

2889/83

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
FACULTAD DE QUIMICA

+
592

ESTUDIO GEOLOGICO DEL AREA URBANA DE SEVILLA Y
ALREDEDORES (x)



MEMORIA presentada para
aspirar al grado de Doctor
en Geología por

M^º ISABEL GONZALEZ DIEZ

Sevilla, Junio de 1986

Esta Memoria forma parte del Proyecto nº 2889/83 de la C.A.I.C.Y.T.

ESTUDIO GEOLOGICO DEL AREA URBANA DE SEVILLA Y
ALREDEDORES

Por

M^º ISABEL GONZALEZ DIEZ

Visado en Sevilla a
Junio de 1986

El Director



Fdo. Dr. D. Emilio Galán
Huertos. Catedrático de
Cristalografía Mineralogía
y Mineralotecnia. Departa-
mento de Geología de la
Facultad de Química. Uni-
versidad de Sevilla

Trabajo presentado para
aspirar al Grado de Doctor
en Geología

Sevilla, Junio 1986

Fdo. M^º Isabel González Diez
Licenciada en Ciencias Geo-
lógicas.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar en este apartado mi sincero agradecimiento a todas las personas que han colaborado para que se pueda dar por concluida esta Memoria.

En primer lugar quiero resaltar la inigualable labor del Prof. Emilio Galán Huertos, director de esta Tesis, por iniciarme hace unos años en el estudio de los minerales de la arcilla y por haber orientado las líneas de este trabajo, ayudándome científica y humanamente a superar las dificultades encontradas en su realización.

Al Centro de Edafología de El Cuarto de Sevilla, donde se han realizado la mayor parte de los trabajos experimentales y muy especialmente al Dr. Pérez Rodríguez por su desinteresada y magnífica ayuda y a la Dra. Maqueda a quién se debe la realización de los análisis químicos. Hago también extensivas las gracias a Antonio Martínez por aguantar mis prisas a la hora de realizar los difractogramas.

También quiero agradecer al Dpto. de Cristalografía y Mineralogía de Granada, y especialmente al Dr. Ortega Huertas, las facilidades que me han dado para utilizar el material científico de dicho departamento, así como a Immaculada Palomo que estuvo siempre dispuesta a colaborar en los problemas que se presentaron.

Igualmente al Dpto. de Geología de Sevilla donde se ha realizado gran parte de este trabajo y especialmente a la Dra. Díaz Estevez por su gran ayuda a la hora de identificar la fauna existente,

A mis compañeros y amigos, Tomás Calderón, Gabriel Ruiz de Almodovar y Jose M^a Mesa que me han prestado una gran ayuda en diversos aspectos de la realización de éste trabajo.

Al Dr. Jaime Ruíz Carvajal, que me proporcionó algunas muestras de sondeos del área urbana de Sevilla.

A Eduardo, que además de su ayuda a nivel científico, ha sabido aguantar mi mal humor de los últimos meses con infinita paciencia.

INDICE

| | <u>Pags</u> |
|--|-------------|
| CAPITULO I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS | 1 |
| CAPITULO II. LOCALIZACION GEOGRAFICA Y ENCUADRE GEOLOGICO | 6 |
| II.1. <u>Situación Geográfica</u> | 7 |
| II.2. <u>Encuadre Geológico</u> | 7 |
| CAPITULO III. METODOLOGIA | 13 |
| III.1. <u>Revisión bibliográfica</u> | 14 |
| III.2. <u>Trabajos de Campo</u> | 16 |
| III.3. <u>Trabajos de Laboratorio</u> | 16 |
| III.3.1. <u>Análisis Granulométrico</u> | 16 |
| III.3.2. <u>Análisis petrográfico y mineralógico</u> | 17 |
| III.3.2.1. Estudio al microscopio petrográfico..... | 17 |
| III.3.2.2. Estudio de los minerales pesados | 17 |
| III.3.2.3. Estudio por difracción de rayos X | |
| III.3.2.3.1. Análisis mineralógico cua- itativo..... | 17 |
| III.3.2.3.2. Análisis cuantitativo | 18 |
| III.3.2.3.3. Medidas de los parámetros cristaloquímicos..... | 26 |
| III.3.3. <u>Determinación de carbonatos</u> | 31 |
| III.3.4. <u>Análisis químico</u> | 31 |
| III.3.5. <u>Análisis de la microfauna</u> | 32 |
| III.4. <u>Trabajos de Gabinete</u> | 33 |
| III.5. <u>Discusión general y conclusiones</u> | 34 |

| | |
|--|----|
| CAPITULO IV. ANTECEDENTES..... | 35 |
| IV.1. <u>Geología Regional y Estratigrafía.....</u> | 36 |
| IV.2. <u>Edafología, Geomorfología y Geotécnia ...</u> | 41 |
| IV.3. <u>Mineralogía y Recuros minerales.....</u> | 50 |
| IV.4. <u>Paleontología.....</u> | 55 |
| | |
| CAPITULO V. RESULTADOS | 59 |
| V.1. <u>Introducción.....</u> | 60 |
| V.2. <u>Descripción litológica de los perfiles...</u> | 61 |
| V.2.1. <u>Margen derecha del Guadalquivir.....</u> | 61 |
| V.2.1.1. Perfil del Arroyo del Chorrito. | 63 |
| V.2.1.2. Perfil de la Cantera de Santi- ponce..... | 65 |
| V.2.1.3. Perfil del Cerro de la Cruz.... | 67 |
| V.2.1.4. Perfil del Cerro Blanco..... | 69 |
| V.2.1.5. Perfil de Caño Ronco..... | 71 |
| V.2.1.6. Perfil del Cerro Carambolo..... | 73 |
| V.2.1.7. Sondeo de Tomares..... | 75 |
| V.2.1.8. Perfil de la Barriada de la Cues ta..... | 75 |
| V.2.1.9. Perfil de Gelves..... | 78 |
| V.2.1.10. Perfil de Coria del Rio..... | 78 |
| V.2.2. <u>Margen izquierda del Guadalquivir... ..</u> | 81 |
| V.2.2.1. Perfil del Cerro Corchuela..... | 82 |
| V.2.2.2. Perfil del Canal del Guadalquivir | 84 |
| V.2.2.3. Perfil de Alcalá de Guadaira.... | 84 |
| V.2.2.4. Perfil de Mairena del Alcor.... | 87 |
| V.2.2.5. Perfil de Carmona..... | 89 |
| V.2.2.6. Perfil de la Loma del Acebuchal. | 91 |

| | |
|---|-----|
| V.2.2.7. Perfil de San José de la Rinconada | 93 |
| V.2.2.8. Perfil del sondeo nº 76..... | 95 |
| V.2.2.9. Perfil de la Fábrica Gullette..... | 95 |
| V.2.2.10. Perfil de Brenes..... | 100 |
| V.2.2.11. Perfil de la Feria de Abril..... | 100 |
| V.2.2.12. Perfil nº 24..... | 103 |
| V.2.3. <u>Area urbana de Sevilla</u> | 103 |
| V.2.3.1. Perfil tipo de la zona 1..... | 103 |
| V.2.3.2. Perfil tipo de la zona 2..... | 107 |
| V.2.3.3. Perfil tipo de la zona 3..... | 107 |
| V.2.3.4. Perfil tipo de la zona 4..... | 107 |
| V.3. <u>Resultados experimentales</u> | 112 |
| V.3.1. <u>Perfiles</u> | 112 |
| V.3.2. <u>Análisis de las Formaciones terciarias y de los materiales Cuaternarios</u> | 149 |
| V.3.2.1. Introducción..... | 149 |
| V.3.2.2. Formación Ecija (Margas azules)... | 149 |
| V.3.2.3. Serie de Transición (Limos y Marga) | 162 |
| V.3.2.4. Formación Arenas de Huelva (Limos y Arenas)..... | 172 |
| V.3.2.5. Formación Guadaira (Calcarenitas). | 184 |
| V.3.2.6. Margas verdes..... | 189 |
| V.3.2.7. Arenas basales..... | 194 |
| V.3.2.8. Arcillas y arenas de descalcificación..... | 200 |
| V.3.2.9. Formación Roja | 206 |
| V.3.2.10. Depósitos Cuaternarios de Terraza y Aluvial reciente..... | 212 |
| V.3.2.11. Correlación de facies..... | 234 |
| CAPITULO VI. DISCUSION..... | 242 |
| VI.1. <u>Los materiales: Litología, edad, distribución, mineralogía y quimismo</u> | 243 |

| | <u>Pags</u> |
|--|-------------|
| VI.1.1. <u>Terciario</u> | 243 |
| VI.1.2. <u>Cuaternario</u> | 248 |
| VI.2. <u>Origen de los materiales. Medio de depósito.</u> <u>Evolucion de la cuenca</u> | 250 |
| CAPITULO VII. CONCLUSIONES..... | 259 |
| CAPITULO VIII. BIBLIOGRAFIA | 267 |

A Eduardo y a mi hijo

CAPITULO I INTRODUCCION Y OBJETIVOS

I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

Las características geológicas del área donde se ubica una ciudad determinan en gran parte las posibilidades de desarrollo socio-económico de su población y debe condicionar además la ordenación territorial en su crecimiento.

El conocimiento geológico detallado del área urbana de una ciudad y sus alrededores aporta datos fundamentales sobre el posible abastecimiento de minerales y rocas industriales (materiales de construcción, pavimentación etc,), los recursos hidrogeológicos, el comportamiento geotécnico del suelo, básico para la ejecución de cualquier tipo de obra civil (edificios, carreteras, puentes, metro), la preservación de zonas de interés eco-geológico, los problemas de contaminación por residuos industriales y urbanos, etc.

Las principales ciudades europeas, norteamericanas y japonesas han sido objeto de estudios completos de este tipo y las previsiones sobre el futuro desarrollo se hacen en base a las posibilidades que se derivan de la naturaleza y propiedades del subsuelo y sus posibles modificaciones.

La ciudad de Sevilla debe contar con un estudio geológico detallado porque tiene una extensa área urbana y zona de influencia (unos 500 Km², Fig 1), con más de

700.000 habitantes asentados sobre un complejo y variado subsuelo, que proporciona gran cantidad de problemas de infraestructura. Los políticos, urbanistas, y en general el ciudadano debe disponer de una amplia información geológica sobre Sevilla y su posible área de expansión, para intentar resolver los problemas cotidianos que se derivan del suelo y preveer la ordenación y desarrollo de Sevilla en el siglo XXI de una manera acertada, por lo que respecta a estos aspectos de infraestructura.

La finalidad del trabajo que aquí se presenta como Memoria de Tesis Doctoral es contribuir al conocimiento geológico de Sevilla en sus aspectos básicos. Quedan fuera de los objetivos de este estudio los aspectos de Geología Aplicada (geología económica, geotecnia, eco-geología, recursos geológico-culturales), de enorme interés, que se fundamentan y completan el estudio geológico básico.

La ciudad de Sevilla y sus alrededores están situados sobre materiales terciarios y cuaternarios de la Cuenca del Guadalquivir, constituidos por arcillas, limos, calcarenitas, gravas, arenas y margas, con un predominio de los materiales arcillosos en sentido amplio que determinan fundamentalmente la morfología del área, tipos de suelos, comportamiento geotécnico y los posibles abastecimientos de materias primas para la industria local.

La geología del área urbana de Sevilla no ha sido tratada en profundidad hasta el momento. Su estudio ha quedado siempre dentro de otros trabajos de mayor ámbito (p. ej. Hoja Geológica nº 984 a escala 1:50.000 de la Serie MAGNA publicada en 1975), y no conocemos un estudio específico detallado a mayor escala (1:25.000 1:10.000).

Existe un Mapa Geotécnico a escala 1: 200.000

(IGME, 1975) y un Mapa de Rocas Industriales a escala 1:200.000 (IGME, 1974) de poco interés debido a su escaso detalle, estudios geotécnicos de los Polígonos de La Cartuja, Aereopuerto y Carretera de la Isla (IGME, 1973) con pocos datos de interés científico y socio-económico. y un Mapa de Suelos de la provincia de Sevilla a escala 1:250.000 (C.S.I.C., 1962) cuya nomenclatura es algo anticuada.

El estudio geológico que se presenta en esta Memoria trata de ser la base para cualquier trabajo de geología aplicada, incluyendo geología territorial y ambiental. Comprende una cartografía a escala 1:50.000 del área antes señalada, un conocimiento litológico completo de los materiales aflorantes con datación y correlación estratigráfica, aspectos geomorfológicos y de geología histórica, y un encuadre del área dentro de la evolución tectosedimentaria de la Cuenca del Guadalquivir.

El estudio geológico presente tiene como objetivo profundizar en el conocimiento de los materiales sobre los que se asienta la ciudad de Sevilla y pueblos limítrofes. Con ello se intenta dotar a los ciudadanos y en especial a los técnicos, científicos, políticos y a todos aquellos que deban tomar iniciativas o decisiones sobre el futuro desarrollo de Sevilla, de una información básica sobre las características del subsuelo en orden a la programación y ordenación territorial y ambiental de la ciudad y en general de cualquier actividad (minera, industrial, agrícola) que tenga el suelo como base de utilización.

Los objetivos concretos del trabajo son los siguientes:

- Estudio mineralógico-petrográfico de todos los materiales existentes en el área de trabajo.
- Estudio estratigráfico y paleontológico como base para la datación de los materiales.
- Características geológicas generales (estructurales, geomorfológicas, etc).
- Definición y correlación de las facies existentes con criterios fundamentalmente mineralógicos, estratigráficos y faunísticos.
- Determinación de las condiciones de formación y evolución de los materiales aflorantes en base a la mineralogía de arcillas y a la fauna existente.

CAPITULO II. LOCALIZACION GEOGRAFICA
Y ENCUADRE GEOLOGICO

II. LOCALIZACION GEOGRAFICA Y ENCUADRE GEOLOGICO

II. 1. SITUACION GEOGRAFICA

La zona estudiada se encuentra situada en la provincia de Sevilla y tiene una extensión aproximada de 500 Km². Comprende al menos parcialmente los términos municipales de: Sevilla, La Algaba, La Rinconada, El Viso del Alcor, Mairena del Alcor, Carmona, Alcalá de Guadaira, Dos Hermanas, Coria del Rio, La Puebla del Rio, Gelves, San Juan del Aznalfarache, Castilleja de la Cuesta, Camas, Valencina, y Santiponce. Fig (1). Los límites en coordenadas Lambert son X= 319.816 N X= 299.476 S; Y= 389.436 W; Y= 259.780 E.

De acuerdo con el mapa topográfico nacional a escala 1:50.000 la zona ocupa parcialmente las hojas nº 984 Sevilla, 985 Carmona; 1002 Dos Hermanas y 1003 Utrera.

La topografía de la región no presenta excesivos contrastes morfológicos acusados, no obstante se pueden diferenciar dos zonas: una de cumbres aplanadas con altitudes que no sobrepasan los 200 m y un dominio deprimido situado en la Cuenca hidrográfica del Guadalquivir.

II.2. ENCUADRE GEOLOGICO

Los materiales estudiados están situados en la Depresión del Guadalquivir y pertenecen a sedimentos Neógenos, discordantes sobre el Paleozoico, y Cuaternarios.

Las litofacies presentes son, a grandes rasgos, las siguientes:

LEYENDA Fig. 1

ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL Y SITUACION DE LOS PERFILES

1. Perfil de Cerro Blanco
2. Perfil del Cerro de la Cruz
3. Perfil de Cerro Carambolo
4. Perfil de la Barriada de Caño Ronco
5. Perfil de Tomares
6. Perfil de la Barriada de la Cuesta
7. Perfil de Gelves
8. Perfil de Mairena del Alcor
9. Perfil del Cerro Corchuela
10. Perfil de Coria del Rio
11. Perfil del Canal del Guadalquivir
12. Perfil de Alcalá de Guadaira
13. Perfil del Arroyo del Chorrito
14. Perfil de Santiponce
15. Perfil de San José de la Rinconada
16. Perfil de Brenes
17. Perfil de la Loma del Acebuchal
19. Perfil de la Guillette
20. Perfil de la Carretera de Su Eminencia
21. Perfil de Carmona
22. Sondeo nº 62
23. Sondeo nº 76
24. Sondeo nº 59

S.= Santiponce; S.J.= San Juan del Aznalfarache; C.R = Coria del Rio; P.R.= La Puebla del Rio, D.H. = Dos Hermanas; A.G.= Alcalá de Guadaira; M. = Mairena del Alcor; V.= El Viso del Alcor; C. = Carmona.

TERCIARIO.

a) Margas Azules

Sólo están representados los niveles más altos de este tramo que tiene gran potencia y continuidad en toda la Cuenca del Guadalquivir.

Se trata de margas grises más o menos carbonatadas que en algunos tramos pueden considerarse arcillas calcáreas, con impregnaciones de óxidos de hierro y esporádicas intercalaciones de yeso.

b) Tramo de alternancia (Limos y Margas)

Sobre las margas azules aparece una alternancia de margas arenosas y limos de potencia variable, en algunos casos 50 m, que marca el tránsito entre un ambiente de sedimentación profundo (margas azules) y otro paralitoral o litoral (limos).

c) Limos arenosos

Sin una discordancia visible sobre la alternancia de margas y limos se encuentran los limos amarillentos con una potencia máxima observable de 60 m. La litología es de arenas finas y limos arenosos.

d) Calcarenitas

Se considera como un cambio lateral y vertical de facies de los limos amarillentos descritos anteriormente. La potencia es de 70 m. Se trata de calizas detríticas, de estratificación variable, de masiva a bien estratificada, presentando en ocasiones estratificación cruzada.

e) Margas verdes

Se encuentran pequeños afloramientos de margas verdes en concordancia con las calcarenitas. Aunque las margas son el material predominante hay pasadas de arenas o limos arenosos. La potencia es de 20 m.

f) Arenas Basales

Con una fuerte discordancia erosiva se encuentra la formación denominada arenas basales sobre las margas verdes. Debido a esta discordancia en la base la potencia es variable, aunque se han llegado a apreciar hasta 20 m. siendo mayor en la margen derecha del Guadalquivir. Localmente se puede observar estratificación cruzada e impregnaciones de óxidos de hierro.

CUATERNARIO

a) Formación Roja

Con una discordancia erosiva encontramos esta formación sobre las Arenas basales. La morfología puede asimilarse a un alto nivel de terraza.

Está compuesta por gravas arenas y arcillas más o menos cementadas y fuertemente rubefactadas, La potencia es variable de 10-20 m. En la zona basal tienen gran cantidad de arenas resedimentadas.

b) Terraza superior T₁

Se desarrolla en cotas de 40-50 m. Aparece en el NE de la zona estudiada y está compuesta por cantos cuarcíticos, arenas groseras y limos rojos. La potencia es de 10 m.

c) Terraza media T₂

La potencia de estos depósitos se estima en 15 m , está constituida por niveles de gravas y arenas, a techo de los cuales se sitúan capas limosas o arcillosas. Caracteriza esta terraza la rubefacción bastante acusada y la presencia de costras calcáreas. La cota es entre 20-39 m.

d) Terraza inferior T₃

Sobre esta terraza se encaja el cauce actual del Guadalquivir. Su cota varía entre 10-15 m. Está compuesta por gravas en la base y arcillas rojas.

e) Aluvial

Los arroyos que se desarrollan en el área denudan y depositan restos de las formaciones en que se encajan dando una litología variada de gravas, arenas, arcillas.

f) Materiales cuaternarios no cartografiados

Sobre los limos amarillos aparecen unos limos rojos procedentes de su alteración y sobre las calcarenitas se desarrolla un suelo, de alteración de la caliza, bastante potente. Ambos materiales no han sido cartografiados por su local representación e importancia.

CAPITULO III. . METODOLOGIA

III. METODOLOGIA

El esquema de trabajo seguido (Fig. 2) para la realización de esta Memoria ha comprendido basicamente seis etapas:

1. Revisión y estudio bibliográfico
2. Trabajos de campo
3. Trabajos de laboratorio
4. Trabajos de gabinete
5. Discusión general y conclusiones

III. 1. REVISION BIBLIOGRAFICA

La revisión bibliográfica ha cubierto la documentación referente a los siguientes aspectos:

- Geología regional
- Cartografía (geológica, geotécnica, edafológica, geomorfológica).
- Geología de las Cuencas Terciarias y del Cuaternario.
- Mineralogía y geología de arcillas
- Micropaleontología del Terciario de la Cuenca del Guadalquivir.
- Metodología del estudio de materiales arcillosos, rocas carbonatadas y minerales pesados.
- Tratamiento estadístico de datos
- Análisis de cuencas en base a la correlación litoestratigráfica y a la mineralogía de arcillas.

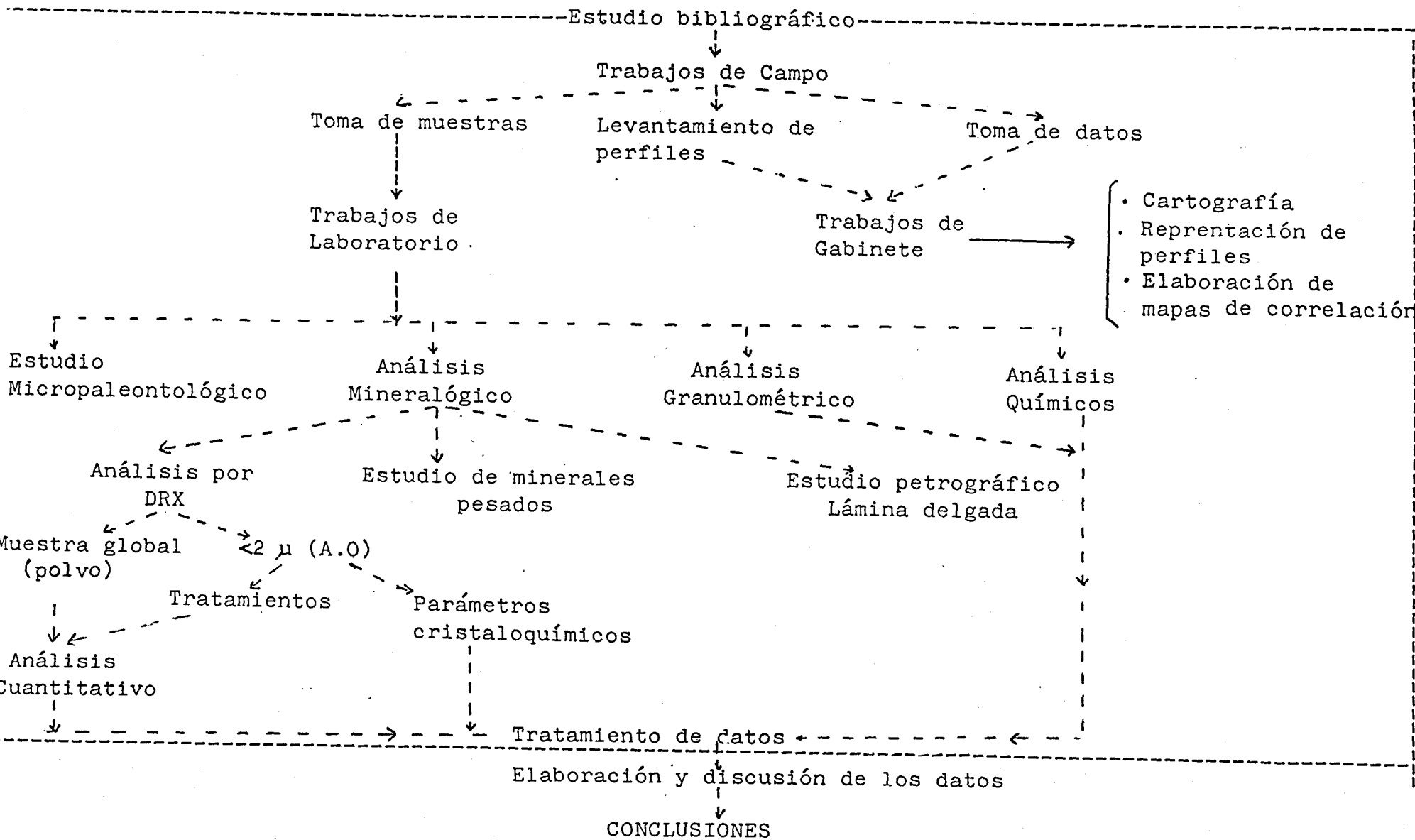


Fig. 2.- Diagrama de flujo metodológico

III. 2. TRABAJOS DE CAMPO

Se ha realizado una cartografía geológica a escala 1:50.000 y se procedió al levantamiento de veinte perfiles representativos del desarrollo vertical de las diferentes facies existentes. Sobre estos perfiles se tomaron un total de 132 muestras. Además se estudiaron 29 sondeos realizados con finalidades geotécnicas (la mayor parte en el área urbana) de los que se tomaron 67 muestras para el estudio mineralógico. Estos sondeos forman parte de los que sirvieron como base para el estudio de los suelos de la ciudad de Sevilla (fracción $< 2 \mu$) realizado recientemente por Ruiz Carvajal (1985).

Al mismo tiempo se recopilaron los datos geomorfológicos, sedimentológicos, estructurales, etc., que pudieran ser útiles para la interpretación de la evolución geológica del área en su estudio dentro del contexto de la Cuenca del Guadalquivir, y para la realización posterior de dos cortes geológicos que evidenciaran las relaciones espaciales existentes entre las diversas facies cartografiadas.

III.3. TRABAJOS DE LABORATORIO

III.3.1. Análisis granulométricos

La distribución granulométrica de las muestras arenosas se determinó mediante tamizado en seco, tras la disgregación de las muestras aplicándoles un rodillo a mano. Se utilizó una torre de tamices (serie DIN 1171), obteniéndose las siguientes fracciones: > 2 mm, 2-1 mm, 1-0.5 mm, 0.5-0.25 mm, 0.25-0.12 mm, 0.12-0.63 mm y $< 63 \mu$.

En las muestras de margas , limos y arcillas se separó por tamizado la fracción $> 63 \mu$, y las fracciones finas se determinaron por sedimentación en medio acuoso utilizando la pipeta de Robinson, tal y como describen Galán y Espinosa de los

Monteros (1974). Se determinaron los porcentajes de las siguientes fracciones: $> 44 \mu$, $44-20 \mu$, $20-6.3 \mu$, $6.3-2 \mu$, $< 2 \mu$.

III.3.2. Análisis petrográfico y mineralógico

III.3.2.1. Estudio al microscopio petrográfico

Las muestras cuya compacidad y textura permitió la obtención de láminas delgadas se estudiaron con el microscopio de polarización. La mayoría de las muestras son calcarenitas y las técnicas de preparación han sido las habituales para rocas calcáreas y margósas. En el estudio petrográfico se ha incluido también la determinación de microfauna existente.

III.3.2.2. Estudio de los minerales pesados

En algunas muestras se han separado los minerales pesados partiendo de 0.25 g, de muestra, tamizándolos por el tamiz de 0.5 mm y separándolos de la fracción ligera mediante bromoformo y posterior decantación.

Las fracciones separadas se han estudiado a la lupa binocular. Para la identificación se han tenido como base los trabajos de Perez Mateos y Oriol Riba (1961) y Vaquero (1977).

III.3.2.3. Estudio por difracción de rayos-X

III.3.2.3.1. Análisis mineralógico cualitativo

La composición mineralógica de los materiales estudiados se ha determinado esencialmente por difracción de rayos-X (DRX). Por motivos de disponibilidad los difractogramas se realizaron en dos aparatos diferentes, uno Siemens modelo D-500, perteneciente al Centro de Edafología de El Cuarto (C.S.I.C.) en Sevilla y un aparato Philips PW-1710 perteneciente al Departamento de Cristalografía de la Facultad de Ciencias de Granada.

Las condiciones del trabajo de rutina fueron las siguientes: radiación $\text{CuK}\alpha$, filtro de níquel, velocidad de exploración 6° o $1^\circ/\text{minuto}$, constante de tiempo 2, sensibilidad variable.

Las muestras se estudiaron por el método de polvo (polvo desorientado) sobre portamuestras plano, obteniéndose los diagramas de 3° a 65° de 2θ . Las muestras fueron secadas al aire previamente y molidas en un molino de bolas de ágata (10 minutos) hasta pasar por el tamiz nº 400 de la serie ASTM.

Se obtuvo la fracción menor de $2\ \mu$ por sedimentación en medio acuoso con ayuda de dispersante, estudiándose posteriormente en agregado orientado (A,0), explorando el intervalo de 3° a 40° de 2θ . Se realizaron los siguientes tipos de diagramas: a) A.O. sin tratamiento, b) A.O. + etilenglicol, solvatado con etilenglicol, (Brunton, 1955), c) A.O. + 550°C , sometido a un calentamiento de 550° durante 2 horas, d) A.O. + DMSO, solvatado con dimetilsulfoxido, (González García y Sanchez Camazano, 1968), e) A.O. + H, solvatado con hidrazina (Wada y Yamada, 1960, Range et al, 1969).

Estos tratamientos tuvieron por objeto la identificación de minerales hinchables (esmectitas, clorita hinchable e interestratificados), (Martín Vivaldi y MacEwan, 1960; Martín Vivaldi y Rodríguez Gallego, 1961) y la caolinita en presencia de clorita (Martín Vivaldi y Rodríguez Gallego, 1961, González García y Sanchez Camazano, 1968, Wada y Yamada, 1968), así como la identificación del tipo de caolinita (Range et al. 1969).

III.3.2.3.2. Análisis mineralógico cuantitativo

El análisis cuantitativo de los minerales presentes en una muestra ha sido y continua siendo un problema sin resolver. Todos los procedimientos descritos se basan en

considerar que el área integrada de un pico de mineral A en una mezcla es proporcional a su concentración (Cullity 1956), pero existen una serie de factores que modifican esta sencilla relación de proporcionalidad intensidad/concentración.

Alexander y Klug (1948) y Klug y Alexander (1962) establecieron la ecuación:

$$I_p = K_p C_p / \bar{\mu}^* \quad (1)$$

que pone de manifiesto la relación de intensidad (I_p) de una reflexión determinada para una componente p con su porcentaje (C_p), dependiendo de la naturaleza del componente p, de la geometría del aparato empleado (constante K_p) y del coeficiente de atenuación másico medio de la muestra, incluido el componente p, $\bar{\mu}^*$ que puede ser expresado como función de los coeficientes del componente problema y la matriz (m):

$$\bar{\mu}^* = C_p \mu_p^* + \mu_m^* (1 - C_p) = C_p (\mu_p^* - \mu_m^*) + \mu_m^*$$

Sustituyendo en (1):

$$I_p = K_p C_p / C_p (\mu_p^* - \mu_m^*) + \mu_m^*$$

y teniendo en cuenta que la intensidad del componente puro p es:

$$I_{o_p} = K_p / \mu_p^*, \text{ la relación de intensidades será:}$$

$$I_p / I_{o_p} = C_p / C_p (1 - \alpha) + \alpha \quad (2)$$

$$\text{donde } \alpha = \mu_m^* / \mu_p^*$$

La intensidad de un pico de un mineral en una mezcla dependerá de su concentración y de la naturaleza de la matriz. La relación de intensidad y concentración es lineal solo cuando $\mu_p^* = \mu_m^*$ (Fig 3). Si $\alpha > 1$ es posible detectar grandes cantidades de material pero la precisión para determinaciones es relativamente pobre para proporciones pequeñas y mejora cuando las concentraciones crecen. Si $\alpha < 1$

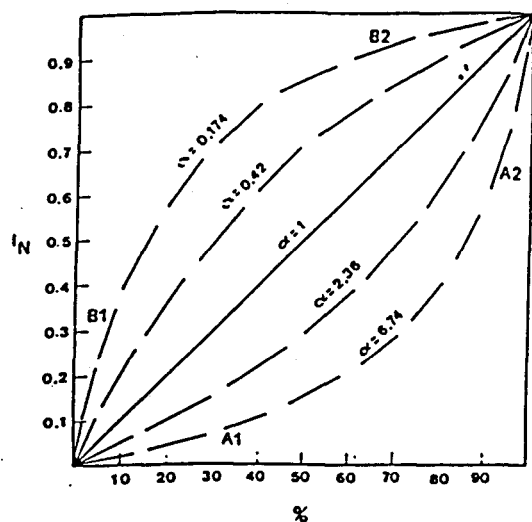


Fig 3.- Variación de la intensidad de la sustancia en función de la concentración sobre matrices con

diferentes coeficientes másicos de atenuación (Brime, 1985)

es posible detectar pequeñas cantidades de un componente; siendo la precisión buena para pequeñas cantidades de la sustancia problema, e inferior cuando la concentración aumenta para dicha sustancia.

Teniendo en cuenta estos factores y con la finalidad de mejorar la precisión del análisis cuantitativo por DRX, se han descrito diferentes métodos. Entre los más conocidos y empleados están los siguientes: el método de las "adiciones sucesivas" (Copeland y Bragg, 1958), el método del "standard interno" (Clark y Reynolds, 1936), el método del "standard externo" (Alexander y Klug, 1948), el método de eliminación del efecto matriz o "método de Chung" (Chung, 1974, 1975 y 1976), y el método de "difusión Compton" (Sahores, 1969). Todos ellos presentan ventajas e inconvenientes.

Los métodos de las adiciones de sustancias conocidas, el del "standard interno" y el de Chung tienen el inconveniente de la mezcla y homogenización con otras sustancias, proceso lento y difícil. El método del "standard externo" (basado en la ecuación 2) tiene la ventaja de no requerir una manipulación previa de la muestra. Va bien para mezclas binarias y la exactitud disminuye con el aumento del número de componentes.

Finalmente el método de "difusión Compton " tiene la sencillez del método del "standard externo " y la exactitud del método del "standard interno ", pero necesita que el difractómetro tenga un segundo canal de detección para el haz incoherente.

El análisis cuantitativo de los minerales de la arcilla por DRX es un caso particular del análisis cuantitativo de fases, cuya problemática se hace aún más compleja porque se trata de minerales con sustituciones isomórficas frecuentes, cristalinidad y tamaños de partícula muy variables, cationes interlaminares que afectan a la absorción, orientación preferente, etc. La mayor parte de estos factores han sido valorados para el análisis de los minerales de la arcilla en los trabajos de Martín Vivaldi (1965), Martín Pozas (1968) Martín Vivaldi et al. (1969), Martín Pozas et al. (1969) y Rodríguez Gallego et al. (1969). Otros autores Salym y Drits (1972), Sturm y Lodding (1972), Edit y Krizek (1972) han significado que la eficacia del método cuantitativo depende además del tamaño de partícula y orden estructural, de las condiciones geológicas de los minerales.

Basándose en el método del standard interno se han establecido lo que se ha denominado "Poderes reflectantes" por la escuela del Prof. Martín Vivaldi. El poder reflectante de un mineral es la relación de intensidades de un efecto de difracción importante del mismo respecto a otro que se toma como referencia en una mezcla de ambos al 50%.

Las reflexiones elegidas para esta estimación cuantitativa se denominan "reflexiones diagnósticas" ya que son de gran intensidad (normalmente 100) y sin interferencias o las mínimas posibles, con los restantes minerales de la muestra analizada. El área se calcula sobre el supuesto

de que la forma del pico corresponde a la de un triángulo equilátero inscrito. Normalmente en los cálculos se multiplica la altura del pico por la base a la mitad de la altura.

El reparto porcentual entre los distintos minerales identificados se hace en base a las áreas medidas corregidas en cada caso por su poder reflectante. La fracción en peso (%) de la fracción i en la muestra será:

$$x_i = \frac{I_i/F_i}{I/F} \times 100$$

Donde I = Intensidad del " pico diagnóstico " (área en mm^2)

F = Factor reflectante de cada componente para el pico elegido.

El empleo de los poderes reflectantes conduce a la estimación cuantitativa de los componentes de una forma rápida y con márgenes de error en muchos casos inferiores al 5 %. Es probablemente el método de análisis rutinario mas satisfactorio por el momento para su aplicación a geología.

En la tabla I, se recogen los poderes reflectantes empleados para el análisis cuantitativo de las muestras totales en diagrama de polvo desorientado.

Para los cálculos se tuvieron en cuenta las principales interferencias entre las reflexiones presentes. Así como la reflexión 3.34 \AA del cuarzo coincide practicamente con la 003 de la mica, para la evaluación del primero se efectuó una corrección restándole del área del pico a 3.34 \AA el pico a 10 \AA de la mica (reflexión 001) bajo el supuesto de que las reflexiones 001 y 003 de la mica son muy parecidas (Bradley y Grim, 1961).

En las muestras con yeso y calcita hay interferencia entre la reflexión 3.04 \AA del primer mineral y la 3.03 \AA del segundo que es elegido como diagnóstico. Para evaluar el área

Tabla I. Poderes reflectantes de los minerales identificados (polvo).

| Mineral | Poder reflectante | Reflexión (Å) | Referencias |
|---------------------|-------------------|---------------|--------------------------|
| Calcita | 1.00 | 3.03 | 1,2,3,4,5,6, 7,8,9,10 |
| Dolomita | 1.00 | 2.88 | 8,10 |
| Cuarzo | 1.50 | 3.33 | 10 |
| Minerales laminares | 0.10 | 4.45 | 8 |
| Yeso | 1.50 | 7.60 | 8,10 |
| Feldespatos | 1.00 | 3.18 | 8 |

Tabla II. Poderes reflectantes de los minerales de la arcilla (en agregado orientado).

| Mineral | Poder reflectante | Reflexion(Å) | Referencias |
|-------------------|-------------------|--------------|---------------------------|
| Esmectitas | 4.00 | 17 | 10,12,13,17 |
| Illita | 1.00 | 10 | 11,12,13,8,9 14,15,16. |
| Clorita+Caolinita | 1.00 | 7 | .8,10 |

Referencias bibliográficas de las Tablas I y II

- | | |
|--------------------------------|--|
| (1) Whiteside (1947) | (10) Barahona (1974) |
| (2) Tennant y Berger (1957) | (11) Talvenheimè y White (1952) |
| (3) Guldbrandsen (1960) | (12) Johns et al. (1954) |
| (4) Hayes (1961) | (13) Biscaye (1965) |
| (5) Goldsmith et al. (1961) | (14) Martín Vivaldi y Rodriguez Gallego (1964) |
| (6) Diebold et al. (1963) | (15) Martín Pozas et al. (1969) |
| (7) Bromberger y Hayes (1966) | (16) Martín Pozas (1968) |
| (8) Schultz (1964) | (17) González et al. (1970) |
| (9) Naray-Szabo y Peter (1967) | |

de este último se hizo una descomposición gráfica de ambos, lo que es posible porque la resolución de los dos picos es suficiente en esta zona de 2θ .

Para la relación de los filosilicatos, como conjunto, y el resto de los minerales de forma diferenciada se ha utilizado el valor de 0.1 como poder reflectante (reflexión a 4.45 \AA) frente a calcita 1 (reflexión 3.05 \AA) de acuerdo con Schultz (1964) y Barahona (1974). Según estos autores el poder reflectante de la reflexión a 4.45 \AA , común a todos los filosilicatos excepto la clorita oscila entre 0.1 y 0.15 dependiendo de la ausencia o predominio de las esmectitas en las muestras.

En nuestro caso las esmectitas pueden ser componentes importantes de la fracción arcilla, pero también está presente la clorita, por lo que al usarse 0.1 de alguna manera se intenta incluir el porcentaje de clorita en la supervaloración que se hace de los porcentajes de filosilicatos.

En el estudio de la fracción menor de 2μ , se hace una cuantificación relativa de los distintos filosilicatos referidos al 100%, ignorándose la presencia de otros minerales que siempre son minoritarios. También se supone la ausencia de cantidades importantes de material amorfo o pobremente cristalizado.

Para este trabajo se han cuantificado los minerales existentes tomando como base los resultados de Biscaye (1965) Martín Pozas (1968), Schultz (1964). Los poderes reflectantes utilizados están recogidos en la Tabla II.

Las medidas se han efectuado en el diagrama de agregado orientado solvatado con etilenglicol.

La suma de clorita y caolinita determinada por el pico a 7 \AA con el poder reflectante 2 se distribuyó en base a las



intensidades relativas de los picos a 3.57 \AA (caolinita) y a 3.52 \AA (clorita), (Biscaye, 1965). Cuando la resolución de esas reflexiones no fue suficiente se recurrió al procedimiento propuesto por Schultz (1964), según el cual mediante el calentamiento a 550° C se destruye completamente la caolinita y el pico a 14 \AA (que aumenta de intensidad) se debe por tanto a la clorita exclusivamente. Dividiendo el área del pico por 1.5 se tiene aproximadamente la cantidad de clorita en la muestra. La caolinita que había sido comprobada en presencia de clorita por su hinchamiento con DMSO o con hidrazina se evalúa por diferencia.

No se ha realizado la evaluación de los interestratificados porque aunque están presentes en alguna de las muestras estudiadas el porcentaje de estos es muy bajo.

A pesar de todo lo comentado hasta el momento el problema de la cuantificación de minerales de las arcillas y accesorios por DRX sigue abierto. El método de los poderes reflectantes es el más utilizado aunque no siempre reciba esta denominación en la literatura. Los métodos de Schultz (1964) y de Biscaye (1965) son de este tipo y han sido ampliamente utilizados en sedimentología. El método de Biscaye se ha programado mediante ordenador y se utiliza de forma aún mas generalizada (Karlin 1980). Otros métodos utilizables con ordenador han sido diseñados por Pearson (1978), Heath y Piasias (1979), Hauff y Trump (1980), Weiss et al. (1983) entre otros. Este último compara las intensidades de los picos diagnóstico con las intensidades absolutas de esas mismas líneas calculadas a partir de los datos conocidos de su estructura mineral, no necesitando ningún standard interno ni externo.

A pesar de estos últimos intentos se necesita obviamente de la aceptación universal de un método de análisis cuantitativo por DRX que permita comparar los resultados de los trabajos de geología realizados por distintos equipos en cualquier área.

III.3.2.3.3. Medidas de los parámetros cristaloquímicos de los minerales de la arcilla

Con objeto de obtener información sobre la composición química de la illita y tipos de esmectitas que existen se han efectuado una serie de cálculos tomando como base los difractogramas de difracción de rayos-X.

a) Illita

Para evaluar la composición química de la illita se ha medido la reflexión 0010 según el programa MAX del equipo de difracción Phillips. Las condiciones básicas son: distancia entre saltos = 0.005° (2θ), tiempo de medida en cada salto = 1 segundo, número de saltos a ambos lados del máximo = 40.

Una vez obtenida la reflexión 001 se halló:

a) El contenido en Si y Al^{IV} , mediante la expresión $d_{001} \text{ \AA} = -0.043Si + 10.526$ (Ernst, 1963; Velde, 1967 y Kodama et al. 1971). El contenido en Al^{IV} se obtiene por diferencia a 16 átomos a partir de la capa tetraédrica.

b) grado de paragonitización (Evans y Guidotti, 1966) $d_{001} = -0.27 Na/(Na+K) + 10.006$. Mediante esta expresión es posible determinar la componente paragonítica de las micas porque presentan escasa proporción de fengita (Rodríguez Gallego y Martín Ramos, 1976), según se deduce del estudio del espaciado bo.

c) El contenido en $Al^{VI} / Fe^{VI} + Mg^{VI}$, según la relación I_{002}/I_{001} de acuerdo con Klingebiel y Latouche (1962) y Esquivin (1966), se midió en las siguientes condiciones de trabajo:

- Método de A.O.
- Velocidad de exploración $\frac{1}{2}^\circ$ /minuto de 2° .
- Rendijas $1^\circ-1^\circ-1^\circ-0.15^\circ$
- Velocidad del papel 300 mm/h
- Constante de tiempo 2
- 35 Kw, 25 mA
- Sensibilidad 2×10^2

En las mismas condiciones se midió el índice de cristalinidad de Kubler (Kubler 1968) y la relación de intensidades a 10 \AA y a 10.5 \AA (índice de Weaver, Weaver, 1960) y se ha evaluado la razón de asimetría R/L. Fig (4).

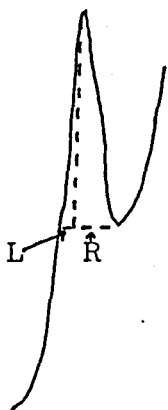


Fig. 4.- Esquema de la medida de la relación R/L.

El tamaño de los cristales según el eje c se calculó, por la ecuación de Cullity (1967).

$$D(hkl) = \frac{0.9 \times 1,542 \times 57.3}{\beta \times \cos \theta}$$

donde $D(hkl)$ = tamaño del cristalito en Å

β = Índice de Kubler expresado en grados 2θ

θ = se elige a la mitad del valor a que aparece la reflexión a 10 \AA

- El factor 57.3 se emplea para convertir los grados (2θ) en radianes
- El valor 1.542 es la λ de la radiación $\text{Cu K}\alpha$
- 0.9 es una constante (próxima a 1) que relaciona la forma del cristalito problema y los parámetros $D(hkl)$ y β .

Para completar el estudio de la composición química de las micas se hizo la medida de b_0 (que mide el grado de fengitización) en las mismas condiciones utilizadas para la medida de la reflexión 001 más un standard interno de cuarzo.

A partir de la medida de b_0 podemos calcular el contenido en Fe^{VI} ; Al^{VI} y Mg^{VI} , mediante las expresiones, (Martín Ramos 1976):

$$b_0 (\text{Å}) = 0.050 \text{Fe}^{\text{VI}} + 8.98$$

$$b_0 (\text{Å}) = -0.024 \text{Al}^{\text{VI}} + 9.175$$

$$b_0 (\text{Å}) = 0.042 \text{Mg}^{\text{VI}} + 8.96$$

y también la suma de Mg y Fe total según Maxwell y Hower, (1967).

