procesos de caolinización,

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	M. Principal	Acc. y Trazas	FRACCION ARCILLOSA		
				Contenido	M. Principal	Acc. y Trazas
	<u>Sondeo n° 1</u>					
Fm. Merón	P-1	cuarzo	cal., dol., feldesp.	medio-alto	mica-caolín	clorita, interestr
	P-2	"	" " "	" "	" "	" "
	P-3	"	" " "	" "	" "	" "
	P-4	"	" " ,plagiocl.	" "	" "	" "
	P-5	"	" " ,feldesp.	" "	" "	" "
	P-6	"	" " "	" "	" "	" "
Fm. Oyambre	P-7	"	" " "	medio	" "	" "
	P-8	"	" " "	"	" "	clorita
	P-9	"	" " "	medio-alto	" "	clorita, interest
	P-10	"	" " "	alto	" "	" "
	P-11	"	" " "	"	" "	" "
	P-12	"	" " "	medio	" "	" "
	P-13	"	" " "	medio-alto	" "	esmectita
	P-14	"	" " "	" "	" "	"
	P-15	"	" " "	" "	" "	"
	P-16	"	" " "	" "	" "	"
	P-17	"	dol. cal., feldesp.	" "	mica	caolín, esmectita
	P-18	"	" " cuarzo	" "	mica-caolín	---

TABLA 2

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	M. Principal	Acc. y Trazas	FRACCION ARCILLOSA		
				Contenido	M. Principal	Acc. y Trazas
	<u>Sondeo n° 2</u>					
Fm. Las Peñas	T-1	cuarzo	feldespatos	alto	mica	caolín
	T-2	"	"	"	"	"
	T-3	"	"	"	"	"
	T-4	"	"	"	"	"
	<u>Sondeo n° 3</u>					
Fm. Vega de Pas	MC-1	cuarzo	plagioclasas	alto	mica-caolín	clorita
	MC-2	"	feldespatos	"	" "	"
	MC-3	"	"	"	mica	caolín, interestr.
	MC-4	"	"	"	caolín-mica	clorita
	MC-5	"	plagioclasas	"	mica-caolín	clor., interestr.
	MC-6	"	"	"	" "	clorita
"	<u>Sondeo n° 4</u>					
	B-1	cuarzo	feldespatos	alto	caolín-mica	clorit., vermicul
	B-2	"	"	"	" "	" "
	B-3	"	"	"	" "	" "
	B-4	"	"	"	" "	" "
	B-5	"	"	"	" "	" "
	B-6	"	"	"	" "	" "

TABLA 2

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	M. Principal	Acc. y Trazas	FRACCION ARCILLOSA		
				Contenido	M. Principal	Acc. y Trazas
Fm. Vega de Pas	B-7	cuarzo	feldespatos	alto	caolín-mica	clorit.,vermicul
	B-8	"	"	"	" "	" "
	B-9	"	"	"	mica-caolín	" "
	B-10	"	"	"	" "	" "
<u>Sondeo n° 5</u>						
Fm. Vega de Pas	Z-1	cuarzo	feldespatos	medio-alto	caolín-mica	clorita
	Z-2	"	"	alto	" "	"
	Z-3	"	"	"	" "	"
	Z-4	"	"	"	" "	"
	Z-5	"	"	"	" "	"
	Z-5bis	"	"	"	" "	"
	Z-6	"	"	"	" "	"
	Z-7	"	"	"	" "	"
Z-8	"	"	"	" "	"	
<u>Sondeo n° 6</u>						
"	BAR-1	cuarzo	feldespatos	alto	mica-caolín	clorita
	BAR-2	"	plagioclasas	"	mica-caolín-clorita	--
	BAR-3	"	"	"	" " "	--
	BAR-4	"	feldespatos	"	mica-caolín	clorita
	BAR-5	"	plagioclasas	"	mica-caolín-clorita	--

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	M. Principal	Acc. y Trazas	FRACCION ARCILLOSA			
				Contenido	M. Principal	Acc. y Trazas	
Fm. Vega de Pas	BAR-6	cuarzo	feldespatos	alto	mica-caolín-clorita		--
	BAR-7	"	plagioclasas	muy alto	caolín-mica		clorita
	BAR-8	"	feldespatos	alto	mica-caolín		"
	BAR-9	"	"	"	"	"	"
	BAR-10	"	"	"	"	"	"
	BAR-11	"	plagioclasas	"	"	"	"
	BAR-12	"	"	"	"	"	"
	<u>Sondeo nº 7</u>						
Fm. Las Rozas	OR-1	cuarzo	---	alto	caolín-mica		---
	OR-2	"	feldespatos	"	"	"	---
	OR-3	"	"	"	caolín		mica
	OR-4	"	---	"	caolín-mica		---
	OR-5	"	feldespatos	"	"	"	---
	OR-6	"	"	"	"	"	---
	OR-7	"	"	"	"	"	---
	OR-8	"	"	"	"	"	---
	OR-9	"	---	"	caolín		mica
	OR-10	"	feldespatos	"	mica-caolín		---
	OR-11	"	"	"	caolín-mica		---
	OR-12	"	"	"	"	"	---
	OR-13	"	"	"	"	"	---
	OR-14	"	"	"	"	"	---

TABLA 2

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	M. Principal	Acc. y Trazas	FRACCION ARCILLOSA		
				Contenido	M. Principal	Acc. y Trazas
Fm. Las Rozas	OR-15	cuarzo	feldespatos	alto	caolín-mica	---
	OR-16	"	"	"	" "	---
	OR-17	"	"	"	" "	---
	OR-18	"	"	"	" "	---
	OR-19	"	"	"	" "	---
	<u>Sondeo n° 8</u>					
Fm. Las Rozas	LL-1	cuarzo	feldes.,plagiocl.	"	caolín	mica,clorita
	LL-2	"	" "	"	"	" "
	LL-3	"	feldespatos	"	"	" "
	LL-4	"	"	"	"	mica
	LL-5	"	"	"	"	"
	LL-6	"	"	"	"	"
	LL-7	"	---	medio	caolín-mica	---
	LL-8	"	feldespatos	alto	caolín	mica
	<u>Sondeo n° 9</u>					
Fm. La Canal	PO-1	cuarzo	plagioclasas	alto	caolín-mica	---
	PO-2	"	---	muy alto	" "	---
	PO-3	"	---	" "	" "	---
	PO-4	"	---	alto	mica-caolín	---
	PO-5	"	goethita	"	" "	---

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	M. Principal	Acc. y Trazas	FRACCION ARCILLOSA		
				Contenido	M. Principal	Acc. y Trazas
Fm. La Canal	PO-6	cuarzo	---	alto	caolín-mica	---
	PO-7	"	---	"	" "	---
	PO-8	"	plagioclasas	"	" "	---
	PO-9	"	---	muy alto	" "	---
	PO-10	"	---	alto	" "	---
	PO-11	"	plagioclasas	"	" "	---
	<u>Sondeo nº 10</u>					
Fm. La Canal	V-1	cuarzo	---	alto	caolín-mica	---
	V-2	"	plagioclasas, goethita	"	" "	---
	V-3	"	goethita	"	" "	---
	V-4	"	óxidos de hierro	"	" "	---
	V-5	"	" " "	"	" "	---
	V-6	"	plagioclasas	"	" "	---
	V-7	"	---	medio-alto	" "	---
	V-8	"	óxidos de hierro	alto	caolín	mica

TABLA 2

durante el "Wealdense", alcanzaron su máximo apogeo en los tramos basales de dicha Facies, dentro de los estratos de la Formación Bárcena Mayor, y que paulatinamente, al ascender en la serie estratigráfica, se produjo una interrupción de dicho fenómeno, por motivos tectónicos y de gran subsidencia en la Cuenca Cantábrica.

En la Formación Las Rozas la mineralogía predominante de la fracción arcillosa pertenece al subgrupo del caolín, estando las micas en menores proporciones. El cuarzo es el mineral principal del todo-uno y los feldespatos están presentes como accesorios.

La Formación Las Peñasas posee, al contrario que la Formación anterior, un mayor contenido en minerales arcillosos del grupo de las micas, frente al subgrupo del caolín que se encuentra como trazas. El cuarzo y los feldespatos se presentan como minerales principal y secundario respectivamente.

Los minerales arcillosos mayoritarios de la Formación La Canal están representados por la asociación mineralógica de los grupos del caolín y de la mica, siendo más abundante aquel. Como mineral principal no arcilloso destaca la presencia de cuarzo, estando las plagioclasas y algún óxido de hierro como trazas.

Por último, la mineralogía de los materiales terciarios analizados confirman los estudios realizados por el ITGE (1988), es decir, la esmectita, muy abundante en los estratos de la Formación La Acebosa, infrayacente a los testigos sondeados en este proyecto, va disminuyendo su manifestación hacia techo de la serie terciaria y así nos la encontramos como trazas en los tramos estratigráficos tanto del Priabonense como del Oligoceno Inferior, y por el contrario, se observa un enriquecimiento, hacia estos tramos altos terciarios, la existencia de la asociación mica-caolinita y algunas trazas de clorita e interestratificados. Por otro

lado, hay que destacar la abundante cantidad de calcita y dolomita de las muestras, fundamentalmente debido al elevado contenido de foraminíferos de las mismas.

IX.3.- Análisis químicos y su comentario

Al igual que durante la 1^a Fase de investigación, la metodología del análisis químico de las muestras fue la siguiente:

Se analizaron dos fracciones granulométricas, en primer lugar el todo-uno y segundo lugar la fracción inferior a 12 μm , que en función de las 123 muestras tomadas suman un total de 246 análisis químicos. Los elementos analizados fueron los siguientes: Si, Al, Fe, Ti, Ca, K, Mg, Na, Mn, además de la presencia de sulfatos (SO_4^{2-}) y la pérdida por calcinación (Ppc), contabilizándose en total 2.706 determinaciones analíticas.

Por fluorescencia de rayor X se han analizado la mayoría de los elementos químicos investigados, salvo el Na, trabajando con un equipo Philips PW-1450 ADP-48 en las siguientes condiciones: Tubo de rodio con una intensidad de 80 mA y un potencial de 30 Kv. Las muestras a analizar, en pastillas perladas mediante fusión, constaban de 0,5 gr de material junto con 5,5 gr de metaborato de litio (LiBO_2), siendo los cristales analizadores utilizados, LiF (200) para Fe, Ca, Ti, Mn, y K y TAP para Si y Al. Los patrones de calibrado que se emplearon pertenecen al U.S. Geological Survey, B.C.S y N.B.S .

En los análisis por espectrofotometría de absorción atómica se empleó un equipo modelo IL-951, analizándose exclusivamente el elemento Na, y siendo las condiciones analíticas las siguientes:

Na : Determinación por emisión ($\lambda = 589 \text{ nm}$) con llama aire-acetileno y con la posición del mechero cruzada frente a la óptica del equipo.

La disolución de las muestras, a partir de 0,1 gr de las mismas, se realizó junto con el metaborato de litio.

El contenido en SO_4^{2-} de las muestras se analizó gravimétricamente y, según esta técnica, los contenidos inferiores al 0,15% en peso son prácticamente indetectables, por lo que la presencia de sulfatos próximos a dicho valor o ligeramente por debajo se consideraron como indicios débiles (I.D.).