La forma de efectuar la medida de b_0 queda reflejada en el siguiente gráfico:

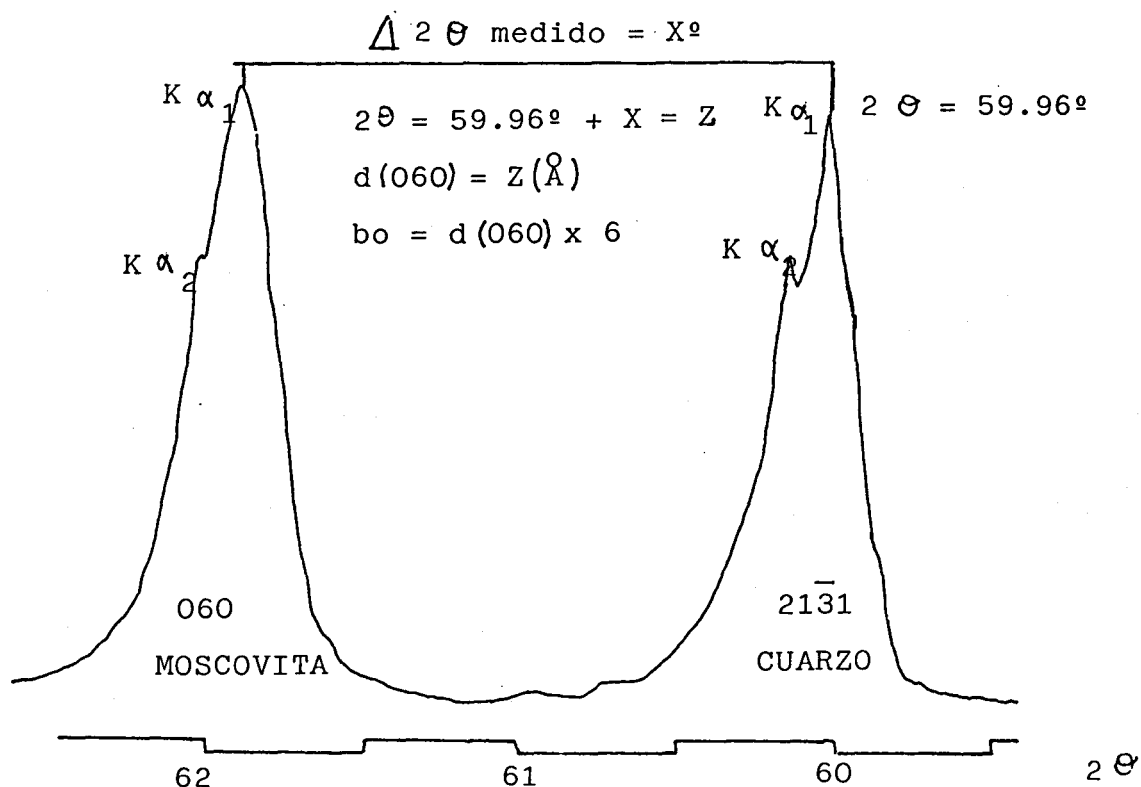


Fig 5.- Esquema de la medida del parámetro b_0

Finalmente la relación de politipos 2M/1Md de las micas se ha podido medir solo en aquellas muestras donde la illita es mayoritaria ($> 30\%$). Se han utilizado para ello las reflexiones 2.80 y 2.58Å (Maxwell y Hower, 1967). Las muestras de polvo desorientado se rodaron en el intervalo correspondiente a una velocidad de $1/4^\circ$ por minuto.

B) Esmectitas

Para conocer el tipo de esmectitas se utilizó el tratamiento propuesto por Green Kelly (1953).

En primer lugar se ha reconocido si las esmectitas son dioctaédricas o trioctaédricas, basándose en la posición de la reflexión 060 en los diagramas de polvo.

Para las esmectitas dioctaédricas se ha efectuado el tratamiento de Green Kelly (1953) que identifica el término de la serie beidellita-montmorillonita. Este tratamiento consiste en lo siguiente:

- A la fracción $< 2 \mu$ se le añade cloruro de litio (\approx igual en peso a la cantidad de muestra) se agita durante 3 horas. Se centrifuga y se lava.

- Se hace un A.O. y se rueda, posteriormente se calienta a 300° durante 8 horas volviéndose a rodar, la esmectita habrá colapsado dando un pico a 10 \AA .

- Se mete en atmósfera de etilenglicol (48 horas a 60°) se vuelve a rodar, si es montmorillonita no hincha y el pico queda a 10 \AA y si es beidellita pasará a 18 \AA .

También se ha medido en las esmectitas el Índice de Biscaye, (Biscaye, 1965), v/p, de la forma expresada en el gráfico de la Fig 6. Las medidas de han hecho en agregado orientado solvatado con etilenglicol.

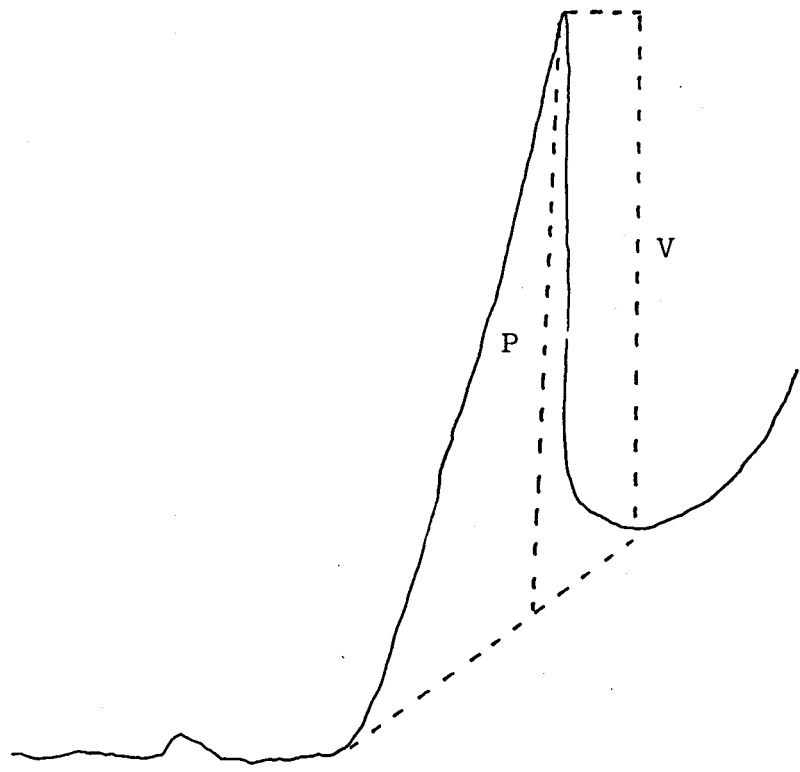


Fig. 6 Esquema de la medida del Indice de Biscaye, I.B. = v/p

C) Clorita y Caolinita

No se ha podido determinar la composición química, ni el politipo de la clorita debido a que los porcentajes eran demasiado pequeños para poder hacer estas valoraciones. Por eso mismo en su cuantificación se ha seguido el método propuesto por Biscaye (1965), sobre el diagrama calentado y en relación con la reflexión a 14 \AA no se han tenido en cuenta las recomendaciones de Pozzuoli et al. (1971) que indican la necesidad de un conocimiento previo de la composición química (determinados por DRX) para una evaluación mas exacta.

Respecto a la caolinita y por idénticos motivos de escasez, no ha sido posible identificar el poliotipo de acuerdo con los métodos de Murray y Lyons (1956) o Hinckley (1963). No obstante, con el tratamiento por hidrazina, se ha podido definir el tipo de caolinita de acuerdo con la clasificación propuesta por Range et al. (1969).

III.3. 3. Determinación de carbonatos

Se ha calculado la proporción de carbonatos de todas las muestras mediante un manocalcímometro. Se partió de 1 g de muestra utilizando ácido clorídrico concentrado. El registro automático de la curva que expresa el aumento de CO₂ en la cámara de volumen constante, permite interpretar los porcentajes de carbonatos que proceden de la calcita y dolomita.

En la fracción menor de 2 μ se ha estimado el porcentaje en carbonato mediante un calcímetro de Bernard convencional.

III.3.4. Análisis químicos

A una representación importante de las muestras estudiadas (84 muestras) se les ha determinado su composición química (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, Na₂O y K₂O), mediante espectrofotometría de absorción atómica y fotometría de llama, así como la pérdida por calcinación.

El ataque se realizó por tratamiento triácido, NO_3H (1+4), ClO_4H (1+4) y FH (40%), propuesto por Bennet et al (1971). Se partió de 250 mg de muestra.

Para la determinación de SiO_2 se partió de 0.20 g de muestra y el ataque se realizó en bomba de teflon con 25 ml de NO_3H (65%), 75 ml de ClH (37%) y 5 ml de FH (40%) a 140° durante 60 minutos. Tras el enfriamiento a temperatura ambiente se añadieron 5 g de BO_3H_3 , calentando a 60° C hasta su disolución y llevándolo a 250 cc.

III.3.5. Estudio de la microfauna por levigado

Por las técnicas habituales de preparación se disgregaron 26 muestras separándose las fracciones 0.5 mm, 0.5-0.25 mm y 0.25-0.12 mm, para su posterior estudio en la lupa binocular.

III. 4. TRABAJOS DE GABINETE

Con los datos obtenidos en el campo y con la ayuda de la fotografía aérea, se ha realizado una cartografía 1:50.000.

Se han representado los perfiles estratigráficos compuestos de las siguientes columnas: litología, mineralogía global, mineralogía de la fracción menor de $2\ \mu$, composición granulométrica y datos sedimentológicos, paleontológicos, etc, observados en el campo.

A partir de estos datos se han elaborado los siguientes mapas: a) mapas de correlación de facies, uno para cada margen del Guadalquivir y otro de conjunto, a escala 1:25.000 y 1:50.000; b) mapas de composición mineralógica y mapas de asociaciones de minerales de la arcilla para ambas márgenes del Guadalquivir a escala 1:25.000 (margen derecha) y 1:50.000 (margen izquierda). Además se han preparado dos perfiles tipo representativos de los materiales terciarios para ambas márgenes y se ha intentado su correlación.

Para el área urbana de Sevilla se ha realizado un mapa de composición mineralógica global y otro de asociaciones de minerales de la arcilla a escala 1:25.000. Para este último se han utilizado también datos de Ruiz Carvajal (1985). Además se han preparado 4 perfiles representativos de las diferentes terrazas del Guadalquivir.

Los resultados obtenidos del análisis granulométrico, mineralogía global y mineralogía de la fracción

arcilla, se han representado en diagramas triangulares tanto por formaciones como por columnas y en el caso del análisis granulométrico se realizaron además representaciones de los diferentes grupos sedimentológicos para dar una visión de conjunto. También se han representado en diagramas triangulares los análisis químicos para los sistemas: Al, Si, Fe+Mg y Al, Na+K, Fe+Mg.

III.5. DISCUSION GENERAL Y CONCLUSIONES

Considerando las observaciones y datos obtenidos, sus correlaciones y significados, se discutieron globalmente los siguientes aspectos: litología y petrología, edad, distribución espacio-temporal, composición de la fracción fina y origen de los materiales estudiados, dentro de la evolución de la Cuenca, desde el Mioceno Superior hasta el Cuaternario, en lo que respecta al área de trabajo.

CAPITULO IV. ANTECEDENTES

IV ANTECEDENTES

IV. 1. GEOLOGIA REGIONAL Y ESTRATIGRAFIA

El trabajo más antiguo de geología regional sobre la Depresión del Guadalquivir es el artículo de Lan publicado en 1857 con el título " Notes des voyages sur la Sierra Morena " que puede ser considerado como el punto de partida de los trabajos sobre el Neógeno de Andalucía Occidental. En este artículo Lan da el primer corte interesante de los terrenos terciarios del valle del Guadalquivir desde Villanueva de las Minas hasta Carmona.

En 1888, Medina Ramos realiza un perfil estratigráfico al oeste de Sevilla (zona del Aljarafe) datando los materiales existentes como Plioceno indiferenciado

Los estudios posteriores han ido orientados a elaborar una escala estratigráfica regional y a relacionar las distintas facies existentes en las dos márgenes de río Guadalquivir a la altura de Sevilla. En la fig. 7. se expresan los cortes esquemáticos realizados por diferentes autores a lo largo del tiempo (Viguier, 1974).

Calderón y colaboradores trabajaron durante los últimos diez años del siglo XIX (Calderón 1893, 1895 y 1896) para obtener información de la estratigrafía del área. Realizan un corte de Guillena a El Coronil Fig. 8, y datan la base del Neógeno del flanco sur de Sierra Morena como Helvetiense, las margas azules de Carmona

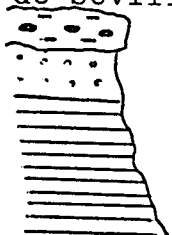
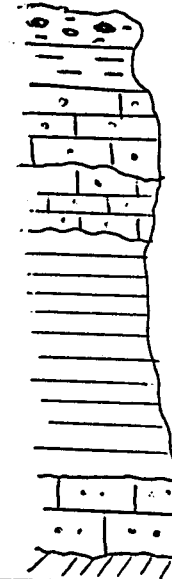
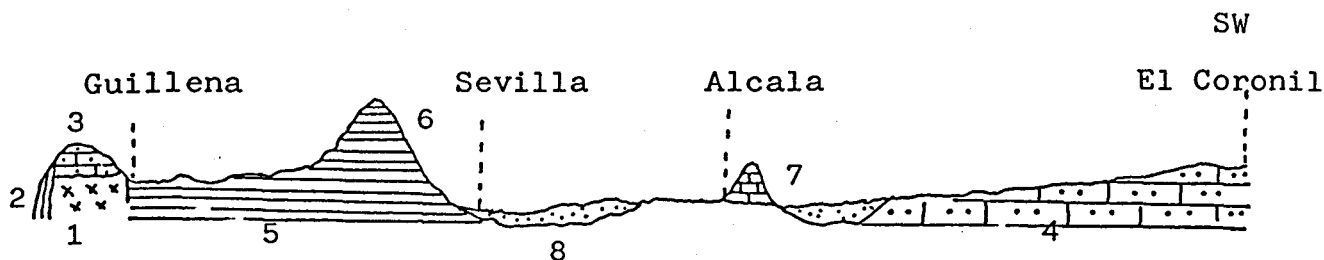
| Autores Cortes | Medina Ramos 1888 | Calderón 1893 | Barras de Aragon 1829 | | | | Millans 1929 | Saavedra 1961 | Perconing 1961 |
|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|
| W de Sevilla  | Plioceno ----- Plioceno ----- Lan 1857 | Plioceno inf. ----- Plioceno inf. | Plioceno med. ----- Plioceno inf. | | | | Cuaternario ----- Mioceno medio | Plioceno sup. ----- Plioceno med. ----- Plio.inf. | ----- Saheliense ----- Tortoniens ----- ----- |
| E de Sevilla  | Lan 1857 ----- Mioceno ----- Mioceno | ----- Plioceno med. 1896 ----- Plioceno ----- Helveti. | ----- Plio. med. ----- Plioceno inferior Plaisanc. | Gavala y Bosch 1924 ----- Plioceno medio ----- Plaisanc. | Hernandez Pacheco 1926 ----- Plioceno medio ----- Plioceno inferior | Gavala 1927 ----- Tortoni sup. ----- Tortonie inferior | Millans 1923 ----- Cuaternario ----- Mioceno | ----- ----- Mioc. sup ----- Tortonier | Perconing 1964 ----- Plioc.inf. ----- Mioceno terminal ----- Tortonien. Superior ----- Hel-Burd Helvetiense |

Fig.7.- Resumen cronológico de la estratigrafía del Neógeno de la región de Sevilla. (Viguiet, 1974)

como Plioceno inferior, y las arenas de Carmona como Plioceno medio.

Fig. 8.- Corte a través de la provincia de Sevilla (Calderon, 1893)



- | | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. Granito | 5. Margas azules pliocenas |
| 2. Cámbrico | 6. Arenas margosas pliocenas |
| 3. Conglomerados miocenos | 7. Calcarenitas detríticas pliocenas |
| 4. Calcarenitas miocenas | 8. Diluvial y aluviones |

En la orilla derecha del Guadalquivir, datan las margas azules como Plioceno inferior y las arenas superiores como Plioceno medio y considera estas últimas como equivalentes a las areniscas de Carmona. Como estos niveles se encuentran a diferente altura topográfica Calderón trata de explicarlo situando una falla a lo largo del río Guadalquivir.

Los diferentes autores que trabajan en la zona hasta 1929 (Barras de Aragón, 1899; Gávala y Millans del Bosch, 1924; Hernández Pacheco, 1926; Gávala, 1927) dan como buena la interpretación de Calderón y solo introducen pequeñas modificaciones a la edad de los materiales.

En 1929, Millans del Bosch realiza el mapa a escala 1:50.000 de Sevilla y en 1933 estudia los materiales terciarios en los alrededores de Dos Hermanas atribuyendo una edad miocena para todas las formaciones del

Neógeno en esta zona.

Desde estos trabajos hasta la actualidad los estudios del Neógeno se apoyan fundamentalmente en datos de micropaleontología, especialmente a partir de 1960 cuando el análisis de la microfauna se hace indispensable para la investigación del Terciario marino. Así Saavedra (1961) opina que los niveles del Terciario aflorantes en la zona E de Sevilla son de una edad que abarca desde el Burdigaliense-Helvetiense hasta el Mioceno y para el Aljarafe encuentra solo Plioceno, diferenciándolo en superior, medio e inferior (Fig. 7). La concordancia de los cortes de esta figura y la escala estratigráfica de Saavedra es hipotética porque el autor no sitúa geográficamente ningún corte; solo habla de diferencias de facies lo que implica una gran dificultad a la hora de saber con precisión los yacimientos investigados.

Perconig (1961-1964) adopta el corte de Lan modernizado y descubre la presencia en Carmona de margas verdes encima de las calcarenitas a las que les atribuye una edad Plioceno inferior. Este trabajo tiene gran interés porque es la primera vez que las margas verdes de El Alcor son reconocidas y datadas. Coincide con Saavedra en cuanto a datar la zona E de Sevilla pero no en la zona del Aljarafe, puesto que a lo que Saavedra data como Plioceno, Perconig le atribuye una edad Mioceno terminal.

En 1969, Viguiet describe la estratigrafía de Dos Hermanas y realiza un corte geológico de Dos Hermanas a El Cuarto en el que diferencia tres tipos de facies para el Mioceno (margas, limos y areniscas calcáreas) y una

para el Plioceno (margas verdes). Posteriormente en 1974, realiza su Tesis Doctoral en el Neógeno de la Cuenca del Guadalquivir y aporta datos muy interesantes desde el punto de vista estratigráfico, sedimentológico y paleontológico de los alrededores de Sevilla. Levanta varias columnas (S. Juan del Aznalfarache, Tomares, Salteras, Castilleja de la Cuesta, etc) para la zona del Aljarafe y data las margas azules como Plioceno inferior, y las arenas superiores como Plioceno medio. En los alrededores de Carmona realiza un perfil detallado datando las margas azules como Mioceno superior-Plioceno inferior, las calcarenitas como Plioceno inferior y las margas verdes superiores como Plioceno medio. En este mismo trabajo realiza la evolución geodinámica y la historia geológica desde el Mioceno superior al Plioceno superior. En esta interpretación supone una etapa de colmatación de la cuenca durante el Mioceno superior-Plioceno inferior, una regresión desde el Plioceno medio al Plioceno superior y una emersión al final del Plioceno superior, reconociendo además dos fases tectónicas que marcarían una etapa de distensión desde el Mioceno al Plioceno en el área.

Por otra parte las memorias de las hojas nº 984 Sevilla, de la serie MAGNA (1975) nº 1002 Dos Hermanas, y 1003 Utrera (1977), contienen información sobre la estratigrafía, paleontología, sedimentología de la zona estudiada, pero no aportan nada nuevo sobre lo comentado en antecedentes hasta el momento.

Más recientemente, Portero et al. (1984) opinan, sobre la evolución paleogeográfica de la Cuenca del Guadalquivir durante el Neógeno, que ésta depresión presentó las características propias de una cuenca de antepais generada por subsidencia isostática y flexión de la litosfera, respondiendo a una paleogeografía de tipo de mar epeírico entre la Meseta y el frente Bético.

Finalmente, Martínez del Olmo et al. (1984) con datos de sondeos han establecido un modelo sedimentario de la cuenca, considerando cuatro unidades tectosedimentarias (Fig. 9), incluyen las margas azules y calcarenitas del Mioceno-Plioceno inferior en la UTS 3, y las arcillas y arenas del Plioceno medio en la UTS. 4.

IV.2. EDAFOLOGIA, GEOMORFOLOGIA Y GEOTECNIA

De la bibliografía específica del Cuaternario en la zona merecen especial atención los trabajos publicados sobre los suelos de las terrazas del Guadalquivir y sus afluentes.

Los primeros trabajos que estudian las terrazas del río Guadalquivir son los de Carandell (1926), Carbonell (1927) y Hernández Pacheco (1928) en las provincias de Jaén y Córdoba. Posteriormente y dentro de nuestra zona de trabajo, se han realizado estudios de las formaciones edáficas de las vegas fluviales y terrazas del Guadalquivir, desde el punto de vista químico y mineralógico por: Paneque (1957-58), González et al. (1960-1966), Clemante (1973), Bellinfante et al.

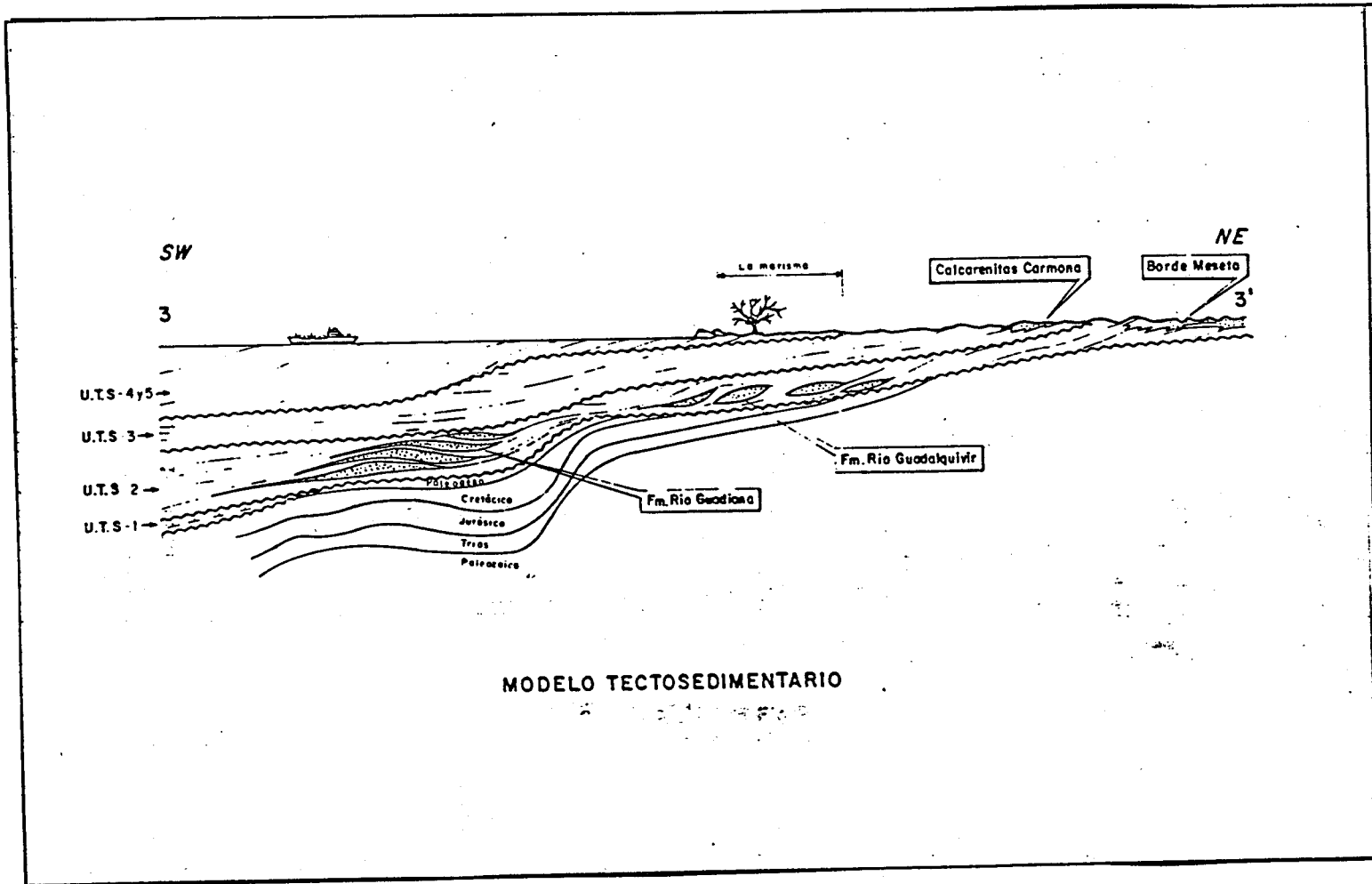


Fig. 9.- Esquema del modelo tectosedimentario propuesto por Martinez del Olmo et al. 1984

(1970-74), Mudarra (1974), De la Rosa (1975), Paneque et al. (1975), entre otros.

En 1971, Draim et al. en su libro " Le Bas Guadalquivir", de índole geográfica establecen en la zona que aquí se estudia dos niveles de terrazas diferenciándolos por la abundancia de gravas en superficie del último de estos niveles. Así mismo presentan un esquema geomorfológico del área.

En 1973, Clemente en su Tesis Doctoral hace un estudio sobre las propiedades, génesis y clasificación de suelos en las terrazas del Guadalquivir. Distingue un nivel de vega actual y cuatro niveles de terrazas, de los que el último podría representar un glacis de erosión que enlaza de forma suave el cuaternario con la formación Mio-Pliocena de Carmona-Alcala de Guadaira.

Clemente y Paneque (1974) estudian la evolución de los suelos en las terrazas de la margen izquierda del Guadalquivir entre los rios Corbones y Guadaira y relacionan los niveles descritos por Clemente en 1973 con los distintos períodos glaciares y pluviales del Cuaternario indicando además las formaciones edáficas representativas de cada uno de ellos. Estas formaciones son: a) desde la orilla fluvial a alturas comprendidas entre 0-7 m (nivel 0) suelos pardos poco evolucionados debido a su juventud, b) entre 7-18 m (nivel primero), suelos pardo rojizos, c) 18-25 m (segundo nivel), suelos pardos lavados hidromorfos y tierras negras andaluzas, d) 50-80 m (tercer nivel) suelos rojos fersialíticos, y e) en la terraza mas antigua con alturas superiores a los 80 m suelos rojos fersialíticos muy lavados y suelos hidromorfos minerales.

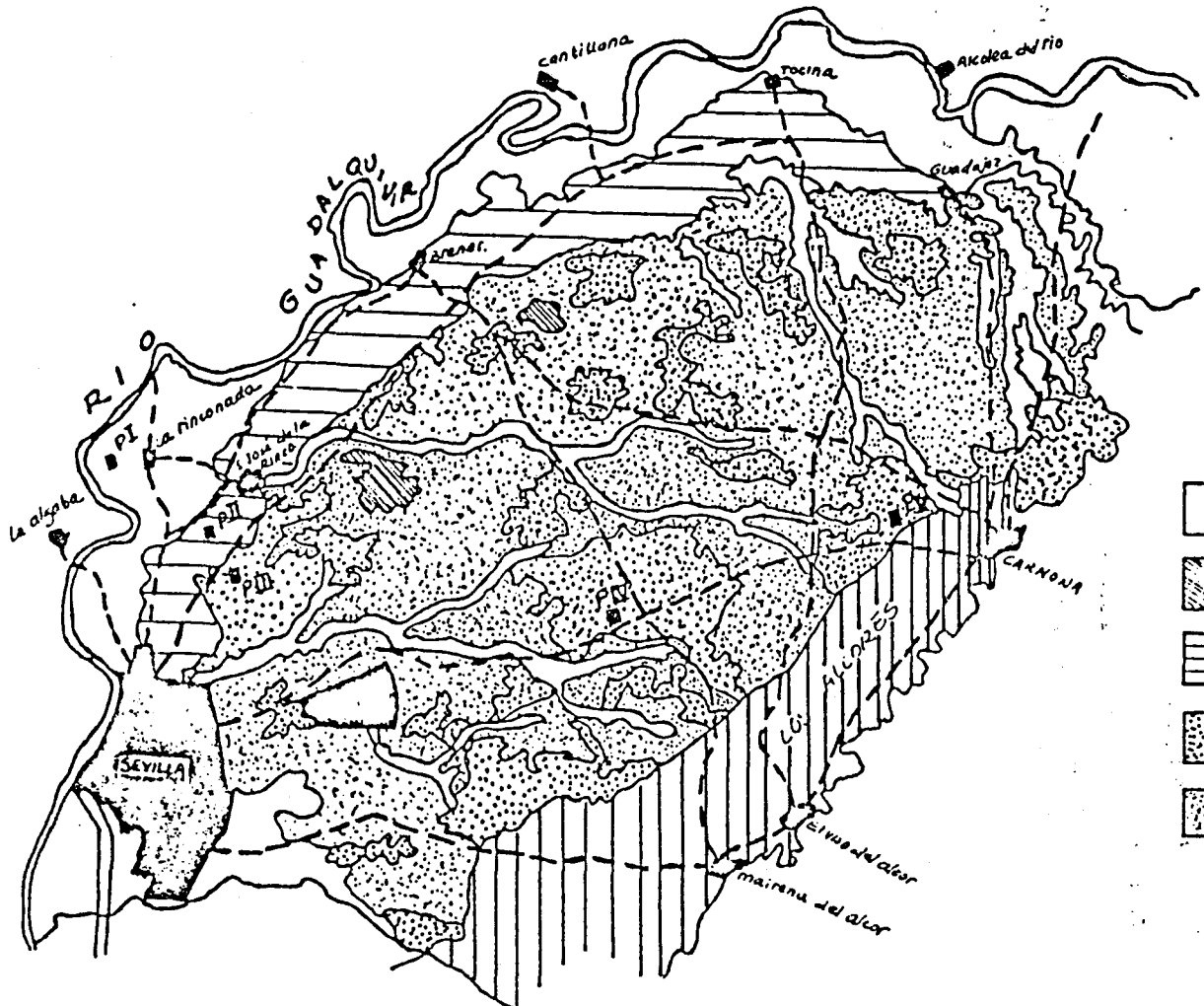
Clemente et al. (1976, 1977) estudian una cantera de gravas en la Rinconada, perteneciente a la segunda terraza del Guadalquivir, y relacionan la distribución del hierro con los procesos de hidromorfismo y rubefacción. Con estos datos y algunos de tipo paleontológico piensan en la contemporaneidad del 2º nivel de terraza con el Riss y mas concretamente, por tratarse del curso bajo del rio, con el interglaciar Riss-Würn.

Clemente et al.(1977-79) discuten los procesos que intervienen en la formación de la tercera terraza (T_1 desde el punto de vista geomorfológico), suponiendo que hubo una evolución climática desde un clima húmedo para una etapa inicial, a unas condiciones de mayor aridez .

Viguiet (1974) al estudiar el cuaternario de la zona, al E de Sevilla, distingue tres niveles de terrazas, diferenciandolos de los aluviones antiguos (que data como "Cuaternario antiguo") por el color rojo.

De la Rosa (1974-1975), en su Tesis Doctoral realiza un mapa de suelos del área de Carmona, Alcala de Guadaira y Sevilla. Los suelos diferenciados y la extensión de los mismos se puede ver en la Fig 10.

Por otra parte Vanney 1970, en su estudio hidrogeológico del bajo Guadalquivir (Fig. 11) pone de manifiesto los rasgos geomorfológicos más interesantes de la zona de estudio.



LEYENDA.

- ☐ Suelos de aporte aluvial.
Typic xerofluvents.
- ▨ Vertisoles de drenaje externo reducido.
Chromoxererts.
- ▧ Suelos " Marrons".
Calcixerollic Xerochrepts.
- ▤ Suelos fersialíticos.
Calcic rhodoxeralfs.
- ▦ Suelos hidromorfos con pseudogley
Aquic haploxeralfs.

escala - 1:300.000

Fig. 10.- Mapa de suelos de la zona estudiada. (De la Rosa, 1975)

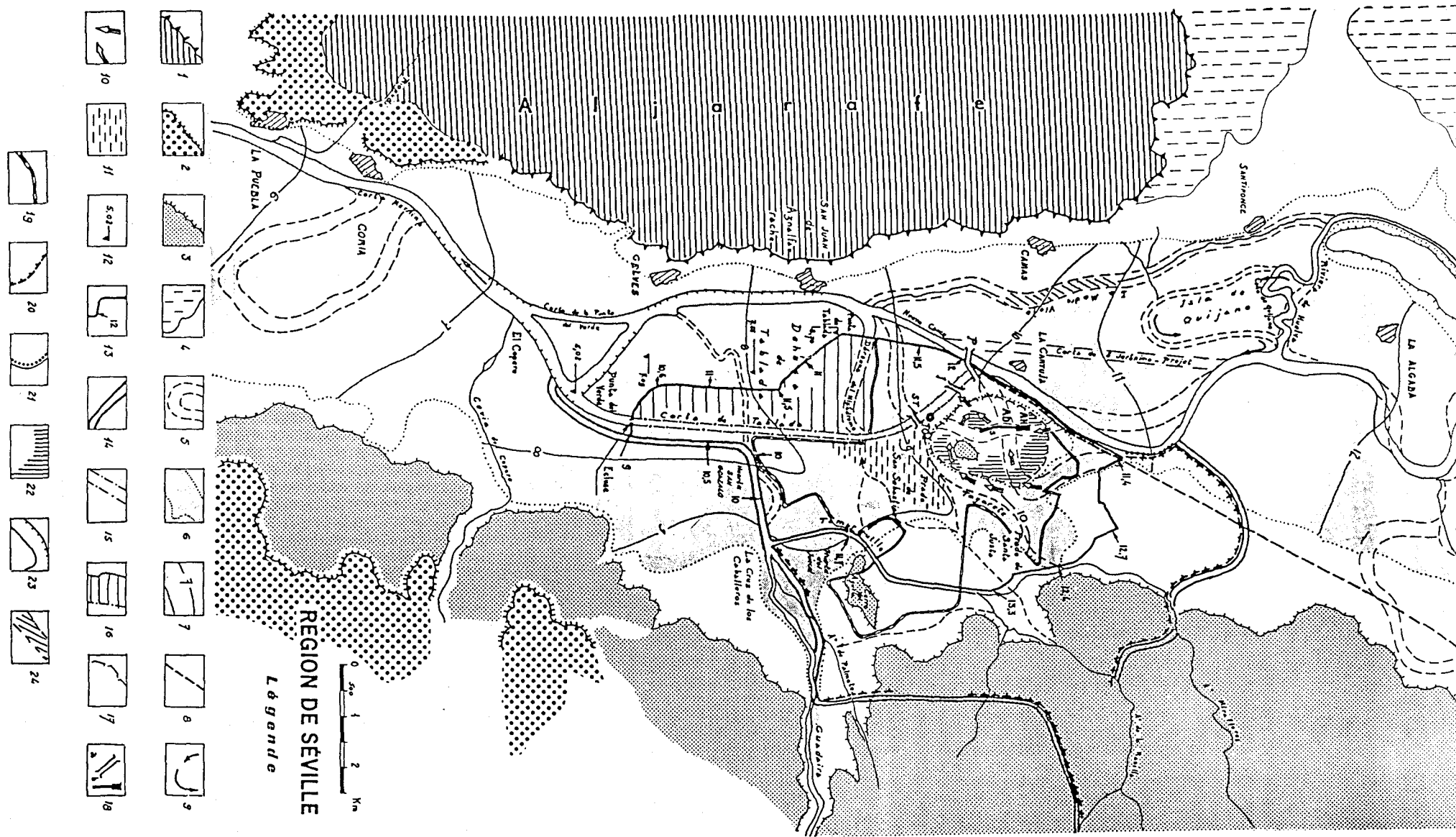


Fig. 11 - Esquema hidrogeográfico de el área de Sevilla (Vanney, 1970)

LEYENDA Fig 11.

1. El Aljarafe y ru reborde meridional
2. Terraza alta cuaternaria
3. Terraza baja cuaternaria
4. Terraza-glacis de la depresión periférica del borde N de Sevilla.
5. Curso abandonado
6. Extensión de la crecida de 1892
7. Cotas de las curvas de nivel alcanzadas por el agua en 1892.
8. Via ferrea que sirvió durante un tiempo de dique de protección.
9. Antiguo paso del rio durante el siglo XVIII
10. Extensión de la crecida de 1896
11. Antiguas mareas.
12. Cota de la crecida de 1951
13. Dique de protección interior
14. Curso del rio desviado
15. Brazo de agua mantenido a nivel constante.
16. Dominio del puerto.
17. Límites de las antiguas murallas
18. Lugares importantes de la ciudad (puentes, calles etc)
19. Límites actuales de aglomeración sevillana
20. Dique externo
21. Defensa de San Jerónimo
22. Parte del centro de la ciudad inundada en 1961
23. Muros de protección
24. Aluvial de Camas

Más recientemente Díaz del Olmo et al. (1986) describen en el área comprendida entre Lora del Rio Sevilla y Carmona, 3 grandes manifestaciones morfogenéticas: a) Formaciones de pie de monte, b) Aluviales fluviales, c) Costras calcáreas, y datan la primera como Pleistoceno inicial y la terrazas media y reciente como Acheelense y Paleolítico inferior en base a restos fósiles y a cantos tallados encontrados en dichas terrazas.

La Memoria del Mapa Geotécnico de Sevilla (IGME, 1975) a escala 1:200.000, describe los factores con incidencias geotécnicas de la zona de Sevilla y para la interpretación geotécnica de los terrenos atienden fundamentalmente a aspectos de capacidad de carga, y posibles asentamientos de edificaciones urbanas o industriales. Consideran que la capacidad de carga es baja, con asentamientos de magnitud media que pueden ser importantes en zonas limo-arcillosas ligadas a cursos actuales. En las terrazas con litología más pobre en finos, los asentamientos y la capacidad de carga son de magnitud media. El nivel freático y el contenido en materia orgánica puede dar origen a problemas geotécnicos.

En los últimos años, De la Rosa et al. (1983), Ruíz et al. (1981), Pérez Rodríguez et al. (1985) y Ruíz Carvajal (1985), han estudiado la composición mineralógica y química de la fracción fina de una serie de sondeos del área urbana de Sevilla, así como sus características geotécnicas. Los suelos son bastante uniformes en cuanto a su mineralogía, montmorillonita, illita y caolinita, con cuarzo y feldespatos, pero pueden distinguirse seis zonas en base a las diferentes proporciones entre ellos y al grado de cristalinidad de illitas

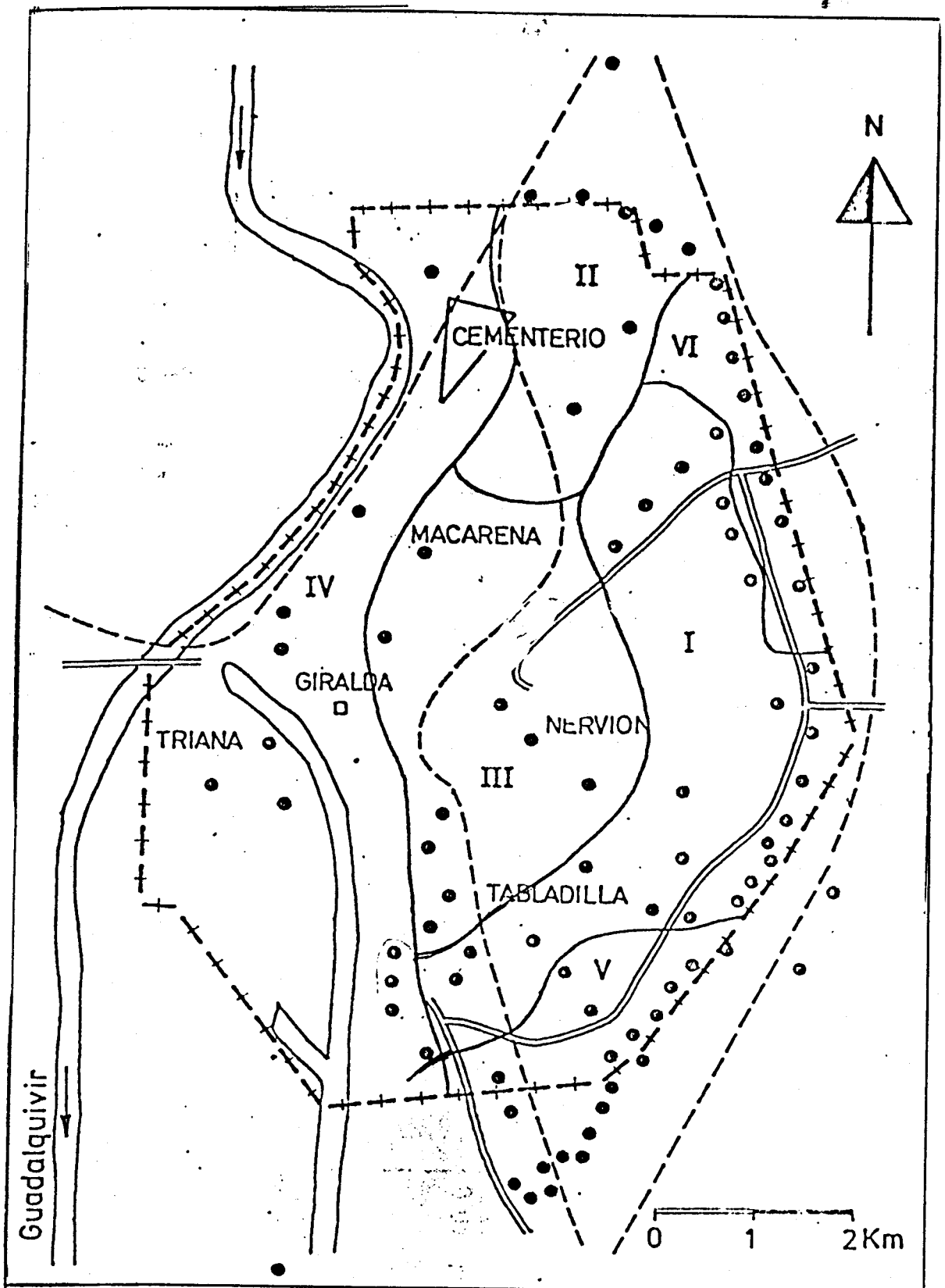


Fig. 12.- Esquema de situación de los sondeos y zonas definidas por Ruiz Carvajal, 1985, en el área urbana de Sevilla

y esmectitas, Fig. 12. También clasifican los suelos desde el punto de vista geotécnico y formulan modelos matemáticos que permitan pronosticar el comportamiento geotécnico en base a datos fisico-químicos y mineralógicos.

IV.3. MINERALOGIA Y RECURSOS MINERALES

En cuanto a los trabajos de mineralogía de la zona la mayor parte de ellos tratan de la caracterización de las arcillas de suelos, por lo que dentro de los expuestos en el apartado de Edafología se pueden encontrar datos de la mineralogía de los materiales cuaternarios.

Más concretamente González García (1960) y González García et al. (1960) estudian la mineralogía y quimismo de las arcillas de los suelos andaluces, realizan un Mapa de Suelos para el Valle del Guadalquivir y los clasifican en función del color, distribución del carbonato cálcico, origen, etc, en: tierras rojas, tierras pardas o grises, tierras negras y suelos aluviales.

En 1962, el equipo de trabajo de el Centro de Edafología de El Cuarto, realiza un Mapa de Suelos de la provincia de Sevilla, Fig. 13. Posteriormente González García et al. (1964-1966) dentro de una línea de investigación basada en el estudio de los materiales cerámicos de Andalucía y su utilización en industrias locales, describen los depósitos de la margen derecha del Guadalquivir y encuentran que los materiales terciarios están compuestos fundamentalmente por illita, montmorillonita y caolinita (zona de Santiponce) y los de la segunda terraza del Guadalquivir (área de Dos Hermanas) por caolinita, illita y montmorillonita (Romero et al. , 1976) .

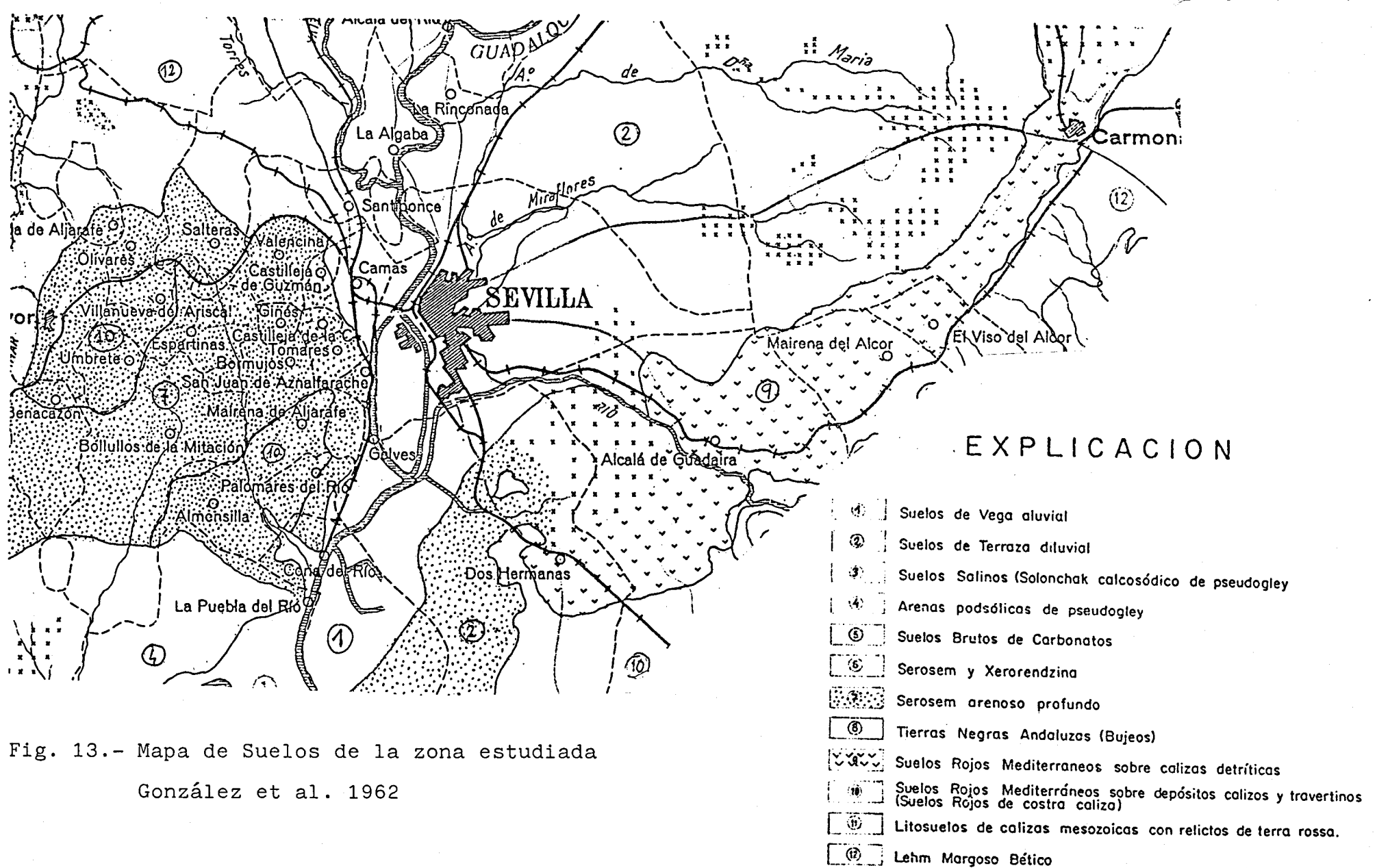


Fig. 13.- Mapa de Suelos de la zona estudiada

González et al. 1962

En el trabajo ya citado de Viguiet (1974) se diferenciaron varias zonas en base a las asociaciones de minerales pesados. El área estudiada forma parte de la zona caracterizada por: Epidota -Granate-Andalucita-Rutilo (muy escaso),

Con respecto a la mineralogía de arcillas Latouche y Viguiet (1976) establecen la evolución de estos minerales desde el Mioceno superior al Plioceno inferior para toda la Cuenca del Guadalquivir. Fig 14. Los minerales de la arcilla siguen una evolución montmorillonita → illita → caolinita + clorita → illita - montmorillonita desde el Mioceno terminal al Plioceno inferior, que interpretan como minerales detríticos aportados en dos etapas: a) procedentes directamente del continente donde hubo un clima cálido de estaciones contrastadas (montmorillonita), y b) procedentes del mar, traídos desde regiones más o menos próximas, con clima más cálido y húmedo (illita, caolinita, clorita). La zona central (Fig. 14), límite Mioceno-Plioceno, con mayor abundancia de detríticos con illita y caolinita, la interpretan como la etapa en que existe una fuerte influencia marina y prácticamente la cuenca queda fuera del control continental.

Anteriormente, Mélières (1973) había estudiado las arcillas del estuario del Guadalquivir, desde Alcalá del Río hasta San Lucar y describe el reparto de los minerales de la arcilla en los depósitos recientes. Montmorillonita (55%), illita (30%) y caolinita (15%),

son los tres minerales encontrados y sus proporciones se mantienen prácticamente constantes en todo el recorrido . Se observa , no obstante, que en las zonas más cenagosas predomina la illita lo que explica Melieres por un efecto sedimentológico diferencial.

González Vilchez et al. (1979) y González Vilchez (1983) , en un estudio de arcillas cuaternarias del valle inferior del Guadalquivir en Cerro Macareno, dentro de la terraza media, encuentran que los materiales son de naturaleza illítica, con alto contenido en cuarzo y feldespatos y cantidades variables de carbonatos.

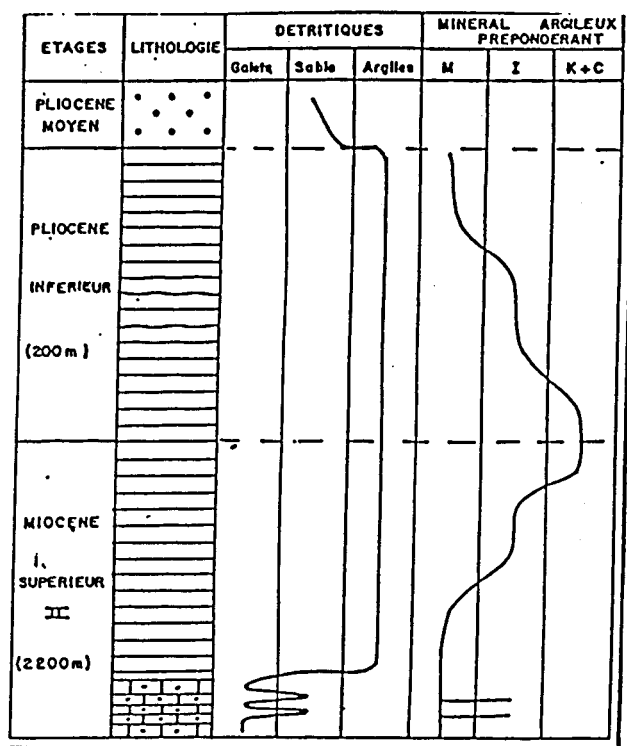


Fig. 14.- Evolución de los minerales de la arcilla durante el Neógeno (Viguiet y Latouche 1976)

En la Memoria del Mapa de Rocas Industriales (IGME, 1974), a escala 1:200.000 se sitúan las canteras existentes en la zona estudiada, así como los sectores en los que se utilizan los materiales explotados y las reservas. Las explotaciones de gravas y zahorras son las de mayor importancia numérica en la zona, provenientes casi exclusivamente de los materiales cuaternarios de las terrazas del Guadalquivir.

Las explotaciones de arcilla existentes están situadas en terrenos miocenos y cuaternarios (en menor número), destinándose a la fabricación de productos cerámicos, con unas elevadas reservas. En el área de Alcalá de Guadaira y Carmona existen numerosas explotaciones de calcarenitas del Mioceno y se destinan casi exclusivamente a la obtención de cal.

IV. 4. PALEONTOLOGIA

Los antecedentes paleontológicos (en su mayoría micropaleontológicos) tienen gran importancia porque como ya se comentó anteriormente, a partir de 1960 van estrechamente ligados a las investigaciones estratigráficas de la zona. Las opiniones de los distintos autores que trabajan en este área con respecto a la edad de los materiales son en ocasiones contradictorias.

La referencia más antigua, dada por Calderón (1888), pone de manifiesto la abundancia de foraminíferos en las formaciones de Sevilla determinando una gran cantidad de géneros que los atribuye al Plioceno.

Schumberger y Schortt (1893) y Pan Arana (1952-57) estudian los alrededores de Sevilla (zona del Aljarafe) remarcando la abundancia de globigerinas en el Plioceno y describen nuevas especies para la zona.

Saavedra (1961-1964), estudia el Neógeno y el Cuaternario del Valle inferior del Guadalquivir , realiza una distribución de la fauna para las diferentes litologías y diferencia en base a los foraminíferos y a la litología 5 zonas para el Mioceno y 3 para el Plioceno y Cuaternario.

En 1960-64, Perconig presenta una síntesis de la geología del Valle del Guadalquivir, describe estratigráfica y faunísticamente las unidades próximas a Carmonay determina la posición de la "caliza tosca" de Carmona como Mioceno terminal,

Perconig , 1966, propone el término Andaluciense para designar el Mioceno terminal en facies marina,

seleccionando como estratotipo la sección de Carmona-Dos Hermanas. La definición de este estratotipo suscitó una gran polémica y casi todos los trabajos posteriores discuten y comparan los resultados que obtienen con referencia al trabajo de Perconig.

Boragan (1964) estudia los Ostrácodos del Mioceno superior de facies marina de la Cuenca del Guadalquivir y apoya las ideas de Perconig de que el corte de Carmona representa un nuevo término cronoestratigráfico para el Mioceno superior.

Perconig (1971) y Perconig y Granados (1973) efectúa una puesta al día de sus trabajos anteriores y reafirma la opinión de que el Andaluciense pertenece a la fase terminal del Mioceno, siendo el equivalente marino del Messiniense. Incluyen las margas azules, los limos y la caliza tosca dentro del Andaluciense, y las margas verdes situadas encima de las calizas, al Plioceno.

Martini(1970-71), Berggren et al. (1975-76), en base al estudio de nannoplancton apoyan las ideas de Perconig y señalan que la base del estratotipo del Andaluciense coincide con la Zona N.16 de Blow, situando el límite entre las zonas de Discoaster calcaris y D. quinqueramus en la base de la sección de Carmona, correlacionándola con la secuencia evaporítica del Messiniense en el dominio mediterráneo.

Para Viguié (1969), las margas verdes de Dos Hermanas son homólogas a las de Carmona y por la asociación de Globorotalia hirsuta, G. cf. crassaformis y G. crassacrottonensis, les atribuye una edad Plioceno inferior.

Verdenius (1970), en su trabajo " Neogene stratigraphy of the western Guadalquivir basin" realiza un estudio de los foraminíferos planctónicos del área y su paleoecología, definiendo cinco asociaciones de foraminíferos planctónicos. No encuentra evidencia de que el Andaluciense corresponda al Messiniense y atribuye a la caliza tosca una edad Plioceno medio, lo que contradice la opinión de Perconig .

Para la zona del Aljarafe, Díaz Estevez (1972), Benot (1978), González Regalado (1981), Díaz et al (1982) , estudian la distribución de los foraminíferos planctónicos en este área y le atribuyen una edad Plioceno inferior por comparación con los trabajos de Berggren (1973), Cita (1973) y Blow (1969) para el mediterráneo.

Sierro 1985, en su Tesis Doctoral realiza un estudio del Valle del Guadalquivir desde Sevilla hasta Ayamonte. Establece una biozonación en base a foraminíferos planctónicos para esta zona y los compara con otros sectores del Valle del Guadalquivir y con el dominio Mediterraneo. Sitúan el límite Mioceno-Plioceno en la biozona de G. margaritae, entre el BPA de dicho taxón y el BPA de G. puncticulata y suponen una edad del Tabianiense para el inicio de la regresión en la cuenca.

El estudio de la macrofauna de la zona está restringido a la de mamíferos fósiles de las terrazas del Guadalquivir, siendo estos los únicos datos de interés de los materiales Plio-Pleistocenos de la Depresión.

Ya desde finales del siglo pasado se tiene noticia de la presencia de restos fósiles pertenecientes al género Elephas en el área (Falconaer y Busk , 1867, Calderón, 1887-1888, Pholling, 1888). Calderón en 1887, cita la presencia de dichos fósiles en los alrededores de Sevilla en el término de la Rinconada y uno de ellos fue confirmado por Pholing como perteneciente al género Elephas antiquus. Los restos se encontraron en la antigua dehesa de la Rinconada al borde de la segunda terraza, hallándose también molares de Elephas.

Aguirre (1969) acepta la existencia de E. antiquus hasta la zona de agradación de la terraza segunda (10-18 m) y opina que hace su aparición durante el interglaciar Mindel-Riss. Este mismo autor confirma en 1973 la presencia de Paleodoxon antiquus, en la terraza de La Rinconada y piensa que puede atribuírsele una edad Pleistoceno medio.

CAPITULO V. RESULTADOS

V. RESULTADOS

V.I. INTRODUCCION

La exposición de los resultados se hará siguiendo el orden que se detalla a continuación:

A) Descripción litológica de los perfiles estudiados

- Margen derecha del Guadalquivir
- Margen izquierda del Guadalquivir
- Materiales de la Terraza 1
- Materiales de la Terraza 2
- Materiales de la Terraza 3
- Depósitos aluviales
- Materiales del área urbana de Sevilla

B) Resultados experimentales

- Perfiles
- Análisis por formaciones

Los signos y abreviaturas empleados son los siguientes:

| | |
|----------------------|---|
| Margas azules | x |
| Limos y Margas | • |
| Limos y Arenas..... | o |
| Calcarenitas..... | Δ |
| Margas verdes..... | ^ |
| Arenas basales..... | □ |
| Formación roja..... | v |

- Arcillas y arenas de descalcificación■
- Terraza 1.....▽
- Terraza 2.....▲
- Terraza 3.....▼
- Aluvial~

C: Calcita F: Feldespatos. I: Illita
 D: Dolomita FI: Filosilicatos S: Esmeclitas
 Q: Cuarzo Y: Yeso C+K: Clorita + Caolinita

La Leyenda litológica, de mineralogía global , mineralogía de la fracción menor de 2 μ, composición granulométrica y observaciones de todos los perfiles se da en la fig 15.

V. 2. DESCRIPCION LITOLOGICA DE LOS PERFILES ESTUDIADOS

V.2.1. Margen derecha del Guadalquivir

En este sector se han levantado de N a S las siguientes columnas litológicas: Arroyo del Chorrito (13), Cantera de Santiponce (14), Cerro de la Cruz (2), Cerro Blanco (1), Barriada de Caño Ronco (4), Cerro Carambolo (3), Tomares (5), Barriada de la Cuesta (6), Gelves (7) y Coria del Rio (10). La localización de estos perfiles se puede ver en la Fig. 1.

Hay que destacar la escasez de buenos afloramientos debido a la monotonía de un relieve sin contrastes acusados a los frecuentes recubrimientos y a la falta de cortes naturales , lo que hace además que las observaciones de los contactos entre las distintas formaciones sea en la mayoría de los casos muy difícil.

V.2.1.1. Perfil del arroyo del Chorrito (13)

Se ha levantado la columna litológica en el arroyo del mismo nombre, las coordenadas geográficas son X = 758.731, Y = 4.149.621.

El objeto de esta columna ha sido describir detalladamente los distintos niveles que comportan las Margas azules en este sector. La potencia estimada es de 35-40 m, la parte basal está cubierta y no se puede estimar la potencia exacta.

De muro a techo se han diferenciado los siguientes tramos (Fig. 16) :

- 1.- 2 m de arcillas margosas compactas, fractura concoidea, de color gris con restos fósiles mal conservados. Muestra 89.
- 2.- 2 m de margas marrones con pasadas de yeso relleno diaclasas. Muestra 90.
- 3.- 1.5 m de margas blancas con pasadas arenosas, alteradas en superficie en tonos amarillentos, con óxidos de hierro y restos de fauna mal conservada. Muestra 91
- 4.- 5 m de margas grises con fractura concoidea, alteradas en superficie. Muestra 92.
- 5.- 5 m de margas grises con pasadas de yeso relleno diaclasas. Muestra 93.
- 6.- 2 m de margas con fractura concoidea ligeramente arenosas. Muestra 94.
- 7.- 3 m de margas grises alteradas en superficie con fauna Muestra 95.
- 8.- 3 m de margas grises con fractura concoidea y pasadas arenosas.

PERFIL 13.-ARROYO DEL CHORRITO

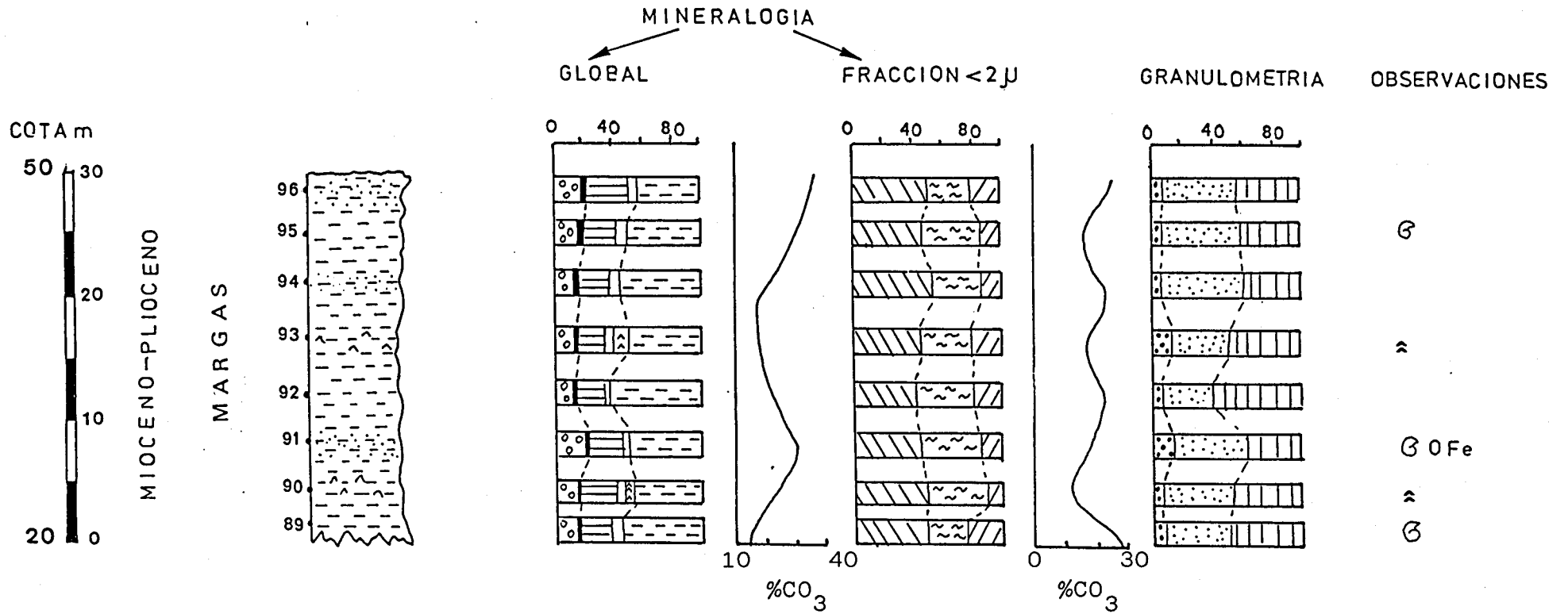


Fig. 16

V.2.1.2. Perfil de la Cantera de Santiponce(14)

Se ha realizado en una cantera situada al NW del pueblo de Santiponce. Las coordenadas son X= 760.969, Y = 4.148.775.

El objetivo fue el de estudiar el tipo de facies que presentaban las margas azules en esta zona para poder establecer correlaciones con otras descritas en otros puntos del área. La potencia visible es de 16m. La situación exacta de este perfil se puede observar en la Fig. 1.

La litología es bastante homogénea pero se han diferenciado los siguientes tramos (Fig. 17) :

1.- 2 m de margas grises muy carbonatadas con fractura concoidea y restos de fauna mal conservados. Muestra 97.

2. 2 m de margas grises , en superficie amarillentas debido a la presencia de óxidos de hierro, con pasadas arenosas.. Muestra 98.

3.- 2 m de marga carbonatada gris con fractura en bolos y presencia de materia orgánica. Muestra 99

4.- 4 m de margas grises , con restos fósiles mal conservados, e. intercalaciones de niveles más carbonatados en bancos de escasos cm. Muestra 100-101.

5.- 1.5 m de limos arenosos amarillentos, con pasadas margosas Se llegan a observar ripples y laminación incluso pequeños canalillos de 10 cm de largo por 2 cm de alto que llegan a ser casi microconglomerados. Existen manchas de óxidos de hierro y parece que pueda existir una bioturbación pero no se ve muy clara. Se observa la presencia de huellas de raíces. Muestra 102

6.- 4. m de alternancia de margas grises y niveles de carbonatos en bancos de 10 cm, y margas arenosas alteradas en superficie.

PERFIL 14.- SANTIPONCE

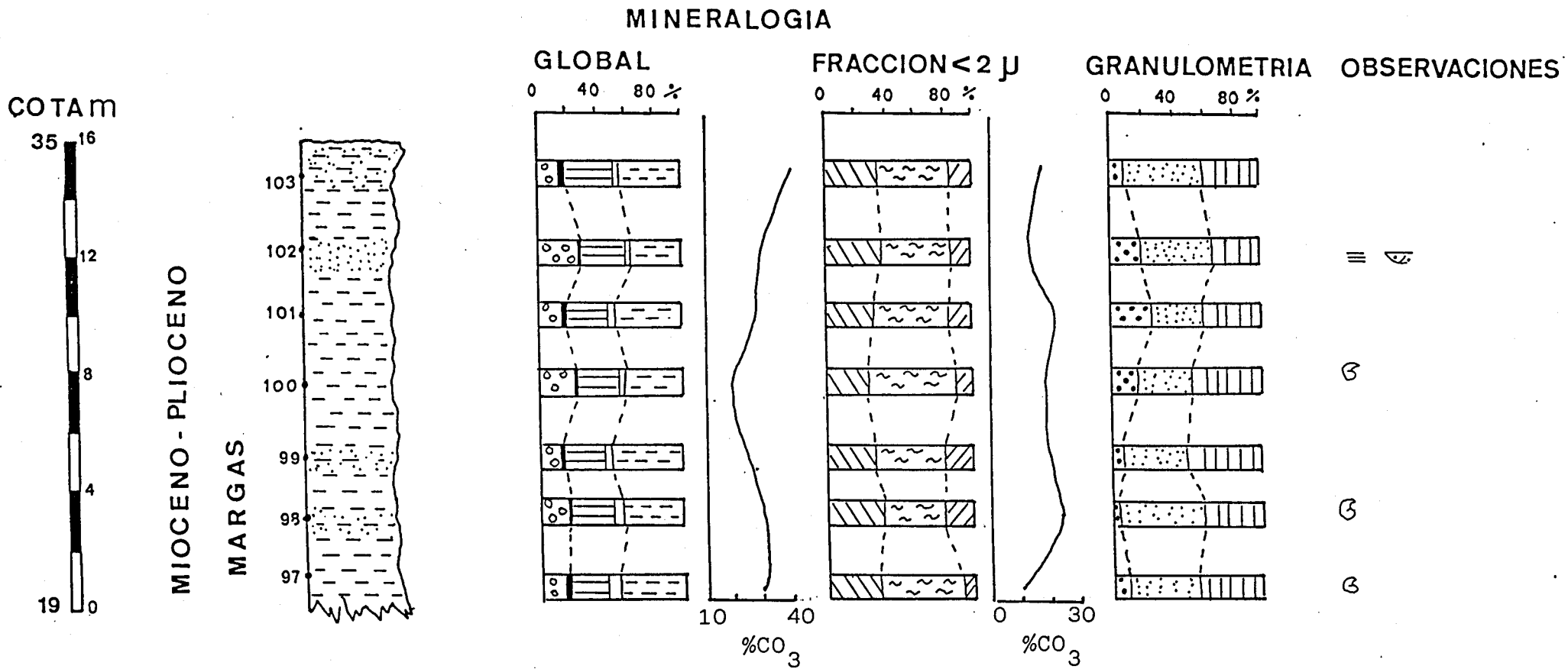


Fig. 17

V.2.1.3. Perfil del Cerro de la Cruz (2)

Se ha realizado al NE de Valencina de la Concepción en el Km. 1 de la carretera comarcal de Valencina a Santiponce. Fig.1 Las coordenadas son X = 750.149, Y = 4.156.324.

Se ha levantado la columna con el fin de ver el tipo de facies y las características que presentaba en esta zona la Serie de Transición (limos y margas) y correlacionarla con otros puntos del área, también porque en este lugar es donde hemos encontrado esta formación con la máxima potencia 30 m. (Fig. 18).

Los tramos diferenciados son los siguientes:

1.- 4 m de margas grises con fractura concoidea, localmente muy arcillosas. Presentan fauna de bivalvos, gasterópodos mal conservados (moldes) y bioturbación probablemente Thalassinoides y Ophiomorpha. Muestra 10.

2.- 1m de limos arenosos amarillentos, con granoclasificación decreciente de muro a techo y fina laminación. Óxidos de hierro. Muestra 11.

3.- 2m de arcillas de fractura hojosa más arenosas hacia techo. Con fauna de Venéridos escasa y dispersa. Materia orgánica diseminada en el sedimento. Presencia de glauconita. Muestra 12.

4.- 3 m de margas grises con moldes de Venéridos a techo.

5.- 3m de arenas verde-amarillentas de grano medio a grueso con granoclasificación decreciente, laminación y bioturbación en el tramo medio y en el techo del paquete. Presencia de glauconita. Muestra 13.

6.- Margas grises con bioturbación y arenas limosas con restos de moldes y bioturbación. Se observan estructuras de escape en la base de las arenas. Muestra 14.

7.- 2 m de areniscas con laminación y estratificación cruzada. En la base presentan bioturbación y óxidos de hierro. Muestra 15

Entre cada tramo arcilloso y el limo arenoso existe una etapa de interrupción sedimentaria marcada por la presencia de huellas de bioturbación, que en la mayoría de los casos queda truncada por el paquete arenoso .

PERFIL 2.- CERRO DE LA CRUZ

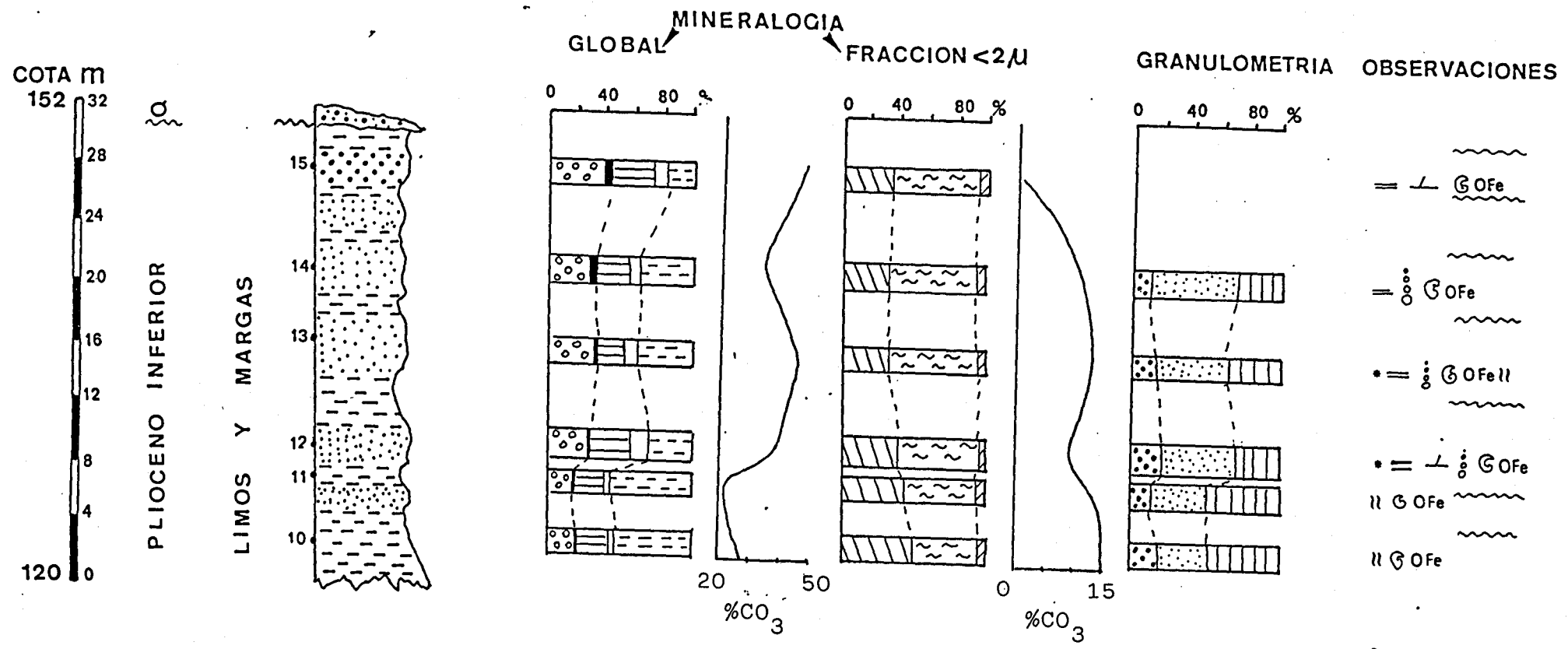


Fig. 18

V.2.1.4. Perfil de Cerro Blanco (1)

Se encuentra situado al E de Castilleja de Guzmán en el cerro de dicho nombre, las coordenadas geográficas son $X = 761.742$, $Y = 4.145.119$. (Fig . 1.)

Los materiales presentes en este perfil pertenecen a las Margas azules (25 m visibles), la Serie de transición (15 m) y a los Limos y Arenas (25 m). (Fig 19).

Los tramos diferenciados de muro a techo son los siguientes:

1.- 5 m de margas grises con fractura concoidea, a techo de los cuales se intercalan niveles más carbonatados en bancos de 20 cm. Muestra 1.

2.- 7 m de margas grises con fractura concoidea, alteradas en superficie por la presencia de óxidos de hierro, con pasadas de yeso rellenando diaclasas. A techo aparecen unos niveles más carbonatados . Muestra 2.

3.- 14 m de margas grises, alteradas en superficie, con restos fósiles mal conservados (moldes), yeso rellenando diaclasas. A techo se observan ligeras intercalaciones arenosas. Muestras 3 y 4.

4.- 8 m cubierto

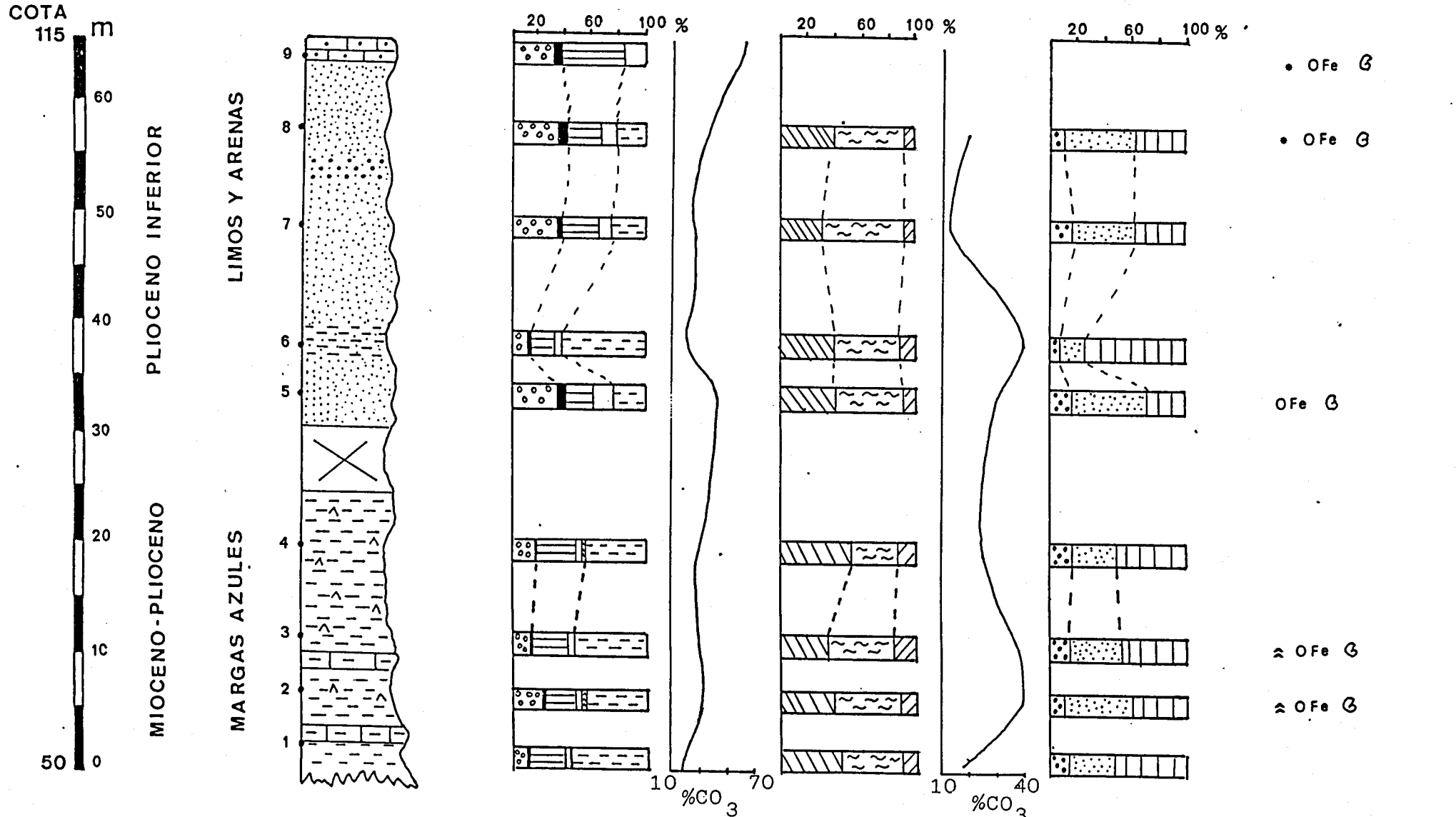
5.- 8 m de alternancia de limos amarillentos, masivos con fauna y óxidos de hierro, y margas marrones en bancos de 70 cm con fractura concoidea. Muestras 5 y 6.

6.- 20 m de limos amarillentos con óxidos de hierro, glauconita y restos fósiles en los que se intercalan niveles de arena fina en bancos de 80 cm. Muestras 7 y 8.

7.- 2 m de areniscas calcáreas, con restos fósiles óxidos de hierro y glauconita.

Los tramos 1-3, pertenecen a las Margas azules, 4-5 a la Serie de Transición y 6-7 a los Limos y Arenas

PERFIL 1.- CERRO BLANCO



V. 2.1.5. Perfil de Caño Ronco (4)

Situado en el Km. 1 de la carretera de Camas a Castilleja de Guzman, en la barriada de Nuestra Señora de los Dolores, Fig.1.

Las coordenadas son X= 761.243, Y= 4.144.237.

El interés de levantar esta columna está en la posibilidad de ver el contacto entre la formación de Limos y Margas y los Limos y arenas superiores. También tiene interés las formaciones rojas cuaternarias que coronan esta columna con una discordancia erosiva sobre los materiales terciarios anteriormente dichos. (Fig.20)

La potencia estimada para los Limos y Margas es de 15 m en esta columna (la parte inferior está cubierta y no se puede ver la potencia real), para los Limos y Arenas la potencia es de 37m y para las formaciones cuaternarias de 3m.

Los tramos de muro a techo son los siguientes:

1.- 5m de margas grises con óxidos de hierro y restos fósiles.

Muestra 24

2.- 10m. de alternancia de margas grises con margas arenosas amarillentas. Con óxidos de hierro y restos fósiles mal conservados.

Muestra 25

3.- 15 m de limos arenosos amarillentos y arenas finas. óxidos de hierro restos de fauna y glauconita. Muestras 26 y 27.

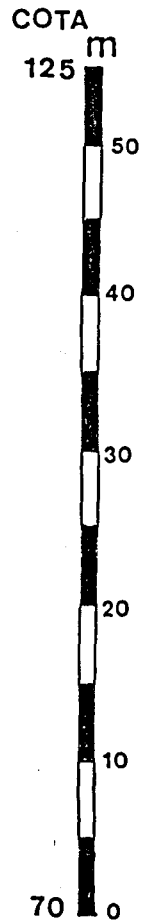
4.- 12 m de arenas y limos amarillentos con laminación, y estratificación cruzada. Muestras 28 y 29

5.- 3 m de arenas y arcillas rojas de descalcificación con base erosiva y presencia de nódulos de carbonatos

Los tramos 1-2 pertenecen a la formación Limos y Margas , el tramo 3 y 4 a los Limos y Arenas y el tramo 5 a las arenas de descalcificación del Cuaternario.

Entre el tramo 2 y 3 puede existir una discontinuidad estratigráfica por la presencia de bioturbación pero no está muy clara. Entre el tramo 4 y 5 existe una discordancia erosiva.

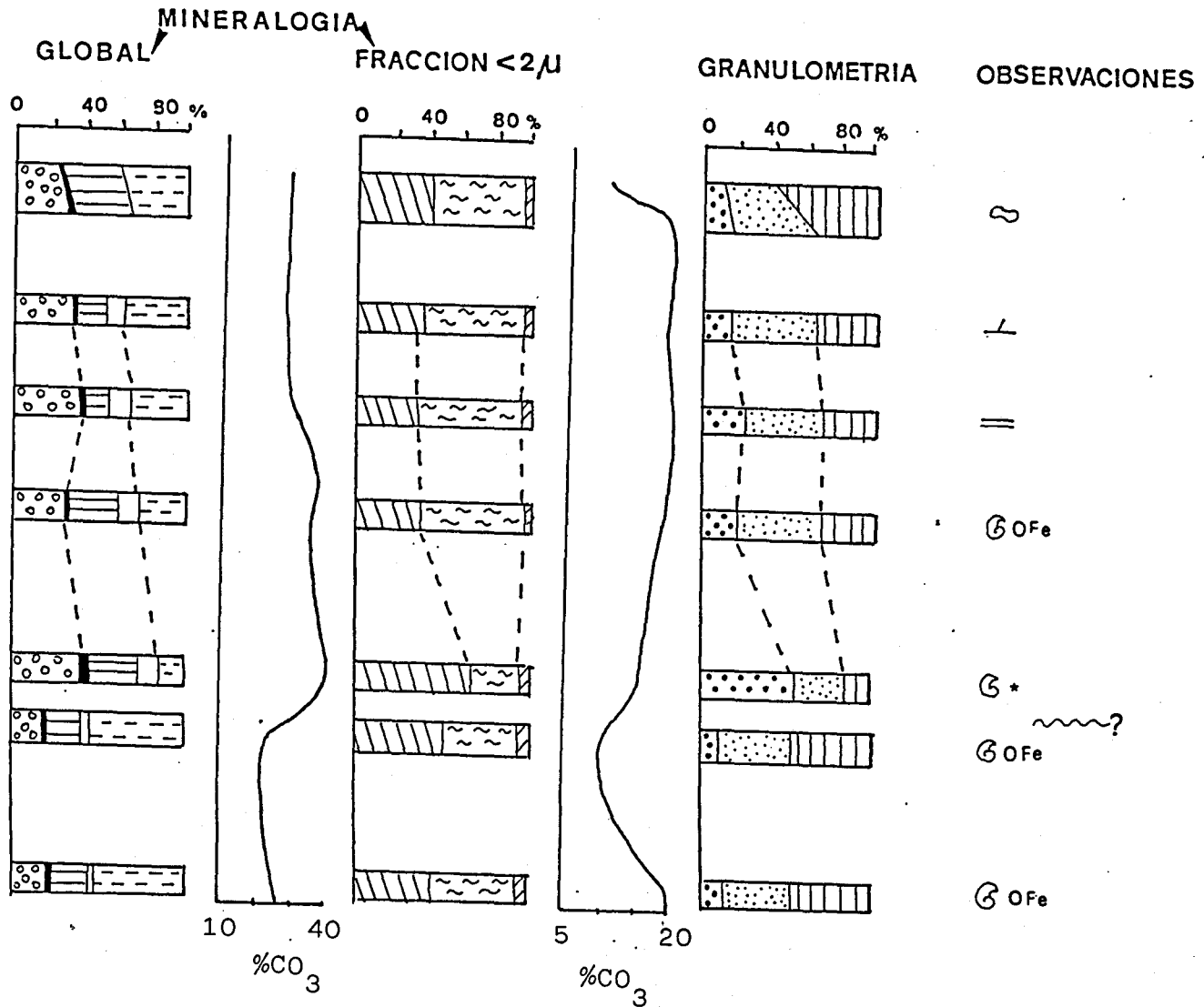
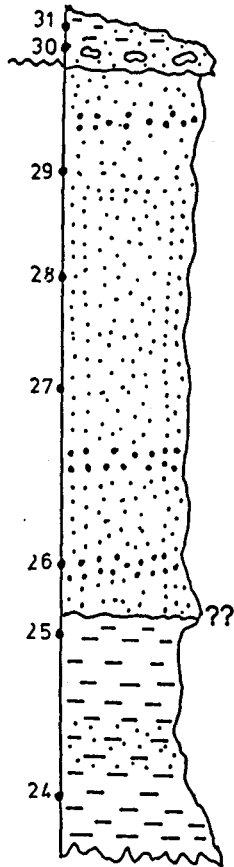
PERFIL 4.- CAÑO RONCO



PLIOCENO INFERIOR

LIMOS Y ARENAS

LIMOSY MARGAS



V.2.1.6. Perfil del Cerro Carambolo (3)

Se ha levantado en el depósito de agua de Castilleja de la Cuesta . Las coordenadas geográficas son $X = 762.529$ $Y = 4.143.928$. La situación se ve en la Fig. 1.

En esta columna estan representadas las tres formaciones de los materiales terciarios presentes en este sector de la margen derecha del Guadalquivir, de ahí que aunque los contactos entre ellas no se puedan observar por que el tránsito es gradual y no son netos pensamos que sería de gran interés ver el tipo de facies de estas formaciones. La potencia de las Margas azules es de 10 m visibles (la parte inferior cubierta), para los limos y margas intermedios la potencia es de 25 m y para los Limos y Arenas superiores a 12 m. También están representadas las arenas rojas de descalcificación del Cuaternario. (Fig. 21).

Los tramos diferenciados son :

1.-10 m de margas grises en ocasiones arcillosas con materia orgánica y yeso rellenando diaclasas Hacia techo más arenosas y amarillentas debidas a la impregnación de óxidos de hierro..

2.- 25m de alternancia de limos arenosos amarillentos, con pasadas de carbonatos, masivos con una potencia de 8-10 m , y margas grises arenosas con óxidos de hierro . Muestras 17-20

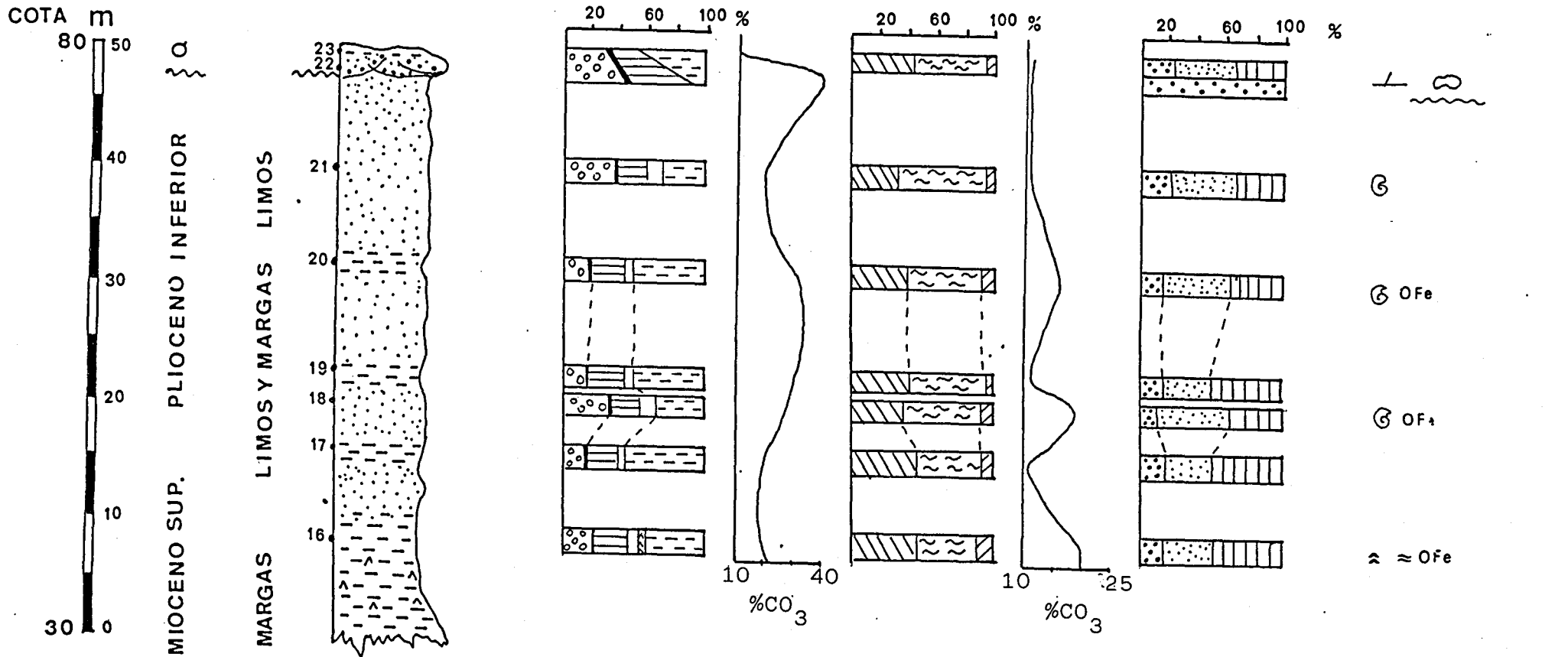
3.- Limos y arenas amarillentas, con restos de fauna no clasificable, masivos. Muestra 21.

4.- Arenas y limos arenosos rojos con estratificación cruzada y nódulos de carbonatos. Muestras 22 y 23

El tramo 1 pertenece a la formación Margas azules, el 2 a la Serie de transición y el 3 a los Limos y Arenas y el 4 al Cuaternario.

Fig. 21

PERFIL 3.- CERRO CARAMBOLO



V.2.1.7. Sondeo de Tomares (5)

Los datos de esta columna se han obtenido a partir de muestras procedentes de un sondeo realizado en los alrededores de Tomares, por lo que no se puede describir la columna litológica por tramos. Se han asignado las muestras a la Serie de Transición (alternancia de limos y margas) por los resultados obtenidos del análisis granulométrico y mineralógico y por la cota . La potencia del sondeo es de 14 m. Fig. 22.

V.2.1.8. Perfil de la Barriada de la Cuesta (6)

Se ha levantado este perfil al NE de San Juan del Aznalfarache, en una cantera abandonada, las coordenadas geográficas son X = 762.894. Y = 4.140.682. (Fig. 1.)

La columna está constituida por materiales limosos y arcillosos de la Serie de Transición y por Limos y Arenas. La potencia estimada de la primera es de 20 m y la segunda de 9 m. La columna está coronada por materiales cuaternarios discordantes sobre los terciarios con una potencia de 1 m. Fig. 23.

Se han diferenciado de muro a techo :

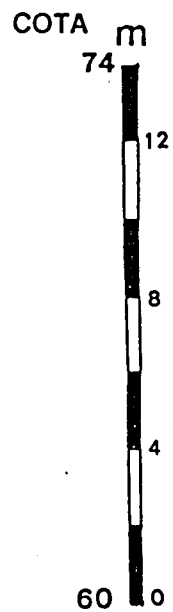
1.- 20 m. de alternancia de margas marrones amarillentas alteradas en superficie, con restos fósiles , que hacia techo se hacen mas arenosas y limos amarillentos con óxidos de hierro en bancos de 80 cm. Muestra 44-48.

2.- Limos amarillentos masivos. Con intercalaciones de niveles más arenosos, En algunos de ellos hay glauconita. Muestra 49-50.