Desde otro punto de vista analítico y en un número reducido de muestras, concretamente las pertenecientes a la Formación Las Rozas, se realizó el análisis del pH de las mismas, atendiendo al siguiente procedimiento:

La muestra a analizar era molida hasta la obtención de un tamaño de $53 \mu\text{m}$ (malla ASTM:270) y 10 gr de la misma fue colocada en un vaso de precipitado de 250 ml junto con 100 ml de agua destilada. Se revolvió la mezcla por espacio de 5 minutos. Al cabo de este tiempo y graduado el pH-metro con una solución tampón se procedió a la medida de la acidez o basicidad de la muestra en cuestión, repitiendo la operación cada 30 seg hasta obtener un pH constante.

En la Tabla 3 se pueden contemplar los resultados obtenidos (para la fracción $< 12 \mu\text{m}$) de los análisis químicos de las muestras de los testigos de los sondeos. En otro volumen, anexo a esta memoria, y en las columnas estratigráficas realizadas se pueden consultar los análisis químicos correspondientes al todo-uno de las muestras.

La Formación Vega de Pas (Tabla 3) (sondeos n^{ros} 3, 4, 5 y 6) representa a las típicas arcillas de cocción

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	Ppc.	SO ₄ ²⁻
	<u>Sondeo N° 1</u>											
Fm. Merón	P-1	45,54	18,38	6,85	0,73	7,43	2,95	3,44	0,31	0,02	14,29	↑ < 0,1 ↓
	P-2	48,63	18,42	5,17	0,78	7,14	2,65	3,49	0,44	0,02	13,25	
	P-3	48,19	19,38	5,93	0,76	5,86	2,77	3,65	0,35	0,04	13,09	
	P-4	50,62	17,56	4,50	0,85	7,40	2,70	3,43	0,27	0,01	12,67	
	P-5	45,90	16,92	5,98	0,71	9,03	2,92	3,30	0,24	0,01	14,98	
	P-6	45,47	17,46	5,31	0,70	9,43	2,69	3,33	0,24	0,00	15,37	
Fm. Oyambre	P-7	45,17	15,17	4,82	0,71	11,57	2,74	3,56	0,26	0,00	16,00	
	P-8	47,36	15,94	4,58	0,74	10,19	2,90	3,22	0,30	0,01	14,77	
	P-9	52,98	19,25	5,46	0,86	3,95	2,75	3,73	0,35	0,03	10,64	
	P-10	50,45	20,84	7,02	0,83	2,05	2,24	4,01	0,65	0,05	11,85	
	P-11	50,62	20,98	6,76	0,84	2,81	2,40	3,88	0,53	0,04	11,14	
	P-12	42,77	16,48	4,95	0,64	12,14	2,92	3,19	0,26	0,00	11,65	
	P-13	43,05	15,91	4,73	0,64	12,45	2,52	3,18	0,24	0,00	17,27	
	P-14	43,39	16,67	5,63	0,65	11,08	2,59	3,25	0,24	0,01	16,49	
	P-15	46,28	17,94	5,75	0,71	8,15	2,55	3,53	0,23	0,02	14,84	
	P-16	48,03	18,49	6,04	0,75	6,42	2,65	3,68	0,31	0,02	13,61	
	P-17	42,38	16,35	4,99	0,63	12,60	2,25	3,12	0,22	0,01	17,43	
	P-18	45,61	17,31	5,93	0,70	9,22	2,47	3,34	0,24	0,02	15,09	

TABLA 3

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	Ppc.	SO ₄ ²⁻
	<u>Sondeo n° 2</u>											
Fm. Las Peñas	T-1	56,75	25,05	3,17	1,10	0,17	1,14	4,11	0,26	0,01	8,24	↑
	T-2	56,99	25,92	1,74	1,17	0,11	0,99	3,89	0,40	0,01	8,78	
	T-3	56,93	24,76	3,18	1,10	0,14	1,21	4,30	0,31	0,01	8,06	
	T-4	55,58	24,20	5,09	1,06	0,12	1,19	4,33	0,23	0,01	8,19	
	<u>Sondeo n° 3</u>											
Fm. Vega de Pas	MC-1	54,09	23,50	7,02	0,84	0,15	1,82	4,77	0,27	0,04	7,49	< 0,1
	MC-2	53,35	25,07	4,32	0,96	0,18	1,67	4,44	0,46	0,02	9,52	
	MC-3	54,19	24,65	4,09	0,87	0,16	1,67	4,90	0,26	0,03	9,18	
	MC-4	50,40	24,67	5,48	0,97	0,10	1,64	3,98	0,35	0,13	12,28	
	MC-5	49,26	31,32	3,08	0,91	0,11	1,34	4,60	0,30	0,01	9,07	
	MC-6	52,11	23,93	8,85	0,86	0,11	1,52	4,38	0,39	0,03	7,81	
	<u>Sondeo n° 4</u>											
"	B-1	50,33	25,55	7,97	0,86	0,25	1,08	4,32	0,34	0,02	9,20	↓ 65
	B-2	51,60	27,23	5,41	0,88	0,20	1,29	4,61	0,28	0,02	8,44	
	B-3	50,77	24,86	8,48	0,92	0,35	1,43	4,70	0,28	0,02	8,10	
	B-4	51,26	25,72	5,87	0,93	0,38	1,49	4,50	0,23	0,14	9,36	
	B-5	52,98	24,31	8,05	0,85	0,24	1,53	4,46	0,28	0,02	7,25	
	B-6	50,85	24,66	9,13	0,94	0,25	1,39	4,57	0,46	0,02	7,70	
	B-7	53,54	23,23	6,37	1,01	0,34	1,64	4,31	0,33	0,04	9,13	
	B-8	52,34	24,24	8,01	0,85	0,29	1,17	4,45	0,24	0,01	8,34	

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	Ppc.	SO ₄ ²⁻	
Fm. Vega de Pas	B-9	50,08	22,42	9,94	0,84	1,60	1,61	4,91	0,22	0,04	8,27	↑ < 0,1 ↓	
	B-10	52,11	22,71	10,12	0,94	0,23	1,52	4,75	0,40	0,01	7,20		
<u>Sondeo n° 5</u>													
Fm. Vega de Pas	Z-1	61,57	20,66	4,15	1,14	0,36	0,84	3,66	0,30	0,01	7,15		
	Z-2	55,79	24,08	6,29	1,07	0,15	1,12	4,44	0,46	0,01	6,50		
	Z-3	56,00	23,98	6,19	1,03	0,14	1,00	4,47	0,39	0,01	6,74		
	Z-4	57,09	23,41	5,73	1,04	0,20	0,97	4,51	0,44	0,00	6,50		
	Z-5	58,01	22,24	4,71	1,09	0,28	0,99	4,26	0,39	0,08	7,84		
	Z-5bis	53,95	23,97	7,91	0,99	0,20	0,95	4,43	0,43	0,01	7,10		
	Z-6	55,12	23,11	7,88	1,02	0,24	0,96	4,28	0,42	0,01	6,90		
	Z-7	54,30	23,70	7,80	1,01	0,19	0,99	4,40	0,55	0,01	7,00		
Z-8	54,57	22,45	9,20	0,93	0,32	0,99	4,35	0,54	0,01	6,50			
<u>Sondeo n° 6</u>													
"	BAR-1	52,22	24,83	7,86	0,89	0,20	1,60	4,91	0,54	0,02	6,90		
	BAR-2	49,03	24,84	11,04	0,86	0,18	1,81	4,41	0,65	0,03	7,16		
	BAR-3	48,72	24,48	12,30	0,88	0,16	1,61	4,40	0,57	0,02	6,86		
	BAR-4	50,22	25,38	9,24	0,86	0,20	1,54	4,84	0,58	0,02	7,10		
	BAR-5	52,78	23,35	8,91	0,88	0,26	1,74	4,44	0,62	0,06	6,90		
	BAR-6	53,95	24,57	6,43	0,88	0,25	1,63	4,65	0,38	0,02	7,20		
	BAR-7	53,15	31,75	1,09	0,36	0,09	0,32	1,71	1,04	0,00	10,46		
	BAR-8	53,24	24,48	7,04	0,93	0,28	1,40	5,00	0,40	0,02	6,80		
	BAR-9	54,38	23,92	7,12	0,88	0,25	1,49	4,74	0,77	0,03	6,34		

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	Ppc.	SO ₄ ²⁻
Fm. Vega de Pas	BAR-10	53,48	26,18	5,16	0,91	0,26	1,18	4,79	0,51	0,01	7,48	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 100%; width: 2px;"></div> <div style="margin: 0 5px;"> $< 0,1$ </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 100%; width: 2px;"></div> </div>
	BAR-11	51,88	24,78	8,53	0,91	0,15	1,56	4,51	0,74	0,02	6,95	
	BAR-12	50,72	25,14	9,47	1,08	0,12	1,32	4,50	0,74	0,02	6,87	
	<u>Sondeo n° 7</u>											
Fm. Las Rozas	OR-1	55,38	24,82	5,19	0,86	0,31	0,73	3,17	0,26	0,02	9,20	
	OR-2	55,58	26,43	2,82	1,21	0,31	0,77	3,36	0,22	0,00	9,23	
	OR-3	57,98	26,19	1,65	1,23	0,33	0,59	2,36	0,20	0,00	9,41	
	OR-4	64,15	21,28	1,81	1,30	0,27	0,68	3,04	0,22	0,00	7,20	
	OR-5	60,60	22,14	3,83	1,39	0,34	0,48	2,04	0,73	0,00	8,40	
	OR-6	58,99	24,24	2,52	1,30	0,32	0,67	2,83	0,16	0,00	8,92	
	OR-7	53,42	26,81	4,48	1,25	0,35	0,67	2,62	0,32	0,00	10,00	
	OR-8	51,16	26,42	7,12	1,03	0,33	0,83	4,09	0,44	0,00	8,44	
	OR-9	53,58	29,57	4,13	0,46	0,29	0,49	1,85	0,27	0,12	9,20	
	OR-10	57,95	25,54	1,74	1,05	0,28	0,93	4,61	0,38	0,00	7,46	
	OR-11	55,43	26,62	1,48	1,07	0,28	0,87	4,52	0,31	0,00	9,34	
	OR-12	54,69	27,03	1,41	1,01	0,28	0,86	4,41	0,32	0,00	9,90	
	OR-13	54,54	27,95	1,97	1,09	0,38	0,65	2,67	0,15	0,00	10,56	
	OR-14	60,32	23,02	2,77	1,45	0,29	0,63	3,01	0,27	0,00	8,20	
	OR-15	58,20	25,44	2,15	1,07	0,23	0,81	4,48	0,31	0,00	7,26	
	OR-16	55,43	27,78	1,49	1,03	0,27	0,82	4,32	0,35	0,00	8,40	
	OR-17	50,19	25,40	0,73	1,08	0,15	0,51	3,08	0,17	0,00	18,63	
	OR-18	60,55	23,99	1,69	1,28	0,27	0,65	3,41	0,23	0,00	7,85	
	OR-19	58,54	24,93	1,89	1,31	0,29	0,72	3,52	0,38	0,00	8,38	