3.- 1 m de arenas y arcillas rojas que se depositan

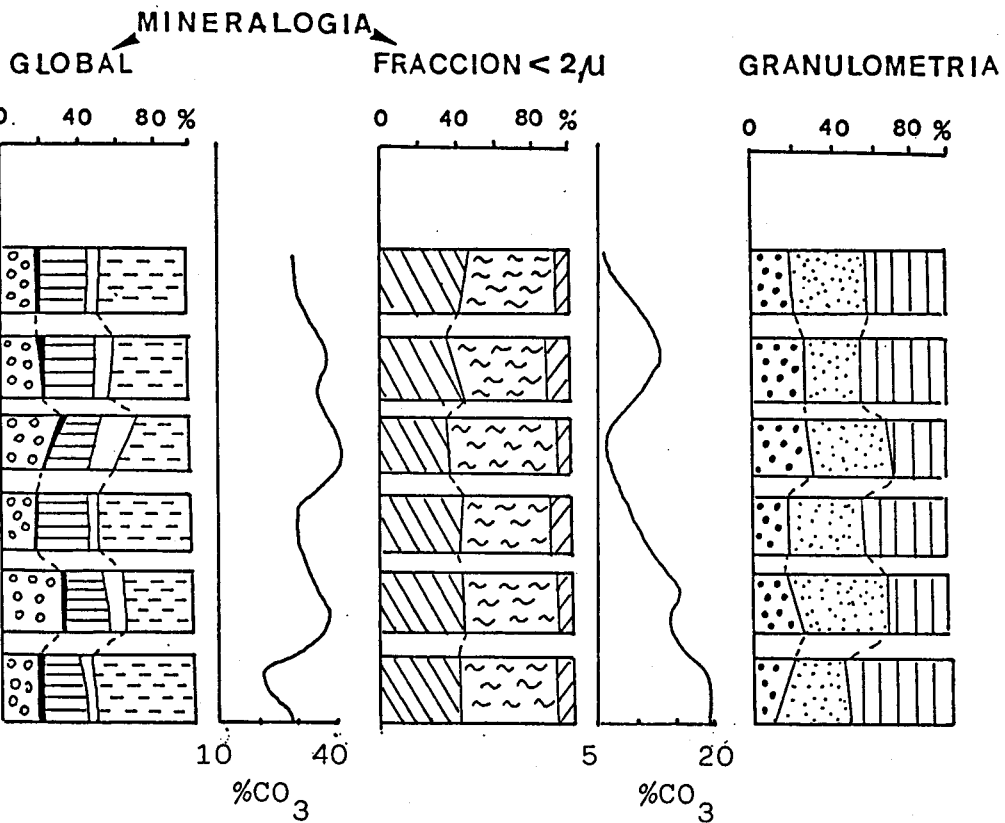
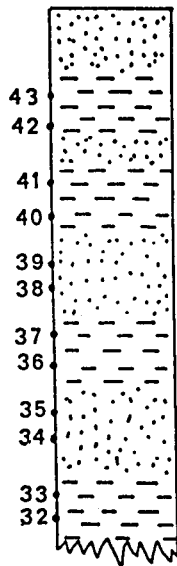
Fig.22

PERFIL 5.- TOMARES

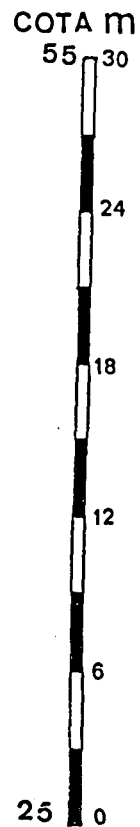


PLIOCENO INFERIOR

LIMOS Y MARGAS

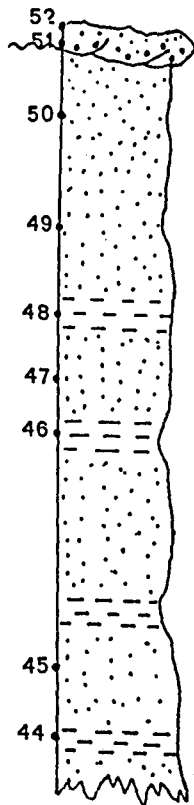


PERFIL 6.- BARRIADA DE LA CUESTA



PLIOCENO INFERIOR

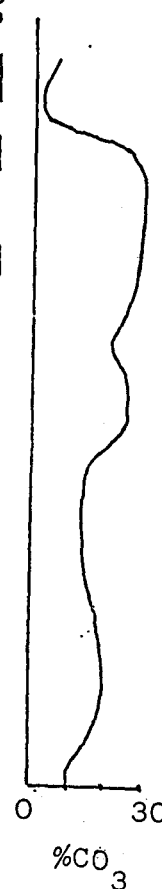
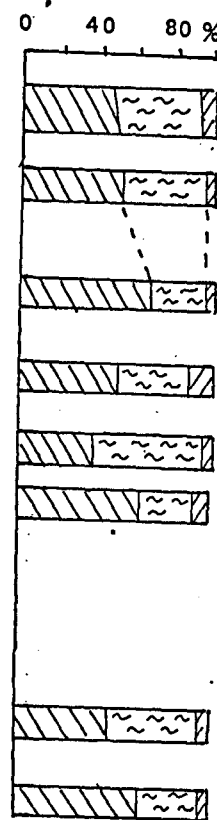
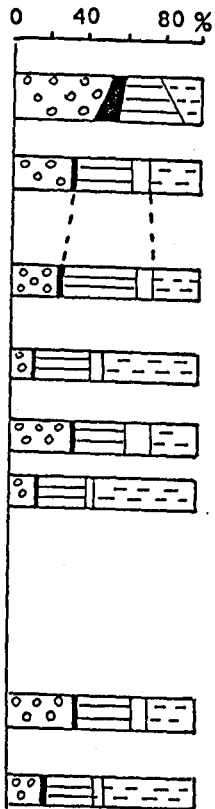
LIMOS Y MARGAS



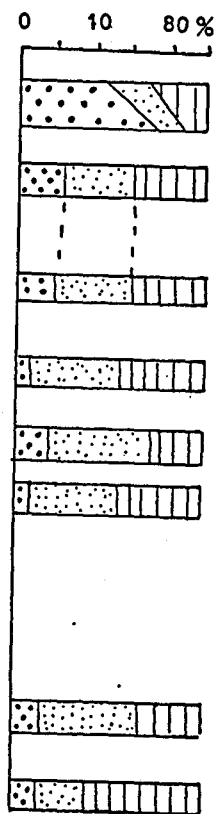
MINERALOGIA

GLOBAL

FRACCION < 2μ



GRANULOMETRIA OBSERVACIONES



~ L O

⊕ O Fe

⊕ O Fe

⊕ O Fe

mediante una discordancia erosiva sobre los materiales infrayacentes. Presenta estratificación cruzada y nódulos de carbonatos. Muestra 51-52.

V.2.1.9. Perfil de Gelves (7)

Se ha levantado al N de Gelves, las coordenadas geográficas son: X = 763.141, Y = 4.137.542. Fig 1.

La columna esta compuesta por sedimentos de la Serie de transición y se realizó por el interés que tenia ver las facies de esta formación en la zona más meridional del área de estudio. La potencia de estos limos y margas es de 5 m , el último metro corresponde a arenas de descalcificación cuaternarias (Fig. 24).

Se han diferenciado dos tramos uno, correspondiente a los materiales terciarios (tramo 1) y otro a los sedimentos cuaternarios (tramo 2). De muro a techo:

1.- 5 m de alternancia de limos amarillentos con óxidos de hierro en bancos de 80 cm y margas grises arenosas, con restos fósiles, en bancos de 70 cm. Muestras 53-56.

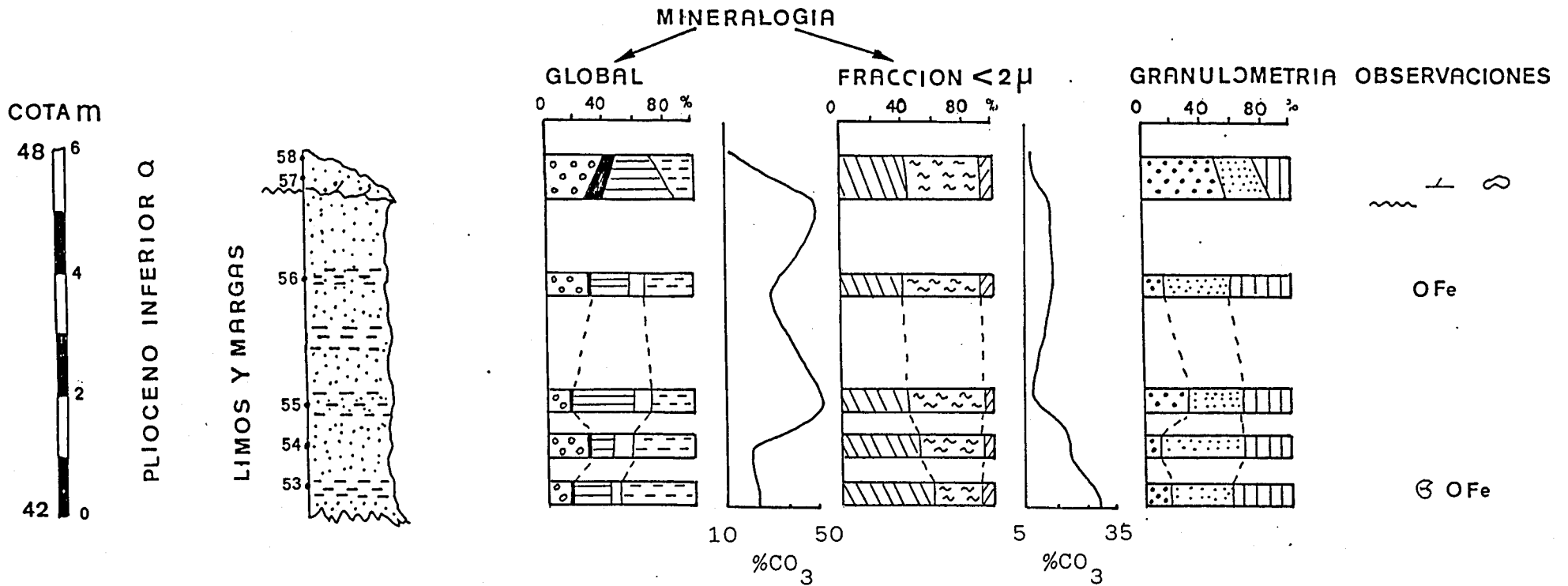
2.- 1 m de arenas y arcillas de descalcificación con nódulos de carbonatos en la base y estratificación cruzada. Muestras 57-58.

V.2.1.10. Perfil de Coria del Rio. (10)

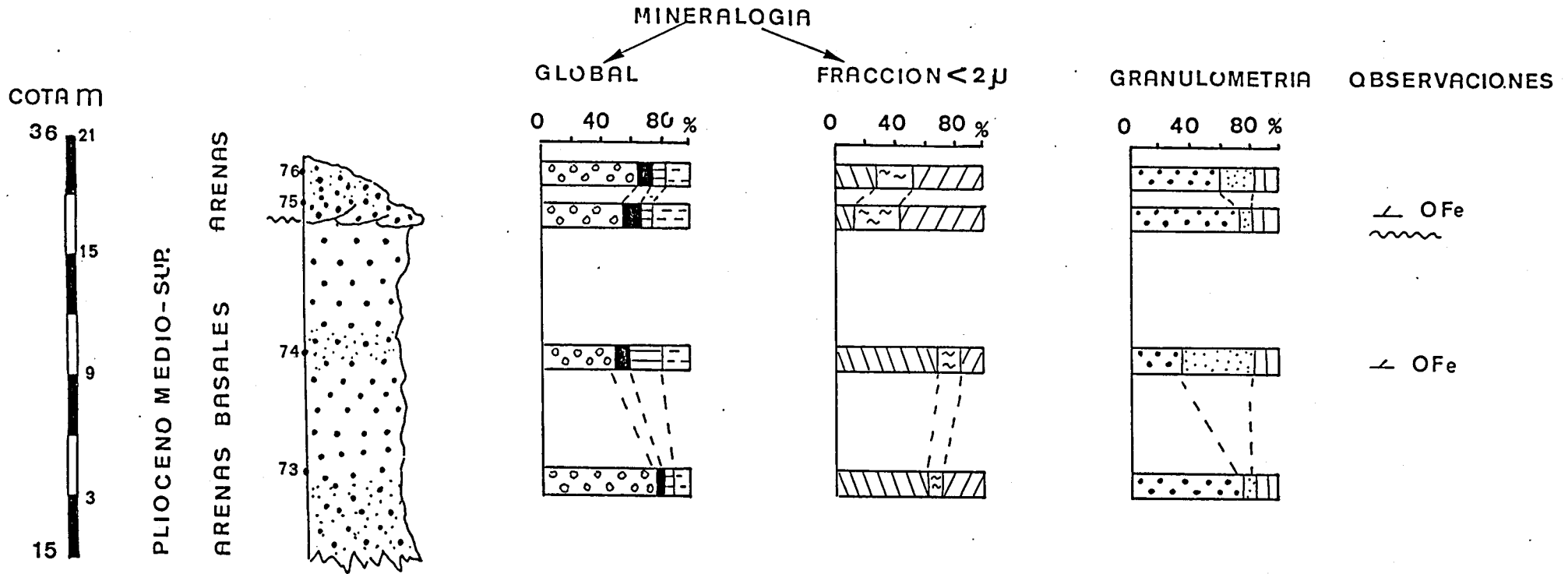
Se encuentra al SE de Coria del Rio, las coordenadas geográficas son X = 760.562 e Y = 4.131.402. La situación se puede ver en la Fig. 1.

Está constituida por la formación Arenas basales (15 m) y la formación roja del Cuaternario (morfológicamente dado hasta ahora en el área como glacis) 3 m. El interés

PERFIL 7.- GELVES



PERFIL 10.- CORIA DEL RIO



de realizar esta columna era el de caracterizar ambas formaciones en esta margen del Guadalquivir y poder relacionarla con los depósitos que aparecen de estas mismas formaciones en la margen izquierda.

Los tramos diferenciados han sido (Fig. 25):

1.- 3 m de arenas limosas , amarillentas y rojizas con estratificación cruzada de bajo ángulo.

2.- 12 m de alternancia de arenas masivas rojas amarillentas. Conrestos de plantas y pirita, y arenas limosas, con estratificación cruzada y óxidos de hierro. Muestras 73 y 74.

3.- 3 m de depósitos groseros conglomerados, gravas y arcillas rojas, con estratificación cruzada y óxidos de hierro. Muestra 75-76.

El tramo 3 pertenece al alto nivel aluvial (Pendón et al 1986 in press) y los tramos 1 y 2 a las Arenas basales.

V.2.2. Margén izquierda del Guadalquivir

Se han levantado 13 columnas litológicas , 5 para evidenciar las distintas formaciones presentes de los materiales terciarios y 8 para definir los diferentes niveles de terrazas del Cuaternario en esta zona. La localización de estos perfiles se da en la Fig 1.

Los perfiles levantados en los sedimentos terciarios de E a W son: Cerro Corchuela (9), Canal del Guadalquivir (11), Alcalá de Guadaira (12), Mairena del Alcor (8), y Carmona (21).

En la terraza 1 ha sido difícil encontrar un corte suficientemente bueno como para poder levantar la columna litológica ya que está muy desmantelada, se realizó en la Loma del Acebuchal (17).

Para la terraza 2 se han realizado perfiles: uno de ellos levantado en el campo (San José de La Rinconada 15) y 4 a partir de muestras procedentes de sondeos (sondeo nº 76 columna 23; sondeo 62, columna 22; sondeo de la Fábrica Guillette, columna 19, y sondeo de la carretera de Su. Eminencia, columna 20).

Para la terraza 3 se levantó un perfil en los alrededores de Brenes (16).

Los sedimentos del aluvial reciente están representados en la columna 24 y las muestras son pertenecientes al sondeo nº 59.

V.2.2.1. Cerro Corchuela (9)

Se ha levantado el perfil en el cerro de la Corchuela las coordenadas geográficas son $X = 235.789$ $Y = 4.128.320$ Fig.1.

En esta columna se pueden observar el contacto entre la formación Arenas basales (24 m) y los depósitos de la Formación Roja cuaternaria (4 m). Fig. 26.

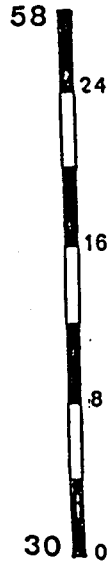
Los tramos diferenciados son:

1.- 24 m de arenas masivas, con restos de pirita y plantas. En ocasiones se observa estratificación cruzada de bajo ángulo. Muestras 67-70.

2.- 4 m de arenas, gravas y arcillas con estratificación cruzada y óxidos de hierro. Muestras 71-72.

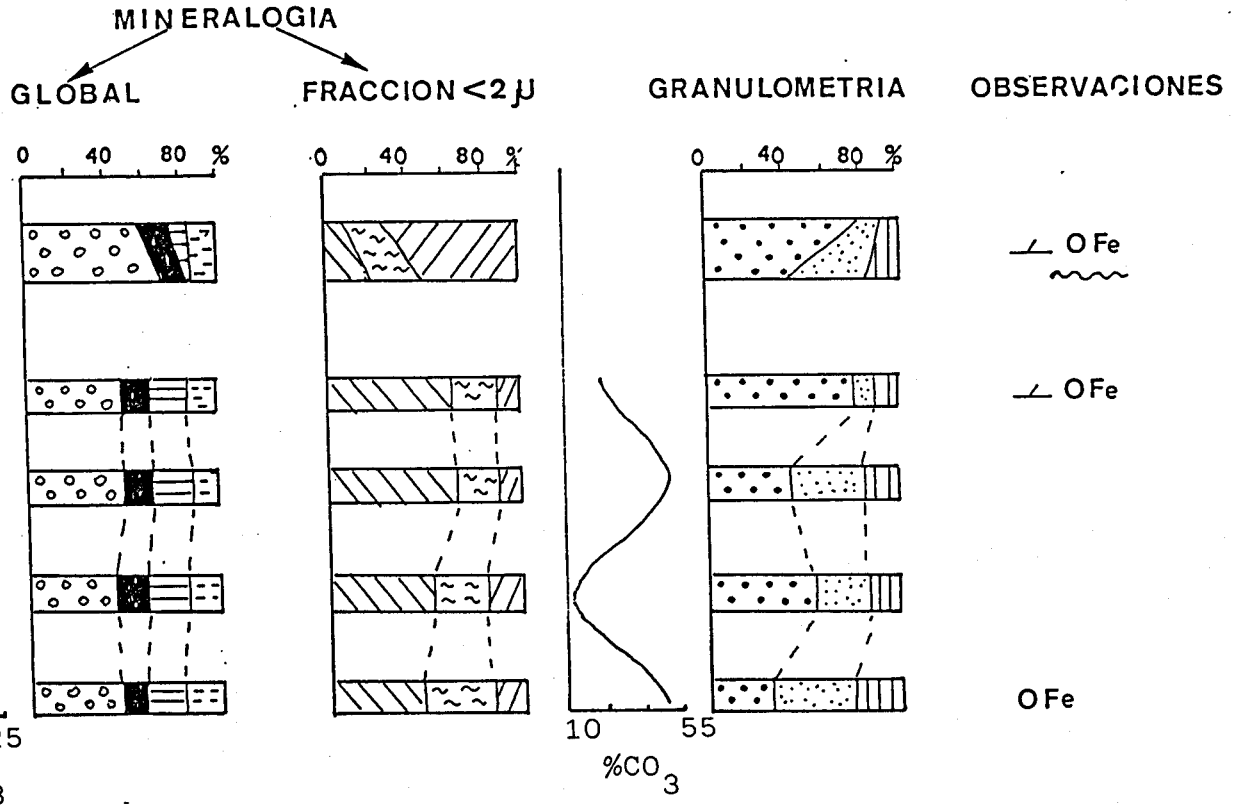
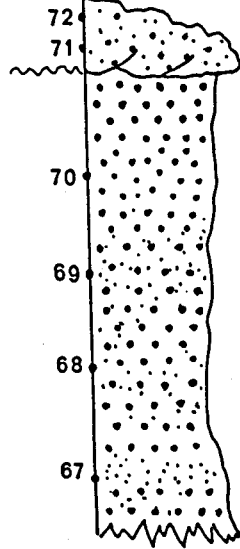
PERFIL 9.- CERRO CORCHUELA

COTAM



PLIOCENO MEDIO-SUP: 0

ARENAS BASALES



El tramo 1 pertenece a la Fm. Arenas Basales y el 2 a la Formación roja del aluvial.

V.2.2.2. Perfil del Canal del Guadalquivir (11)

El perfil se ha levantado cerca del Canal del Guadalquivir en el paraje denominado Lugar Nuevo, las coordenadas son X =237.482, Y= 4.132.246. Fig. 1.

El interés al realizar esta columna es el de ver la litología y facies de las "Margas verdes" que sólo aparece representada en esta zona. La potencia observada es de 5m, el último tramo (1 m) pertenece a arcillas cuaternarias de descalcificación. Fig 27.

Los tramos diferenciados han sido:

1.- 1 m de margas verdes, alteradas en superficie a tonos amarillentos , con impregnaciones de óxidos de hierro y superficie basal irregular. Se observa una fina laminación. Muestra 77.

2.- 4 m de limos con pasadas mas carbonatadas en bancos de 80 cm y margas amarillentas con óxidos de hierro. En algunos tramos limosos se observa estratificación cruzada. Muestras 78-81.

3.- Arcillas rojas de descalcificación ligeramente arenosas. Muestra 82.

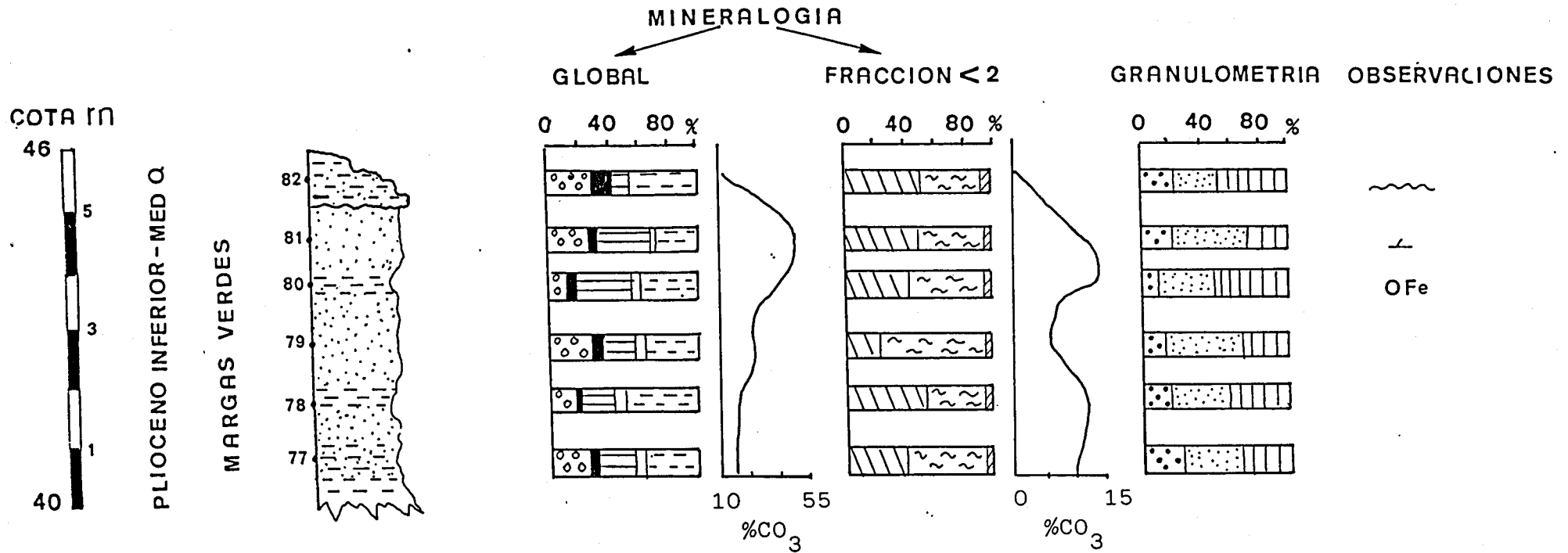
Los tramos 1 y 2, pertenecen a las "Margas verdes y el tramo 2 al Cuaternario.

V.2.2.3. Perfil de Alcalá de Guadaira (8)

Se levantó la columna en una cantera existente en el Km. 1 de la carretera de Alcalá a Dos Hermanas. Las

Fig. 27

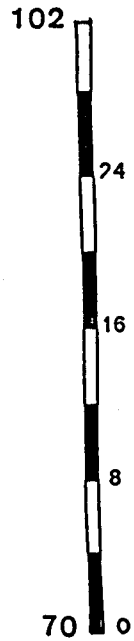
PERFIL 11.- CANAL DEL GUADALQUIVIR



PERFIL 12.- ALCALA DE GUADAIRA

MINERALOGIA

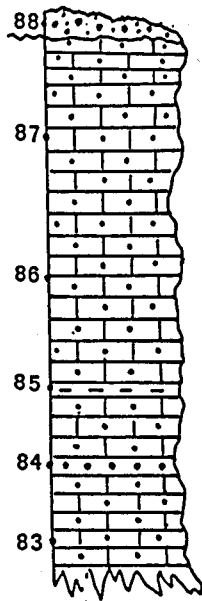
COTA M



0

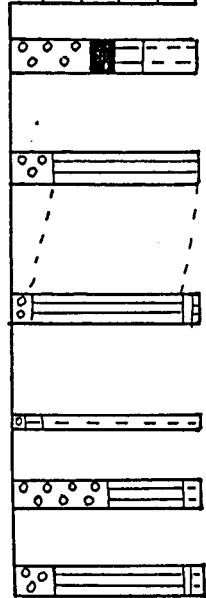
PLIOCENO INFERIOR

CALCARENITAS



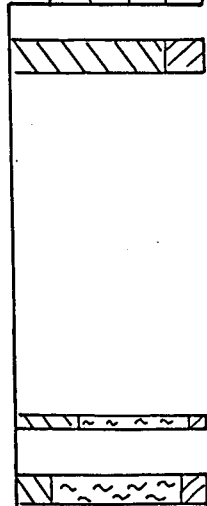
GLOBAL

0 40 80 %



FRACCION <2µ

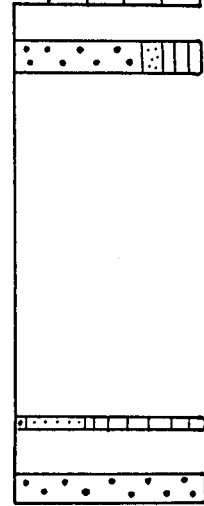
0 40 80 %



0 70
%CO₃

GRANULOMETRIA OBSERVACIONES

0 40 80 %



— G.
G
G
G OFe
G .

coordenadas son X= 247.124, Y= 4.135.982. Fig. (1).

En esta columna está representadas las calcarenitas con una potencia de 32 m. Los tramos diferenciados son: (Fig. 28).

1.- 4.m de calcarenitas masivas, amarillentas alteradas en superficie . Constituyen una lumaquela . Se observan gran cantidad de restos fósiles muy fragmentados. Muestra 83

2.- 8 m de calcarenitas en las que se intercalan, en niveles de 20 cm, unas arenas amarillentas con nódulos de óxidos de hierro, y algunos niveles arcillosos verdes en bancos de 10 cm de espesor. Muestras 84 y 85.

3.- 19 m de calcarenitas estratificadas en bancos de 30 -40 cm, con gran cantidad de restos fósiles mal conservados, hacia techo se observa estratificación cruzada. Muestras 86 y 87.

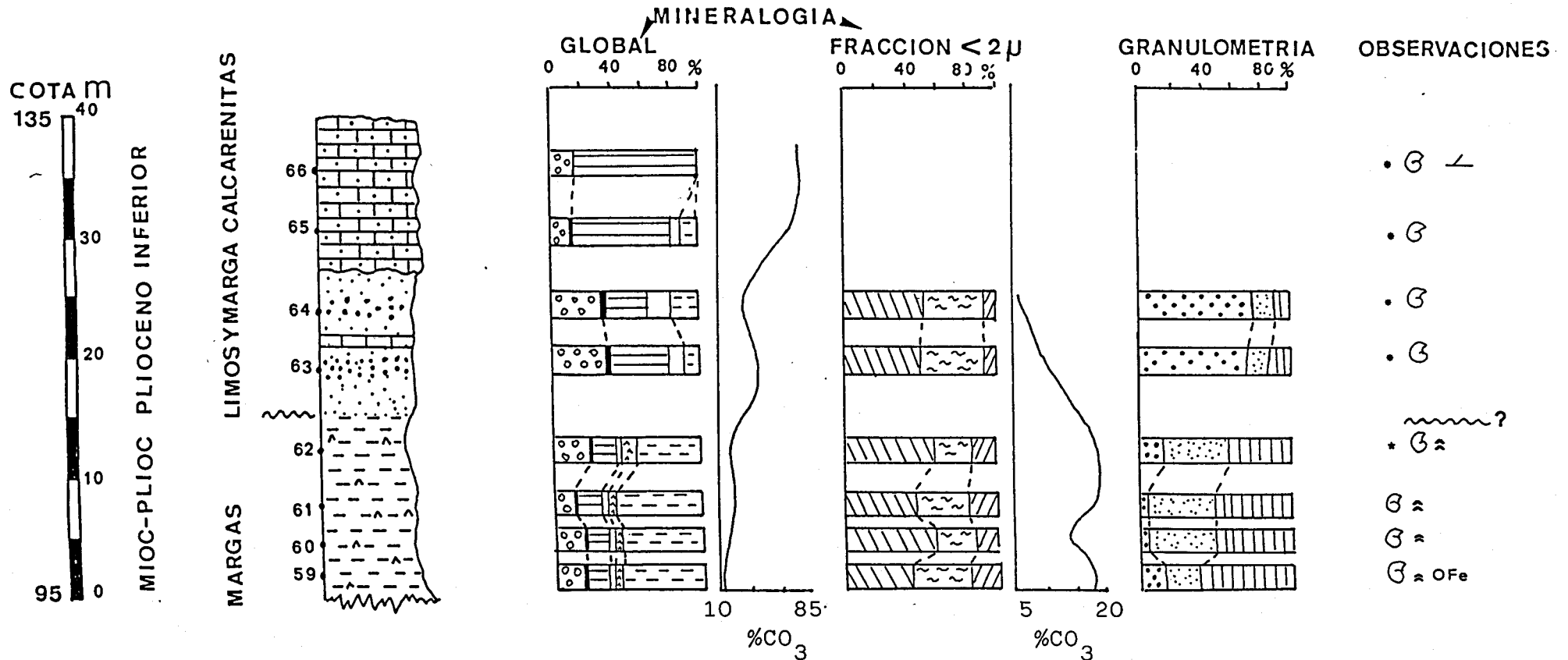
4.- En el techo de la columna se observan unas arcillas rojo intenso del Cuaternario con una potencia de 40 cm. Muestra 88.

V.2.2.4 Perfil de Mairena del Alcor (8)

Se realizó al S de Mairena del Alcor en el Arroyo de Los Molinos. Las coódenadas son X = 257.240 Y = 4.139.520. Fig 1.

En esta columna se observan tres litologías diferentes, la de Margas Azules en la base con una potencia estimada de 15 m, la Serie de Transición (limos y margas) 15 m y el tramo superior constituido por calcarenitas con potencia de 10 m . Se levantó la columna en Mairena porque es donde está mas completa y porque nos interesaba ver el tipo de facies de estas formaciones en la margen

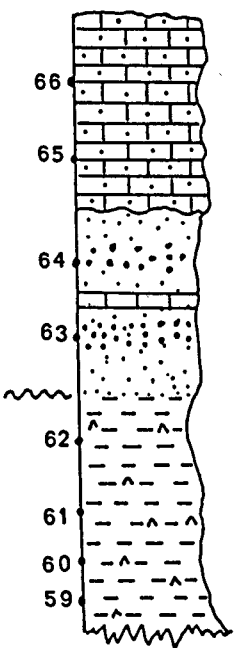
PERFIL 8.-MAIRENA



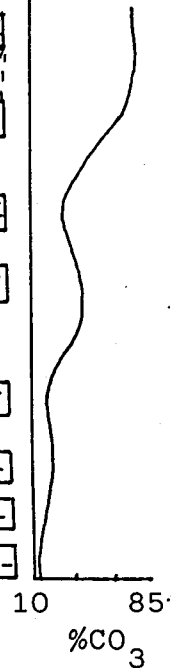
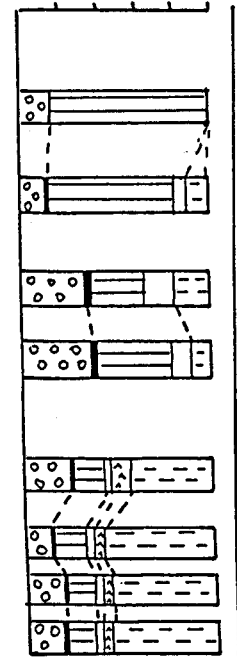
COTA M
135 40
30
20
10
95 0

MIOC-PLIOC PLIOCENO INFERIOR

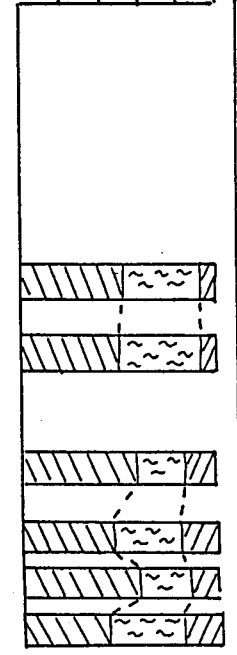
MARGAS
LIMOSY MARGA CALCARENITAS



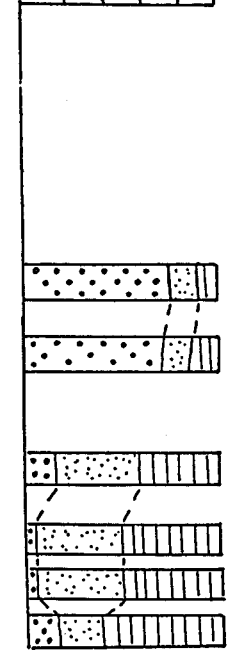
MINERALOGIA
GLOBAL
0 40 80 %



FRACCION < 2μ
0 40 80 %



GRANULOMETRIA
0 40 80 %



OBSERVACIONES

- B ↙
- B
- B
- B
- ~~~~~?
- * B ≈
- B ≈
- B ≈
- B ≈ OFe

izquierda del Guadalquivir y compararlas con las de la margen derecha. La litología se representa en la fig. 29

Los tramos diferenciados son :

1.- 5 m de margas grises con fractura concoidea y restos de fauna mal conservados. Muestras 59 y 60.

2.- 10 m de margas arcillosas, con restos fósiles y pasadas de yeso fibroso relleno de diaclasas . Con materia orgánica bastante dispersa. Muestras 61 y 62.

3.- 15 m de limos amarillos con restos de pectínidos y lamelibranquios muy fracturados, en los que se intercalan niveles mas arenosos de 30 cm y algunos niveles carbonatados en bancos de 40 cm. Muestras 63 y 64.

4.- 10 m de calcarenitas masivas en la base, amarillentas con óxidos de hierro y gran cantidad de restos fósiles. Constituyen una lumaquela. Hacia techo se observa una estratificación que en algunos casos llega a ser estratificación cruzada. Muestras 65 y 66.

El tramo 1 y el 2 pertenecen a las Margas azules el tramo 3 a la de Limos y Margas se observa un contacto bastante neto entre estos y la unidad inferior pero no se ha podido ver bioturbación porque este contacto esta parcialmente cubierto por derrubios, el tramo 4 pertenece a los calcarenitas.

V.2.2.5. Perfil de Carmona (21)

Las coordenadas son X = 267.432, Y = 4.149.982. Se realizo al S de Carmona en la carretera de Carmona a Marchena a la altura del Km 1. La situación se observa en la Fig. 1.

Fig. 30

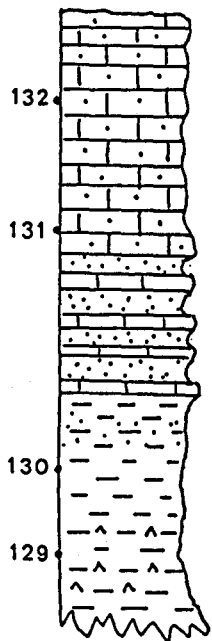
PERFIL 21.- CARMONA

COTA m



MIOC-PLIOCENIO INFERIOR

MARGAS LIMOS CALCARENITAS



MINERALOGIA

GLOBAL

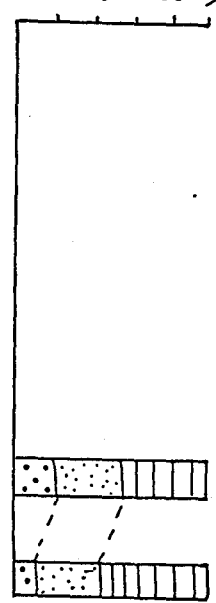
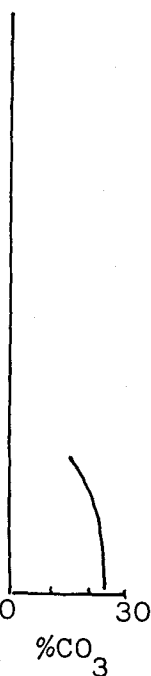
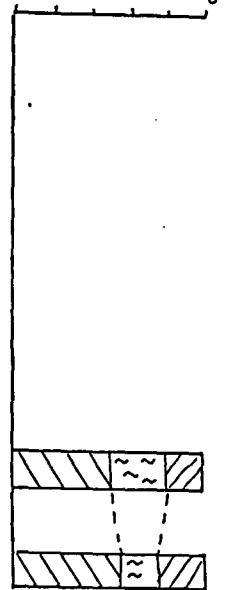
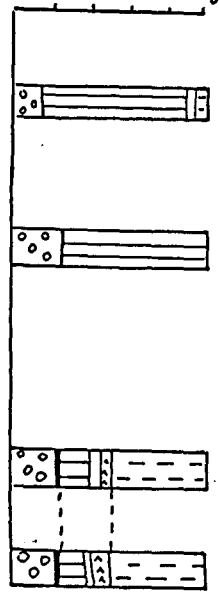
FRACCION < 2μ

GRANULOMETRIA OBSERVACIONES

0 40 80 %

0 40 80 %

0 40 80 %



∠ . OFe

≈ OFe

≈

Los tramos diferenciados han sido (Fig. 30):

1.- 30 m de margas grises con fractura concoidea en la base con pasadas de yeso, que hacia techo se hacen ligeramente más limosas. Tienen óxidos de hierro y restos fósiles. Muestras 129 y 130.

2.- 18 m de limos amarillentos con intercalación de niveles más carbonatados en bancos de 80 cm.

3.- 32 m de calcarenitas amarillas, alteradas en superficie, restos fósiles, masivas en la base y hacia techo con estratificación cruzada. Muestras 132 y 131.

El tramo inferior (1), pertenece a las Margas Azules el tramo 2 a los Limos y Margas y el 3 a las calcarenitas.

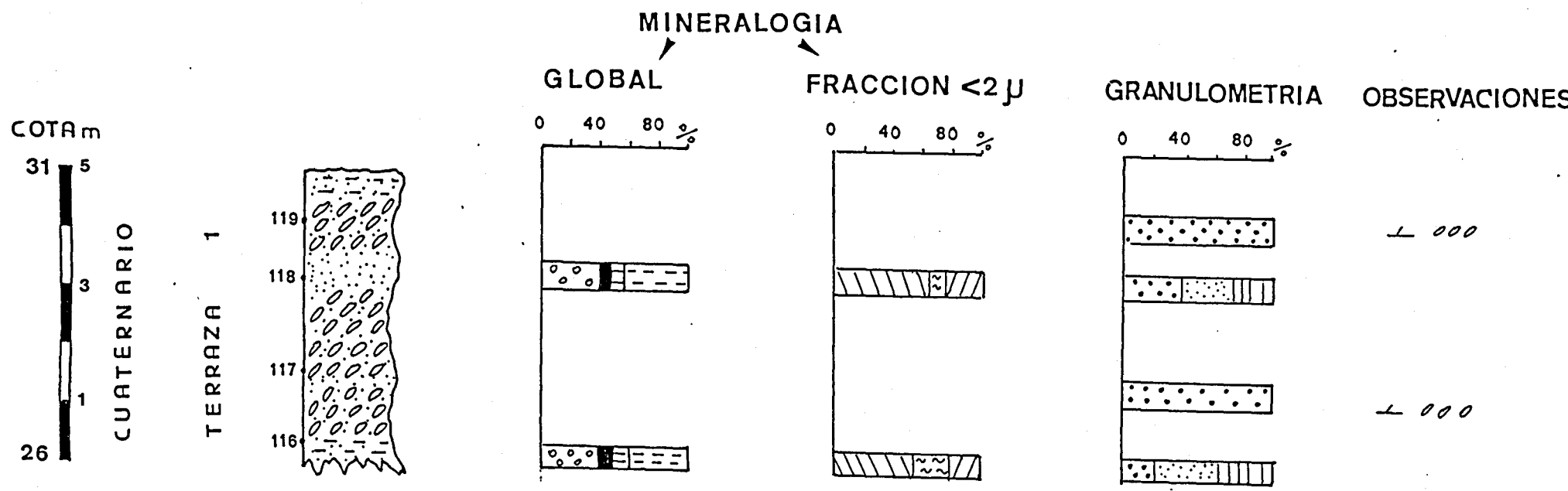
V.2.2.6. Perfil de la Loma del Acebuchal (17)

Las coordenadas son $X = 242.561$, $Y = 4.138.749$, en el paraje denominado Loma del Acebuchal cerca del Canal del Bajo Guadalquivir. La situación se observa en la fig. 1.

Esta columna representa a los materiales de la Terraza 1 del rio Guadalquivir y es el único lugar donde se ha podido realizar la columna porque la terraza está muy desmantelada y solo se observan cantos en superficie, pero no es fácil encontrar ningún corte donde se pueda levantar un buen perfil.

Fig. 31

PERFIL 17.- LOMA DEL ACEBUCHAL



La potencia observada es de 5 m y los tramos diferenciados así como las cotas que presenta se ven en la fig 31. Estos tramos son:

1.- 50 cm de limos arcillosos rojos . Muestra 116.

2.- 2 m de gravas con matriz areno-limosa, los cantos son de 6-7 cm heterométricos, generalmente de cuarcita. Se puede observar una imbricación de cantos con un ángulo de 15-20 °. Muestra 117.

3.- 80 cm de limos rojos . Muestra 118.

4.- 1.25 m de gravas , con cantos imbricados en la base . A techo arcillas limosas rojas. Muestra 119.

V.2.2.7. Perfil de San Jose de la Rinconada (15)

Se levanto en el Km 1.5 de la carretera de Sevilla a Brenes en una cantera de gravas, en el paraje denominado La Jarilla. Las coordenadas son X = 2.41.892, Y = 4.152.349. Fig 1.

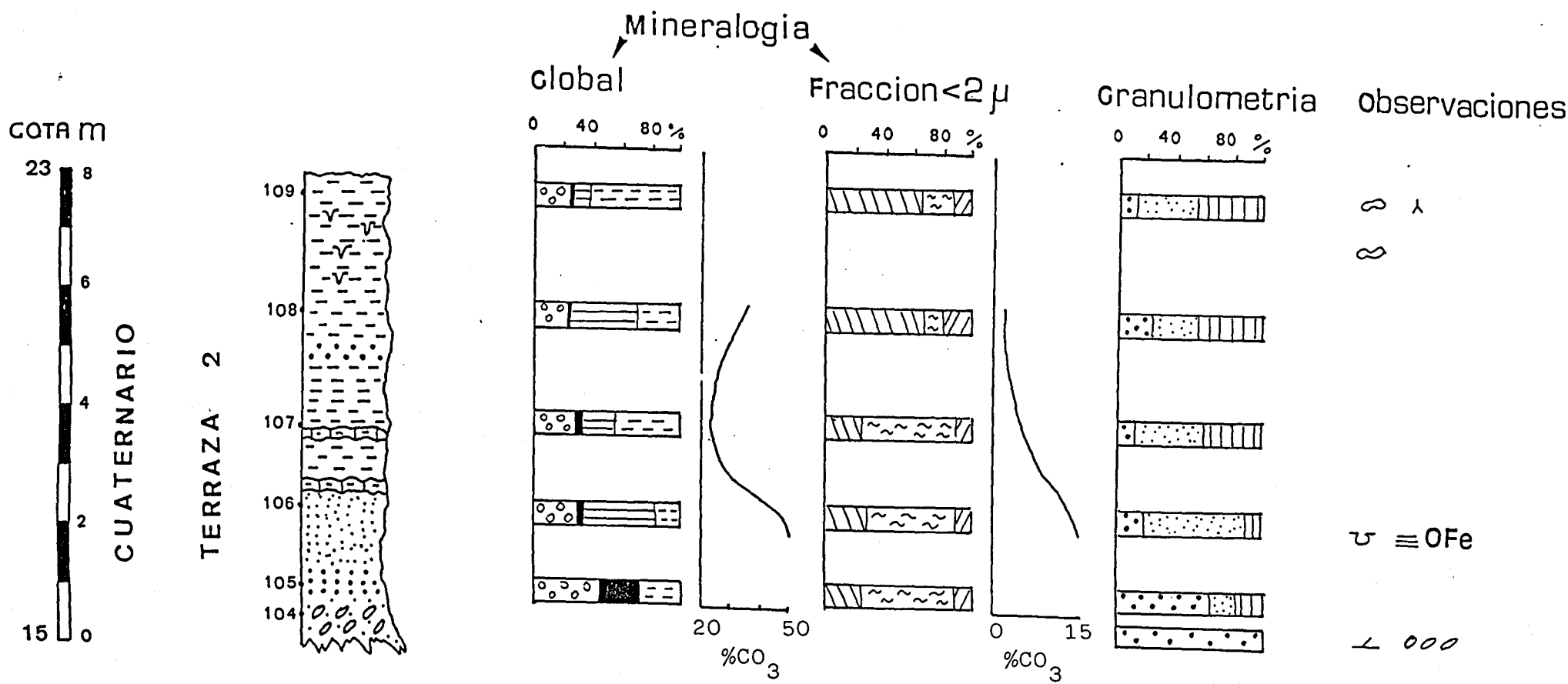
Los materiales representados en esta columna son de la Terraza 2 del rio Guadalquivir. La cota y la litología se observan en la fig 32. La potencia es de 8 m.

Los tramos diferenciados son:

1.- 80 cm de gravas con cantos de cuarcita subredondados, heterométricos, dispuestos en lechos en los que se observa una cierta imbricación . Muestra 104

2.- 1.5 m de arenas rojas en la base con fina laminación y óxidos de hierro y hacia techo arenas finas Se ha observado la presencia de estructuras de tipo convolute bedding. Muestras 105 y 106.

PERFIL 15.-S. JOSE DE LA RINCONADA.



3.- 1.5 de margas con intercalaciones de niveles carbonatados de superficie irregular. Muestra 107.

4.- 4 m de arcillas rojas en las que se intercalan niveles de 40 cm de arenas rojas. Muestra 108.

5.- 1 m de arcillas con nódulos de carbonatos y huellas de raíces. Muestra 109.

V.2.2.8. Perfil nº 23. Sondeo nº76 _

Este perfil se levantó en base a datos obtenidos de un sondeo realizado en el Aereopuerto de San Pablo. Los materiales pertenecen a la Terraza 2 y la descripción litológica se ha hecho en base a los resultados obtenidos del análisis granulométrico y mineralógico. La situación se puede ver en la fig. 1 y la evolución en la fig. 33. Lo mismo ocurre con los perfiles nº 22 perteneciente al sondeo nº 62. y el nº 20 del sondeo de la Carretera de Su Eminencia.(Figs 34 y 36).

V.2.2.9. Perfil de la Fábrica de Guillette (19)

Se realizó en el Km 9 de la carretera de Sevilla a Alcalá de Guadaira, las coordenadas son X = 244.405 , Y= 4.140.219. Fig. 1.

Los materiales de esta columna pertenecen a la terraza 2 del Guadalquivir. La evolución litológica se refleja en la fig 35.

Los tramos diferenciados son:

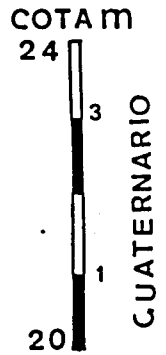
1.- 4 m de arenas con nódulos de carbonatos . Muestras 120 y 121.

2.- 6 m de arenas limosas. Muestra 122.

3.- 2 m de arcillas limosas que hacia techo se hacen mas limosas , con presencia de nódulos de carbonatos. Muestras 123 y 124.

Fig. 33

PERFIL 23.- SONDEO N° 76



CUATERNARIO

TERRAZA 2

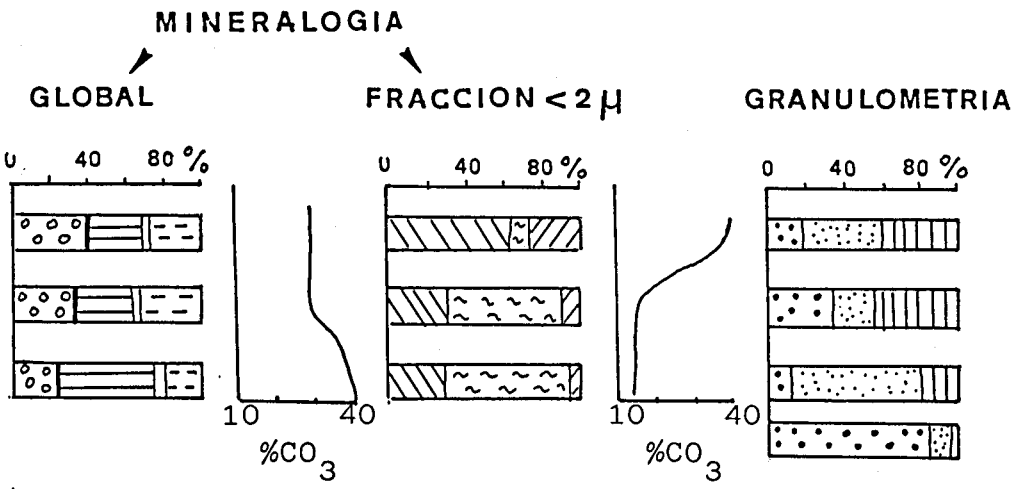
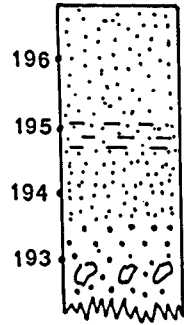
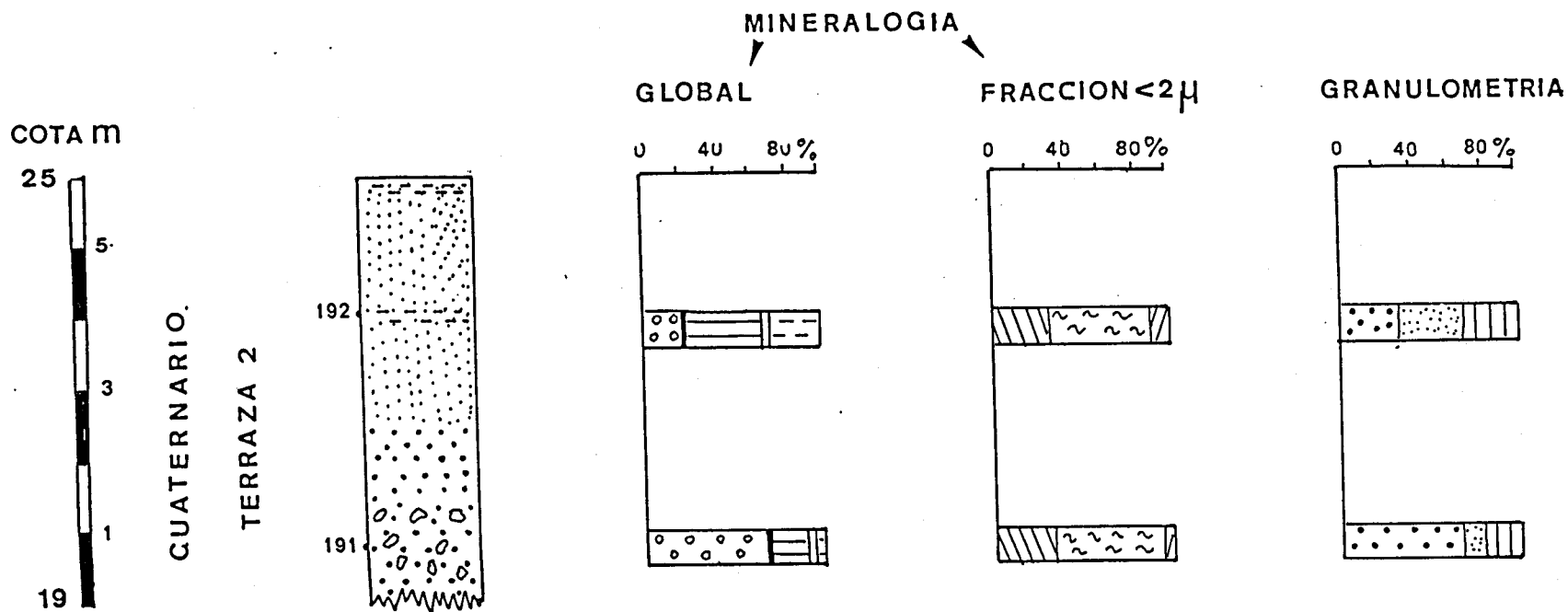


Fig. 34

PERFIL 22.- SONDEO N° 62



PERFIL 19.- GILLETTE

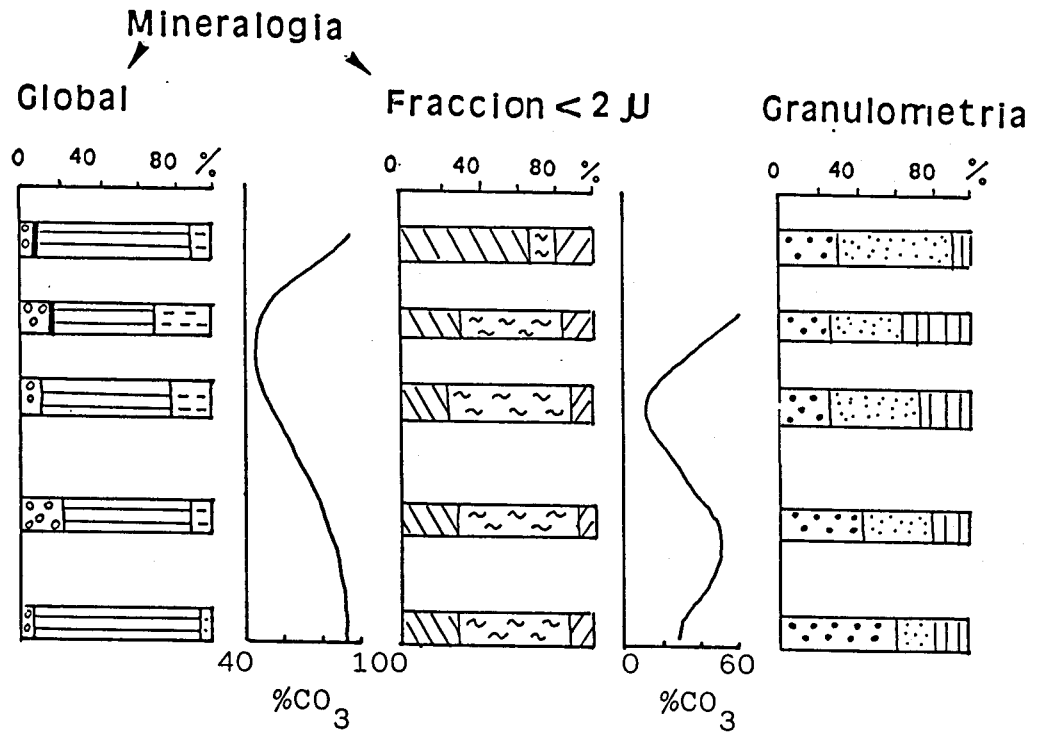
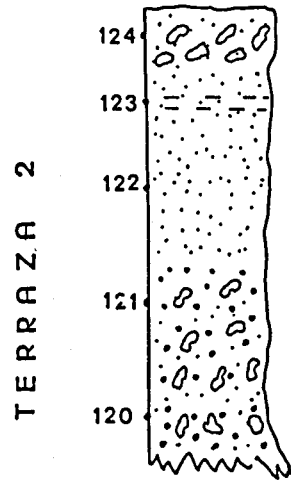
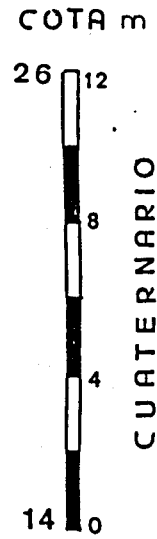
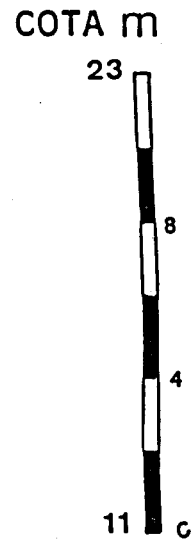
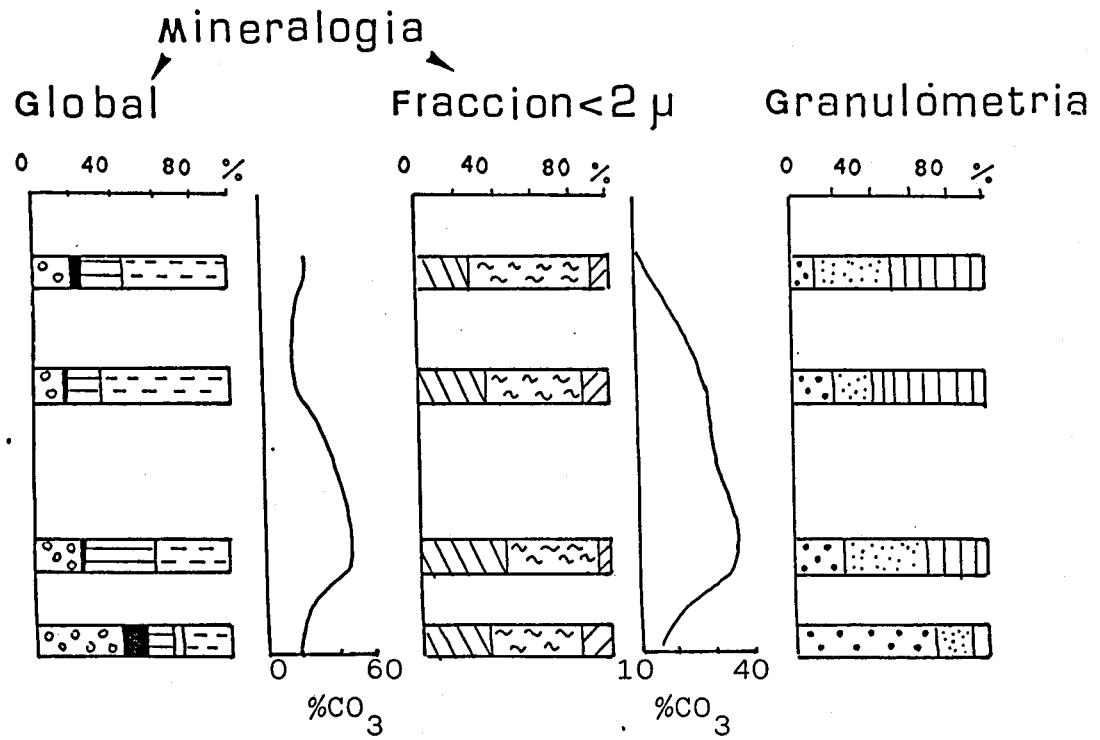
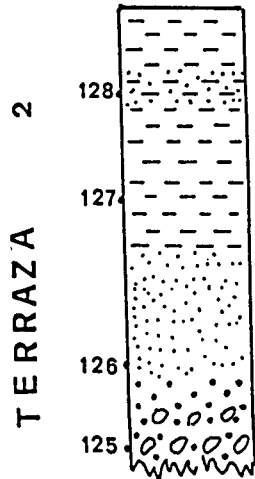


Fig. 36

PERFIL 20: SU EMINENCIA



CUATERNARIO



V.2.2.9. Perfil de Brenes (16)

Se levantó en el Km 4 de la carretera de La Rinconada a Brenes. Las coordenadas son $X = 236.412$, $Y = 4.154.928$.

Este perfil representa los materiales de la terraza 3 del Guadalquivir. La situación se observa en la fig. 1 y la evolución litológica vertical, la cota y potencia en la fig. 37.

Los tramos diferenciados son:

1.- 3 m de gravas masivas con imbricación de cantos , matriz arenosa, flujo hacia el sur. Solo se diferencia una estratificación grosera en tramos de 1 m de espesor no se observan variaciones texturales ni lateral ni verticalmente. Ligera cementación de los cantos hacia el techo. Muestra 110.

2.- 50 cm arena fina. Muestra 111.

3.- 50 cm limos y arcillas con pequeños nódulos de carbonatos . Muestra 112.

V.2.2.10. Perfil de la Feria de Abril (18)

Se encuentra dentro del área urbana de Sevilla en el recinto de la Feria de Abril. La situación se observa en la Fig. 40.

Los materiales son de la terraza 3 del Guadalquivir la potencia observada es de 3 m y la evolución litológica se refleja en la fig. 38.

Los tramos diferenciados son:

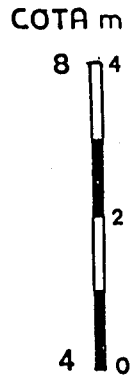
1.- 90 cm de arcillas marrones . Muestra 113.

2.- 80 cm de arena fina . Muestra 114.

3.- 1.30 m de arcillas limosas marrones. Muestra 115.

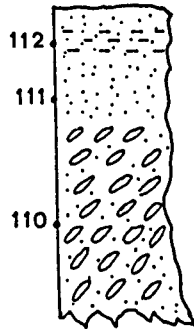
Fig. 37

PERFIL 16.- BRENES



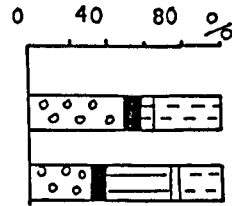
CUATERNARIO

TERRAZA 3

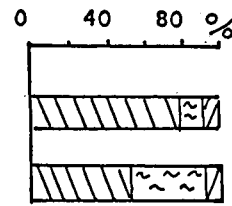


MINERALOGIA

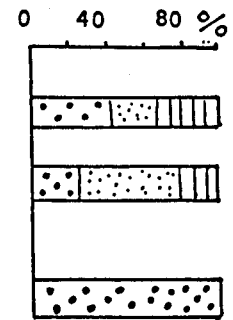
GLOBAL



FRACCION <2μ



GRANULOMETRIA

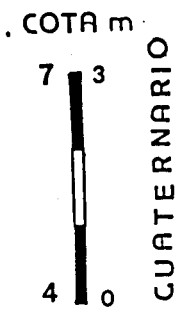


OBSERVACIONES

0

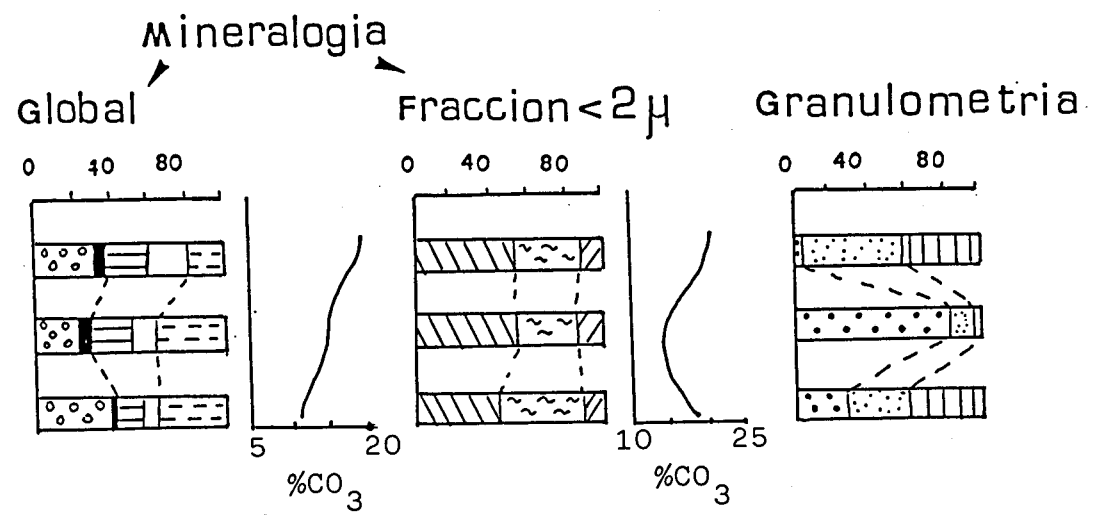
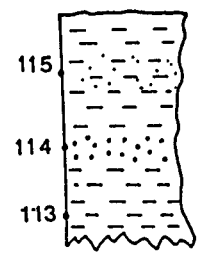
1 000

PERFIL 18-FERIA DE ABRIL



CUATERNARIO

TERRAZA 3



V.2.2. 11. Perfil nº 24.

Los datos de este perfil se han realizado en base a muestras procedentes de sondeo nº 59. La situación se da en la Fig. 1.

Los materiales pertenecen a los depósitos del aluvial reciente y la evolución litológica se ha realizado a partir de los datos granulométricos y mineralógicos. Esta evolución se da en la fig. 39.

V.2.3. Area urbana de Sevilla

Ante la imposibilidad de levantar columnas de campo en esta zona se estudiaron 64 muestras pertenecientes a 27 sondeos realizados en el área urbana de Sevilla. La situación de dichos sondeos se representa en la fig. 40.

En base a las distintas litologías (deducidas del análisis granulométrico y mineralógico) y teniendo en cuenta el nivel topográfico se definieron 4 zonas para las que se idealizaron los correspondientes perfiles representativos (Figs. 41, 42, 43, 44,)

V.2.3.1. Perfil tipo de la zona 1 _

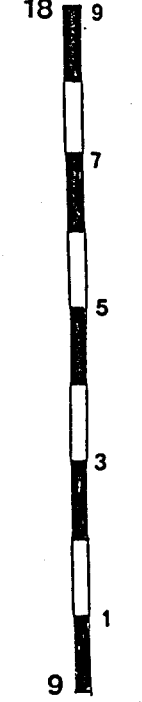
La zona 1 con una cota comprendida entre los 10-24 m, representa los materiales de la Terraza 2 del rio Guadalquivir. La potencia media estimada es de 14 m. Fig. 40.

Se pueden observar los siguientes tramos (Fig. 41):

1.- 4 m de gravas arenosas en la base y arenas gruesas marrones a techo.

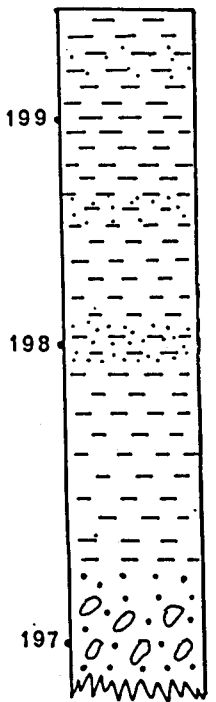
PERFIL 24.- SONDEO N° 59

COTA m



CUATERNARIO RECIENTE

ALUVAL

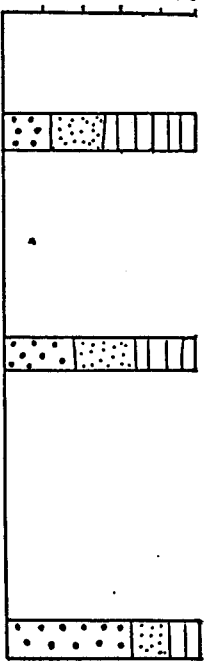
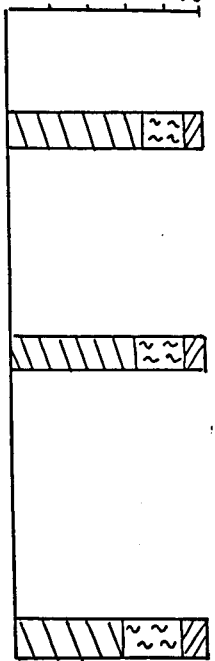
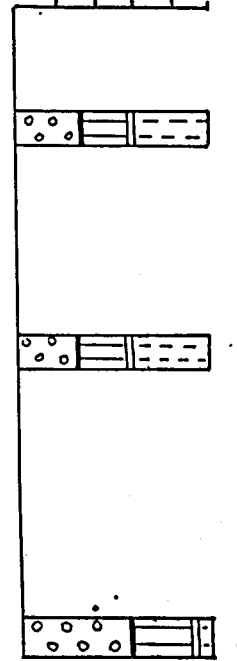
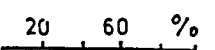
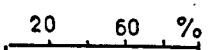
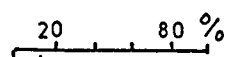


MINERALOGIA

GLOBAL

FRACCION <2μ

GRANULOMETRIA



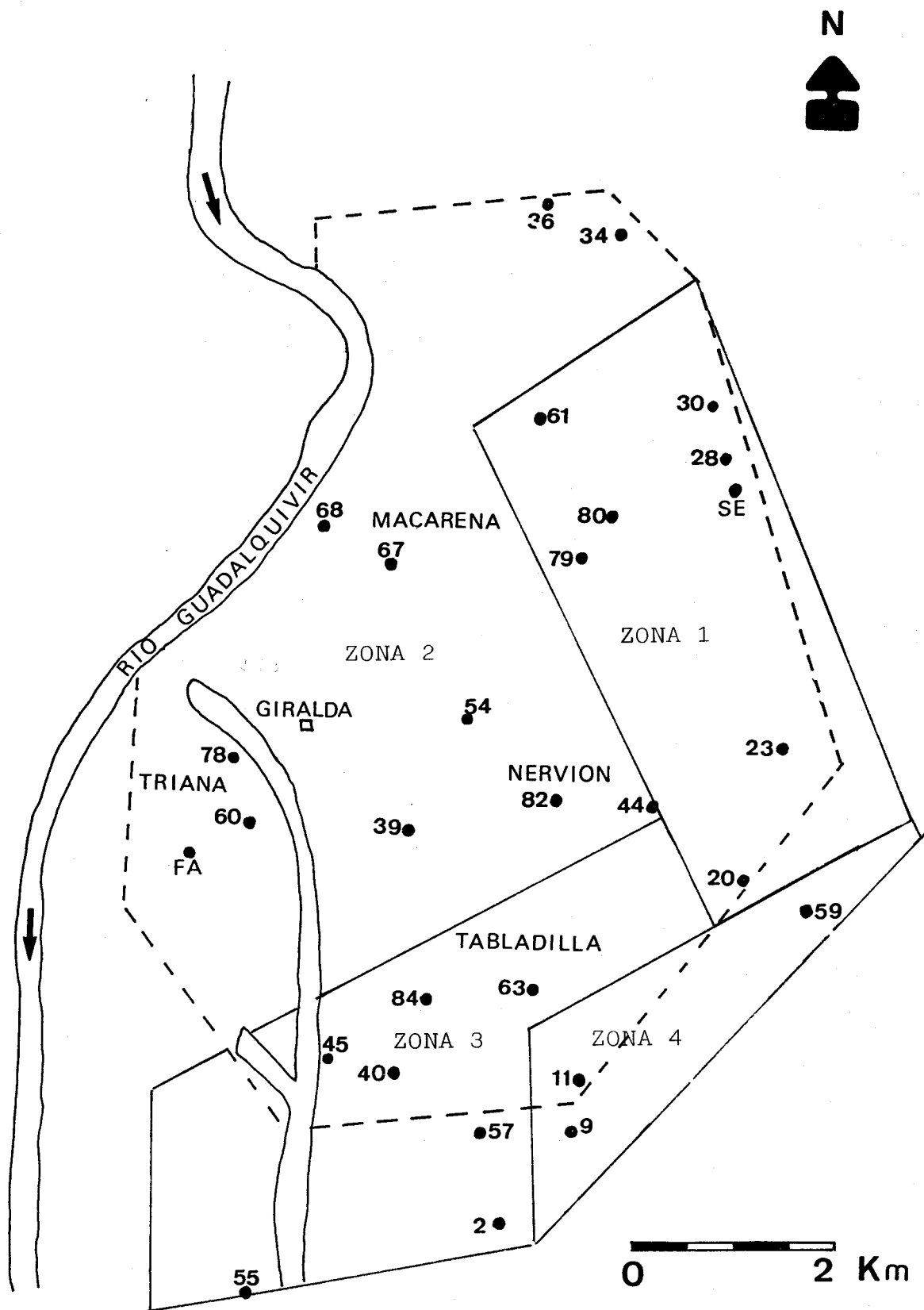
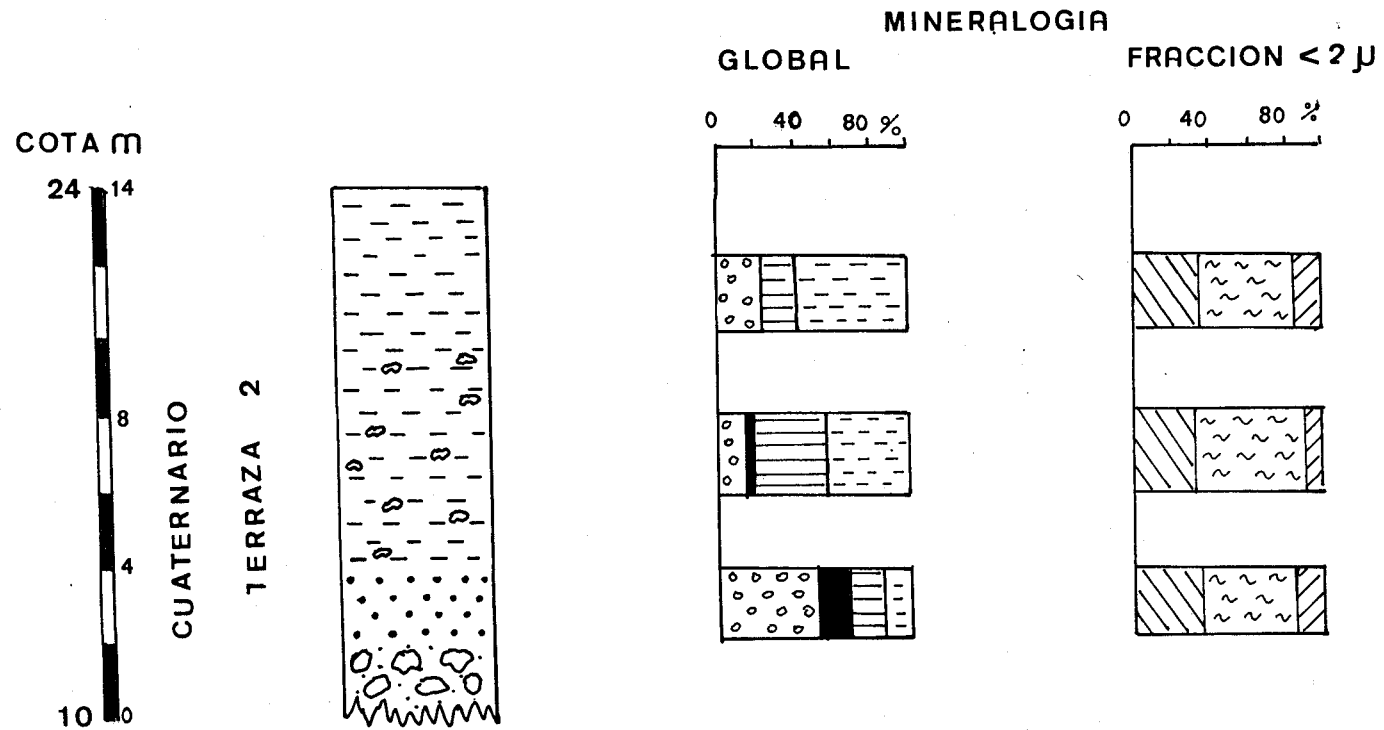


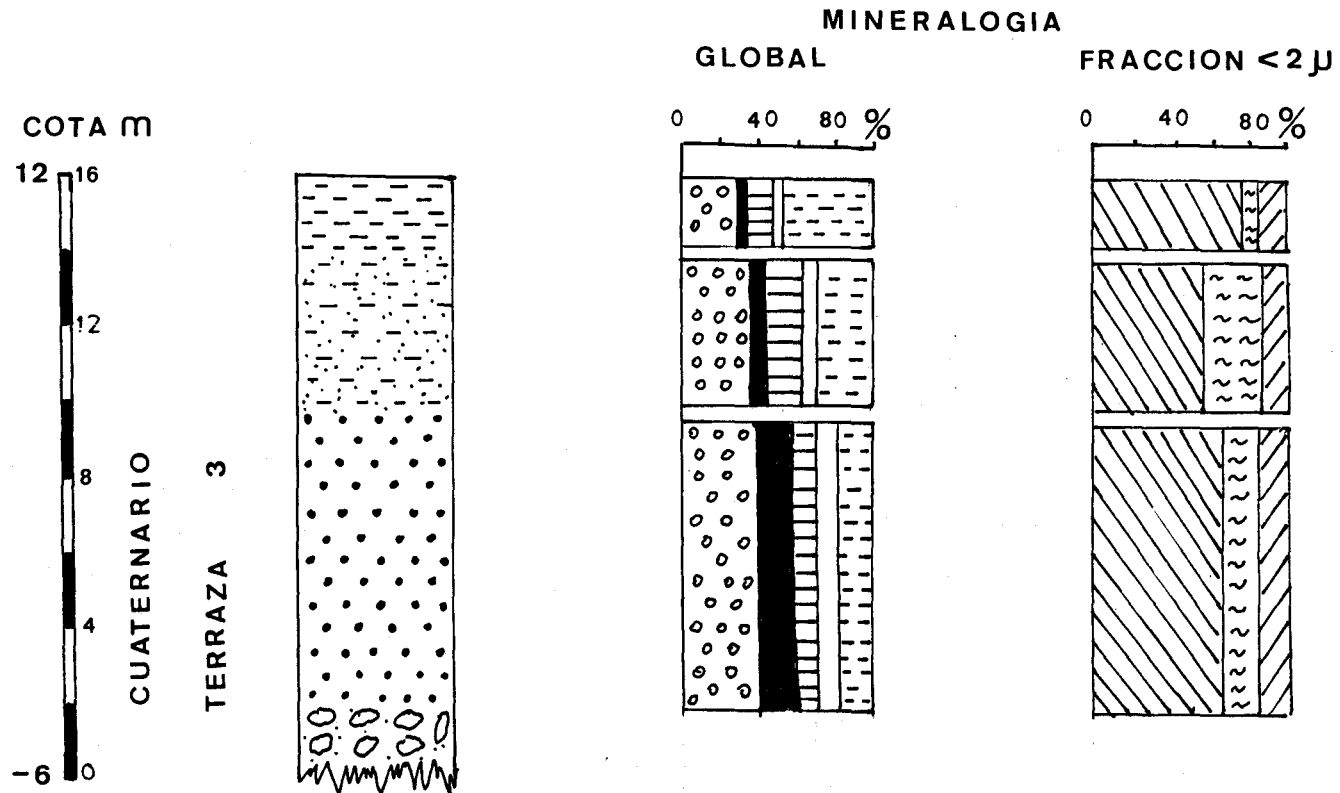
Fig. 40.- Esquema de situación de los sondeos realizados en el área urbana de Sevilla . Modificado de Ruiz Carvajal, 1985.

Fig. 41

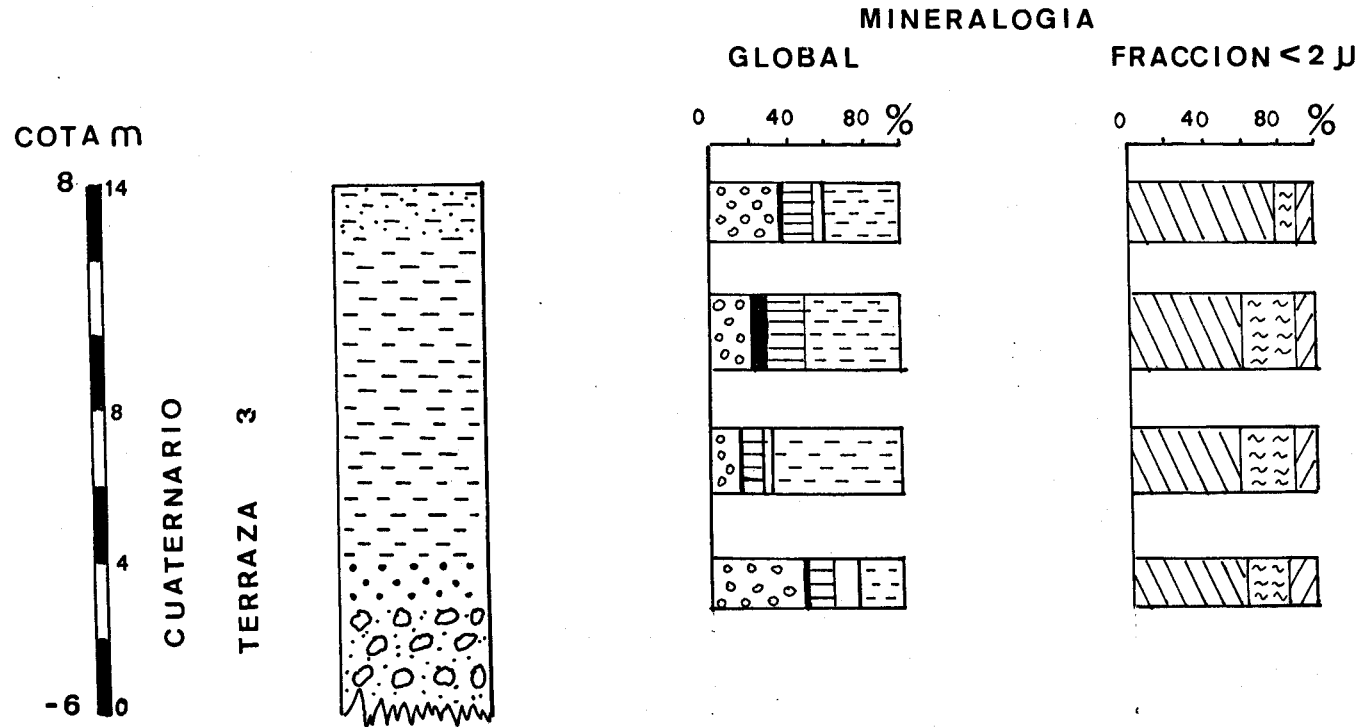
PERFIL TIPO DEL AREA URBANA DE SEVILLA (ZONA 1)



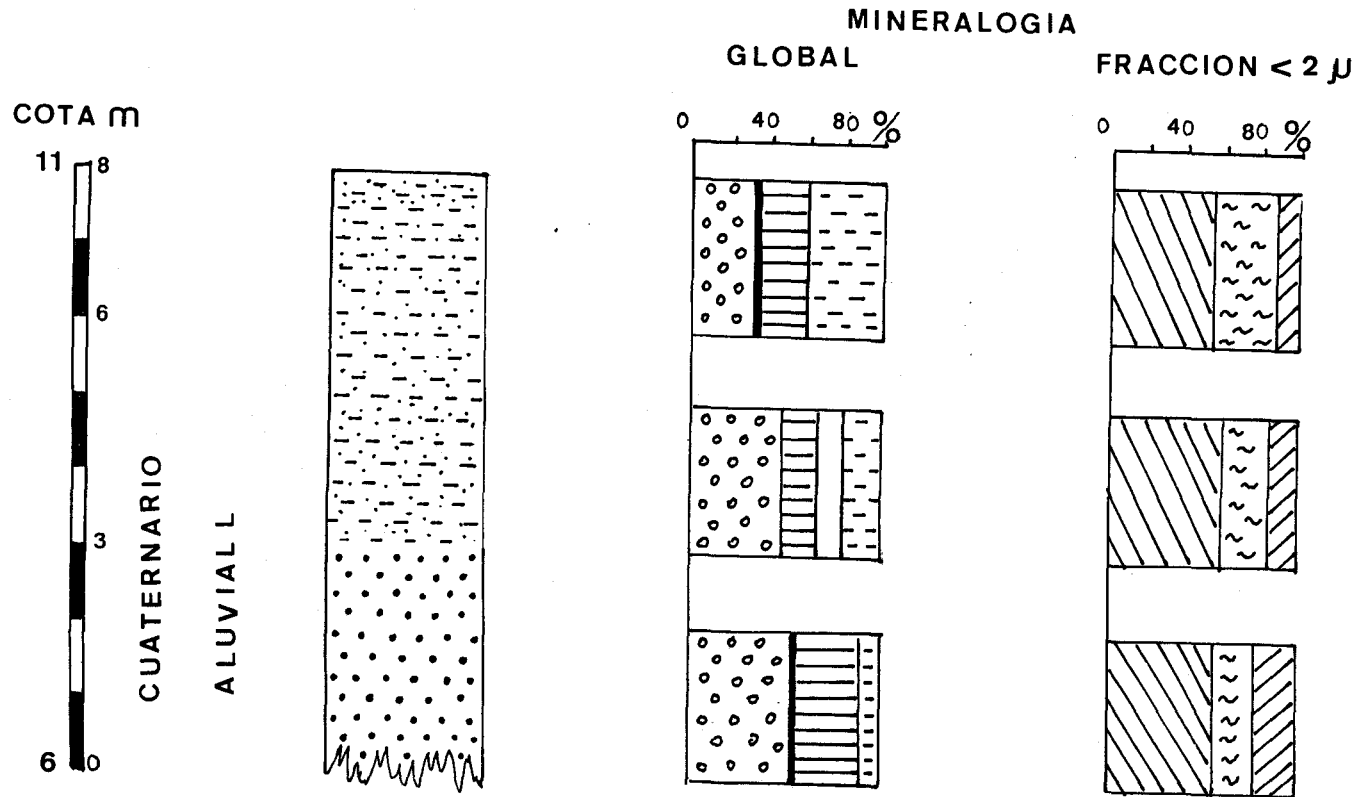
PERFIL TIPO DEL AREA URBANA DE SEVILLA (ZONA 2)



PERFIL TIPO DEL AREA URBANA DE SEVILLA (ZONA 3)



PERFIL TIPO DEL AREA URBANA DE SEVILLA (ZONA 4)



2.- 6 m de arcillas marrones con gran cantidad de nódulos de carbonatos.

3.- 4 m de arcillas marrones carbonatadas.

V.2.3.2. Perfil de la zona 2

Comprende materiales arenosos de la tercera terraza del Guadalquivir. La potencia media es de 16m y está comprendida entre -6-12 m de cota. Fig. 40