TABLA 3

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	Ppc.	SO ₄ ²⁻
	<u>Sondeo n° 8</u>											
Fm. Las Rozas	LL-1	51,46	30,61	2,03	0,94	0,20	0,54	3,28	0,24	0,00	10,65	↑
	LL-2	52,70	30,18	2,13	0,88	0,16	0,48	3,32	0,35	0,00	9,75	
	LL-3	49,63	29,72	1,99	0,97	0,23	0,51	2,77	0,28	0,00	13,84	
	LL-4	53,85	28,51	1,84	1,07	0,19	0,47	3,39	0,26	0,00	10,38	
	LL-5	50,28	31,03	1,81	0,92	0,24	0,48	2,82	0,30	0,00	12,09	
	LL-6	48,26	32,20	2,18	0,81	0,26	0,50	2,81	0,24	0,00	12,68	
	LL-7	83,62	9,71	0,50	0,69	0,05	0,02	2,37	0,22	0,00	2,79	
	LL-8	52,85	29,88	1,83	1,01	0,16	0,48	3,40	0,46	0,00	9,90	
	<u>Sondeo n° 9</u>											
Fm. La Canal	PO-1	52,86	31,57	1,01	0,96	0,10	0,47	3,40	0,22	0,00	9,41	↓
	PO-2	50,67	34,50	0,59	0,38	0,06	0,24	1,94	0,15	0,00	11,46	
	PO-3	49,63	35,22	0,57	0,65	0,05	0,21	1,65	0,16	0,00	11,85	
	PO-4	54,99	28,05	2,73	0,97	0,09	0,72	4,87	0,27	0,00	7,30	
	PO-5	51,81	27,32	7,12	0,88	0,17	0,65	4,14	0,24	0,00	7,66	
	PO-6	53,50	29,54	2,33	0,96	0,14	0,72	4,27	0,28	0,00	8,27	
	PO-7	53,41	30,60	1,44	0,92	0,12	0,61	3,95	0,23	0,00	8,70	
	PO-8	54,98	29,19	1,39	1,06	0,13	0,67	4,29	0,28	0,00	8,00	
	PO-9	50,07	34,49	0,66	0,79	0,09	0,25	2,03	0,16	0,00	11,45	
	PO-10	56,43	27,92	1,50	1,00	0,11	0,69	4,54	0,31	0,00	7,50	
	PO-11	55,06	26,86	4,56	0,95	0,13	0,60	3,94	0,30	0,00	7,60	

< 0,1

88

TABLA 3

UNIDAD GEOLOGICA	MUESTRAS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	Ppc.	SO ₄ ²⁻
	<u>Sondeo n° 10</u>											
Fm. La Canal	V-1	52,74	28,69	2,50	0,68	0,22	0,66	3,71	0,26	0,01	10,54	↑ < 0,1 ↓
	V-2	54,55	26,80	3,50	0,91	0,20	0,88	5,00	0,35	0,00	7,80	
	V-3	55,44	24,81	4,99	1,02	0,22	0,79	3,95	0,32	0,01	8,44	
	V-4	49,14	24,21	6,10	0,85	0,23	1,00	3,59	0,24	0,02	14,62	
	V-5	50,64	26,76	4,24	0,97	0,39	0,98	3,13	0,17	0,01	12,70	
	V-6	58,47	25,36	1,46	1,18	0,30	0,83	3,63	0,27	0,00	8,51	
	V-7	68,00	19,76	1,16	1,14	0,18	0,58	3,01	0,27	0,00	5,90	
	V-8	60,46	23,47	3,52	1,77	0,23	0,24	1,20	0,11	0,00	9,00	

TABLA 3

roja, cuyos análisis químicos ofrecen valores de Al_2O_3 entre el 20-25% y ricas en álcalis y óxidos de hierro (5-10%). Sus contenidos en CaO y MgO son bastante bajos, en general por debajo del 1%, salvo en los sondeos n°4 y n°5, donde la presencia de calcita se detectó en niveles centimétricos. El contenido en SO_4^{2-} es inferior al 0,5%.

Las arcillas de la Formación Las Rozas pertenecen al grupo de las arcillas de cocción blanca, aunque también existen niveles de arcillas de cocción roja. Los análisis químicos (Tabla 3) proporcionan valores de Al_2O_3 entre el 25-30% y el SiO_2 en torno al 50-55%. Se aprecian unos mayores contenidos en alúmina en los niveles arcillosos sondeados en Llano (sondeo n°8), así como valores de Fe_2O_3 más bajos (próximos al 2% o inferiores).

Los valores de CaO y MgO son muy bajos y los álcalis (K_2O , Na_2O) se hallan entre el 3-4%, fundamentalmente debido al contenido en micas de estas arcillas.

En la Formación Las Rozas se estudio el pH de las muestras, pudiéndose contemplar en la Tabla 4 los resultados obtenidos. Los datos revelan el carácter ácido de aquellas, ya que sólo tres muestras superan el valor de pH 7, lo que viene a estar en consonancia con el medio sedimentario low-lying swamp al que hipotéticamente se asocia el Miembro "Areniscas y Lignitos del Ontañón", que es la unidad geológica donde dichas arcillas se encuentran.

En la Fig.15 se puede contemplar el esquema que indica la toma de muestras en superficie, dentro de la cantera de Llano, y el valor del pH calculado.

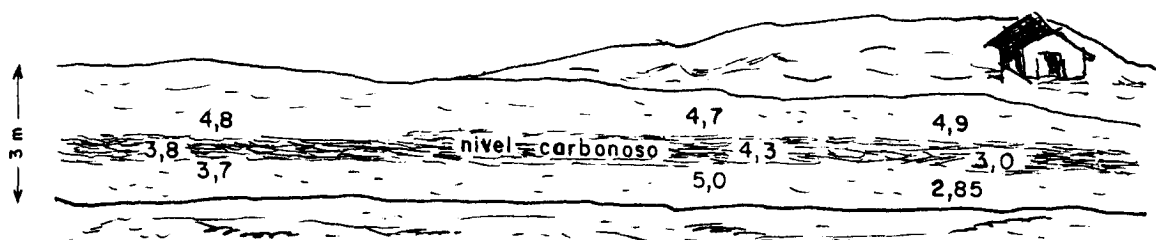


Fig.15

TABLA 4

<u>Muestra</u>	<u>/</u>	<u>pH</u>
OR-1	/6	2
OR-2	/4	7
OR-3	/7	1
OR-4	/6	3
OR-5	/6	7
OR-6	/6	0
OR-7	/5	6
OR-8	/5	2
OR-9	/6	8
OR-10	/7	4
OR-11	/4	4
OR-12	/4	9
OR-13	/4	3
OR-14	/5	5
OR-15	/7	7
OR-16	/5	5
OR-17	/4	1
OR-18	/5	3
OR-19	/6	0
LL-1	/5	1
LL-2	/5	2
LL-3	/4	4
LL-4	/4	9
LL-5	/5	3
LL-6	/6	0
LL-7	/6	7
LL-8	/4	7
LA-9	/4	9
LA-10	/5	0
LA-11	/4	3
LA-12	/4	7
LA-13	/3	7
LA-14	/3	8
LA-15	/4	8
LA-16	/4	0
LA-17	/3	9
LA-18	/4	1

Los análisis de las muestras de la Formación Las Peñas son muy semejantes a los obtenidos en la Formación Las Rozas, aunque con un mayor contenido en Fe_2O_3 (alrededor del 3%) y también en K_2O y Na_2O (Tabla 3).

La Formación La Canal, dada su composición arenosa predominante, ofrece valores de SiO_2 (todo-uno) de alrededor del 80-90%, siendo el resto prácticamente Al_2O_3 y Fe_2O_3 .

Los contenidos en Al_2O_3 son bastante altos en algunas muestras, hasta un 35% (Tabla 3), fundamentalmente debido a la fracción arcillosa que algunas arenas poseen.

Las muestras terciarias presentan significativos contenidos en CaO , alcanzándose valores de hasta un 15% (todo-uno). Lógicamente poseen también unas altas pérdidas por calcinación.

Son bastante ferruginosas, con un contenido medio en Fe_2O_3 del 5%, y el contenido en SiO_2 ronda el 45%.

En un diagrama triangular de vértices: SiO_2 , Al_2O_3 y resto de óxidos, se pueden contemplar con detalle las proyecciones de los puntos de las muestras analizadas, exclusivamente las procedentes de los testigos de los sondeos (Fig. 16).

De dicho diagrama se desprende que las muestras terciarias (Fm. Oyambre y Fm. Merón) son las que poseen los mayores contenidos en óxidos no de SiO_2 y Al_2O_3 , si se considera una recta paralela al lado opuesto del vértice Resto de Oxidos, estando las muestras de la Fm. Vega de Pas y en último lugar las pertenecientes a las formaciones Las Rozas y La Canal. A su vez, si en dicho diagrama trazamos otra recta paralela al lado opuesto del vértice Al_2O_3 vemos que las muestras pertenecientes a las formaciones La Canal y Las Rozas son las que poseen unos mayores contenidos en alúmina, en concordancia con los resultados comentados anteriormente.

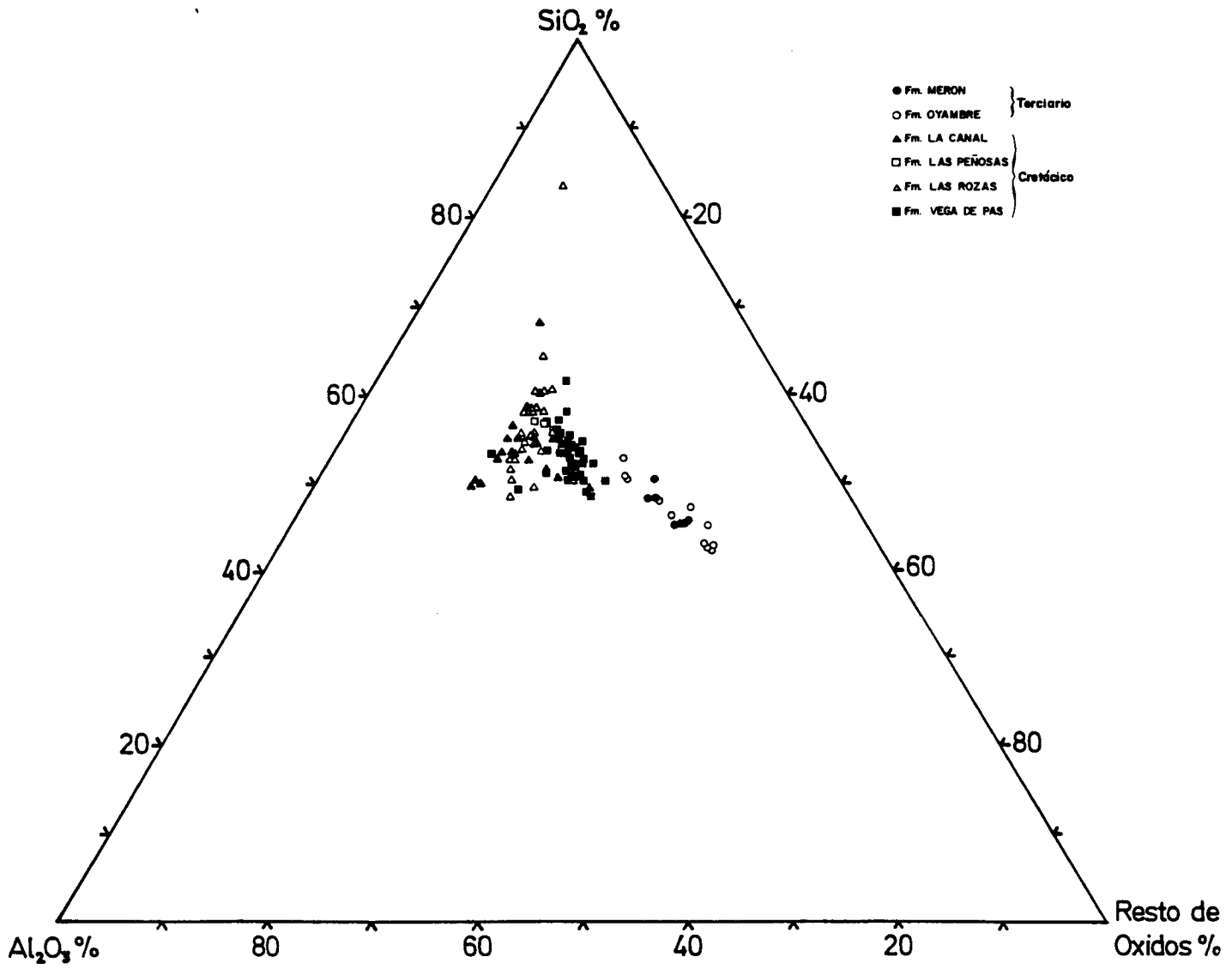


Fig. 16

IX.4.- Análisis tecnológicos y su comentario

Los análisis tecnológicos han sido reducidos en número, dado que ya había antecedentes analíticos en la 1^ª Fase de investigación, y lo que se ha pretendido ha sido complementar dicho estudio, además de poner en evidencia la cantidad de material arcilloso presente en las formaciones investigadas y sobre todo su utilidad industrial.