La evolución litológica vertical se representa en la Fig. 42.

Se distinguen los siguientes tramos:

- 1.- 2 m de gravas arenosas, con cantos de 4-6 cm.
- 2.- 8 m de arenas marrones.
- 3.- 4 m de arcillas limosas.
- 4.- 2 m de arcillas marrones.

V.2.3.3. Perfil de la zona 3.

En este perfil está representada la terraza 3 del Guadalquivir. Se diferenció de la zona 2 aunque ambas pertenezcan al mismo nivel de terraza por su naturaleza mas arcillosa probablemente debido a que esta zona podría representar un cauce abandonado del rio. La cota oscila entre -6-8m, y la potencia estimada es de 14m. Fig. 40.

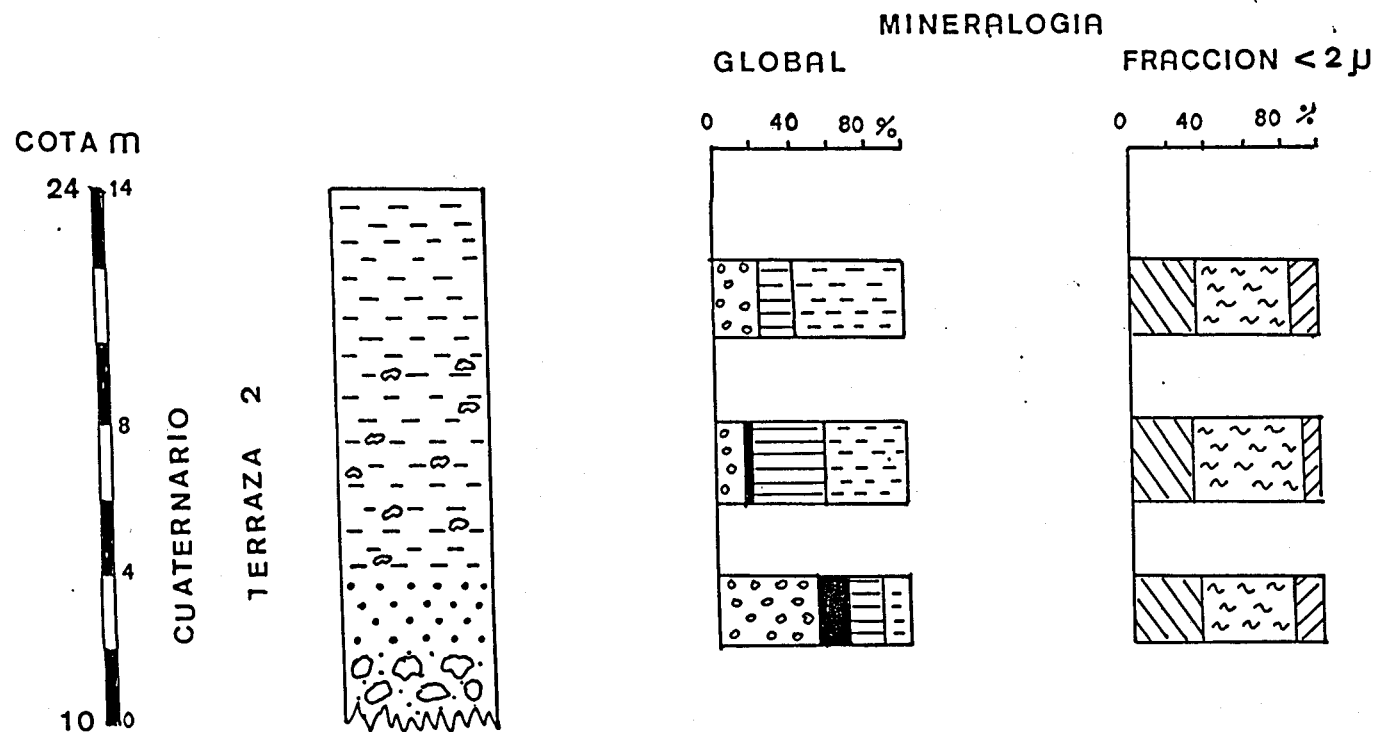
Los tramos distinguidos son (Fig.43):

- 1.- 4 m de gravas muy arenosas, y arenas a techo.
- 2.- 8 m de arcillas grises en algunos casos con restos de materia orgánica.
- 3.- 2 m de arcillas limosas marrones.

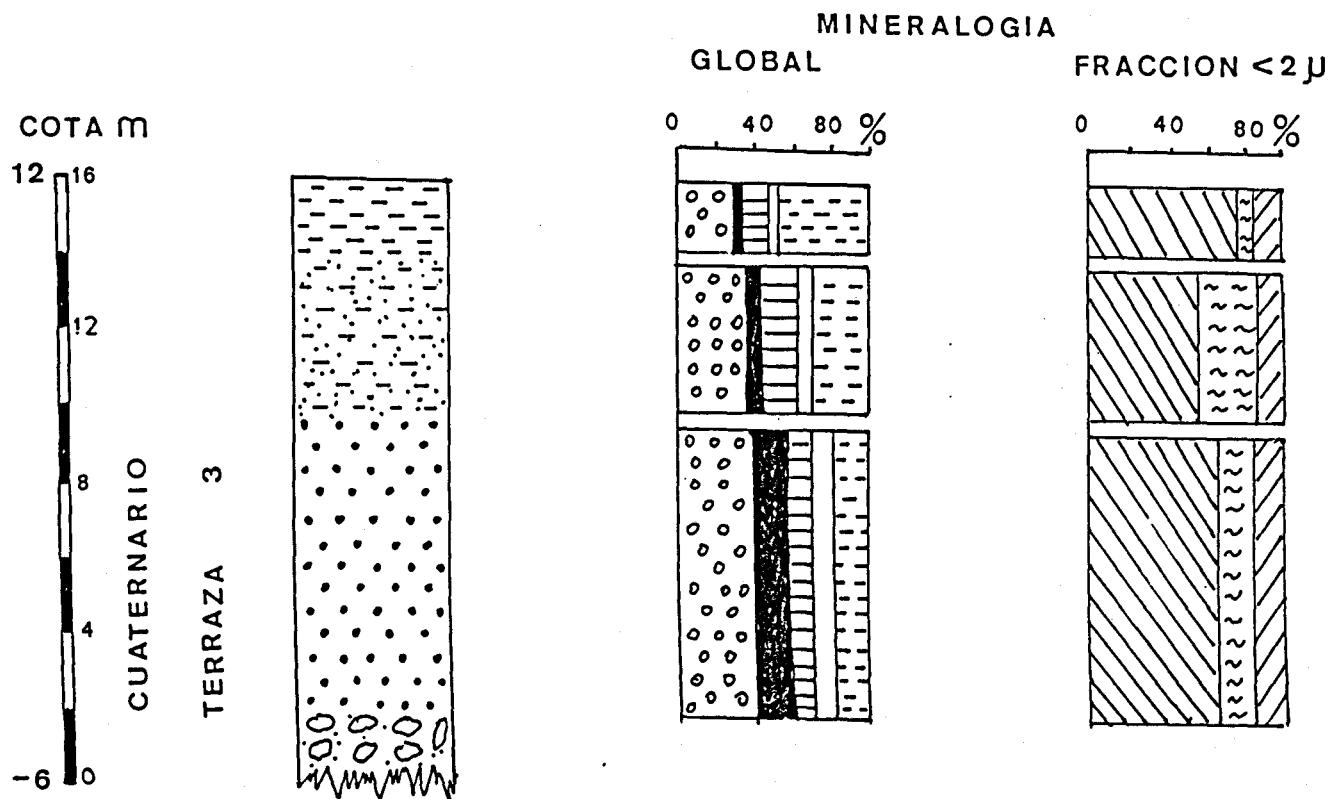
V.2.3.4. Perfil de la zona 4

Fig. 41

PERFIL TIPO DEL AREA URBANA DE SEVILLA (ZONA 1)



PERFIL TIPO DEL AREA URBANA DE SEVILLA (ZONA 2)



PERFIL TIPO DEL AREA URBANA DE SEVILLA (ZONA 3)

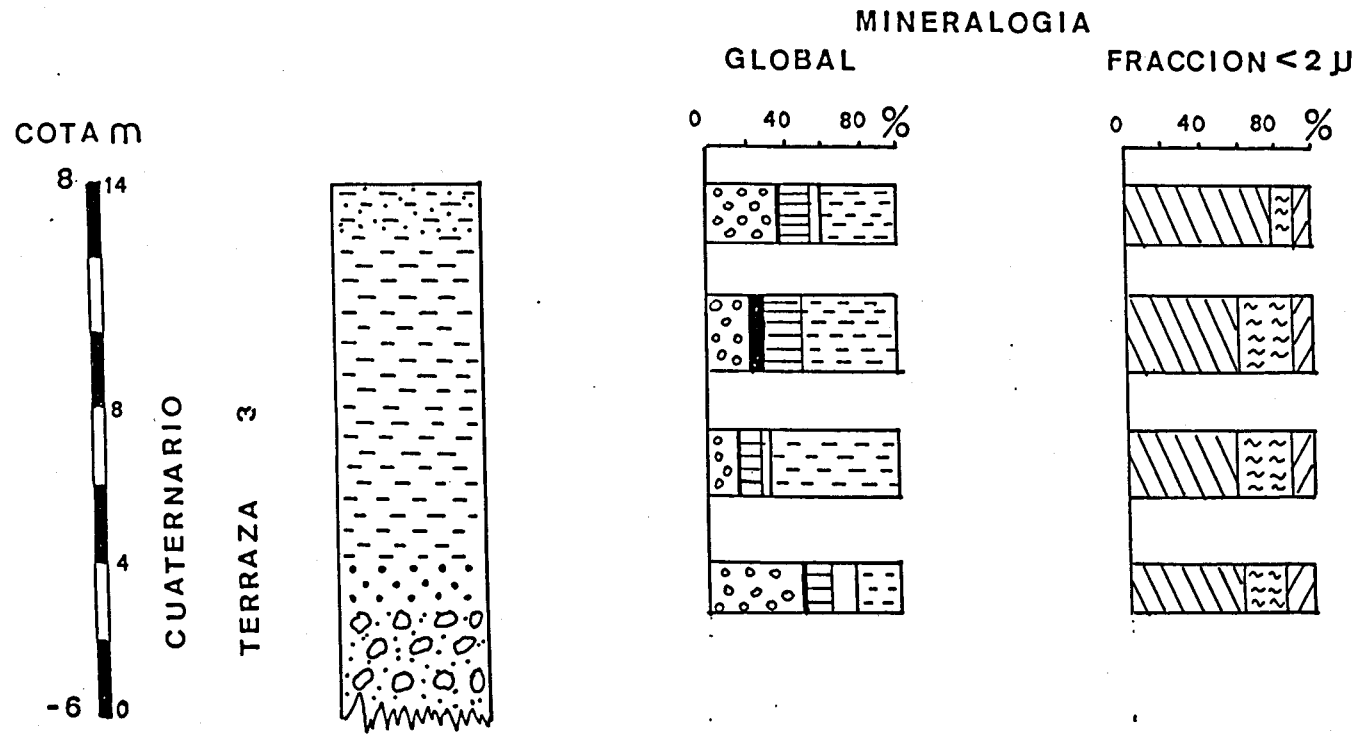
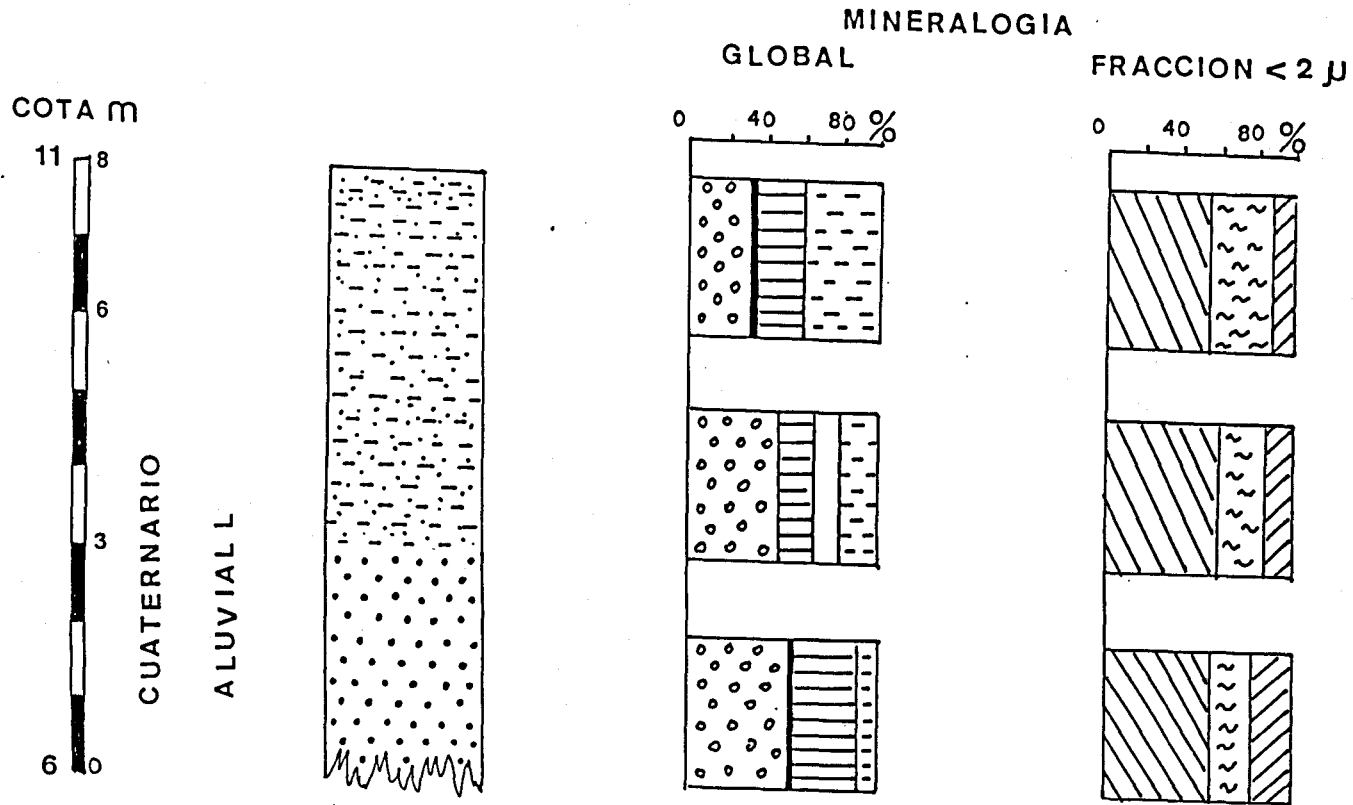


Fig. 44

PERFIL TIPO DEL AREA URBANA DE SEVILLA (ZONA 4)



11

Representa los depósitos aluviales de los actuales arroyos implantados en la zona. La cota varia entre 6-11 m y la potencia media estimada es de 8 m. Fig. 40

Los tramos diferenciados son (Fig. 44):

- 1.- 3 m de arenas gruesas amarillentas.
- 2.- 5 m de arcillas areno limosas marrones.

V.3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

V.3.1. Perfiles

La distribución granulométrica, composición mineralógica global y de la fracción menor de 2μ de las muestras analizadas en cada columna, así como su evolución a lo largo de las mismas se han representado en las figs 16-39. Por otra parte, en la tabla III, se incluyen los datos detallados de los análisis granulométricos, cuya representación en diagramas triangulares de vértices $<2 \mu$, $2-63 \mu$ y $>63 \mu$, y los grupos sedimentológicos a los que pertenecen, se encuentran en las figs. 45-59.

Los datos de la composición mineralógica agrupados por columnas, están recogidos en la tabla IV, (composición mineralógica global) y tabla V, (fracción menor de 2μ). Ambas se han representado en diagramas triangulares (Q+F, C+Y, FI) y (J, S, C+K), en las figs 60-63

El contenido en carbonatos y su evolución vertical se ha representado en las figs. 16-39. (muestra global y fracción menor de 2μ). Los datos referentes a esta representación y las proporciones de calcita dolomita correspondientes están recogidos en la tabla VI.

Los perfiles correspondientes a la margén derecha del Guadalquivir (perfiles nº 13, 14, 2, 1, 4, 5, 6, 7 y 10 referidos de norte a sur) representan fundamentalmente el tránsito Mioceno -Plioceno (Margas azules

perfiles 13, 14, 1, 3), junto con los materiales del Plioceno inferior (limos, margas y arenas). Desde el punto de vista granulométrico predominan los materiales limo -arcillosos, pero en el perfil 5 (Tomares), nº 6 (Barriada de la Cuesta) y nº 7 (Gelves) aumenta el carácter arenoso. En los materiales de la columna nº 10 (Coria del Rio) y en el techo de algunos perfiles aumenta bruscamente el contenido en arenas al pasar a materiales Cuaternarios.

Los minerales determinados en las muestras son: cuarzo, calcita y filosilicatos predominantes, dolomita presente en todas las muestras menos en las pertenecientes al Cuaternario, feldespatos minoritarios pero presentes en todas las muestras y yeso solo en algunas de margas azules.

Los contenidos en carbonatos oscilan entre un 14 y 46% predominando en las arenas y limos. Los filosilicatos dominan en las margas y su contenido es del 11-50%.

Los minerales de la arcilla identificados son: illita, esmectitas, caolinita, clorita e interestratificados (illita-esmectita), los dos primeros siempre mayoritarios excepto en las muestras superiores del perfil 10 donde la caolinita es el mineral mayoritario (mayor de un 50%). Los porcentajes de carbonatos en la fracción fina pueden llegar a un 25%, pero normalmente son muy inferiores (8-10%).

Para la margen izquierda del Guadalquivir, los perfiles de materiales terciarios han sido los nº 9, 11, 12, 8, y 21. En ellos se observa un predominio de arenas y calcarenitas que en algunos casos están cubiertos por depósitos cuaternarios bien de tipo aluvial (nº 9) o por arcillas y arenas de descalcificación (nº 12).

En esta zona del Guadalquivir es evidente el carácter más arenoso de todas las muestras, incluso cuando se trata de limos o margas. Se puede encontrar una amplia variación litológica desde arenas (nº 9) a las arcillas limosas en la base de las columnas (nº 8 y 21). El grupo sedimentológico de la columna nº 8 es muy amplio lo que demuestra que incluso para un mismo perfil existe una gran dispersión de los materiales que comprende. Normalmente las muestras del Cuaternario son siempre arenas (nº 9, 11, 12).

Los materiales margosos y limosos tienen una composición mineralógica semejante a los de la margen derecha. Las arenas presentan un mayor contenido en feldespatos (hasta un 18%) y en cuarzo (70%), mientras que los filosilicatos apenas llegan al 20%. Por otra parte, las calcarenitas representadas en los perfiles de Alcalá, Carmona y Mairena, contienen una media de 70% de carbonatos, el cuarzo es bastante inferior (20%), y los filosilicatos están prácticamente ausentes.

Respecto a la mineralogía de la fracción menor de 2μ , se observa que en las calcarenitas predominan las esmectitas y los limos y margas tienen

un contenido en esta fracción semejante a la margen derecha o ligeramente mas illítica. En las arenas pliocenas, la illita es el mineral mayoritario, en los materiales del Cuaternario (arcillas y arenas de descalcificación) el mineral predominante es la illita con una relación illita/esmectita de 80/20. En los materiales aluviales (nº 9) el mineral mayoritario es la caolinita y no se ha detectado la presencia de clorita.

En esta margen izquierda del Guadalquivir se realizaron también 3 perfiles para los materiales de las tres terrazas presentes (T_1 : 17; T_2 : 15, T_3 : 16) y se han utilizado datos de 5 sondeos realizados en la zona E de Sevilla. Se observa que la composición granulométrica, como era de esperar para depósitos fluviales, varía enormemente, desde gravas con tamaños de cantos de 3-4 cm a arcillas. También la composición mineralógica global varía ampliamente, el cuarzo es abundante en general y predomina en gravas y arenas, la calcita puede llegar hasta un 70%, pero la media es de un 20%, la dolomita y los feldespatos están presentes en casi todas las muestras en cantidades inferiores a un 8%, y los filosilicatos tienen un rango de variación de un 5-70%.

La illita es el mineral predominante en casi todas las muestras, excepto en algunas de la terraza 2, pero el orden $I \gg S > C+K$, puede a veces invertirse en lo que respecta a los dos últimos. La clorita es un mineral frecuente en las muestras estudiadas.

Los depósitos del Aluvial reciente están representados en la columna 24, correspondiente al sondeo nº 59 localizado al E de Sevilla y por los sondeos nº 9 y 11 (muestras 136-140), ya dentro del casco urbano de Sevilla. Son arenas y gravas de composición mineralógica muy variada semejante a la de las terrazas.

Para el área urbana de Sevilla se dispone de 27 sondeos y de los perfiles nº 18 y 20.

A partir de los datos obtenidos de estas columnas se han preparado 4 perfiles tipo que representan a los materiales del subsuelo de la ciudad de Sevilla. En base al nivel topográfico y a las diferentes litologías se han definido cuatro zonas para las que se han idealizado los correspondientes perfiles representativos (Fig. 40-44).

La zona 1 está situada al E de Sevilla. Es la más baja desde el punto de vista estratigráfico. La cota está comprendida entre 10-12 m a 24 m y corresponde a materiales de la terraza 2. Sus características granulométricas y mineralógicas coinciden con los datos ya comentados para las terrazas. En detalle se observa el crecimiento de cuarzo y feldespatos hacia la base en detrimento de los filosilicatos, mientras que los carbonatos son ocasionalmente abundantes. La composición de la fracción arcilla en la mayoría de las muestras es $S > I > C+K$. Fig.41

La zona 2, situada al NW de Sevilla comprende cotas entre 6-12 m y corresponde a la terraza 3. El cuarzo y los feldespatos disminuyen hacia el techo. Los carbonatos son prácticamente constantes y están en porcentajes inferiores a los de la zona 1. Fig. 42.

La dolomita está siempre presente en cantidades significativas y disminuye hacia techo. Los materiales son todos de naturaleza illítica, especialmente a techo y a veces la caolinita es superior a la esmectita.

La zona 3, también pertenece a la terraza 3 y está situada al sur de Sevilla, entre cotas de -6 a 8 m . E bastante más arcillosa que la zona 2. Es más pobre en cuarzo y feldespatos y mucho más rica en filosilicatos. La relación entre los minerales de la arcilla es $I > S > C+K$. Fig. 43.

La zona 4, representa el Aluvial o Cuaternario Reciente. Está entre 6-11 m de cota y aparece en el SE y NE esencialmente, es decir donde se implantan los arroyos. Son materiales arenosos en general de composición global homogénea, quizá más arcillosos hacia techo. La mineralogía de arcillas es $I > S > C+K$. Fig. 44.

Tabla III. (Continuación). ANALISIS GRANULOMETRICO DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS

| M > 2 | 2-1 | 1-0.5 | 0.5-0.25 | 0.25-0.12 | 0.12-63 | 63-44 | 44-20 | 20-6.3 | 6.3-2 < 2 | M > 2 | 2-1 | 1-0.5 | 0.5-0.25 | 0.25-0.12 | 0.12-63 | 63-44 | 44-20 | 20-6.3 | 6.3-2 < 2 | | | | |
|-------|-----|-------|----------|-----------|---------|-------|-------|--------|-----------|-------|-----|-------|----------|-----------|---------|-------|-------|--------|-----------|----|----|----|----|
| mm | mm | mm | mm | mm | mm - μ | μ | μ | μ | μ μ | mm | mm | mm | mm | mm | mm - μ | μ | μ | μ | μ μ | | | | |
| 162 | - | -- | -- | -- | 15 | 20 | 18 | 12 | 10 | 12 | 13 | 182 | - | -- | -- | -- | -- | 10 | 3 | 4 | 11 | 9 | 63 |
| 163 | - | -- | -- | -- | -- | 14 | 6 | 4 | 12 | 10 | 64 | 183 | - | -- | -- | -- | -- | 12 | 13 | 11 | 20 | 10 | 34 |
| 164 | - | -- | -- | -- | -- | 7 | 7 | 10 | 13 | 7 | 56 | 184 | - | -- | -- | 7 | 12 | 21 | 9 | 6 | 4 | 10 | 31 |
| 165 | - | -- | -- | -- | -- | 14 | 7 | 7 | 10 | 10 | 52 | 185 | - | -- | -- | -- | -- | 4 | 10 | 8 | 8 | 10 | 60 |
| 166 | - | -- | -- | -- | -- | 12 | 8 | 11 | 9 | 11 | 49 | 186 | - | -- | 12 | 10 | 9 | 29 | 5 | 7 | 8 | 10 | 10 |
| 167 | - | -- | -- | 8 | 17 | 19 | 6 | 4 | 12 | 4 | 28 | 187 | - | -- | -- | -- | -- | 5 | 15 | 7 | 11 | 10 | 52 |
| 168 | - | -- | -- | -- | 10 | 21 | 5 | 12 | 6 | 14 | 32 | 188 | - | -- | -- | -- | 10 | 25 | 9 | 11 | 6 | 14 | 25 |
| 169 | - | -- | -- | -- | -- | 14 | 8 | 10 | 6 | 6 | 56 | 189 | - | -- | -- | -- | -- | 4 | 7 | 9 | 6 | 15 | 60 |
| 170 | - | -- | -- | -- | -- | 10 | 9 | 10 | 12 | 11 | 49 | 190 | - | -- | -- | -- | -- | 7 | 8 | 7 | 5 | 15 | 58 |
| 171 | - | -- | -- | -- | -- | 12 | 8 | 11 | 21 | 10 | 37 | 191 | - | -- | 14 | 16 | 18 | 20 | 2 | 4 | 3 | 3 | 20 |
| 172 | - | -- | -- | -- | -- | 25 | 12 | 8 | 10 | 10 | 35 | 192 | - | -- | -- | -- | 10 | 26 | 9 | 4 | 10 | 9 | 32 |
| 173 | - | -- | -- | -- | -- | 20 | 6 | 7 | 7 | 11 | 49 | 193 | 9 | 10 | 21 | 30 | 10 | 6 | 2 | 4 | 1 | 5 | 2 |
| 174 | - | -- | -- | -- | -- | 4 | 6 | 9 | 5 | 13 | 64 | 194 | - | -- | -- | -- | -- | 15 | 14 | 11 | 10 | 30 | 20 |
| 175 | - | -- | -- | -- | -- | 20 | 8 | 10 | 11 | 19 | 32 | 195 | - | -- | -- | -- | 14 | 24 | 6 | 7 | 5 | 6 | 42 |
| 176 | - | -- | -- | -- | -- | 3 | 9 | 15 | 11 | 12 | 50 | 196 | - | -- | -- | -- | -- | 19 | 9 | 6 | 6 | 20 | 40 |
| 177 | - | -- | -- | -- | -- | 3 | 10 | 11 | 13 | 12 | 51 | 197 | - | -- | 19 | 21 | 12 | 18 | 4 | 5 | 2 | 9 | 16 |
| 178 | - | -- | -- | 8 | 10 | 20 | 4 | 6 | 9 | 5 | 38 | 198 | - | -- | -- | -- | 10 | 25 | 6 | 7 | 4 | 9 | 34 |
| 179 | - | -- | 10 | 16 | 20 | 17 | 5 | 6 | 9 | 7 | 11 | 199 | - | -- | -- | -- | -- | 26 | 9 | 2 | 4 | 13 | 46 |
| 180 | - | -- | -- | -- | -- | 16 | 5 | 9 | 7 | 3 | 60 | | | | | | | | | | | | |
| 181 | - | -- | -- | -- | -- | 18 | 6 | 4 | 9 | 11 | 52 | | | | | | | | | | | | |

M = n° de Muestra

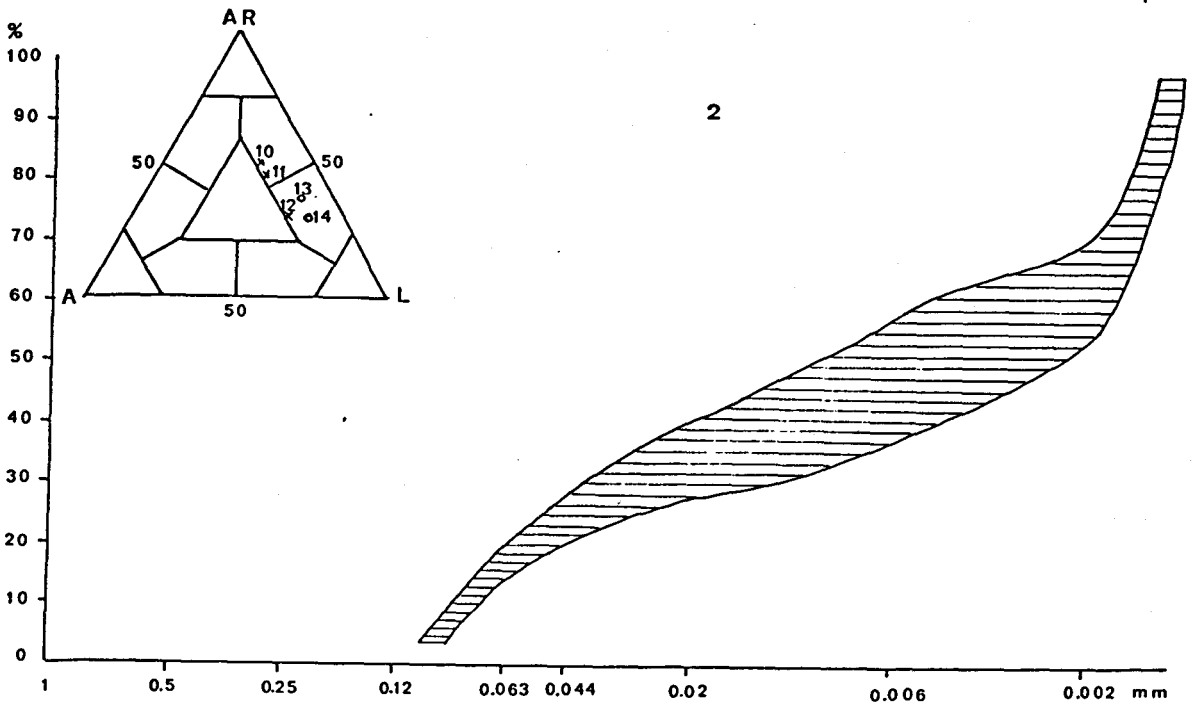
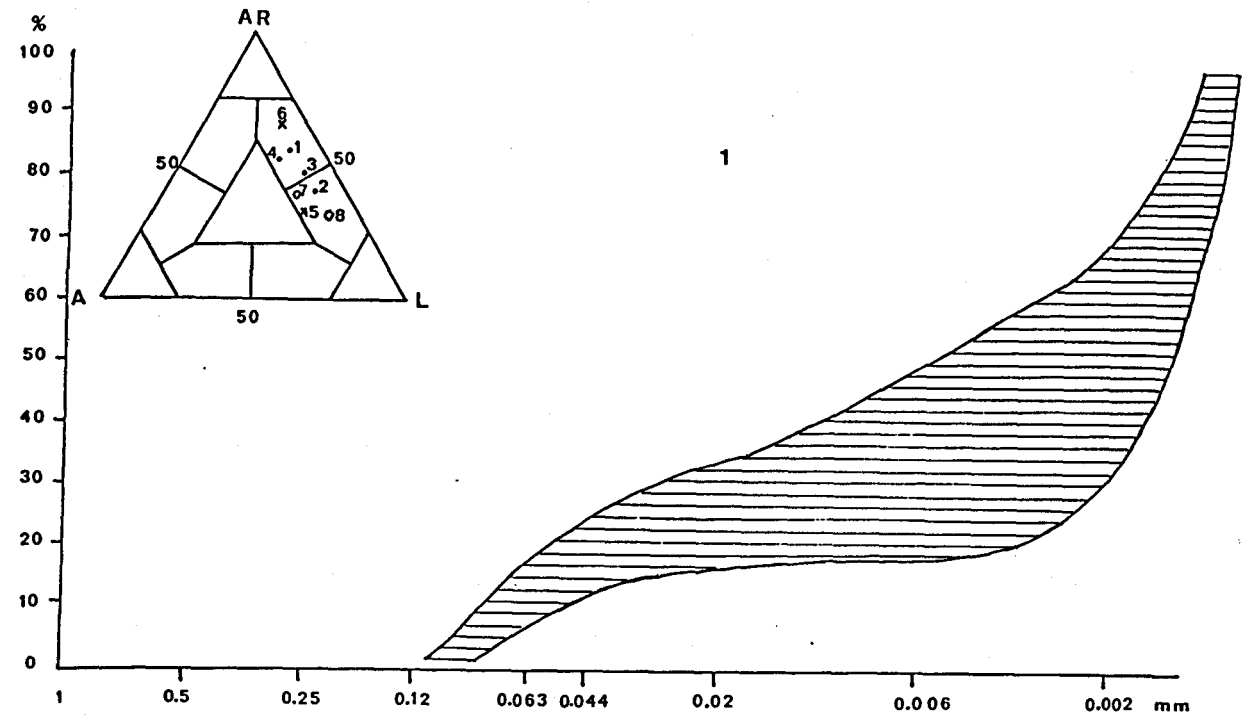


Fig.45.- Grupo sedimentológico de los perfiles nº 1 y 2

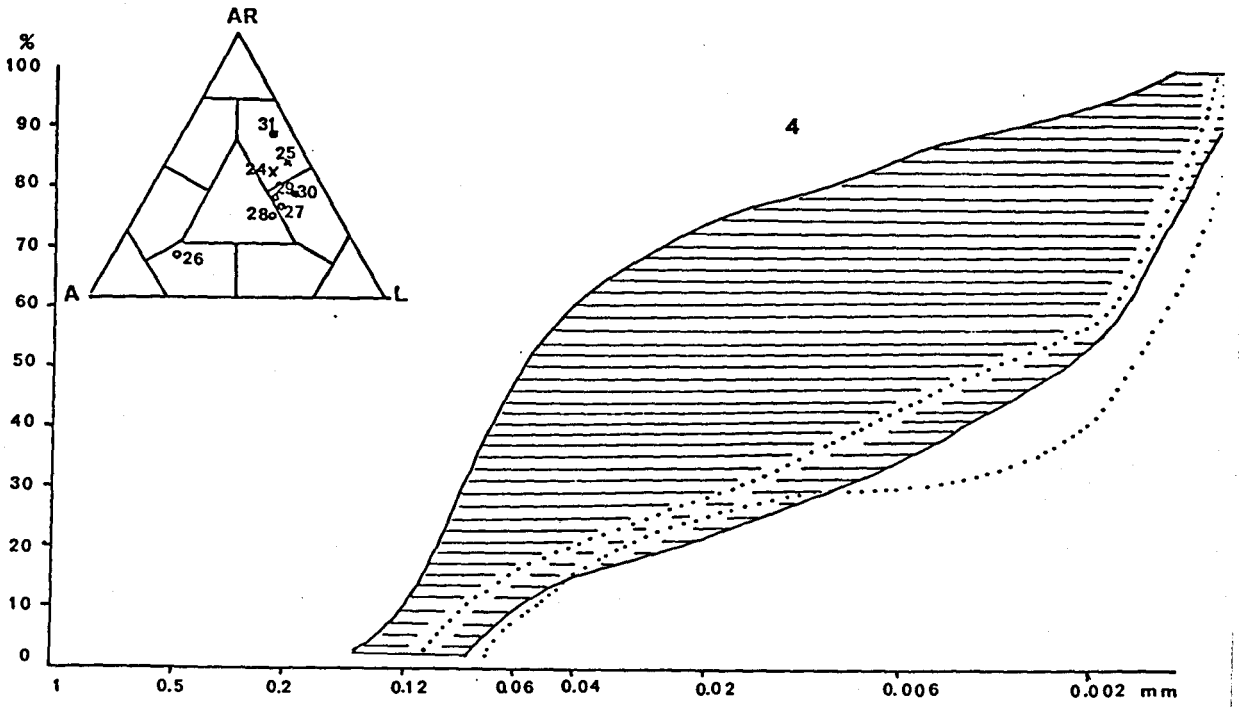
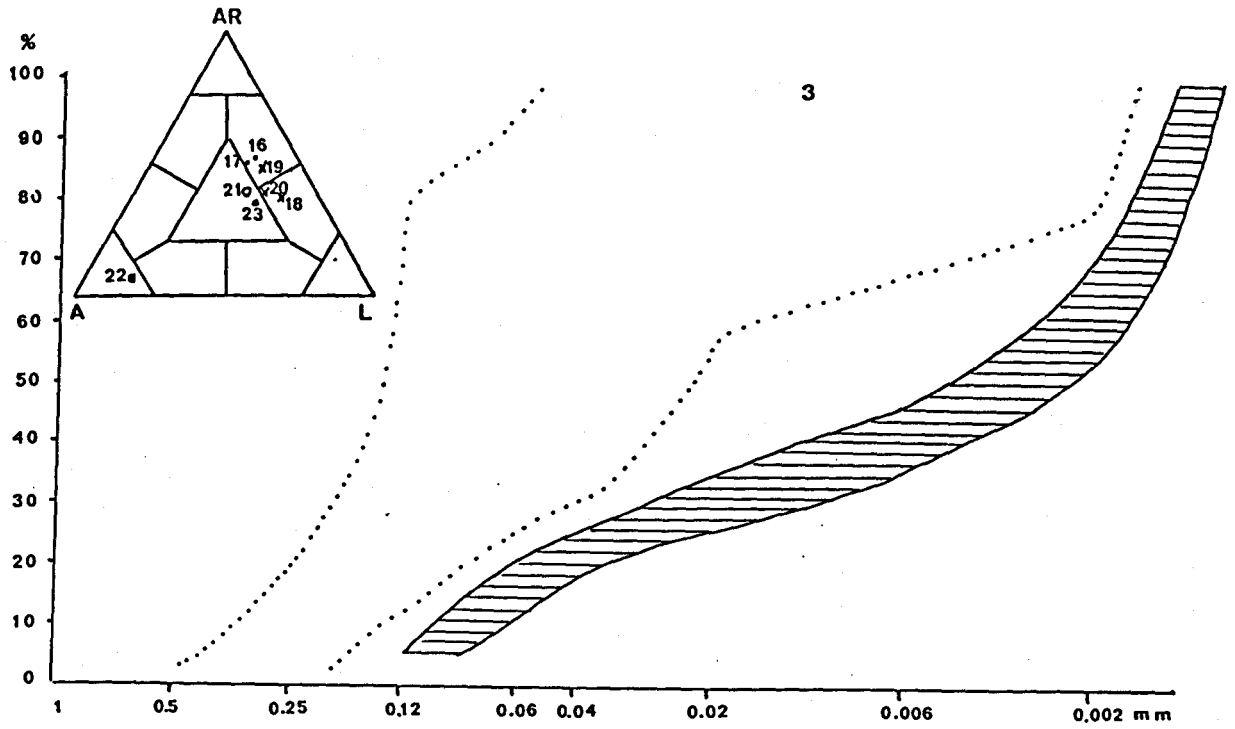


Fig. 46.- Grupo sedimentológico de los perfiles nº 3 y 4
 Las líneas de puntos representan las curvas
 acumulativas para las muestras del Cuaternario
 pertenecientes a dichos perfiles.

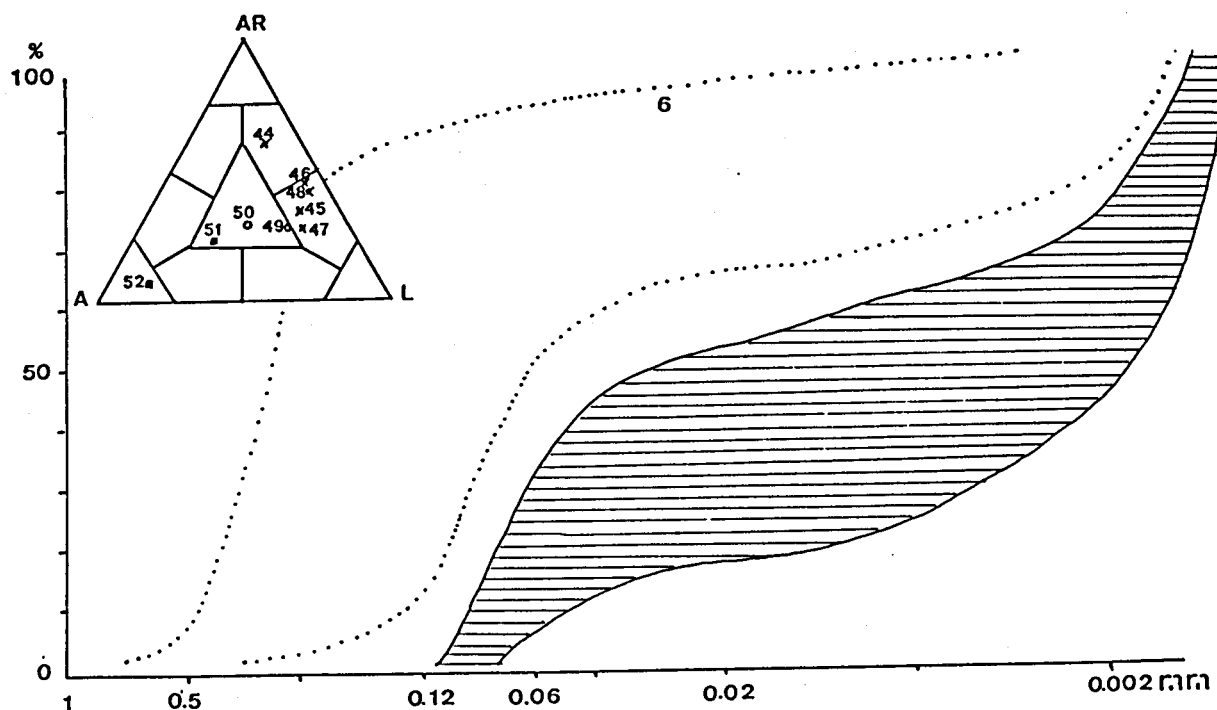
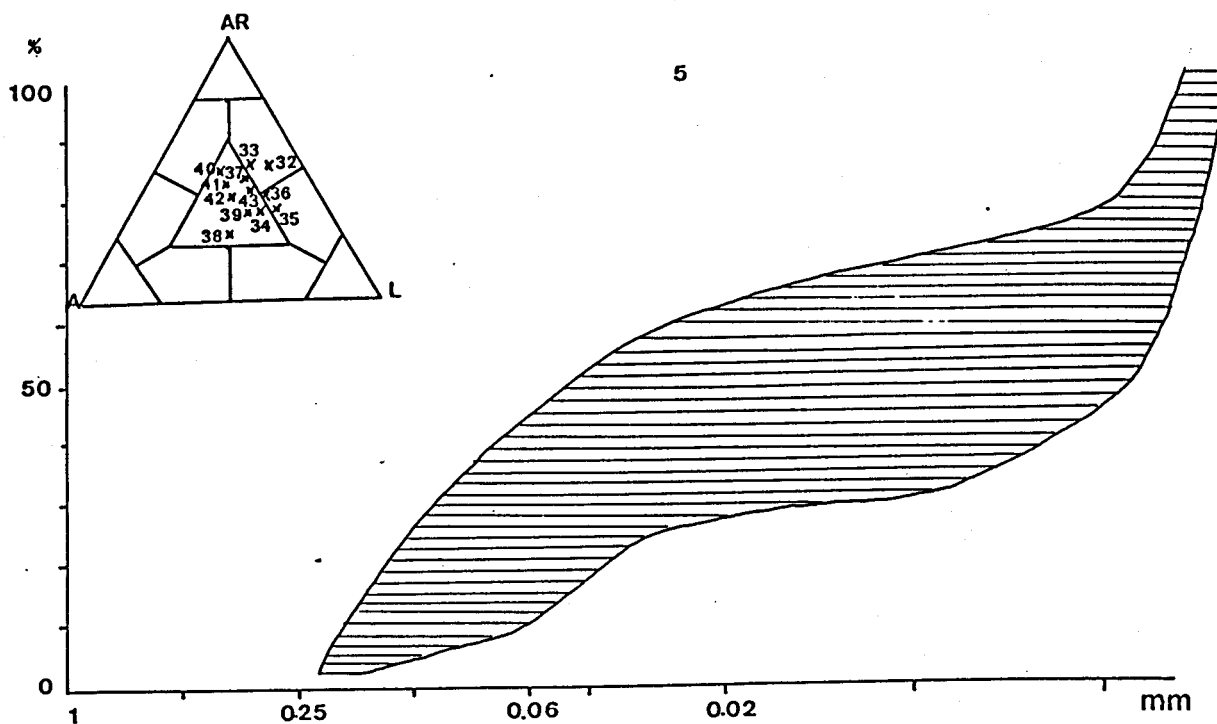


Fig. 47.- Grupos sedimentológicos de los perfiles nº 5 y 6
 Las líneas de puntos representan las curvas acumulativas del Cuaternario en el perfil nº 6

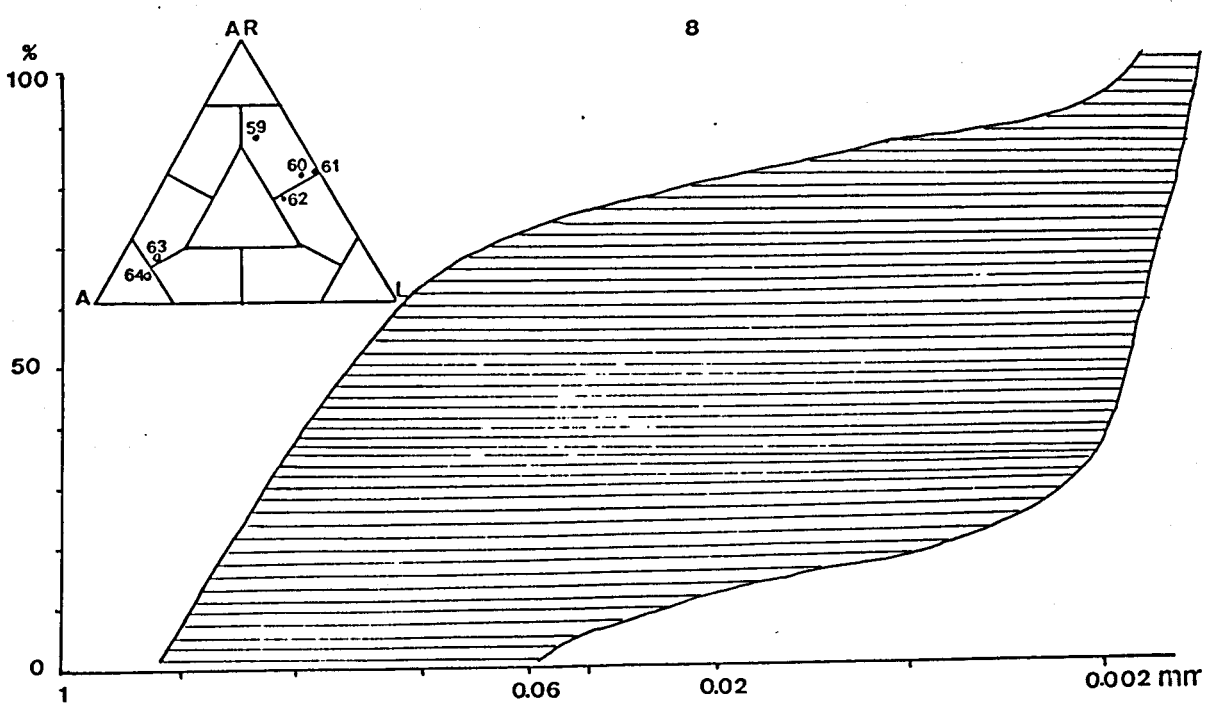
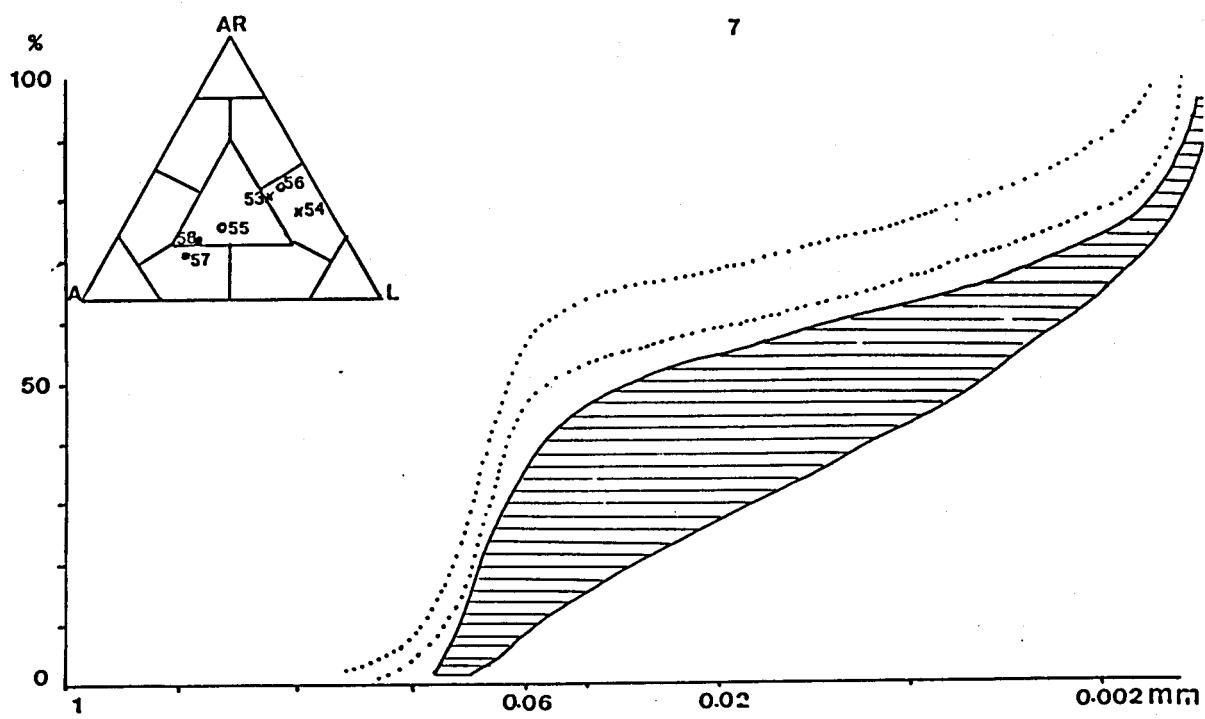


Fig. 48.- Grupos sedimentológicos de los perfiles nº 7 y 8
Las líneas de puntos representan las curvas
acumulativas de las muestras del Cuaternario del
perfil 7.

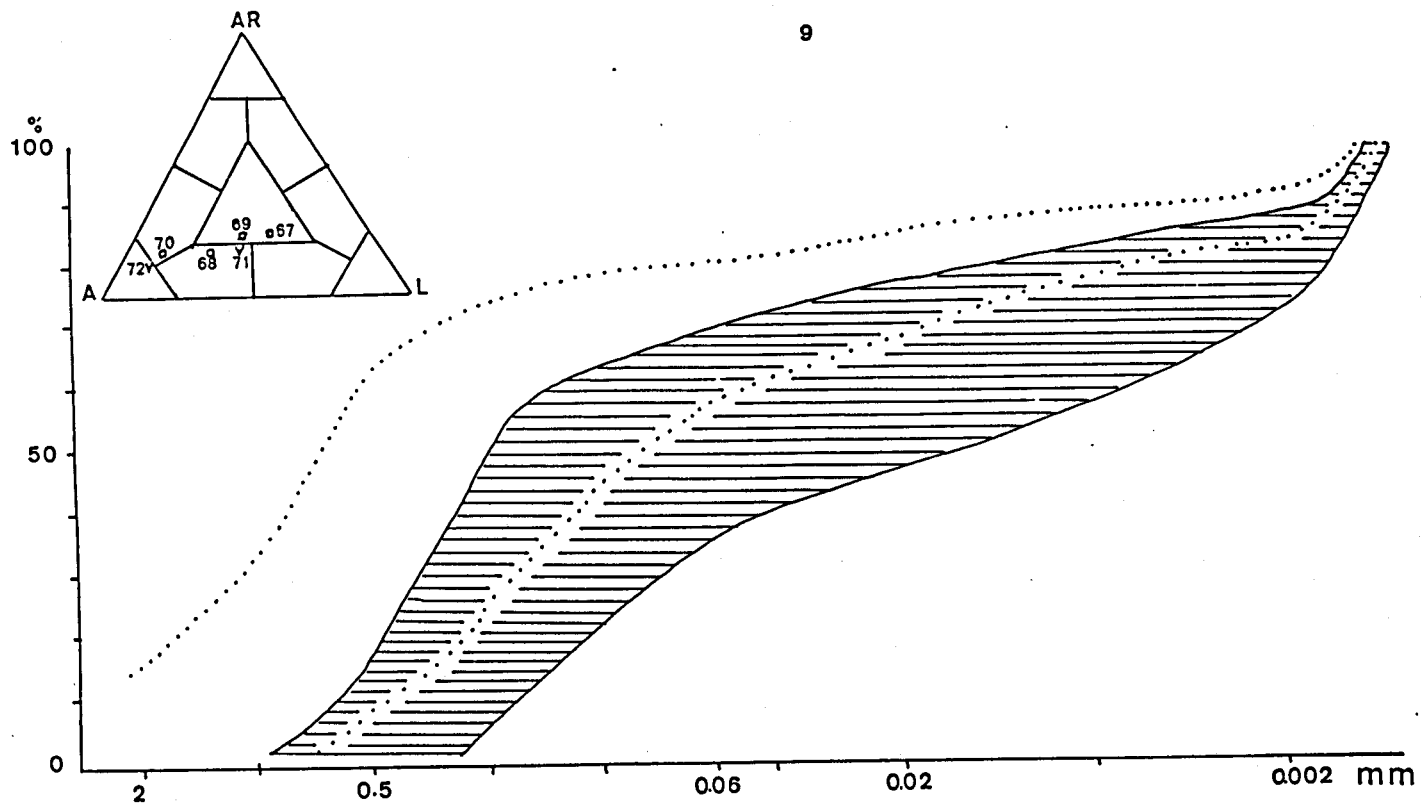


Fig. 49.- Grupo sedimentológico del perfil nº 9. Las líneas de puntos representan las curvas acumulativas de las muestras del Cuaternario para dicho perfil.

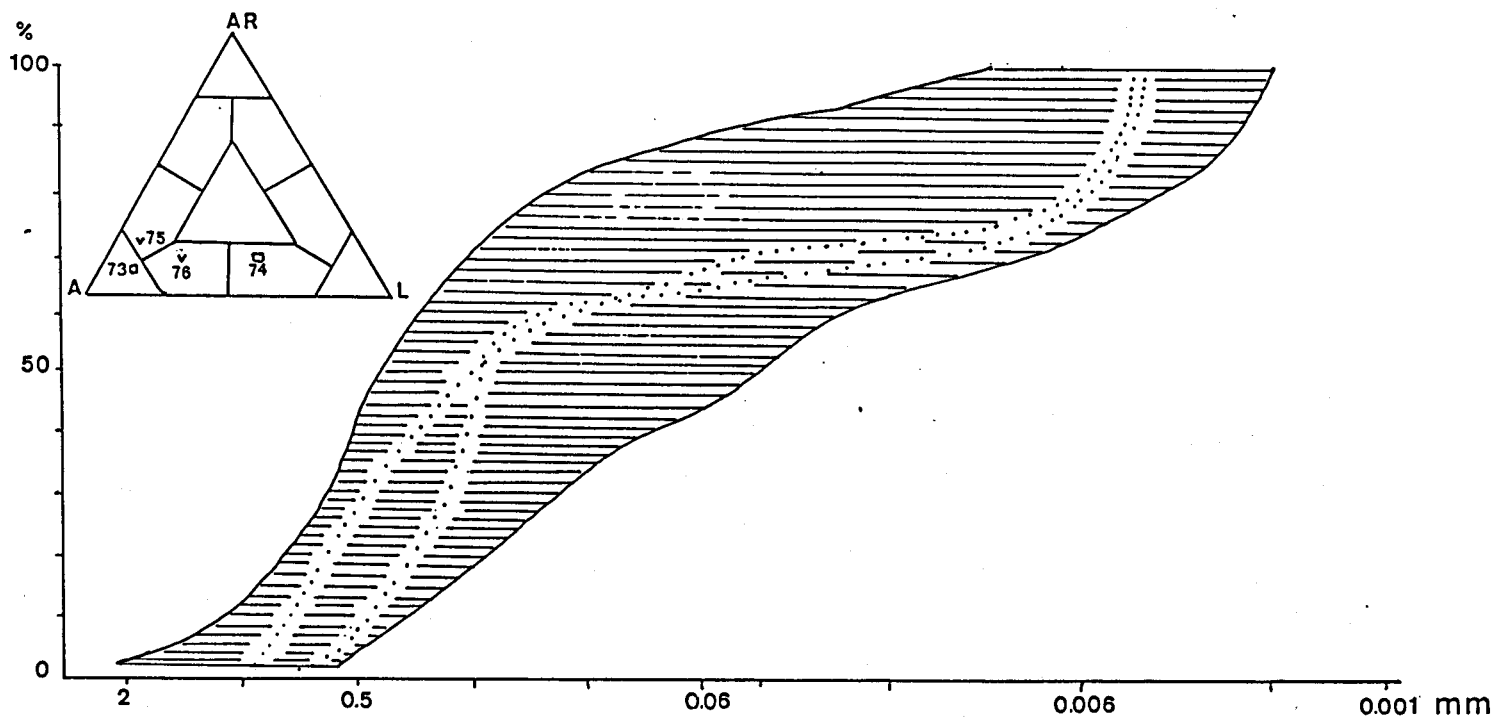


Fig. 50.- Grupo sedimentológico del perfil nº 10. Las líneas de puntos representan las curvas acumulativas de las muestras del Cuaternario para dicho perfil.

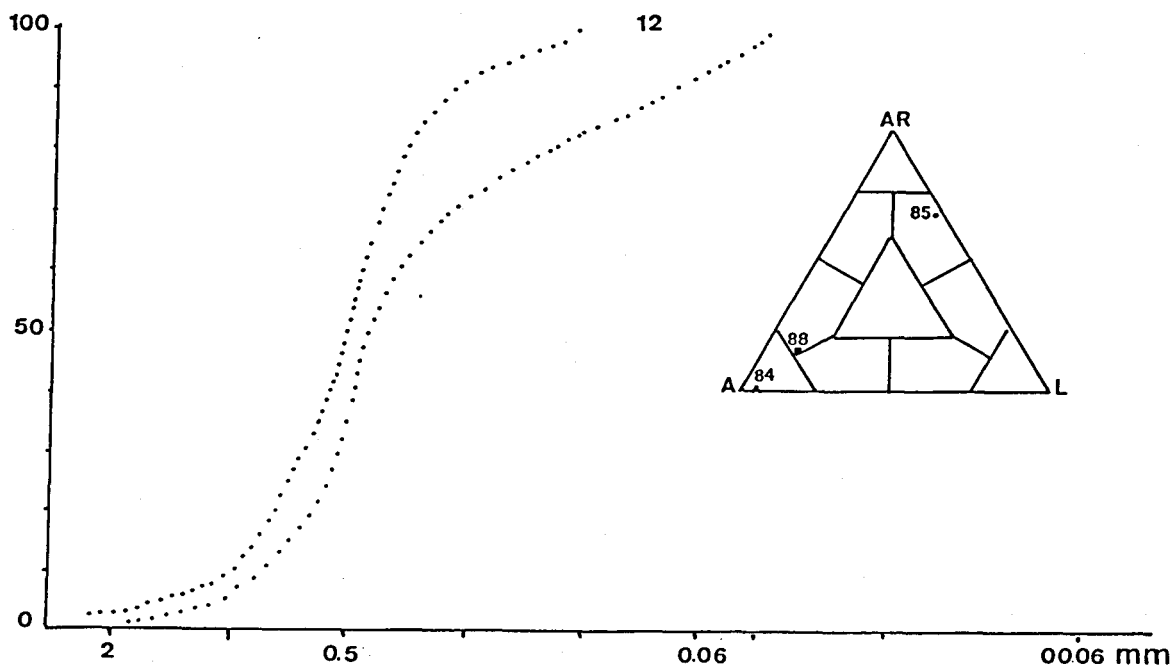
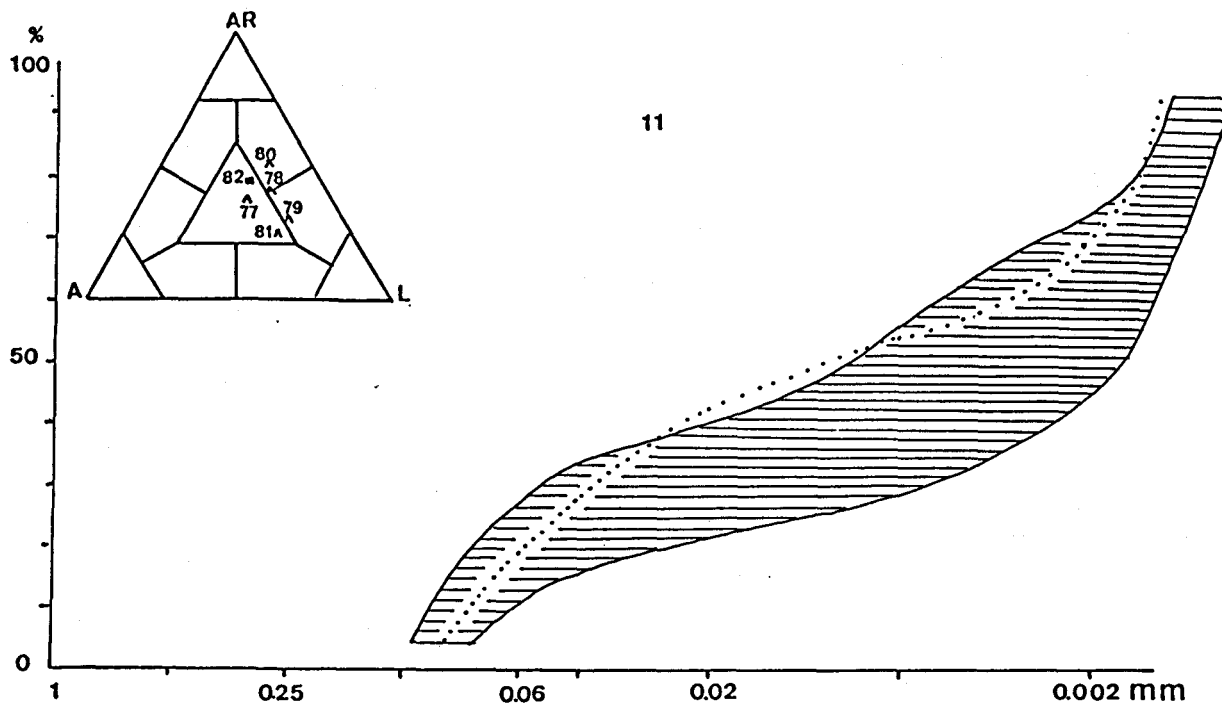


Fig. 51.- Grupo sedimentológico del perfil nº 11. y curvas acumulativas de las muestras del perfil 12.

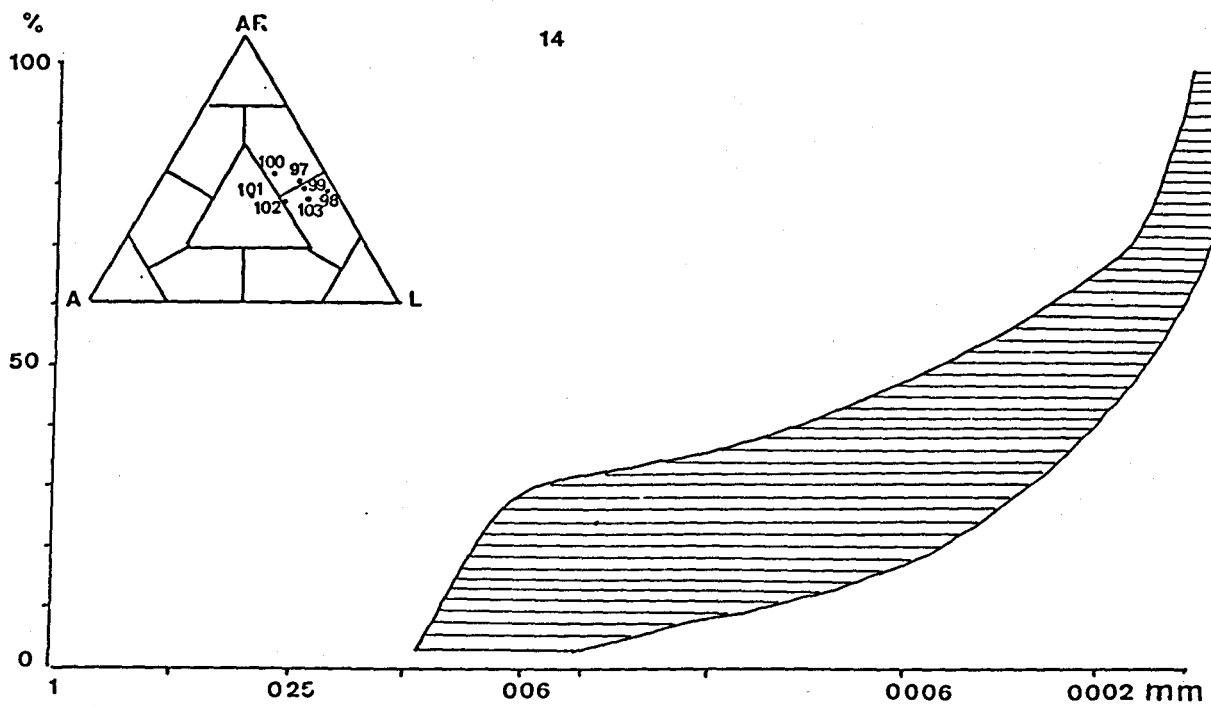
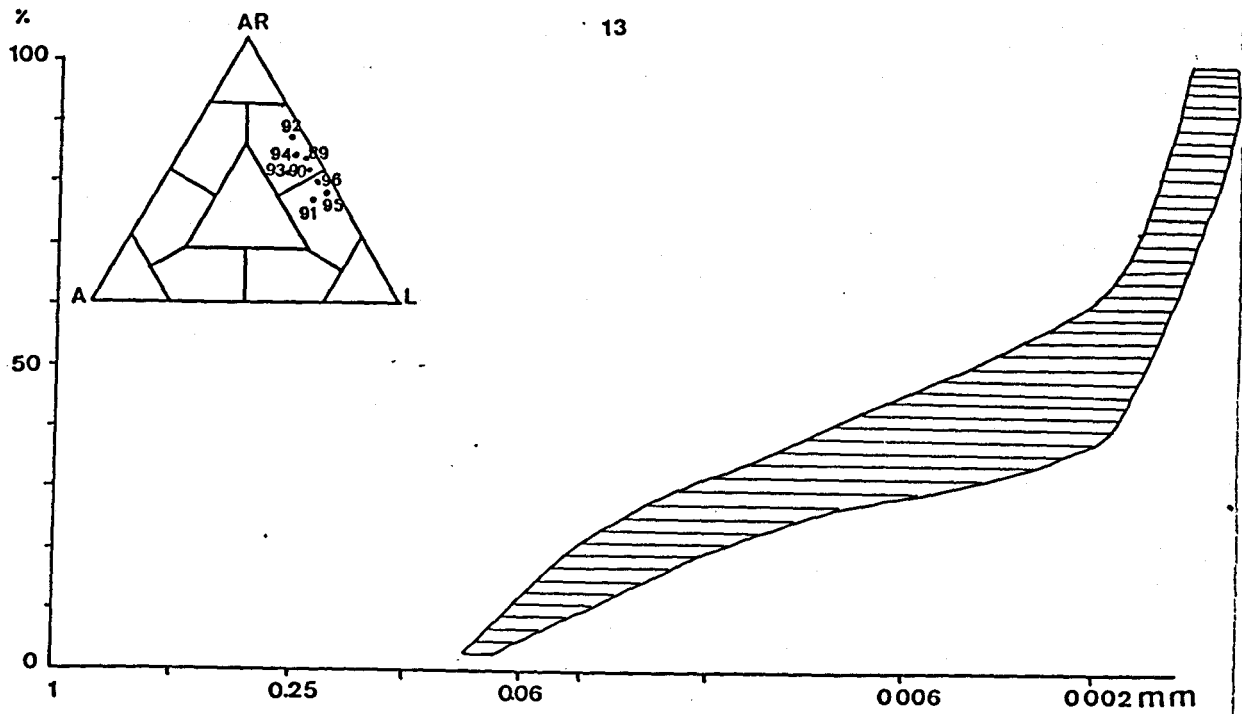


Fig. 52.- Grupo sedimentológico de los perfiles nº 13 y 14

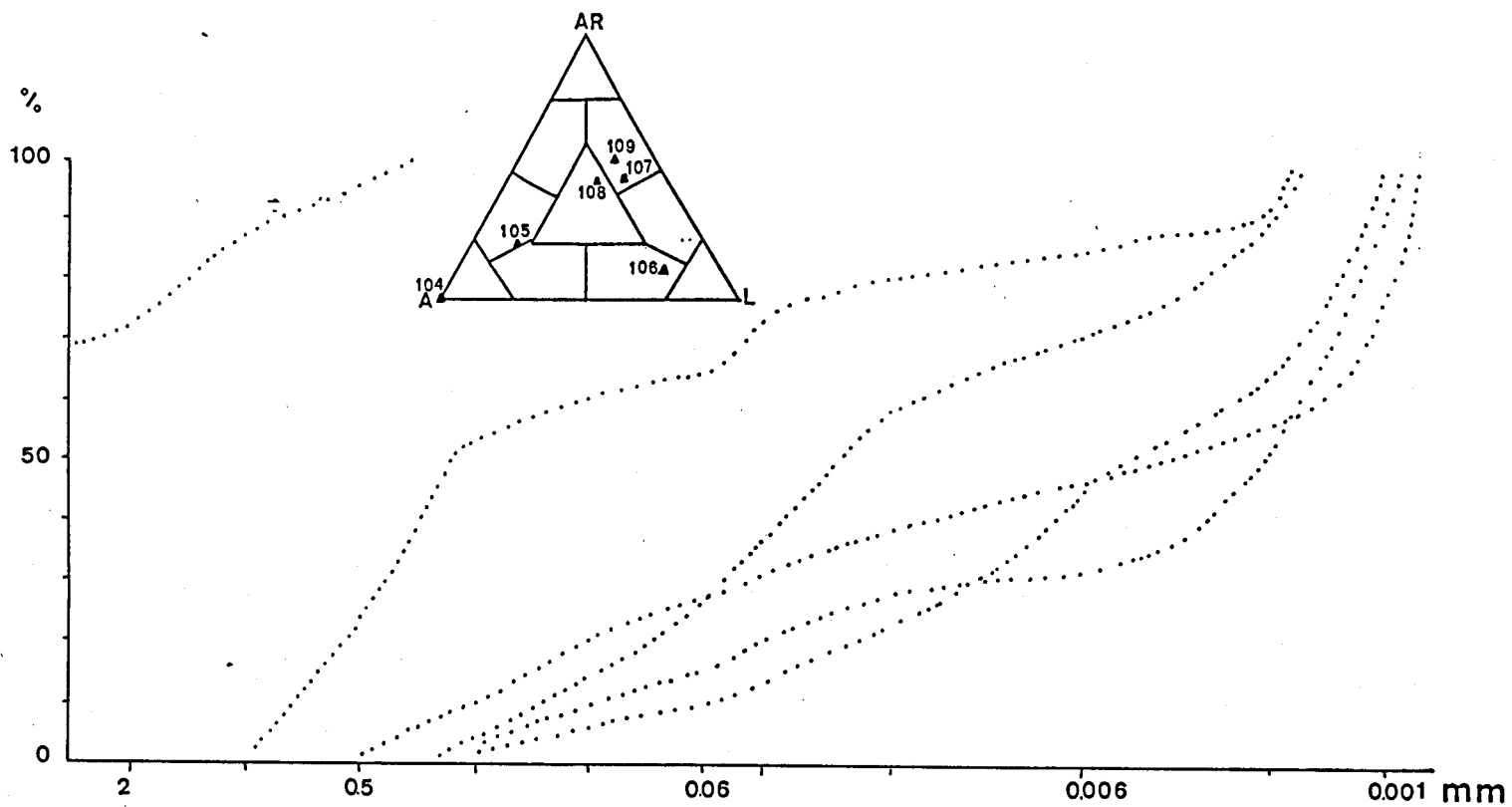


Fig. 53.- Curvas acumulativas de las muestras cuaternarias del perfil 15.

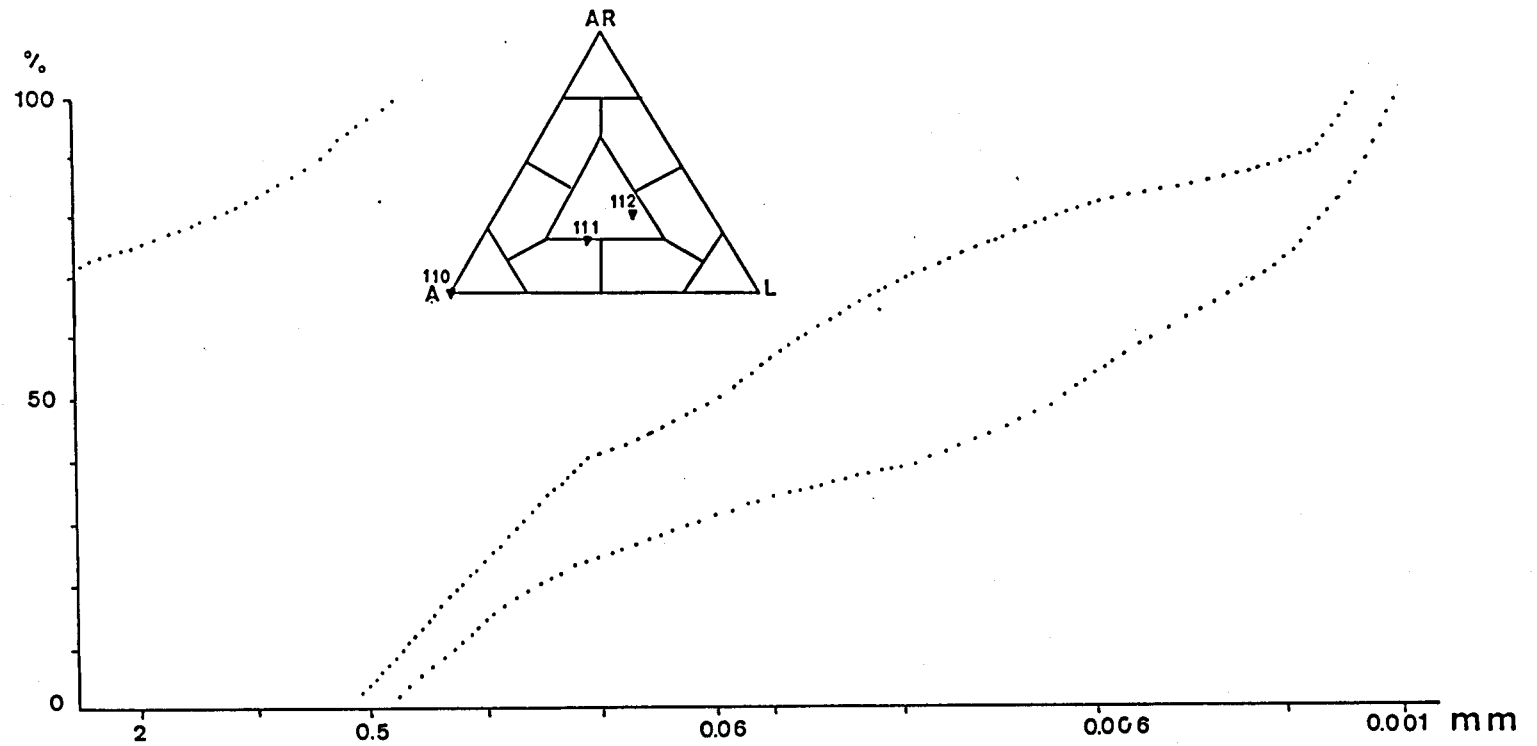


Fig. 54.- Curvas acumulativas de las muestras del perfil nº 16

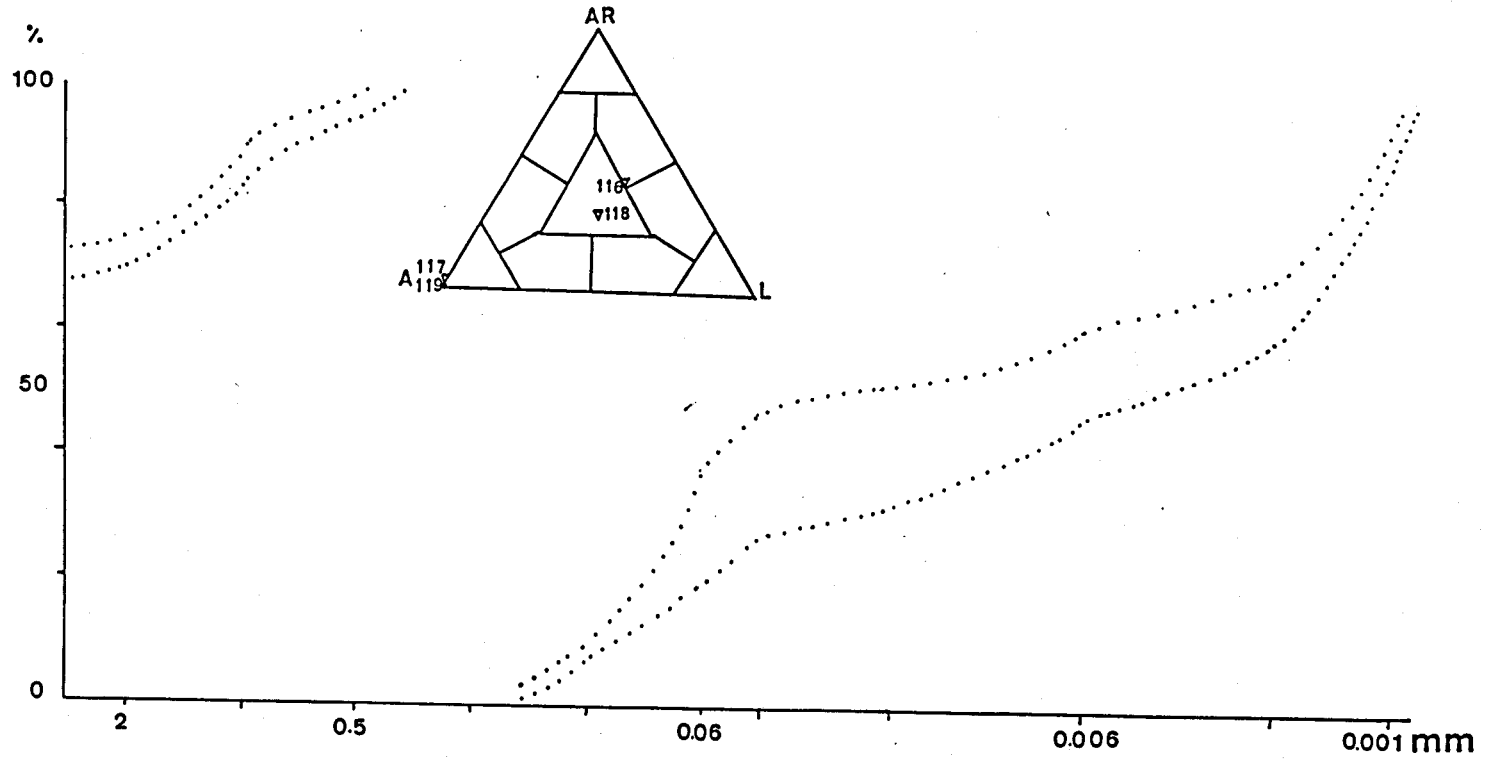


Fig. 55.- Curvas acumulativas de las muestras del perfil 17.

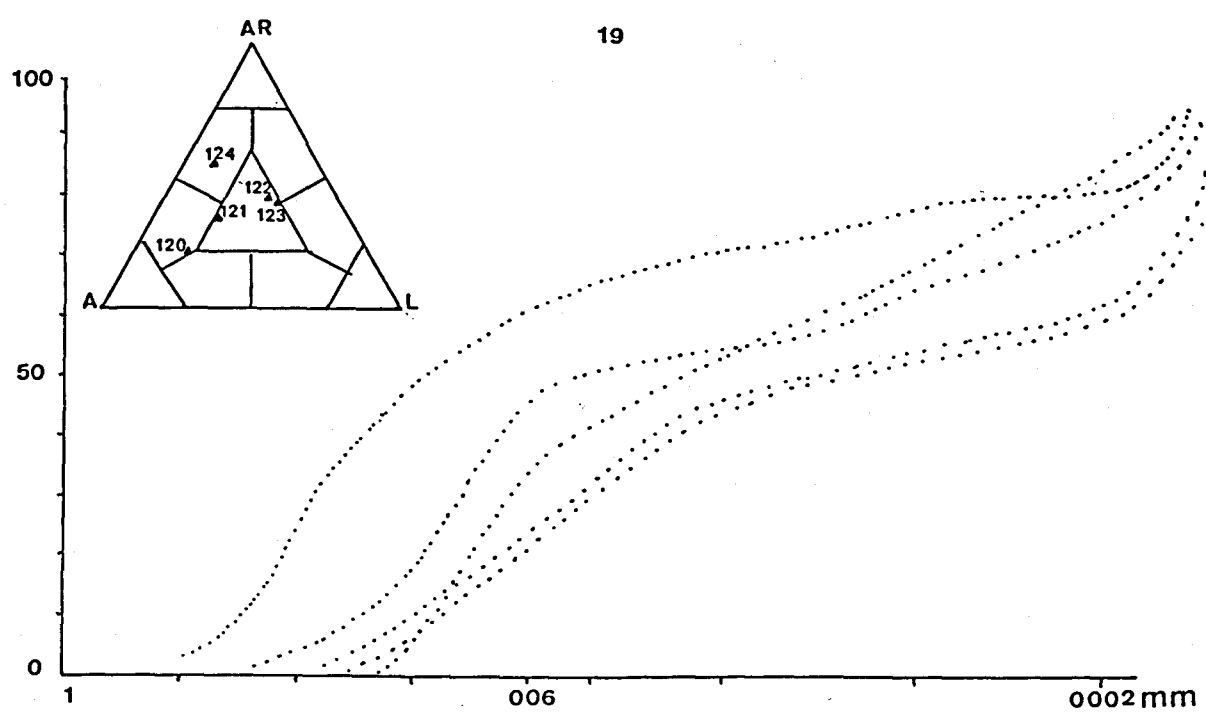
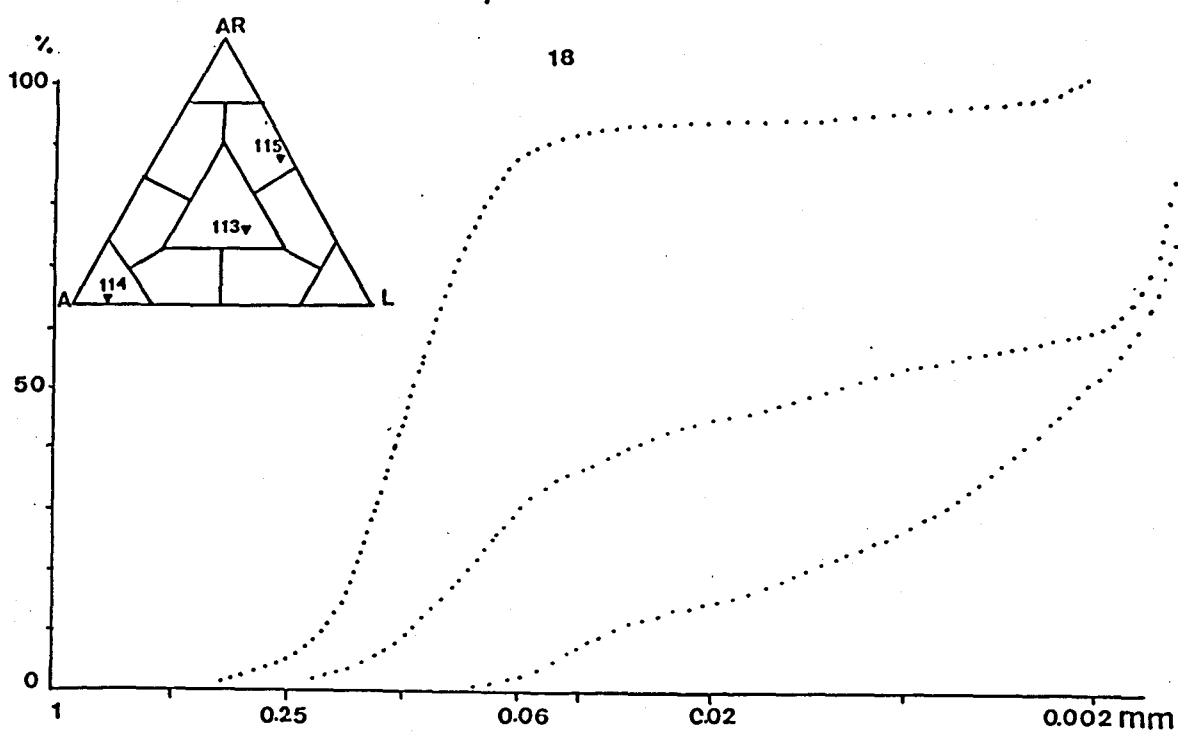


Fig. 56.- Curvas acumulativas de las muestras del cuaternario de los perfiles nº 18 y 19

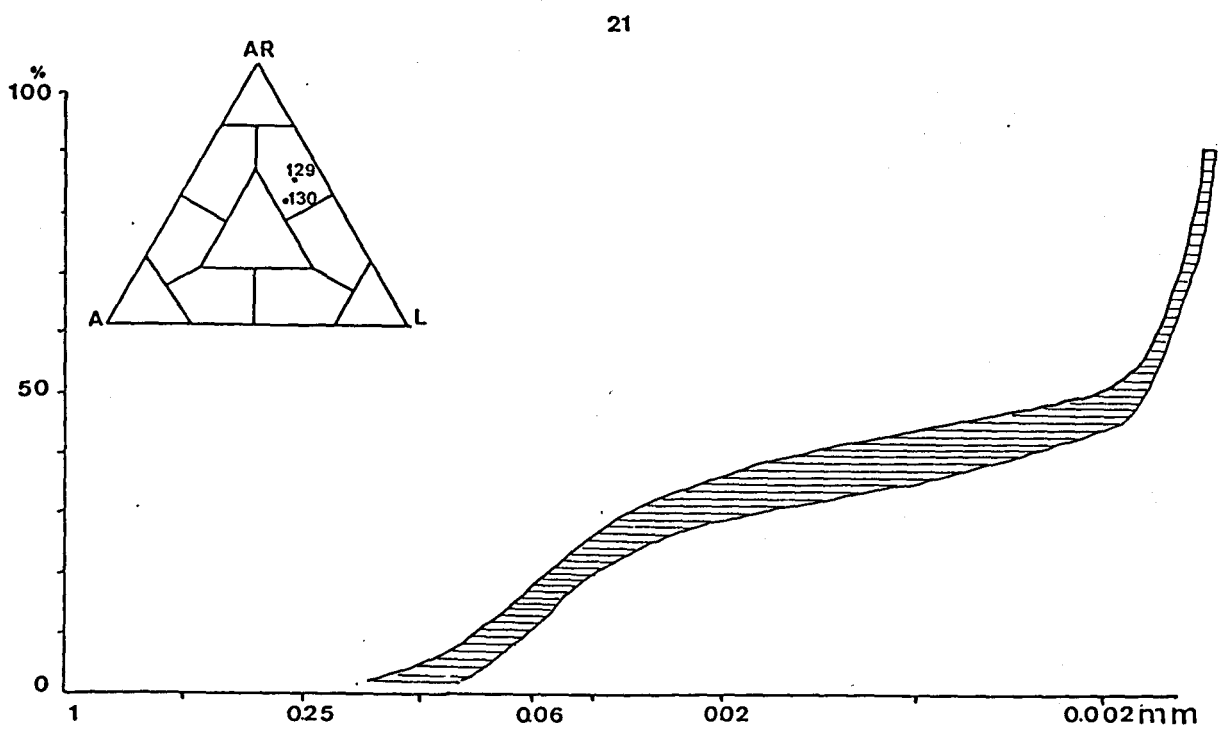
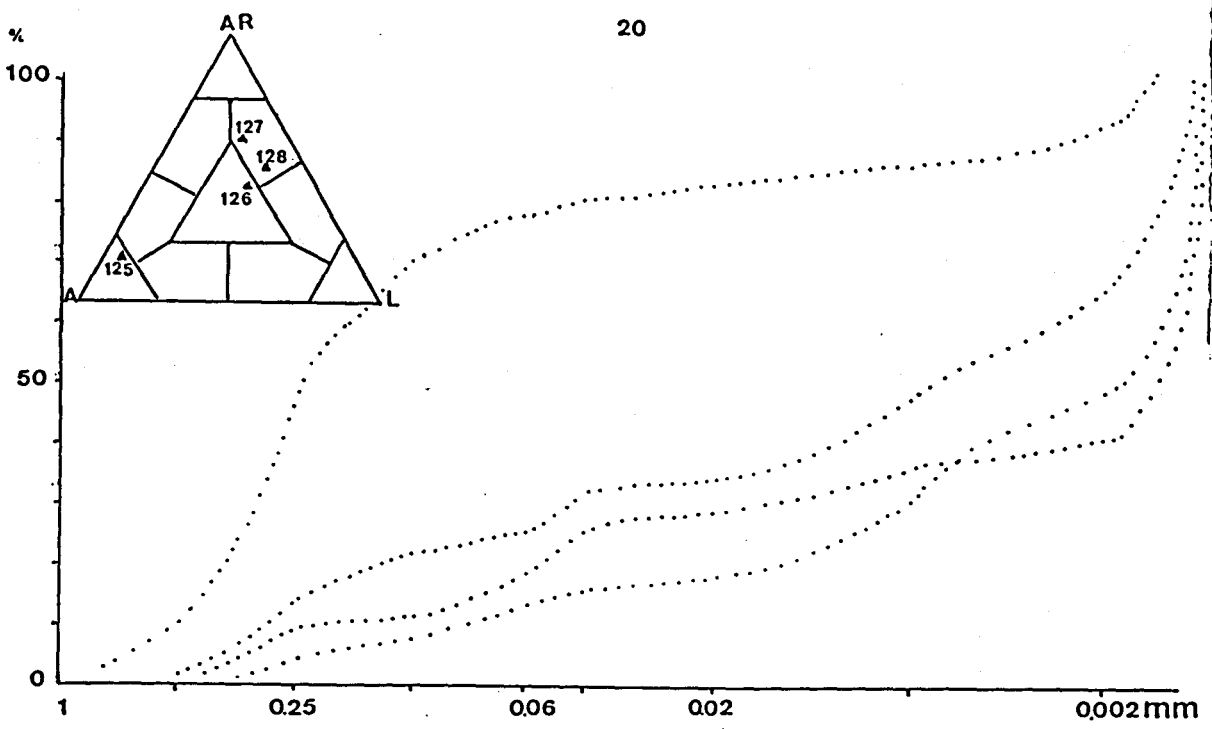


Fig. 57.- Curvas acumulativas de las muestras del cuaternario del perfil nº 20 y Grupo sedimentológico del perfil nº 21.

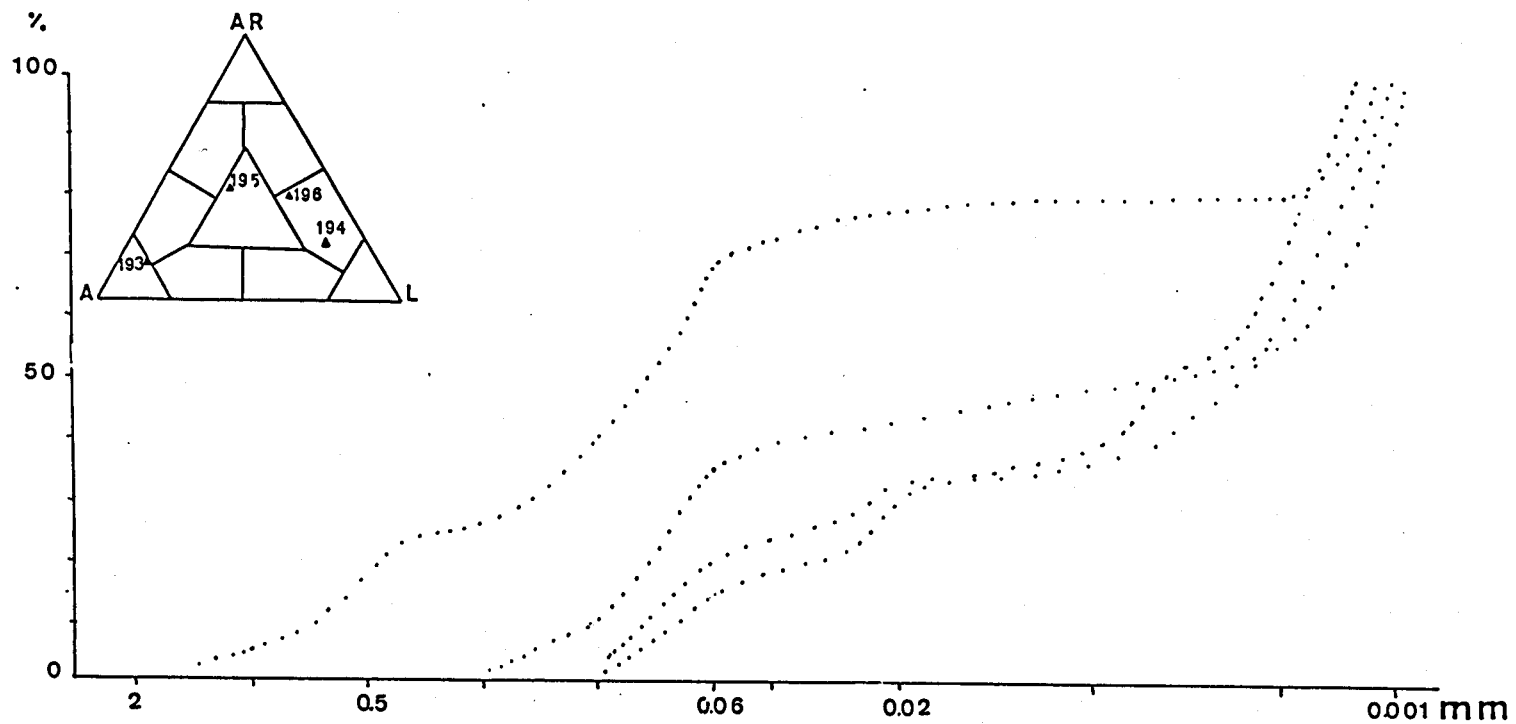


Fig. 58. Curvas acumulativas de las muestras cuaternarias del perfil nº 23

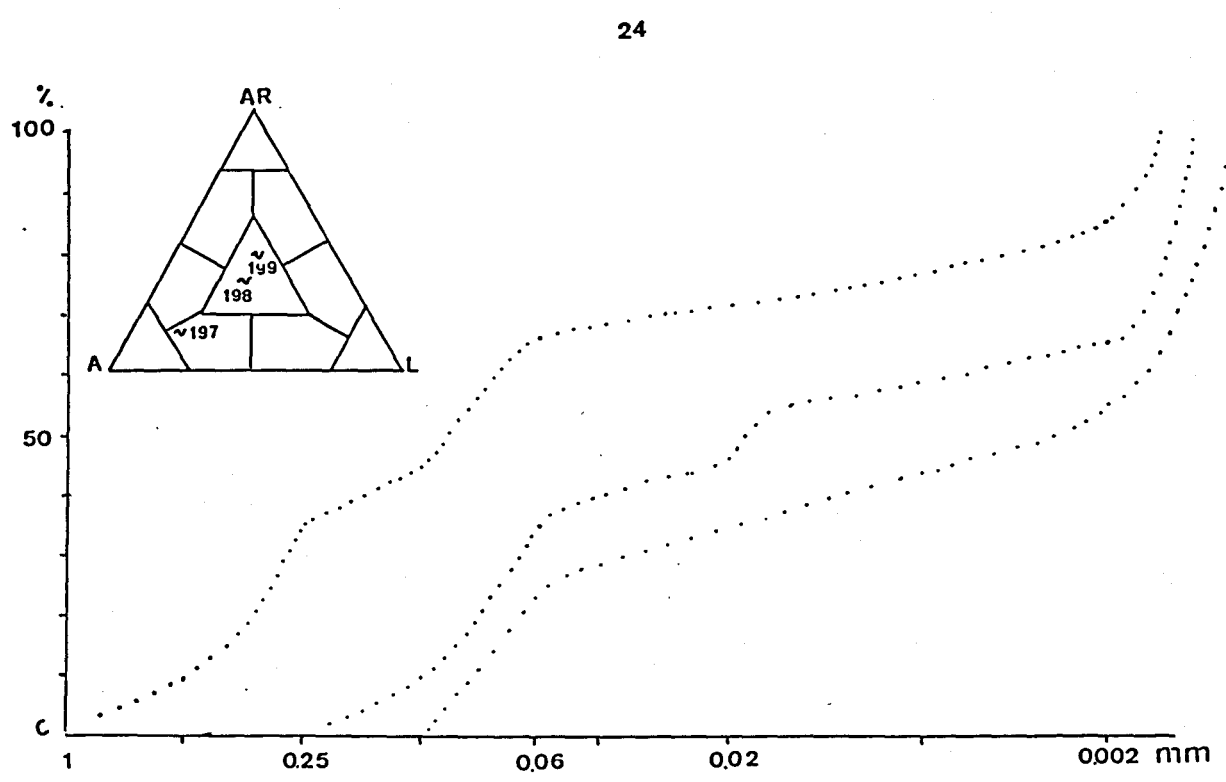
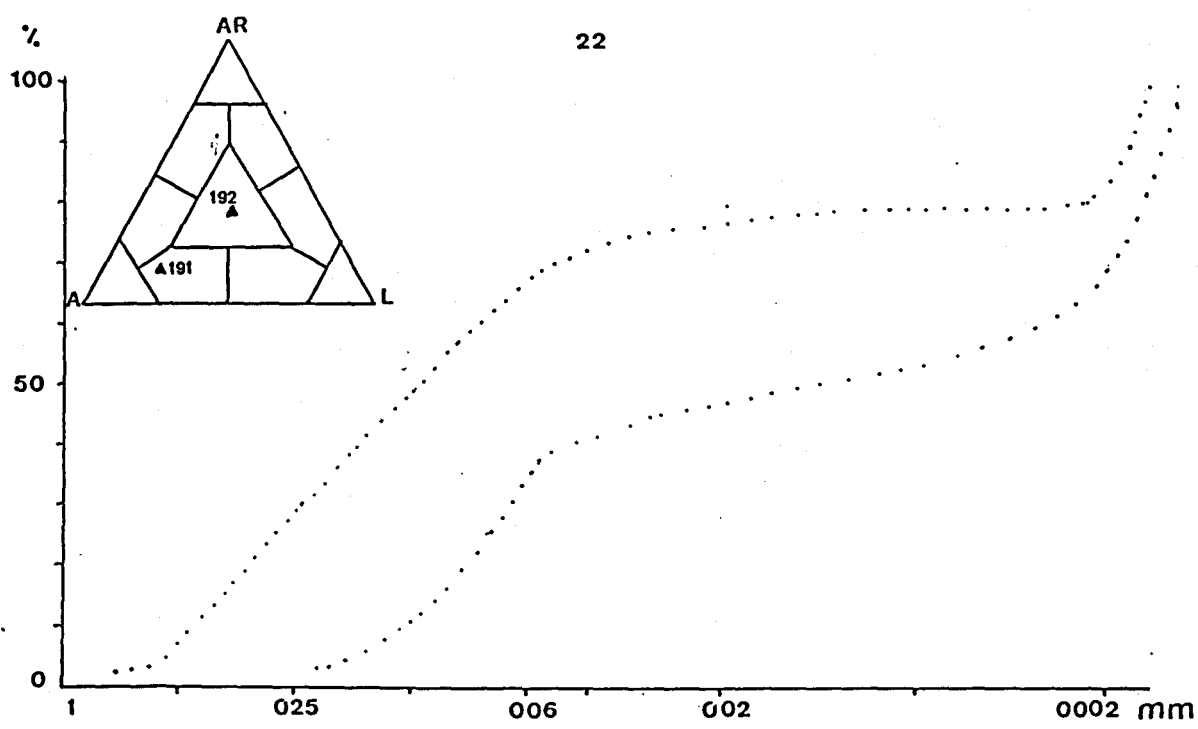


Fig. 59.- Curvas acumulativas de las muestras de los perfiles nº 23 y 24.

Tabla IV (Continuación). COMPOSICION MINERALOGICA GLOBAL DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS

| Z | M | Q | C | D | F | FI |
|---|-----|----|----|---|----|----|
| 2 | 162 | 58 | 20 | | 10 | 12 |
| 3 | 163 | 18 | 18 | 3 | 3 | 68 |
| | 164 | 21 | 22 | | 11 | 56 |
| 1 | 165 | 13 | 21 | 5 | 3 | 58 |
| | 166 | 21 | 20 | 5 | 3 | 51 |
| | 167 | 22 | 46 | 2 | 4 | 26 |
| | 168 | 39 | 19 | | 5 | 37 |
| 3 | 169 | 18 | 20 | 3 | 2 | 57 |
| 1 | 170 | 18 | 29 | 1 | | 52 |
| | 171 | 20 | 30 | 2 | 6 | 42 |
| 2 | 172 | 40 | 10 | 4 | 6 | 40 |
| | 173 | 22 | 18 | 3 | 7 | 50 |
| 3 | 174 | 20 | 18 | 4 | 5 | 53 |
| | 175 | 26 | 22 | 2 | 2 | 48 |
| 3 | 176 | 18 | 20 | 2 | | 60 |
| | 177 | 14 | 21 | 2 | | 63 |
| 2 | 178 | 24 | 23 | 8 | 5 | 40 |
| 1 | 179 | 67 | 12 | | 10 | 11 |
| 3 | 180 | 16 | 13 | | | 71 |
| | 181 | 18 | 19 | | 4 | 59 |
| 2 | 182 | 25 | 3 | | 5 | 67 |
| | 183 | 28 | 26 | | 10 | 36 |
| 2 | 184 | 23 | 22 | 8 | 8 | 39 |
| 1 | 185 | 12 | 30 | 6 | 5 | 49 |
| | 186 | 66 | 10 | | 9 | 15 |
| | 187 | 14 | 51 | | 6 | 29 |
| | 188 | 24 | 42 | | 9 | 25 |
| 2 | 189 | 13 | 23 | 3 | 2 | 56 |
| 3 | 190 | 18 | 16 | 3 | 8 | 65 |

| P | M | Q | C | D | F | FI |
|-------|-----|----|----|---|---|----|
| nº 22 | 191 | 67 | 20 | 3 | 3 | 7 |
| | 192 | 23 | 42 | 3 | 2 | 30 |
| nº 23 | 194 | 22 | 55 | 3 | 2 | 18 |
| | 195 | 30 | 29 | 2 | 3 | 36 |
| | 196 | 39 | 27 | 2 | 2 | 30 |
| nº 24 | 197 | 56 | 30 | 3 | 3 | 8 |
| | 198 | 29 | 22 | 3 | 2 | 44 |
| | 199 | 30 | 25 | 2 | 3 | 40 |

P = nº de Perfil; Z = nº de Zona; M = nº Muestra;
 Q = Cuarzo, C = Calcita ; D = Dolomita; F = Feldespatos;
 FI = Filosilicatos; Y = Yeso.

Tabla V.- COMPOSICION MINERALOGICA DE LA FRACCION MENOR DE 2 μ DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS

| P. M | | | | P. M | | | | P. M | | | |
|------|----|-----|------|------|----|-----|----|------|----|-----|------|
| I | S | C+K | | I | S | C+K | | I | S | C+K | |
| 1 | 46 | 45 | 9 | 44 | 65 | 32 | 3 | 89 | 47 | 27 | x 26 |
| 2 | 40 | 50 | 10 | 45 | 45 | 50 | 5 | 90 | 47 | 44 | x 9 |
| 3 | 35 | 49 | x 16 | 46 | 63 | 27 | 10 | 91 | 42 | 44 | x 14 |
| 4 | 51 | 38 | x 11 | 47 | 39 | 57 | 4 | 92 | 40 | 39 | x 21 |
| 5 | 41 | 51 | 8 | 48 | 50 | 37 | 13 | 93 | 42 | 38 | x 22 |
| 6 | 40 | 50 | 10 | 49 | 66 | 30 | 4 | 94 | 50 | 32 | x 18 |
| 7 | 32 | 60 | 8 | 50 | 58 | 40 | 2 | 95 | 44 | 40 | x 16 |
| 8 | 40 | 52 | 8 | 51 | 57 | 41 | 2 | 96 | 47 | 30 | x 23 |
| | | | | 52 | 43 | 50 | 7 | | | | |
| 10 | 49 | 45 | 6 | | | | | 97 | 34 | 56 | x 10 |
| 11 | 41 | 52 | 7 | 53 | 62 | 31 | 7 | 98 | 39 | 41 | x 20 |
| 12 | 39 | 57 | 4 | 54 | 50 | 44 | 6 | 99 | 30 | 50 | 20 |
| 13 | 34 | 61 | 5 | 55 | 42 | 51 | 4 | 100 | 28 | 61 | 11 |
| 14 | 32 | 62 | 5 | 56 | 41 | 50 | 9 | 101 | 32 | 51 | 17 |
| 15 | 35 | 59 | 6 | 57 | 45 | 40 | 5 | 102 | 39 | 49 | 12 |
| | | | | 58 | 42 | 51 | 7 | 103 | 38 | 50 | 12 |
| 16 | 46 | 44 | 10 | | | | | | | | |
| 17 | 46 | 45 | 9 | 59 | 44 | 36 | 20 | 105 | 25 | 65 | 10 |
| 18 | 39 | 53 | 9 | 60 | 60 | 24 | 16 | 106 | 28 | 63 | 9 |
| 19 | 42 | 55 | 3 | 61 | 46 | 34 | 20 | 107 | 24 | 67 | 9 |
| 20 | 38 | 54 | 8 | 62 | 61 | 22 | 17 | 108 | 70 | 10 | 20 |
| 21 | 30 | 65 | 5 | 63 | 54 | 37 | 9 | 109 | 67 | 18 | 15 |
| 23 | 44 | 48 | 8 | 64 | 50 | 41 | 9 | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 24 | 43 | 50 | 7 | 67 | 48 | 38 | 16 | 111 | 54 | 39 | 7 |
| 25 | 49 | 44 | 7 | 68 | 52 | 30 | 18 | 112 | 80 | 13 | 7 |
| 26 | 66 | 28 | 6 | 69 | 66 | 24 | 10 | 113 | 43 | 47 | 10 |
| 27 | 37 | 60 | 3 | 70 | 65 | 24 | 11 | 114 | 56 | 29 | 15 |
| 28 | 34 | 60 | 6 | 71 | 20 | 25 | 55 | 115 | 55 | 31 | 14 |
| 29 | 39 | 57 | 4 | 72 | 10 | 19 | 71 | | | | |
| 30 | 41 | 55 | 4 | | | | | | | | |
| 31 | 40 | 55 | 3 | 73 | 62 | 10 | 28 | 116 | 54 | 21 | 22 |
| | | | | 74 | 68 | 16 | 16 | 118 | 62 | 14 | 24 |
| 32 | 40 | 51 | 9 | 75 | 11 | 32 | 57 | 120 | 30 | 58 | 12 |
| 33 | 50 | 40 | 10 | 76 | 27 | 25 | 48 | 121 | 30 | 60 | 10 |
| 34 | 45 | 50 | 5 | | | | | 122 | 25 | 60 | 15 |
| 35 | 41 | 52 | 7 | 77 | 40 | 57 | 3 | 123 | 28 | 54 | 18 |
| 36 | 43 | 48 | 9 | 78 | 54 | 41 | 5 | 124 | 69 | 11 | 20 |
| 37 | 39 | 51 | 10 | 79 | 22 | 75 | 3 | | | | |
| 38 | 36 | 57 | 7 | 80 | 44 | 51 | 5 | 125 | 36 | 48 | 16 |
| 39 | 36 | 58 | 6 | 81 | 49 | 47 | 4 | 126 | 45 | 47 | 8 |
| 40 | 55 | 36 | 11 | 82 | 52 | 41 | 7 | 127 | 36 | 52 | 12 |
| 41 | 36 | 51 | 13 | | | | | 128 | 28 | 64 | 8 |
| 42 | 43 | 49 | 8 | 83 | 35 | 52 | 13 | 129 | 58 | 12 | x24 |
| 43 | 47 | 44 | 9 | 85 | 19 | 73 | 8 | 130 | 51 | 29 | x20 |
| | | | | 88 | 80 | | 20 | | | | |

| Z | M | I | S | C+K | Z | M | I | S | C+K |
|---|-----|----|----|-----|----|-----|----|----|-----|
| 3 | 133 | 58 | 24 | 18 | 2 | 172 | 59 | 30 | 11 |
| | 134 | 82 | 6 | 12 | | 173 | 86 | 10 | 4 |
| | 135 | 28 | 62 | 10 | 3 | 174 | 60 | 30 | 10 |
| 4 | 136 | 55 | 34 | 11 | | 175 | 64 | 25 | 11 |
| | 137 | 56 | 33 | 11 | 3 | 176 | 84 | 8 | 8 |
| 4 | 138 | 55 | 23 | 22 | | 177 | 80 | 9 | 11 |
| | 139 | 54 | 33 | 13 | 2 | 178 | 58 | 28 | 14 |
| | 140 | 63 | 27 | x10 | 1 | 179 | 59 | 27 | 14 |
| 1 | 141 | 49 | 40 | x11 | 3 | 180 | 79 | 10 | 11 |
| | 142 | 44 | 43 | 13 | | 181 | 58 | 29 | 13 |
| | 143 | 47 | 40 | x13 | 2 | 182 | 87 | 3 | 10 |
| | 144 | 79 | 9 | 12 | 2 | 183 | 59 | 29 | 12 |
| 1 | 145 | 52 | 37 | 11 | 2 | 184 | 59 | 30 | 11 |
| | 146 | 33 | 57 | 10 | 1 | 185 | 43 | 46 | 11 |
| | 147 | 19 | 74 | 7 | | 186 | 42 | 50 | 8 |
| | 148 | 12 | 70 | 18 | | 187 | 42 | 51 | 7 |
| 1 | 149 | 55 | 39 | 6 | | 188 | 59 | 31 | 10 |
| | 150 | 48 | 43 | 9 | 2 | 189 | 67 | 21 | 12 |
| | 151 | 37 | 54 | 9 | 3 | 190 | 59 | 27 | 14 |
| 1 | 152 | 53 | 26 | x21 | 22 | 191 | 31 | 60 | 9 |
| | 153 | 49 | 44 | 7 | | 192 | 33 | 56 | 11 |
| | 154 | 57 | 36 | 8 | 23 | 194 | 28 | 65 | 7 |
| 2 | 155 | 69 | 19 | 12 | | 195 | 30 | 61 | 9 |
| | 156 | 68 | 17 | 15 | | 196 | 68 | 6 | 26 |
| | 157 | 59 | 26 | x15 | 24 | 197 | 59 | 26 | 15 |
| | 158 | 79 | 8 | 13 | | 198 | 62 | 37 | 11 |
| 2 | 159 | 58 | 30 | 12 | | 199 | 69 | 21 | 10 |
| | 160 | 64 | 24 | 12 | | | | | |
| | 161 | 79 | 8 | 13 | | | | | |
| 2 | 162 | 82 | 6 | 12 | | | | | |
| 3 | 163 | 60 | 26 | 14 | | | | | |
| | 164 | 62 | 27 | x11 | | | | | |
| 1 | 165 | 44 | 40 | 16 | | | | | |
| | 166 | 38 | 48 | 14 | | | | | |
| | 167 | 47 | 41 | x12 | | | | | |
| | 168 | 78 | 10 | 12 | | | | | |
| 3 | 169 | 62 | 29 | x9 | | | | | |
| 1 | 170 | 40 | 48 | x12 | | | | | |

P = nº del Perfil
 Z = nº de la Zona
 M = nº de Muestra
 I = Illita
 S = Esmeclita
 C+K = Clorita + Caolinita

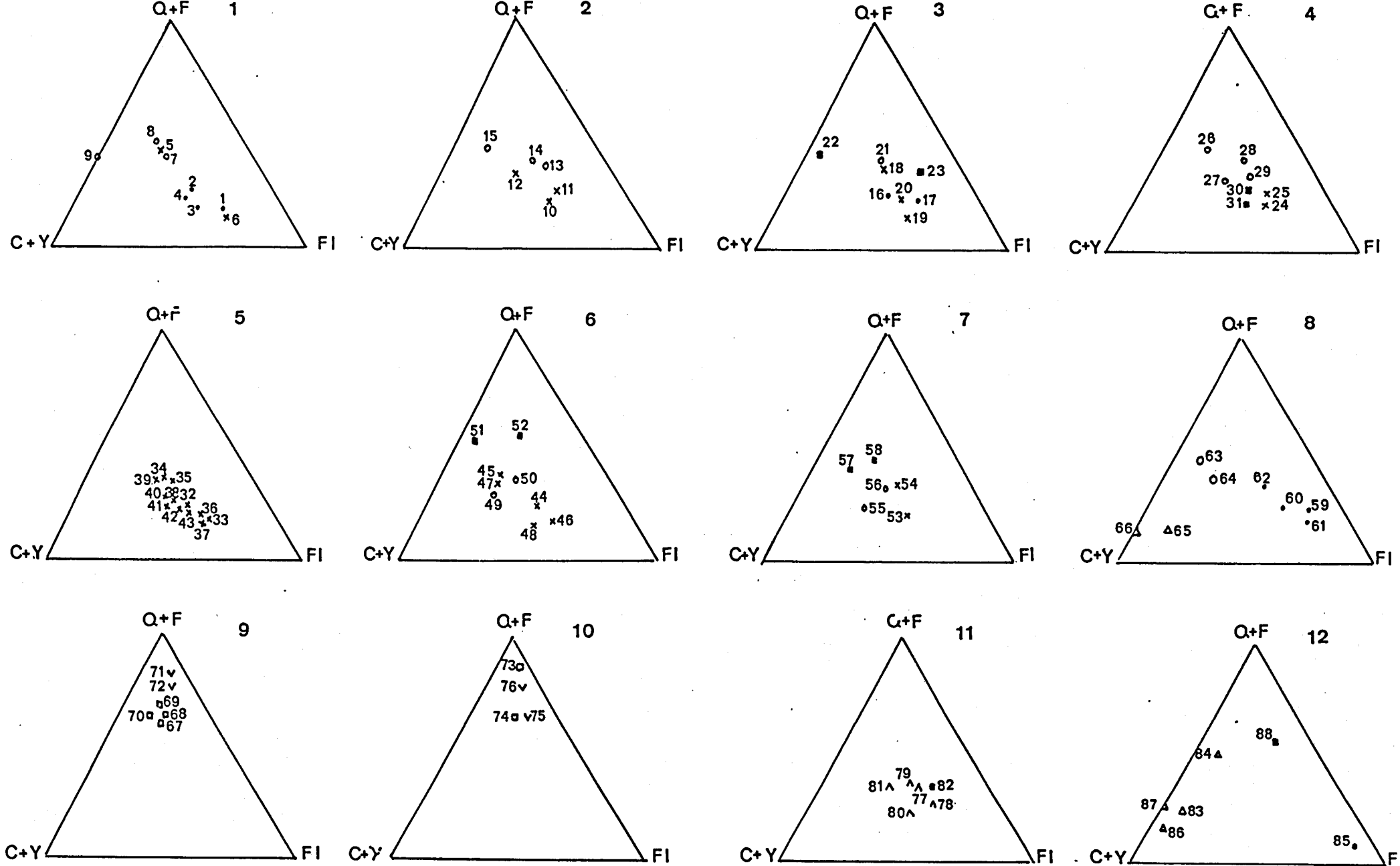


Fig. 60.- Representación triangular de la mineralogía global para los diferentes perfiles estudiados

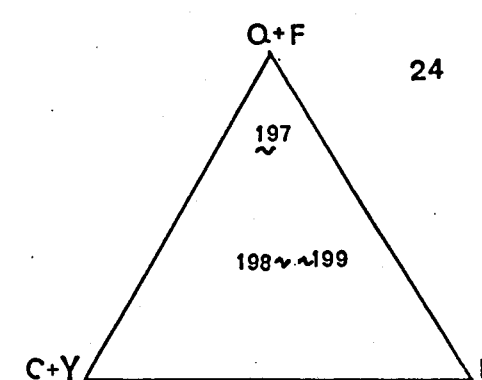