Del conjunto de 10 sondeos realizados se escogieron los que mostraron unos resultados más favorables, tanto en cantidad como en calidad, del producto arcilloso y así se eligieron: el sondeo n^º1 (Prellezo), de materiales terciarios, que fue la base de los ensayos tecnológicos; el sondeo n^º6 (Barcenilla), de materiales "wealdenses", y el sondeo n^º8 (Llano), de arcillas cuyas características cerámicas diferían de las de los anteriores sondeos. Se podría decir que las arcillas de los sondeos n^{ros} 1 y 6 pertenecen al grupo de las arcillas de cocción roja, mientras que las del sondeo n^º8 se engloban dentro del grupo de las arcillas de cocción blanca.

Observando el informe del ITGE (1988), en el apartado de los análisis tecnológicos, se pueden revisar los ensayos realizados en aquel entonces y que en este Proyecto se repiten y a continuación se detallan:

Propiedades en crudo :

- Plasticidad (límites de Atterberg)
- Densidad aparente de probetas
- Resistencia a la flexión en seco y en cocido (2 temp.).
- Agua de amasado y contracción de secado.

Propiedades en crudo :

- Contracción lineal (5 temp.)
- Absorción en agua (5 temp.)
- Blancura (5 temp.)
- Coeficiente y curva de dilatación
- Ensayo de corazón negro
- Curva de defloculación

Todas estas determinaciones analíticas constituyen un ensayo tecnológico tipo de caracterización de una arcilla para su posible uso industrial. En este Proyecto de investigación se han obtenido las propiedades tecnológicas de los niveles pertenecientes al Terciario (dos muestras del sondeo n°1) y al Cretácico (una muestra del sondeo n°6 y otra del sondeo n°8).

Como segunda parte del conocimiento de las propiedades tecnológicas de los niveles arcillosos investigados, se realizaron tres estudios composicionales a escala semi-industrial con los mismos materiales ensayados tecnológicamente. En este caso se tomaron 30 Kg de testigo del tramo del sondeo a caracterizar y que, en general, correspondía a unos 3-5 m de columna perforada.

Las composiciones semi-industriales que se realizaron y los materiales y porcentajes que intervinieron en las mismas fueron las siguientes:

* Composición de Pavimento Poroso en pasta roja:

- 70% (muestra n°4 del sondeo 1)
- 30% (muestra n°8 del sondeo 6)

* Composición de Pavimento Extrusionado Poroso en pasta roja:

- 40% (muestra n°4 del sondeo 1)
- 60% (muestra n°8 del sondeo 6)

* Composición de Loza :

35% (muestra nº5 del sondeo 8)

15% Caolín

25% Cuarzo

25% Creta

En el volumen anexo de los análisis tecnológicos ITGE (1988) se pueden consultar los procedimientos de ensayo realizados, así como la descripción de la técnica analítica utilizada en cada caso.

Los resultados obtenidos y su comentario son los siguientes:

La muestra BAR-8 ensayada, del sondeo nº6 y perteneciente al "Wealdense", presenta un comportamiento tecnológico muy adecuado al uso al que está predestinada.

Su índice de plasticidad es bajo (8,3%) lo que implica un valor bajo de la resistencia mecánica en seco. Presenta un buen grado de compactación por su favorable distribución granulométrica. Por su alto contenido en desgrasantes posee un alto grado de fundencia, lo que origina elevados valores de resistencia mecánica en cocido

En resumen, por sus propiedades tecnológicas, la muestra BAR-8 sería utilizable, prácticamente por sí sola, en la fabricación de pavimento gresificado por prensado, siendo una materia prima muy interesante en la fabricación de productos cerámicos de pasta roja, tanto por extrusión como por prensado, de baja porosidad o "gres".

La muestra ACI-1 (también LL-5 del sondeo nº8), que representa a la típica arcilla de cocción blanca, posee unas variadas propiedades tecnológicas. Así, posee un mal comportamiento en la operación de prensado, por su alto

contenido en fracción fina y también por la elevada proporción de materia orgánica (carbonosa). La resistencia mecánica en seco no es muy elevada y en la cocción del producto se observa una cierta contracción lineal a distintas temperaturas, probablemente debido a la elevada porosidad interna que produce la elevada pérdida por calcinación.

Esta arcilla se podría utilizar para la fabricación de lozas como un componente más, entre otros adicionantes, sometiéndola a ciclos de cocción lentos, a causa del elevado contenido en materia carbonosa que presenta.

Las muestras SP-4 y SP-8, tomadas en el sondeo n°1, pertenecen al Sistema Terciario y la primera (SP-4) corresponde al Oligoceno Inferior (Fm. Merón) y la segunda (SP-8) al Priaboniense (Fm. Merón).

Sus comportamientos tecnológicos son muy similares, en consonancia con su idéntico aspecto de visu, y así, poseen contenidos medios en hierro y una alta proporción de minerales desgrasantes (cuarzo y calcita principalmente).

Son arcillas de una plasticidad media, con una buena distribución granulométrica que facilita una favorable compactación y un alto valor de la resistencia mecánica en seco.

Su comportamiento en cocido se traduce en unos muy bajos valores de contracción, con la variación de la temperatura, y una tendencia a formar corazón negro.

A la vista de sus características tecnológicas, su aplicación recae en el campo de la fabricación de productos porosos de pasta roja, tanto por extrusión como por prensado, teniendo presente que se han de realizar ciclos de cocción lentos por la presencia de algo de materia orgánica.

En la Tabla 5 se puede apreciar el posible uso cerámico

USOS CERAMICOS DE LAS ARCILLAS

		ACI-1	BAR-8	SP4	SP8
Loza feldespática		*			
Loza calcárea		*			
Gres artístico		*			
Porcelana sanitaria		*			
Porcelana artística					
Porcelana vajillas					
Prensado	< Pavimento gresificado en pasta blanca.				
	< Pavimento gresificado en pasta roja.		**		
	< Revestimiento poroso en pasta blanca.				
	< Revestimiento poroso en pasta roja.		*	**	**
Extrusionado	< Pavimento poroso (sin esmaltar)		*	**	**
	< Pavimento gresificado (clinker)		**		
Ladrillo caravista			**	**	**
Ladrillo hueco			**	**	**
Tejas			**	**	**

* Posibilidad de uso media.
 ** Posibilidad de uso alta.

Tabla 5

de las arcillas ensayadas.

Una vez conocidas las propiedades tecnológicas de las arcillas que se consideraron las más adecuadas para ser ensayadas semi-industrialmente, se procedió a elegir las composiciones de pastas cerámicas acordes con sus características y así se eligieron las siguientes:

- * Composición de Pavimento Extrusionado Poroso
- * Composición de Revestimiento Poroso en Pasta Roja
- * Composición de Loza

- * Composición de Pavimento Extrusionado Poroso

Para la fabricación de este producto se ha partido de una composición con un contenido medio en carbonatos, entre un 6-8%, que son aportados por la muestra arcillosa SP-4, suministrando además una plasticidad adecuada para la extrusión. También interviene en el proceso composicional la muestra de arcilla BAR-8, que por su baja plasticidad actúa como material desgrasante, además de mejorar la compactación y la fundencia del producto.

Los resultados obtenidos fueron óptimos con buenos comportamientos tanto en el proceso de extrusión como de compactación. El rango de cocción es adecuado, debido a la estabilidad dimensional que originan las fases de silicoaluminato cálcico.

Hay que reseñar, por último, que en las piezas cocidas se han observado eflorescencias, posiblemente de sulfatos, por lo que será conveniente adicionar pequeñas cantidades de carbonato de bario.

En la Fig. 17 se puede observar la fotografía de la composición obtenida.

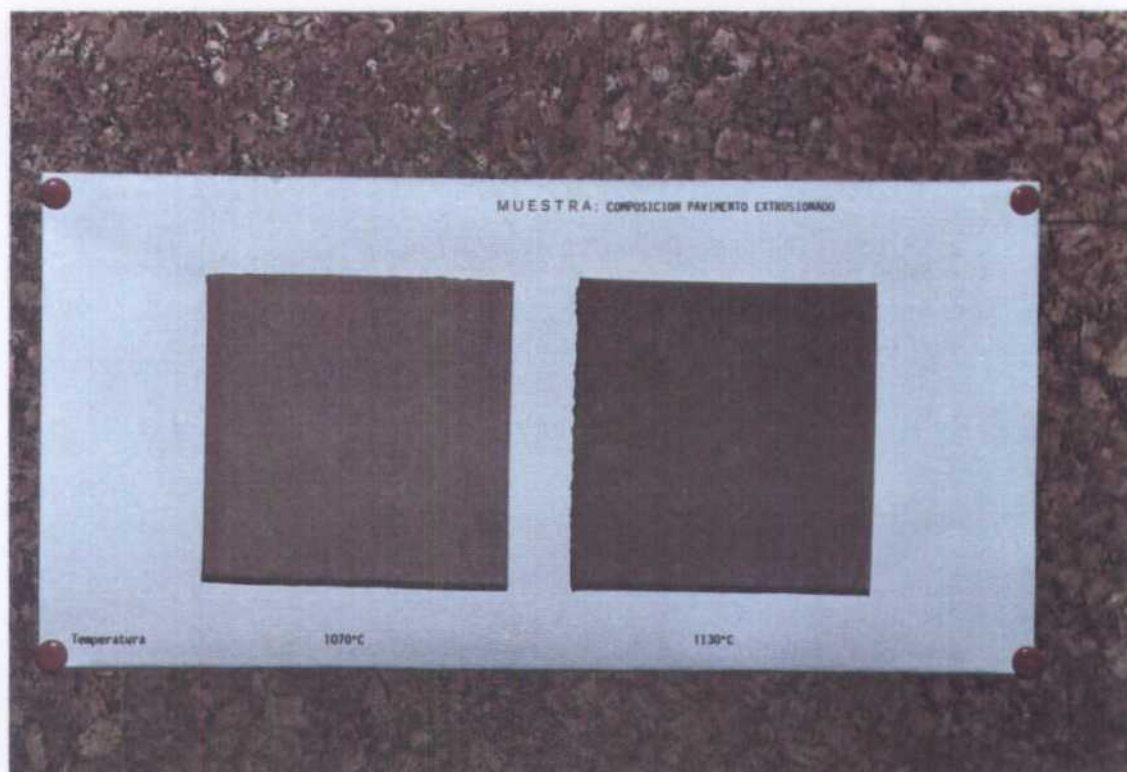


Fig. 17

* Composición de Revestimiento Poroso en Pasta Roja

Se han elegido arcillas illítico-caoliniticas con cantidades variables de carbonatos, con porcentajes del 14% o incluso superiores, que proporcionan a la pieza, además de una elevada porosidad, características como estabilidad dimensional, baja expansión por humedad, etc.

La arcilla illítico-caolinitica interviniente en el ensayo semi-industrial fue la BAR-8, y la arcilla portadora de altos contenidos en carbonatos fue la SP-4 .

Los resultados mostraron que la composición elegida presenta un buen comportamiento en la operación de prensado,

siendo aconsejable trabajar con humedades por encima del 5,5%, para asegurar la resistencia mecánica necesaria para la adecuada manipulación de las piezas en los procesos de monococción.

El rango de cocción es el típico para este tipo de composiciones, con valores de resistencia mecánica en cocido adecuados, incluso a 1.080°C, por lo que la temperatura de cocción de la composición elegida, en un ciclo rápido típico de monococción, se sitúa alrededor de los 1.080-1.130°C .

En la Fig. 18 se muestra la fotografía de las piezas de la composición elegida.

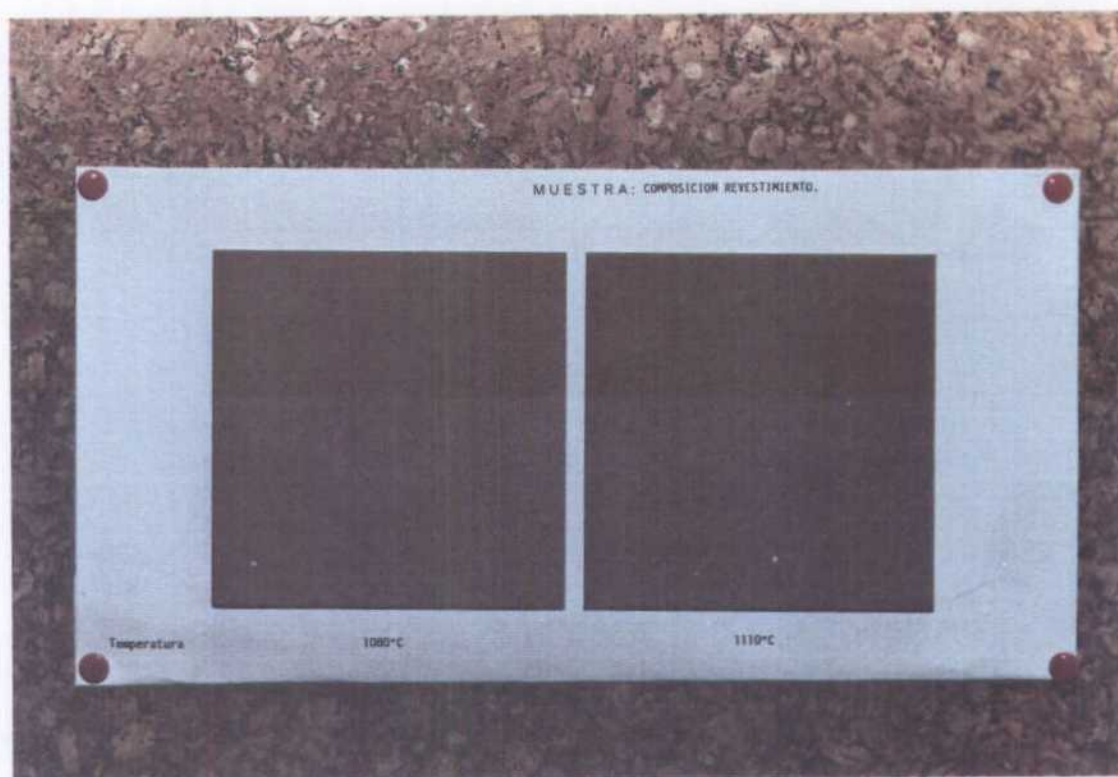


Fig. 18

* Composición de Loza

El proceso estándar por el que se fabrican este tipo de piezas sería:

- Colado en molde de escayola/torneado
- Cocción a 1000-1050°C para la obtención de un bizcocho poroso
- Esmaltado por inmersión (o por pistola)
- Cocción del esmalte a unos 950°C
- Decoración (opcional)
- Cocción de la decoración (opcional)

Los resultados obtenidos indican que la composición elegida presenta una defloculación aceptable, con una velocidad de formación de pared alta, aunque la resistencia mecánica en seco de las piezas es baja.

La composición presenta un buen rango de cocción, con bajas contracciones, aunque con absorciones de agua demasiado altas. Esta composición se estabiliza a partir de los 1.050°C, por lo que podría ser su temperatura de bizcochado, aunque sería conveniente cocerla a mayor temperatura (1.100-1150°C) para mejorar la baja resistencia mecánica de la pieza. En la Fig.19 está la fotografía de la composición.

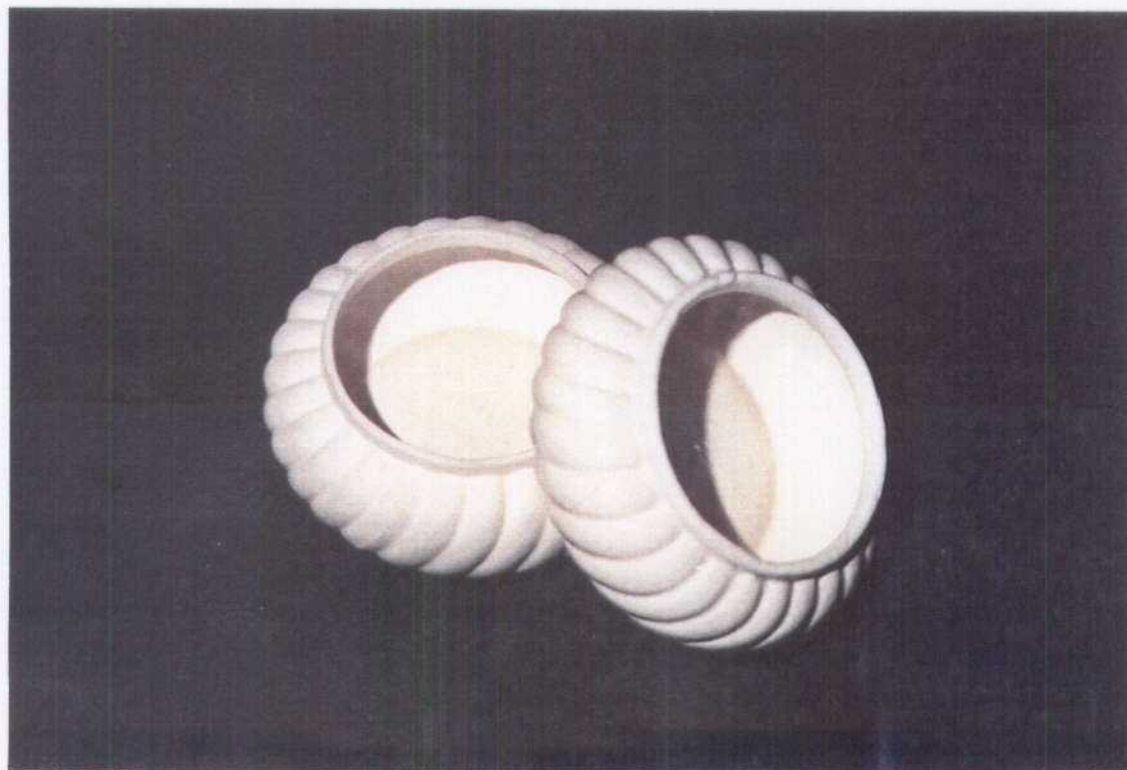


Fig.19

X.- APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE LAS ARCILLAS
INVESTIGADAS POR AREAS

X.- APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE LAS ARCILLAS INVESTIGADAS POR AREAS

Como ya se indicó al comienzo de esta Memoria, de toda la superficie de Cantabria que fue investigada en la 1^ª Fase se dedujeron una serie de zonas de interés, dignas de profundizar su estudio, por sus volúmenes de materiales arcillosos, facilidades de accesos, comunicaciones y calidad de las arcillas.

En líneas generales, y bajo el tema que nos ocupa, a la Comunidad Autónoma de Cantabria hay que observarla bajo dos puntos de vista: 1) Tipos de arcillas que posee, y 2) Areas más favorables.

Pues bien, respondiendo al primer punto hay que decir que dicha Autonomía posee dos grandes grupos de arcillas básicas, que podríamos denominarlas como: a) arcillas de cocción roja (predominantes) y b) arcillas de cocción blanca.

Las arcillas de cocción roja conforman un cajón de sastre muy amplio, con una nomenclatura muy variada, pero con un denominador común, que al efectuarlas un test de cocido manifiestan una coloración rojiza típica, fruto del contenido elevado en hierro (valores superiores al 2%). Por el contrario, las arcillas de cocción blanca, en cocido, mantienen una coloración blanquecina o próxima al color blanco, debido a la escasez de impurezas, sobre todo de óxidos de Fe y Ti, que producen cambio de color con el aumento de la temperatura.

El segundo punto, observando el mapa de Cantabria y sobre todo atendiendo a parámetros como calidad-volumen-comunicaciones, se puede contestar diciendo que las zonas de interés se encuentran en dos áreas geográficas contrapues

tas, una al norte y la otra al sur.

En el norte de Cantabria, por encima de la Sierra del Escudo de Cabuérniga y desde Unquera hasta Santander, destaca la presencia de arcillas de cocción roja en las formaciones "Vega de Pas" (Cretácico) (2 en Fig. 20) y Merón y Oyambre (terciarias) (1 en Fig. 20), cuyas potencias

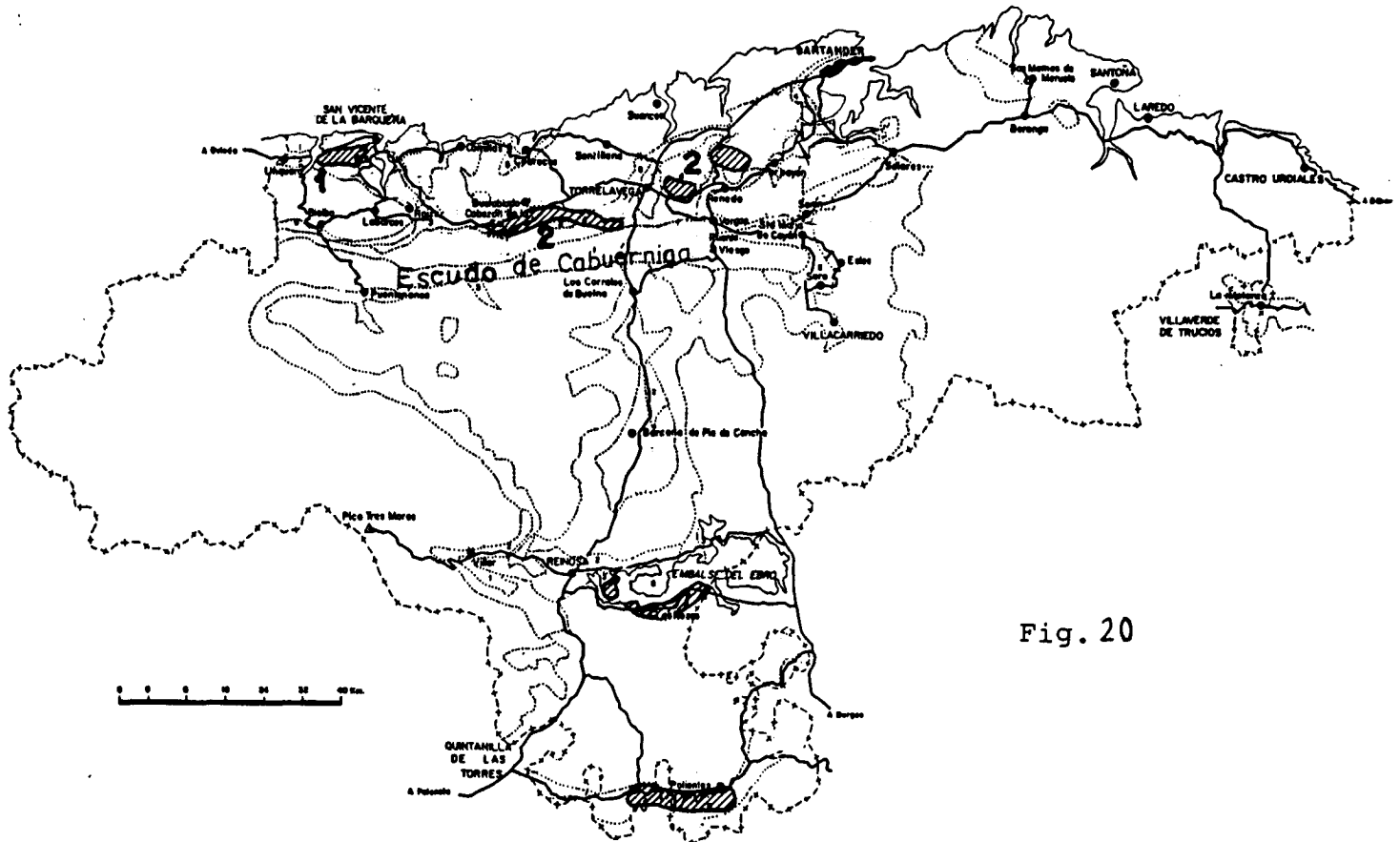


Fig. 20

de niveles arcillosos son considerables y su corrida es amplia. Son arcillas rojas con un aprovechamiento industrial complementario, y así, mientras las cretácicas son excelentes para la fabricación de productos de "gres", las terciarias lo son para la obtención de productos porosos o de mayólica, por su alto contenido en carbonatos. Las mezclas composicionales de ambos tipos de arcillas, que han sido estudiadas en este Proyecto, proporcionan unos resultados

la Formación Bárcena Mayor son irregulares en cuanto a la frecuencia de su aparición y así se puede reconocer en los alrededores del cementerio de Torrelavega y en la estructura sinclinal entre Polanco y Renedo de Piélagos.

Hacia Santander, la Formación Bárcena Mayor es más difícil reconocerla por el gran fallamiento y fenómenos de diapirismo que existen en la zona y que no la dejan aflorar, ahora bien se puede observar su presencia en el flanco sur de la estructura sinclinal entre el Alto de la Venta de la Morcilla y la tejera Trascueto (Camargo).

Un área muy interesante para establecer una posible extracción de estas arcillas rojas "wealdenses" de la Formación Vega de Pas se encuentra en los alrededores de Barcenilla (Piélagos), donde el sondeo nº6 efectuado confirmó las primeras perspectivas de zona favorable.

Por otra parte, en el sur de Cantabria las áreas más interesantes para la posible explotación de materiales arcillosos se encuentran en el borde sur del Embalse del Ebro y en una banda rectangular entre Polientes y Villanueva de la Nía, dentro del municipio de Valderredible (Fig.21).

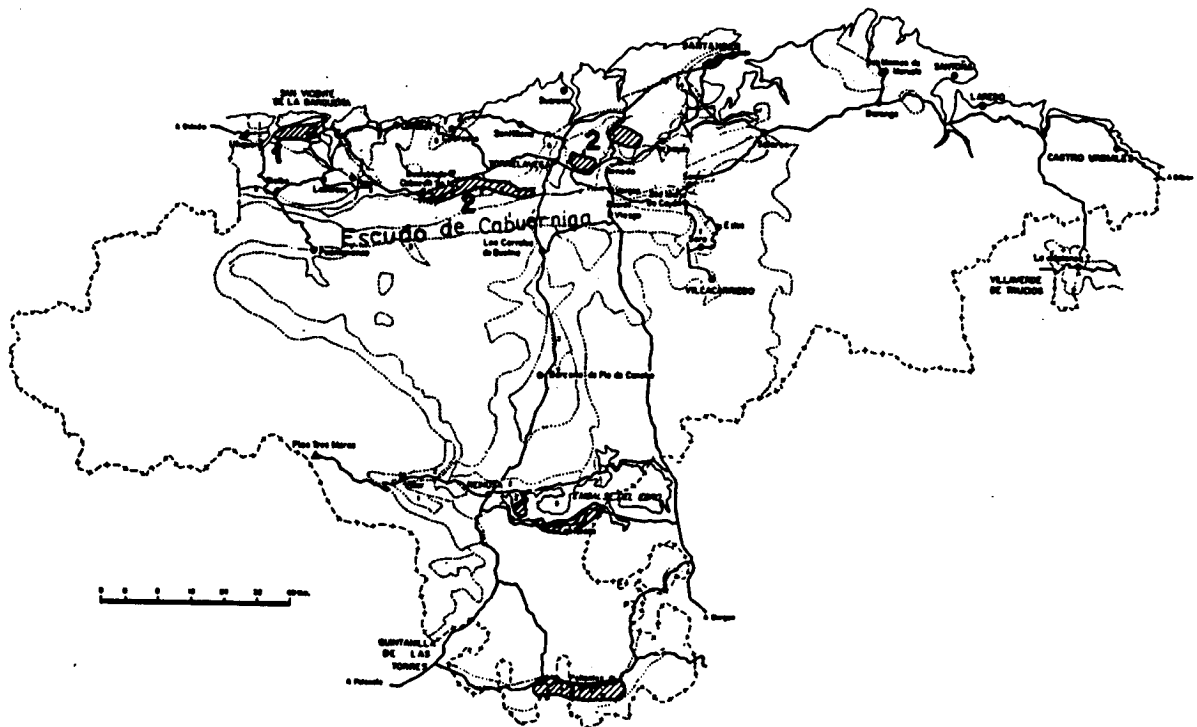


Fig. 21

En general, en estas áreas se pueden encontrar arcillas de cocción blanca, aunque también existen arcillas de cocción roja.

La Formación Las Rozas, aflorante en el entorno del Embalse del Ebro, posee arcillas cuya aplicación industrial se dirige hacia los sectores de loza y porcelana y también de pavimentos y revestimientos de pasta blanca.

En los alrededores de Polientes, donde afloran materiales de la facies Utrillas, existen niveles arcillosos y arenas caoliníferas cuya posible utilidad industrial recaería dentro del sector de la loza y la porcelana.

Los niveles de arcillas de cocción blanca existentes en el sur de Cantabria tienen en contra, frente a las arcillas rojas del norte, la escasa potencia de los estratos (2-4 m) y los frecuentes cambios laterales de facies.

Con todo lo hasta aquí expuesto, hay que dejar claro que esta 2^a Fase de investigación no deja de ser una fase de actuación exploratoria y que número de sondeos efectuados ha sido escaso para la valoración última de los recursos existentes, aunque eso sí, de los pocos sondeos realizados se desprenden ciertas orientaciones acerca de las características litológico-arcillosas de las formaciones estudiadas.

XI.- POSIBILIDADES Y PERSPECTIVAS

XI.- POSIBILIDADES Y PERSPECTIVAS

Ante el margen de tiempo transcurrido desde mediados de 1986, fecha de inicio del Proyecto: "Posibilidades de Rocas Arcillosas en Cantabria", hasta estos primeros meses de 1990, en los que se culmina la memoria de este Proyecto: "Aprovechamiento Industrial de Arcillas en Cantabria", cabe comentar las verdaderas posibilidades y perspectivas de las arcillas investigadas.

En primer lugar, hay que resaltar que con la 1^ª Fase de investigación realizada, se dejó el tema objeto de estudio bastante perfilado y con los objetivos cumplidos. Ahora bien, dados los favorables resultados conseguidos y para ahondar, aún más, en el conocimiento de las arcillas de Cantabria se efectuó una 2^ª Fase de investigación, en la que mediante sondeos, en las zonas favorables elegidas en el primer estudio, recorridos de campo, con cartografía a escala 1/10.000, y otras técnicas de apoyo, como la geofísica, se ha puesto de manifiesto el gran potencial que existe en Cantabria para la explotación de este tipo de materiales.

En esta Comunidad Autónoma, las arcillas que se investigaron tienen su campo de aplicación fundamental en el sector industrial de la cerámica, en su sentido amplio. En dicho sector, la materia prima no se utiliza tal y como se arranca de la cantera, sino que sufre unas mezclas y unas adiciones que le proporcionan las características tecnológicas últimas que la harán práctica en su uso comercial.

Con todo esto se quiere decir, que un material, una arcilla en este caso, para formar parte de un producto cerámico elaborado, puede entrar en la composición con bajos porcentajes, hasta un 30% por ejemplo, siendo el resto otros compuestos más puros y de análisis químicos

conocidos, como caolines estandares comerciales, feldespatos, etc. Por tanto, no hay que dejarse llevar ante una posible afirmación de que esta o aquella arcilla pueda ser utilizada para la fabricación de este o aquel producto cerámico, ya que serán los estudios de tipo semi-industrial, tanto del todo-uno como de las materias primas adicionantes, no existentes en la cantera de extracción, los que nos indicaran la viabilidad de la operación.

En productos cerámicos como los ladrillos y las tejas no es preciso efectuar, de manera general, cargas ajenas a la propia materia prima básica, que es la arcilla, para su elaboración. Sin embargo, en el terreno de los productos de "gres" o de mayólica y, por supuesto, de loza y porcelana, los estudios composicionales son básicos para obtener un resultado óptimo en las piezas cerámicas creadas.

En Cantabria, de la investigación realizada por el ITGE, se desprende que existen formaciones arcillosas muy importantes, sobre todo en el campo de la cerámica de cocción roja y así se pueden citar a la Formación Vega de Pas (facies "wealdense"), del Cretácico Inferior, y la formaciones Oyambre y Merón, pertenecientes al Terciario. Tanto los materiales arcillosos del Cretácico como los del Terciario poseen en común su coloración rojiza, aunque su contenido en carbonatos los diferencia claramente en favor de estos últimos.

Otras formaciones arcillosas interesantes, en este caso con arcillas de cocción blanca, son las pertenecientes a la formaciones Las Rozas y La Canal (facies Utrillas), si bien sus recursos potenciales son notablemente inferiores a los de las arcillas de cocción roja anteriormente expuestas.

A lo largo de estos años de investigación, el ITGE

ha pretendido caracterizar, en su sentido más amplio, los niveles arcillosos de Cantabria y demostrar su utilidad industrial. Los objetivos, aunque modestamente, se han conseguido y se ha abierto el camino para seguir efectuando estudios, sobre todo en el campo de los ensayos tecnológicos, mediante nuevas mezclas y composiciones de las materias primas arcillosas existentes en Cantabria.

Así, se ha comprobado que las arcillas rojas "wealdenses" de la Formación Vega de Pas son utilizables, prácticamente por sí solas, para la fabricación de productos de "gres" y, combinadas con las arcillas rojas terciarias, proporcionan unas buenas piezas de mayólica (azulejos para revestimientos).

Estos dos grandes tipos de productos constituyen la producción mayoritaria de baldosas cerámicas en la Comunidad Valenciana (más de 150 fábricas en la Provincia de Castellón de la Plana), donde se efectuó una producción diaria, para el año 1988, de 250.000 m² para el pavimento gresificado y de 300.000 m² para el revestimiento poroso, que supuso unos 3.500.000 ton/año de arcillas (Beltrán Porcar, 1988).

También se ha demostrado que las arcillas de tipo "plastic clay", asociadas a los lechos de lignitos aflorantes en el entorno del Embalse del Ebro, y las observadas en los alrededores de Polientes, al sur de Cantabria, son adecuadas para la fabricación de productos de loza y porcelana. El hándicap que poseen estos niveles arcillosos es el de su potencia irregular, por el cambio lateral de facies que presentan.

Se han detectado arenas caoliníferas en Polientes, aunque estas tienen en su contra para su posible explotación la escasa matriz arcillosa que las mismas presentan (≈ 10%), su escasa potencia y las reservas limitadas existentes.

Los resultados de los análisis químicos de la fracción arcillosa de las arenas caoliníferas investigadas son bastante aceptables y se podrían mejorar parámetros, como la blancura, si el producto se trata con hidrosulfito sódico, para la lixiviación del hierro, y a la vez se somete, a los productos de rebose del ciclón, a tratamientos magnéticos de alta intensidad (≈ 12.000 gauss).

Como recomendación posible, en el área de Polientes, cabría realizar un sondeo mecánico, situado entre los S.E.V. números 1 y 2, dada la información geofísica generada con la elaboración de dichos perfiles.

Como se ha podido comprobar a lo largo de la lectura, no sólo de esta memoria, sino de la elaborada en la investigación de 1^a Fase (ITGE, 1988), las posibilidades de rocas arcillosas en Cantabria y su aprovechamiento industrial han quedado establecidas, dentro de los objetivos perseguidos. Así, hay indicios posibles y yacimientos de niveles arcillosos de interés minero y además se ha contrastado, mediante sondeos, su posible continuidad lateral o corrida. Los numerosos análisis y los ensayos realizados demuestran el uso adecuado de cada arcilla para una u otra aplicación industrial y todo ello servirá, en conjunto, para orientar el posible establecimiento de una explotación o explotaciones que, en función de sus necesidades, beneficien a las distintas variedades de arcillas existentes en Cantabria. La infraestructura industrial en el campo de la cerámica dentro de esta Autonomía es prácticamente nula, sin embargo, hay que volver a insistir, como lo demuestra esta investigación, que existe un potencial muy grande en el campo de las materias primas de cocción roja, a saber: industria de pavimentos y revestimientos cerámicos.

Hasta aquí las reflexiones acerca de las posibilidades y perspectivas de las arcillas de Cantabria que el ITGE

ha puesto de relieve como de interés minero para potenciar, impulsar y fomentar la colaboración de todos aquellos sectores productivos que las demanden.

XII.- CONCLUSIONES

XII.- CONCLUSIONES

De esta 2^ª Fase de investigación de las arcillas de Cantabria se desprenden las siguientes conclusiones, atendiendo a sus características geológico-mineras, geofísicas, granulométricas, mineralógicas, químicas y tecnológicas.

Geología-Minería

- * Las siete áreas geográficas estudiadas en Cantabria, pertenecientes al Dominio Peri-Asturiano, están incluidas dentro de las unidades tectoestratigráficas II y IV de García Mondejar y Pujalte (1981).
- * Los sistemas geológicos investigados y las formaciones correspondientes fueron:

Terciario	{	Fm. Merón
		Fm. Oyambre
Cretácico	{	Fm. La Canal
		Fm. Las Peñas
		Fm. Las Rozas
		Fm. Vega de Pas

- * De las 5.800 Ha aproximadamente cartografiadas se dedujeron los emplazamientos de los sondeos y los tramos favorables de los niveles arcillosos.
- * Se efectuaron 10 sondeos mecánicos con recuperación de testigo, que conforman un total de 757,84 m perforados, siendo muy favorables los sondeos, por las potencias observadas, n^{ros} 1 y 6 .

Geofísica

- * La campaña geofísica, mediante S.E.V. y el apoyo de la testificación geofísica del sondeo nº8, realizada en el sur de Cantabria, no ha dado resultados satisfactorios en la búsqueda de niveles arcillosos favorables, si bien entre los S.E.V. n^{ros} 1 y 2 se detectó una zona de interés, de unos 30-40 m de potencia, a unos 18-30 m de profundidad.

Granulometría

- * Las muestras cretácicas son las que poseen un mayor contenido en fracción arcillosa, y, de mayor a menor proporción de materiales arcillosos, destacan las formaciones siguientes: Fm. Las Rozas (60% de promedio < 4 μ m), Fm. Las Peñosas (50%), Fm. La Canal (36%) y Fm. Vega de Pas (34%).
- * Las muestras terciarias son bastante limosas, con un promedio del 59%, y su contenido medio en la fracción < 4 μ m es del 39% .

Mineralogía

- * La mineralogía encontrada en el conjunto total de las muestras analizadas se resume:

Minerales no arcillosos: cuarzo, feldespatos (k,Na,Ca), carbonatos (calcita, dolomita) y óxidos de hierro.

Minerales arcillosos : caolinita, micas (illita), cloritas, esmectitas y vermiculitas.

- * Los minerales arcillosos característicos de las formaciones geológicas estudiadas fueron:

Cretácico:

Fm. Vega de Pas: altos contenidos en la asociación caolinita-mica y trazas de cloritas y vermiculitas.

Fm. Las Rozas : caolinita predominante y las micas están como accesorias.

Fm. Las Peñas: las micas (tipo illita) son predominantes frente a la caolinita.

Fm. La Canal : asociación mineralógica caolinita-mica, siendo el mineral más abundante el primero.

Terciario:

Fm. Oyambre : asociación mica-caolinita y trazas de cloritas, esmectitas e interestratificados.

Fm. Merón : asociación mica-caolinita y trazas de cloritas e interestratificados.

Quimismo

- * De las 2706 determinaciones analíticas (todo-uno y fracción $< 12 \mu\text{m}$), realizadas sobre las 123 muestras tomadas, se desprende que:

El mayor contenido en Al_2O_3 del conjunto de todas las muestras analizadas lo poseen los niveles de arenas caoliníferas de la Fm. La Canal (hasta un 35%), seguidos por las arcillas de la Fm. Las Rozas. Los valores más bajos en cuanto a su contenido en alumina lo presentan las arcillas terciarias.

El óxido Fe_2O_3 es muy abundante en las arcillas de la Fm. Vega de Pas (5-10%) y en las arcillas del Terciario (5%), lo que les da esa coloración rojiza tan característica.

También las muestras terciarias son ricas en CaO (hasta un 15% en el todo-uno), estando este óxido en moderadas proporciones o prácticamente imperceptible en el resto de las formaciones geológicas estudiadas.

El resto de óxidos, MgO , K_2O , Na_2O , no se encuentran en proporciones muy altas, siendo de destacar que es la Fm. Vega de Pas la que presenta los mayores contenidos en álcalis (4-5%) .

- * Los resultados obtenidos del análisis del pH de las muestras ensayadas proveen datos de su carácter ácido, que están en concordancia con el medio sedimentario al que pertenecen (low lying swamps).

Propiedades tecnológicas

- * Los análisis tecnológicos de las cuatro muestras ensayadas, provenientes de los sondeos mecánicos realizados, indican:
 - a) Que las muestras terciarias (SP-4 y SP-8), pertenecientes respectivamente a las formaciones Merón y Oyambre, poseen unos comportamientos tecnológicos muy similares. Poseen una plasticidad media, una

buena distribución granulométrica y bajos valores de contracción al elevarse la temperatura. Su aplicación industrial recae en el campo de la fabricación de productos porosos de pasta roja, tanto por extrusión como por prensado.

b) La muestra BAR-8, que corresponde al Miembro Capas Rojas de la Fm. Vega de Pas, es una arcilla que por sí sola podría emplearse en la fabricación de pavimento gresificado por prensado, dadas sus inmejorables características tecnológicas para la producción de dichas piezas. Presenta un buen grado de compactación y unos relativos bajos valores de resistencia mecánica en seco.

c) La muestra ACI-1 corresponde al grupo de las arcillas de cocción blanca y pertenece a la Fm. Las Rozas. Presenta un comportamiento tecnológico muy variado y se podría utilizar como componente en la fabricación de lozas, sometiénola a ciclos de cocción lentos debido a su contenido en materia carbonosa.

* Se realizaron tres composiciones semi-industriales:

- Composición de revestimiento poroso en pasta roja
- Composición de pavimento extrusionado poroso en pasta roja
- Composición de loza

* Los resultados obtenidos del estudio de estas composiciones fueron muy satisfactorios, lo que viene a desmostrar la viabilidad de las arcillas de Cantabria para entrar a formar parte, en su totalidad o en parte, de los procesos industriales cerámicos.

XIII.- BIBLIOGRAFIA

XIII.- BIBLIOGRAFIA

BABARRO GISLENO, G.(1988).- Posibilidades de desarrollo de las arcillas cerámicas de la provincia de Valencia. I Encuentro entre la industria de pavimentos y revestimientos cerámicos y la minería de arcillas y caolines en la Comunidad Valenciana.Edit. Consell. Indus. Comer. y Tur. de Valencia, 71-110.

BELTRAN PORCAR, V.(1988).- Productos cerámicos de pavimento y revestimiento.Problemática de fabricación y efectos que introducen la variabilidad de la materia prima y las impurezas en la calidad del producto acabado. I Encuentro entre la industria de pavimentos y revestimientos cerámicos y la minería de arcillas y caolines en la Comunidad Valenciana.Edit. Consell. Indus. Comer. y Tur. de Valencia, 31-36.

CENDRERO, A.; DIAZ DE TERAN, J.R.; FLOR, E.; FRANCES, E.; GONZALEZ LASTRA, J.R. y MARTINEZ INCERA, J.M.(1986).- Guía de la naturaleza de Cantabria.Edit. Librería Estudio, Santander, 256 p.

COLOMER GUINART, S.(1988).- Explotación de arcillas y caolines en la Cordillera Ibérica (Area Valenciana).I encuentro entre la industria de pavimentos y revestimientos cerámicos y la minería de arcillas y caolines en la Comunidad Valenciana.Edit. Consell. Indus. Comer. y Tur. de Valencia, 65-70.

DIAZ RODRIGUEZ, L.A. y GARCIA CORTES, A.(1988).- Depósitos arcillosos terciarios en los alrededores de San Vicente de la Barquera (Cantabria,NE de España):Aspectos genéticos y propiedades cerámicas.VIII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia.Oviedo, 6, 527-536.

DIAZ RODRIGUEZ, L.A.; CALDERON ALMENA, V. y PERALTA VAQUERO, M.(1988).- Tipos de arcillas en Cantabria.II Congreso Geológico de España.Granada, 2, 267-270.

ENADIMSA (1980).- Investigación de caolín en Polientes.Informe inédito.

FEUILLEE, P. y RAT, P.(1971).- Structures et paléogéographies pyrénéo cantabriques.En: Histoire Structurale du Golfo de Gascogne.Edit. Technip, París, V-VI, 1-48.

GARCIA MONDEJAR, J.(1979).- El Complejo Urgoniano del sur de Santander.Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco, 630 p.

GARCIA MONDEJAR, J. y PUJALTE, V.(1981).- El Jurásico Superior t Cretácico Inferior de la Región Vasco-Cantábrica (parte occidental).Libro Guía Jornadas de Campo del Grupo Español del Mesozoico, 154 p.

GOMEZ MORENO, G.; DIAZ RODRIGUEZ, L.A.; CALDERON ALMENA, V. y PERALTA VAQUERO, M.(1988).- Caracterización tecnológica de las arcillas de Cantabria (N de España) y su aprovechamiento industrial.VIII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia.Oviedo, 6, 553-560.

HORNE, J.C.; FERM, J.C.; CARUCCIO, F.T. and BAGANZ, B.P.(1978).- Depositional models in coal exploration and mine planning in appalachian region.Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 62, 12, 2379-2411.

ITGE (1975).- Investigación de las formaciones caoliníferas de la Cordillera Ibérica.Fondo documental del ITGE.Informe inédito.

---- (1985).- Exploración geológico-minera de lignitos en varias áreas del norte de la provincia de Burgos.Fondo documental del ITGE. Informe inédito.

- ITGE (1988).- Posibilidades de rocas arcillosas en Cantabria.
Fondo documental del ITGE. Informe inédito.
- MCCABE, P.J.(1984).- Depositional environments of the coal and coal-bearing strata.En: Sedimentology of coal and coal-bearing sequences.Edit. by A. Rahmani and R.M. Flores; Spec. Publs. Int. Ass. Sediment., 7, 13-42.Blackwell Scientific Publications.Oxford.
- NEWMAN, A.C.D.(1987).- Chemistry of clay and clay minerals.
Mineralogical Society Monograph, 6, 480 p.
- PUJALTE, V.(1982).- El tránsito Jurásico-Cretácico, Berriasiense, Valanginiense, Hauteriviense y Barremiense. En: "El Cretácico en España".Edit. Univ. Compl. de Madrid.
- RAT, P.(1959).- Les pays crétacés basco-cantabriques (Espagne).Pub. Univ. Dijon, 18, 525 p.
- SHEPARD, F.P.(1954).- Nomenclature based on sand-silt-clay ratios.Jour. Sediment. Petrol., 24, 151-158.

ANEXO

INFORME MICROPALAEONTOLOGICO DEL SONDEO N°1 (Prellezo)

INFORME MICROPALAEONTOLOGICO DEL SONDEO N°1 (Prellezo)
 REALIZADO EN LAS CERCANIAS DE SAN VICENTE DE LA BAR-
 QUERA (CANTABRIA)

AUTOR: Angel García Cortés

Muestra P-1: Catapsydrax dissimilis (CUSHM. et BERM.)
 Globorotalia opima nana (BOLLI)
 Pseudohastigerina micra (COLE)
 Globigerina venezuelana (HEDBERG)
 " yeguaensis (WEINZ. et APPLIN)
 " tapuriensis (BLOW et BANNER)

Oligoceno Inferior (zonas P.18 - P.19)

Muestra P-2: Globigerina venezuelana (HEDBERG)
 " ouachitaensis ouachitaensis (HOWE
 et WALL.)
 " yeguaensis (WEINZ. et APPLIN)
 " gortanii (BORSETTI)
 " tapuriensis (BLOW et BANNER)
 " praebulloides (BLOW)
 " tripartita (KOCH)
 " euapertura (JENKINS)
 Catapsydrax dissimilis (CUSHM. et BERM.)
 Globorotalia increbescens (BANDY)

Se ha apreciado un ejemplar de Globigerina praeturilina
 BLOW et BANNER, probablemente resedimentado.

Oligoceno Inferior (zonas P.18 y parte baja de P.19)

Muestra P.3: Catapsydrax dissimilis (CUSHM. et BERM.)
 Pseudohastigerina micra (COLE)

Globigerina pseudovenezuelana (BLOW et BANNER)
 " prasaepis (BLOW)
 " pseudoampliapertura (BLOW et BANNER)

Oligoceno Inferior (zonas p.18 - P.19)

Muestra P.4: Catapsydrax dissimilis (CUSHM. et BERM.)
 Globorotalia opima nana (BOLLI)
 Globigerina tripartita (KOCH)
 " ampliapertura (BOLLI)
 " praebulloides leroyi (BLOW et
 BANNER)
 " pseudovenezuelana (BLOW et BANNER)

Oligoceno Inferior (zonas P.18 - P.20, y por posición
 estratigráfica P.18 - P.19)

Muestra P.5: Catapsydrax dissimilis (CUSHM et BERM.)
 Globigerina cryptomphala (GLAESSNER)
 " prasaepis (BLOW)
 " pseudovenezuelana (BLOW et BANNER)
 " ouachitaensis (HOWE et WALLACE)

Se aprecian ejemplares de Globorotalia cerroazulensis coco-
 aensis (CUSHMAN) y de Globigerina hagni (GOHRBANDT) con claros
 síntomas de resedimentación.

Oligoceno Inferior (zonas P.18 - P.19, y por posición estra-
 tigráfica P.18 - P19) con resedimentación abundante del
 Eoceno Superior.

Muestra P.6: Globigerina tapuriensis (BLOW et BANNER)
 " cryptomphala (GLAESSNER)
 " prasaepis (BLOW)
 Globorotalia increbescens (BANDY)
 Catapsydrax dissimilis (GLAESSNER)

Se observan ejemplares resedimentados de *Globorotalia cerroazulensis cocoaensis* (CUSHMAN) y *Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis* (COLE).

Oligoceno Inferior (zonas P.18 - P.19) con resedimentación abundante del Eoceno Superior

Muestra P.7: *Globigerina yeguaensis* (WEINZ. et APPLIN)
 " *pseudovenezuelana* (BLOW et BANNER)
 " *gortanii* (BORSETTI)
 " *pseudoampliapertura* (BLOW et BANNER)
 " *prasaepis* (BLOW)
Globorotalia cerroazulensis cocoaensis (CUSH.)
 " *increbescens* (BANDY)

Eoceno terminal (Priaboniense Superior) (P.17 alta)

Muestra P.8: *Globorotalia cerroazulensis cocoaensis* (CUSH.)
 " *increbescens* (BANDY)
Globigerina praebulloides (BLOW et BANNER)
 " *linaperta* (FINLAY)
 " *eocaena* (GUEMBEL)
 " *ampliapertura* (BOLLI)
 " *pseudovenezuelana* (BLOW et BANNER)

Hay cuarzo muy abundante y también fauna enana (turbidita)

Eoceno terminal (Priaboniense Superior) (P.17)

Muestra P.9: *Globigerina linaperta* (FINLAY)
 " *pseudovenezuelana* (BLOW et BANNER)
 " *praebulloides leroyi* (BLOW et BANNER)
 " *tripartita* (KOCH)
Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis
 (COLE)

Abundante cuarzo y fauna, ésta bastante enana (turbidita)

Eoceno Superior (P.15 a P.17, y por posición estratigráfica, a techo de la muestra P.10, Eoceno terminal <Priaboniense Superior> P.17)

Muestra P.10: Globorotalia cerroazulensis cocoaensis (CUSH.
 " " cunialensis
 (TOURM. et BOLLI)
 " increbescens (BANDY)
 Globigerina cryptomphala (GLAESSNER)
 " angiporoides (HORNIBROOK)
 " tripartita (KOCH)
 " euapertura (JENKINS)
 " yeguaensis (WEINZ. et APPLIN)
 " eocaena (GUEMBEL)

Pseudohastigerina micra (COLE)

En la muestra hay algo de cuarzo.

Eoceno Superior (Priaboniense Superior) (P.17)

Muestra P.11: No se observa fauna reconocible en la muestra

Muestra P.12: Globorotalia cerroazulensis pomeroli (TOURM.
 et BOLLI)
 " " cerroazulensis
 (COLE)
 " increbescens (BANDY)
 Globigerina galavisi (BERMUDEZ)
 " eocaena (GUEMBEL)
 " linaperta (FINLAY)
 " tripartita (KOCH)
 " gortanii (BORSETTI) praeturtilina
 (BLOW et BANNER)
 Pseudohastigerina micra (COLE)
 Catapsydrax dissimilis (CUSHM. et BERM.)

Globigerinapsis index (FINLAY)

Eoceno terminal (Priaboniense Superior) (P.17)

Muestra P.13: Globorotalia cerroazulensis cocoaensis (CUSH.)
 " " cunialensis (TOUR.
 et BOLLI)
 " " cerroazulensis
 (COLE)
 Globigerina eocaena (GUEMBEL)
 " hagni (GOHRBANDT)
 " angiporoides (HORNIBROOK)
 " linaperta (FINLAY)
 " pseudovenezuelana (BLOW et BANNER)
 Pseudohastigerina micra (COLE)

Eoceno Superior (Priaboniense Medio-Superior) (P.16 p.alta)

Muestra P.14: Catapsydrax dissimilis (CUSHM. et BERM.)
 Globigerina pseudovenezuelana (BLOW et BANNER)
 " praeturilina (BLOW et BANNER)
 " galavisi (BERMUDEZ)
 " tripartita (KOCH)
 " eocaena (GUEMBEL)
 " angiporoides (HORNIBROOK)
 Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis
 (COLE)
 " " cocoaensis (CUSH.)

En la muestra hay abundante cuarzo.

Eoceno Superior (P.15 - P.17), y por posición estratigráfica (a muro de la muestra P.13 y a techo de la P.17) debe corresponder a la zona P.16 (Priaboniense Medio).

Muestra P.15: Catapsidrax dissimilis (CUSHM. et BERM.)

Globigerina tripartita (KOCH)
 " angiporoides (HORNIBROOK)
 " yeguaensis (WEINZ. et APPLIN)
 " linaperta (FINLAY)
 " eocaena (GUEMBEL)
 Globorotalia opima nana (BOLLI)

Eoceno Superior (P.15 / P.16), y por posición estratigráfica, a techo de la muestra P.17, debe corresponder a la zona P.16 (Priaboniense Medio).

Muestra P.16: Globigerina cryptomphala (GLAESSNER)
 " eocaena (GUEMBEL)
 " tripartita (KOCH)
 " yeguaensis (WEINZ. et APPLIN)
 Hantkenina alabamensis (CUSHMAN)
 Pseudohastigerina micra (COLE)
 Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis
 (COLE)

Eoceno Superior (P.14 parte alta / P.17); por posición estratigráfica, a techo de la muestra P.17 y a muro de la P.13, debe corresponder a la zona P.16 (Priaboniense Medio).

Muestra P.17: Globigerina linaperta (FINLAY)
 " galavisi (BERMUDEZ)
 " angiporoides (HORNIBROOK)
 Globorotalia cerroazulensis cunialensis
 (TOURM. et BOLLI)
 " " cocoaensis
 (CUSHMAN)
 Catapsydrax dissimilis (CUSHM. et BERM.)
 Pseudohastigerina micra (COLE)

Eoceno Superior (P.16 / P.17). Por posición estratigráfica