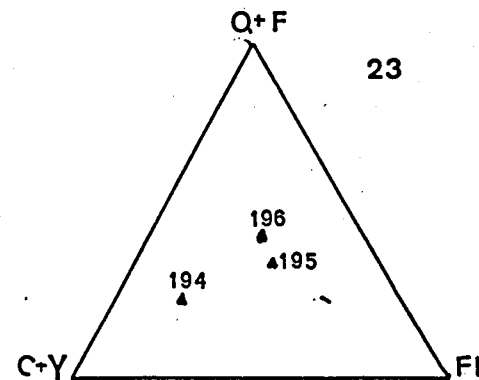
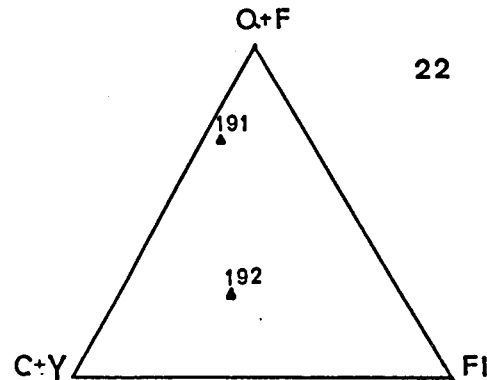
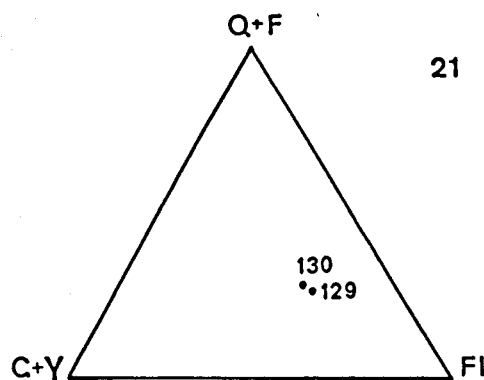
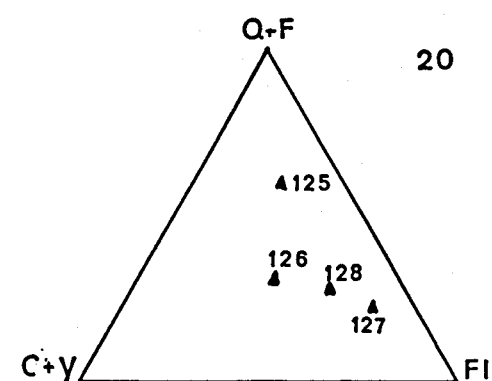
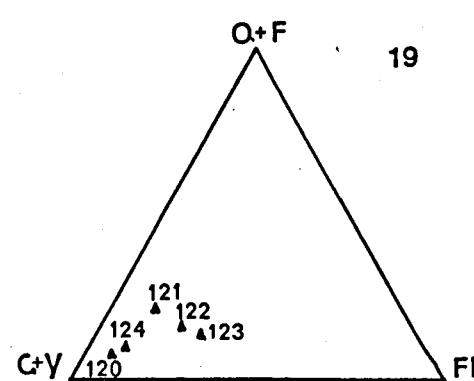
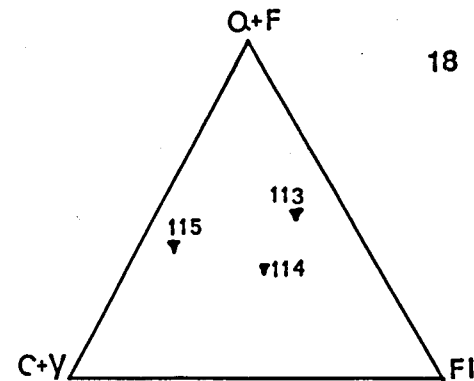
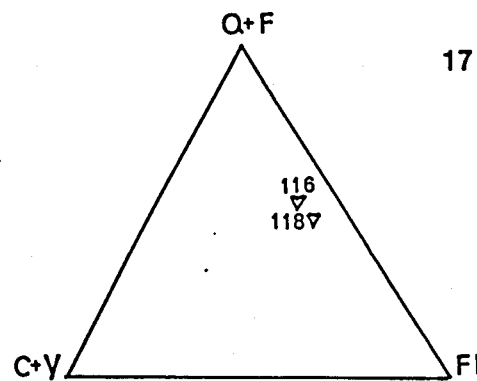
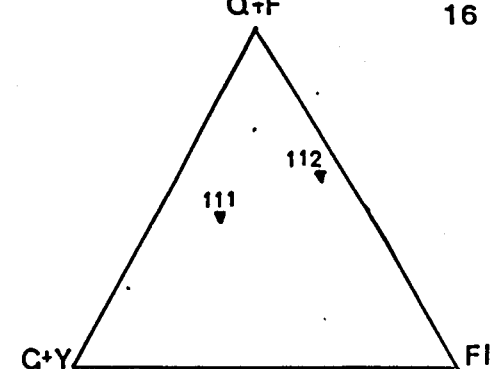
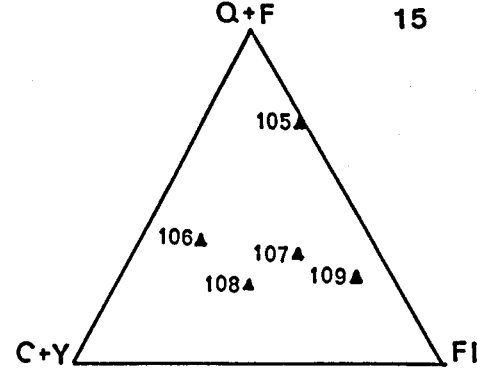
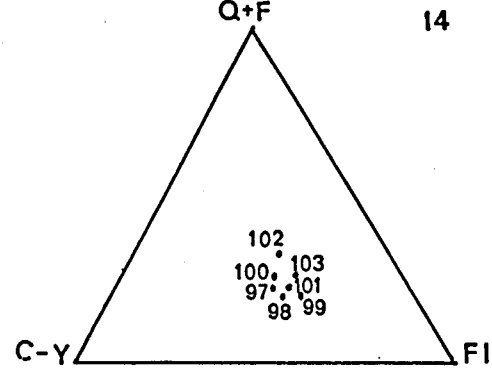
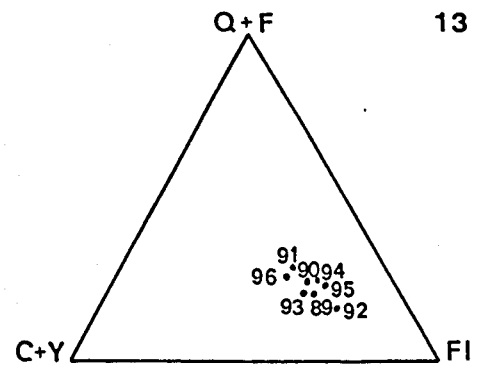


Fig. 61.- Representación triangular de la mineralogía global para los diferentes perfiles estudiados

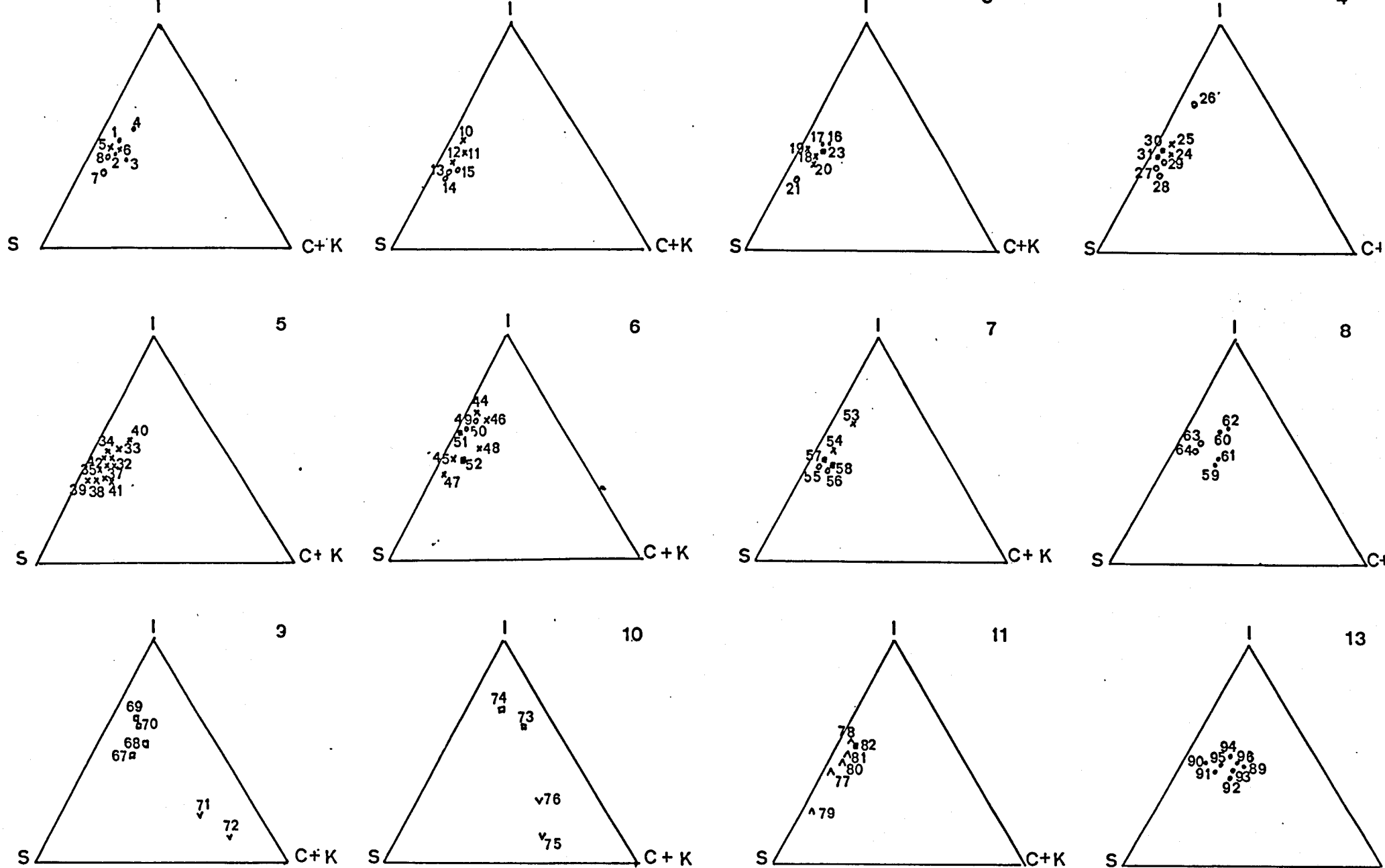


Fig. 62.- Representación triangular de los minerales de la arcilla estudiados en los distintos perfiles

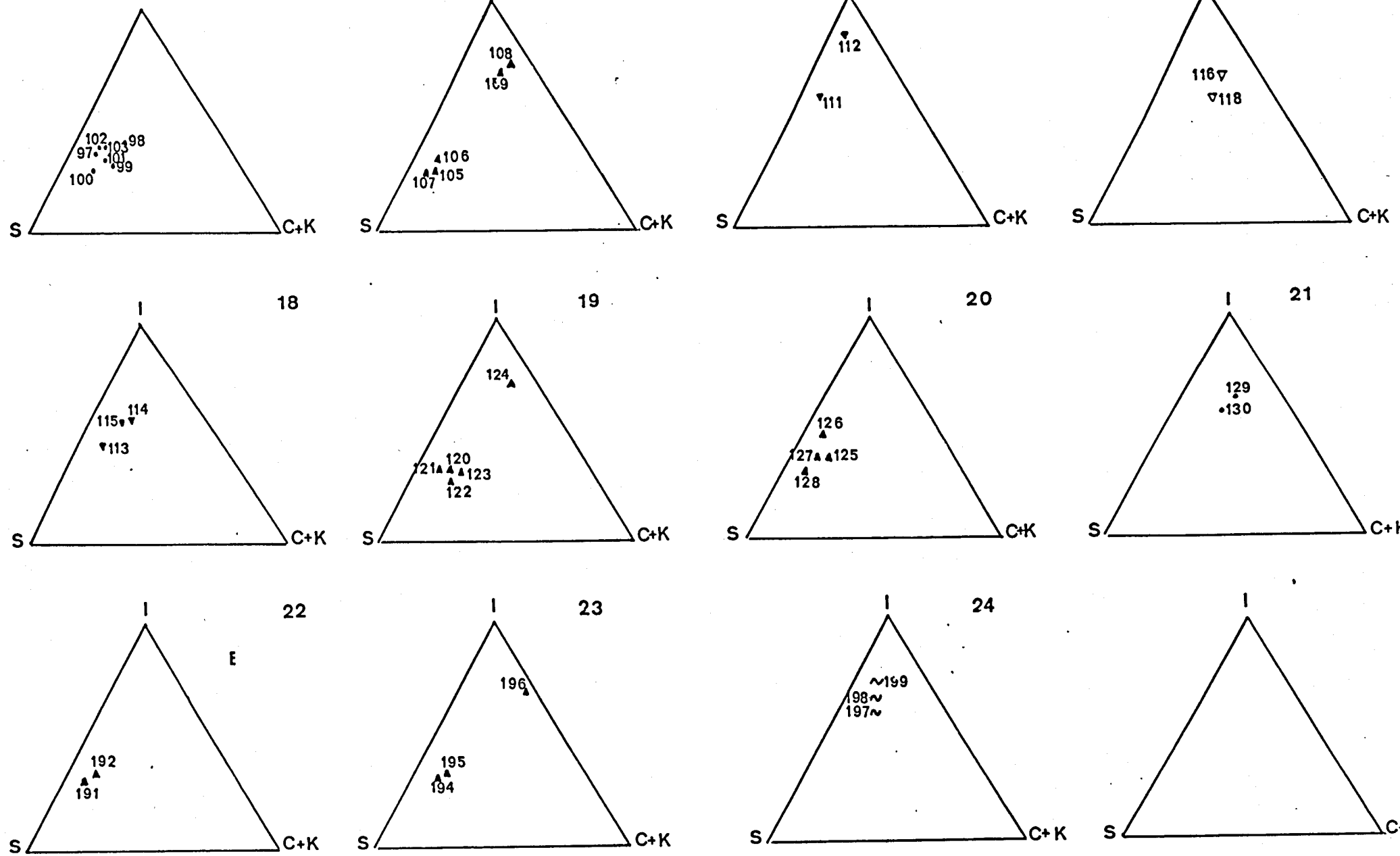


Fig. 63.- Representación triangular de los minerales de la arcilla estudiados en los distintos perfiles.

Tabla VI.- CONTENIDO EN CARBONATOS DE LA MUESTRA TOTAL Y EN LA FRACCION MENOR DE 2 μ

| P | Muestra | Calcita | Dolomita | % de CO ₃ < 2 μ | P | Muestra | Calcita | Dolomita | % CO ₃ < 2 μ |
|-------------|---------|---------|----------|--------------------------------|-------------|---------|---------|----------|-----------------------------|
| Perfil nº 1 | 1 | 18 | 0 | 20 | Perfil nº 5 | 32 | 26 | 0 | 20 |
| | 2 | 30 | 2 | 40 | | 33 | 20 | 0 | 18 |
| | 3 | 29 | 2 | 38 | | 34 | 30 | 8 | 14 |
| | 4 | 28 | 0 | 25 | | 35 | 25 | 10 | 16 |
| | 5 | 30 | 16 | 29 | | 36 | 30 | 0 | 12 |
| | 6 | 23 | 0 | 40 | | 37 | 30 | 0 | 8 |
| | 7 | 23 | 2 | 12 | | 38 | 31 | 12 | 6 |
| | 8 | 30 | 5 | 19 | | 39 | 26 | 14 | 5 |
| | 9 | 50 | 10 | -- | | 40 | 32 | 2 | 12 |
| Perfil nº 2 | 10 | 25 | 0 | 15 | 41 | 34 | 2 | 13 | |
| | 11 | 20 | 0 | 16 | 42 | 30 | 0 | 10 | |
| | 12 | 30 | 10 | 8 | 43 | 30 | 0 | 6 | |
| | 13 | 32 | 12 | 13 | Perfil nº 6 | 44 | 32 | 0 | 10 |
| | 14 | 12 | 11 | 12 | | 45 | 35 | 9 | 12 |
| | 15 | 40 | 8 | -- | | 46 | 30 | 0 | 20 |
| Perfil nº 3 | 16 | 19 | 0 | 20 | | 47 | 38 | 6 | 17 |
| | 17 | 20 | 0 | 10 | | 48 | 32 | 0 | 26 |
| | 18 | 25 | 2 | 18 | | 49 | 45 | 2 | 21 |
| | 19 | 30 | 0 | 12 | 50 | 31 | 2 | 23 | |
| | 20 | 30 | 0 | 16 | 51 | 45 | 0 | 0 | |
| | 21 | 20 | 0 | 10 | 52 | 20 | 0 | 6 | |
| Perfil nº 4 | 22 | 40 | 0 | -- | Perfil nº 7 | 53 | 30 | 0 | 28 |
| | 23 | 10 | 0 | 10 | | 54 | 18 | 11 | 20 |
| | 24 | 25 | 0 | 20 | | 55 | 40 | 10 | 8 |
| | 25 | 22 | 0 | 10 | | 56 | 32 | 2 | 12 |
| | 26 | 30 | 12 | 16 | | 57 | 49 | 0 | 7 |
| | 27 | 22 | 13 | 18 | | 58 | 20 | 0 | 6 |
| Perfil nº 8 | 28 | 20 | 10 | 23 | Perfil nº 8 | 59 | 10 | 0 | 18 |
| | 29 | 20 | 8 | 19 | | 60 | 18 | 0 | 14 |
| | 30 | 30 | 0 | 20 | | 61 | 20 | 0 | 20 |
| | 31 | 29 | 0 | 12 | | 62 | 19 | 0 | 17 |
| | | | | | | 63 | 40 | 4 | 10 |
| | | | | | | 64 | 30 | 8 | 0 |
| | | | | 65 | 70 | 0 | 0 | | |
| | | | | 66 | 80 | 0 | 0 | | |

Tabla Vi. (Continuación). CONTENIDO EN CARBONATOS EN LA MUESTRA GLOBAL Y EN LA FRACCION MENOR DE 2 μ

| p | Muestra | Calcita | Dolomita | %CO ₃ < 2 μ | p | Muestra | Calcita | Dolomita | % CO ₃ < 2 μ |
|--------------|---------|---------|----------|----------------------------|-------|---------|---------|----------|-----------------------------|
| Perfil n° 9 | 67 | 20 | 0 | 49 | n° 14 | 97 | 30 | 0 | 10 |
| | 68 | 21 | 0 | 10 | | 98 | 29 | 0 | 24 |
| | 69 | 25 | 0 | 52 | | 99 | 32 | 0 | 22 |
| | 70 | 20 | 0 | 26 | | 100 | 20 | 0 | 18 |
| | 71 | -- | -- | -- | | 101 | 28 | 0 | 24 |
| | 72 | -- | -- | -- | | 102 | 29 | 0 | 12 |
| | | | | | | 103 | 40 | 0 | 16 |
| Perfil n°10 | 73 | -- | -- | -- | n° 15 | 104 | -- | -- | -- |
| | 74 | 20 | 0 | 7 | | 105 | -- | -- | -- |
| | 75 | -- | -- | -- | | 106 | 50 | 0 | 17 |
| | 76 | -- | -- | -- | | 107 | 20 | 0 | 6 |
| Perfil n° 11 | 77 | 19 | 0 | 10 | 108 | 34 | 0 | 3 | |
| | 78 | 20 | 0 | 12 | 109 | -- | -- | -- | |
| | 79 | 26 | 0 | 6 | n° 16 | 110 | -- | -- | -- |
| | 80 | 40 | 0 | 15 | | 111 | 40 | 0 | 10 |
| | 81 | 50 | 0 | 10 | | 112 | -- | -- | -- |
| | 82 | 10 | 0 | 0 | n° 18 | 113 | 12 | 0 | 18 |
| Perfil n° 12 | 83 | 70 | -- | -- | | 114 | 15 | 0 | 13 |
| | 84 | 50 | -- | -- | | 115 | 20 | 0 | 22 |
| | 85 | 4 | -- | -- | n° 17 | 116 | 10 | 0 | 20 |
| | 86 | 80 | -- | -- | | 117 | -- | -- | -- |
| | 87 | 69 | -- | -- | | 118 | -- | -- | -- |
| | 88 | 10 | -- | -- | 119 | -- | -- | -- | |
| Perfil n° 13 | 89 | 12 | -- | 25 | n° 19 | 120 | 90 | 0 | 30 |
| | 90 | 22 | -- | 10 | | 121 | 84 | 0 | 48 |
| | 91 | 30 | -- | 17 | | 122 | 50 | 0 | 12 |
| | 92 | 21 | -- | 22 | | 123 | 48 | 0 | 60 |
| | 93 | 17 | -- | 18 | 124 | 90 | 0 | -- | |
| | 94 | 20 | -- | 23 | n° 20 | 125 | 20 | 0 | 16 |
| | 95 | 28 | -- | 16 | | 126 | 50 | 0 | 37 |
| | 96 | 32 | -- | 26 | | 127 | 18 | 0 | 30 |
| | | | | 128 | | 22 | 0 | 9 | |

Tabla VI. (Continuación). CONTENIDO EN CARBONATOS EN LA MUESTRA GLOBAL Y EN LA FRACCION MENOR DE 2 μ

| p/z | Muestra | Calcita | Dolomita | % CO ₃ < 2u | Z | Muestra | Calcita | Dolomita | % CO ₃ < 2 μ | |
|-------|---------|---------|----------|------------------------|------|---------|---------|----------|-----------------------------|----|
| nº 21 | 129 | 30 | 0 | 24 | nº 2 | 159 | 32 | 0 | 6 | |
| | 130 | 26 | 0 | 20 | | 160 | 30 | 0 | 90 | |
| | 131 | 90 | 0 | -- | | 161 | 10 | 0 | 70 | |
| | 132 | 84 | 0 | -- | nº 2 | 162 | 21 | 0 | 0 | |
| nº 3 | 133 | -- | - | -- | | nº 3 | 163 | 10 | 0 | 30 |
| | 134 | 6 | 0 | 14 | | | 164 | 25 | 0 | 20 |
| | 135 | -- | - | -- | nº 1 | 165 | 24 | 0 | 28 | |
| nº 4 | 136 | 24 | 0 | 5 | | 166 | 24 | 0 | 25 | |
| | 137 | 21 | 0 | 8 | | 167 | 42 | 0 | 18 | |
| nº 4 | 138 | -- | - | -- | | 168 | 7 | 0 | 9 | |
| | 139 | 13 | 0 | 10 | nº 3 | 169 | 30 | 0 | 30 | |
| | 140 | 20 | 0 | 20 | | nº 1 | 170 | 33 | 0 | 3 |
| nº 1 | 141 | 24 | 0 | 0 | | | 171 | 40 | 0 | 10 |
| | 142 | 15 | 0 | 0 | nº 2 | 172 | 11 | 0 | 46 | |
| | 143 | 25 | 0 | 44 | | 173 | 11 | 0 | 0 | |
| | 144 | 9 | 0 | 0 | nº 3 | 174 | 23 | 0 | 30 | |
| nº 1 | 145 | 20 | 0 | 60 | | 175 | 14 | 0 | 10 | |
| | 146 | 40 | 0 | 10 | nº 3 | 176 | 26 | 0 | 18 | |
| | 147 | 52 | 0 | 4 | | 177 | 25 | 0 | 28 | |
| | 148 | 38 | 0 | 12 | nº 2 | 178 | 24 | 0 | 13 | |
| nº 1 | 149 | 32 | 0 | 38 | | nº 1 | 179 | 18 | 0 | 0 |
| | 150 | 43 | 0 | 41 | 3 | | 180 | 17 | 0 | 0 |
| | 151 | 17 | 0 | 90 | | | | | | |
| nº 1 | 152 | -- | - | -- | | | | | | |
| | 153 | 40 | 0 | 6 | | | | | | |
| | 154 | 55 | 0 | 25 | | | | | | |
| | nº 2 | 155 | -- | - | -- | | | | | |
| 156 | | -- | - | -- | | | | | | |
| 157 | | 26 | 0 | 30 | | | | | | |
| 158 | | 10 | 0 | 67 | | | | | | |

Tabla VI. (Continuación).CONTENIDO DE CARBONATOS EN LA MUESTRA GLOBAL Y EN LA FRACCION MENOR DE 2 μ

| P/Z | Muestra | Calcita | Dolomita | % CO ₃ < 2 μ |
|-------|---------|---------|----------|-----------------------------|
| nº 2 | 182 | --- | -- | -- |
| | 183 | 30 | 0 | 10 |
| | 184 | 23 | 0 | 49 |
| | 185 | 30 | 0 | 27 |
| nº 1 | 186 | 8 | 0 | 0 |
| | 187 | 71 | 0 | 56 |
| | 188 | 34 | 0 | 15 |
| | 189 | 34 | 0 | 47 |
| nº 3 | 190 | 25 | 0 | 23 |
| nº 22 | 191 | 16 | 0 | 26 |
| | 192 | 38 | 0 | 43 |
| nº 23 | 193 | -- | -- | -- |
| | 194 | 40 | 0 | 13 |
| | 195 | 30 | 0 | 12 |
| | 196 | 32 | 0 | 40 |
| nº 24 | 197 | 26 | 0 | 29 |
| | 198 | 20 | 0 | 30 |
| | 199 | 23 | 0 | 10 |

V.3.2. Análisis de las Formaciones Terciarias y de los materiales cuaternarios

V.3.2.1. Introducción

Los materiales que componen el Neógeno en esta zona de la Cuenca del Guadalquivir pueden dividirse en varios conjuntos litoestratigráficos bien diferenciados ("Margas azules", "Limos y Margas", "Limos y Arenas", "Calcarenitas", "Margas verdes", y "Arenas basales"). Algunos de ellos han sido definidos como Formaciones en base a criterios litológicos, faunísticos, condiciones de depósito, etc.

Las "Margas azules" se han denominado como "Formación Ecija" (Verdenius, 1970) definiéndose como localidad tipo Carmona, o "Formación Arcillas de Gibraleón " por Civis et al.(1985) en el área de Huelva, en nuestro estudio por razones de índole geográfica seguiremos la nomenclatura de Verdenius. Los "Limos y Arenas" quedan definidos por Civis et al (1985) como "Formación Arenas de Huelva", y las "Calcarenitas" como "Formación Guadaira" por Verdenius.

Para los restantes tramos litológicos presentes no se ha adoptado ninguna denominación formal al no existir actualmente y se ha seguido una nomenclatura litológica, aunque de los resultados obtenidos en este trabajo se pueda abordar su estudio y denominación en un futuro próximo.

V.3.2.2. Fórmación Ecija (Margas azules) _

La litología es de margas arcillosas, o carbonatadas y en algunos casos ligeramente limosas.

De los resultados del análisis granulométrico (Tabla VII. a) se deriva que el contenido en fracción arena es muy bajo. El 93% de las muestras tienen un contenido en esta fracción menor de un 20%, y sólo un 7% entre un 20-30%. La fracción arcilla es la más abundante. El 70% de las muestras presentan un contenido en esta fracción entre un 40-60%. La fracción limo es la segunda en orden de abundancia, con porcentajes comprendidos entre un 30-50% para el 80% de las muestras (Fig. 64). El grupo sedimentológico así como la representación del diagrama triangular para esta formación (Fig. 65) reflejan que se trata de arcillas limosas o limos arcillosos.

La composición mineralógica global es de cuarzo, calcita, dolomita, filosilicatos y yeso (Tabla VII, b) con abundancia de filosilicatos, el total de las muestras tienen un contenido mayor del 40%. Calcita y cuarzo están presentes en todas las muestras en porcentajes comprendidos entre el 10-30%. (Fig. 64). Los feldespatos y la dolomita no se han representado en histogramas de frecuencia porque su contenido es muy bajo, 5% de media. El yeso está presente en algunas muestras de las columnas nº 8, 21 y 14, en cantidades que no superan el 10%. En la fig. 87 (pag. 229) se muestra la composición mineralógica de esta formación referida a los tres grupos de componentes principales: cuarzo+ feldespatos, carbonatos + yeso y filosilicatos.

Los minerales identificados en la fracción fina han sido: illita, esmectitas, clorita, caolinita e interestratificados. En la Tabla VII. c., se recogen los

Tabla VII. RESULTADOS GRANULOMETRICOS Y MINERALOGICOS DE LAS MARGAS AZULES

| Muestra | (a) | | | (b) | | | | | | (c) | | |
|---------|------------|------------|-----------|-----|----|---|---|----|----|-----|----|------|
| | > 63 μ | 63-2 μ | < 2 μ | Q | C | D | F | FI | Y | I | S | C+K |
| 1 | 11 | 35 | 54 | 15 | 20 | 3 | 2 | 60 | - | 46 | 45 | 9 |
| 2 | 10 | 50 | 40 | 25 | 23 | 6 | 2 | 42 | 2 | 40 | 50 | 10 |
| 3 | 15 | 40 | 45 | 14 | 26 | 6 | 3 | 50 | - | 35 | 49 | 16 |
| 4 | 16 | 32 | 52 | 18 | 29 | 6 | 2 | 43 | - | 51 | 31 | x 11 |
| 16 | 16 | 36 | 48 | 23 | 26 | 7 | 1 | 40 | 3 | 46 | 44 | 10 |
| 59 | 12 | 24 | 64 | 19 | 12 | 2 | 3 | 60 | 4 | 44 | 36 | 20 |
| 60 | 5 | 47 | 48 | 20 | 15 | 5 | 3 | 52 | 5 | 60 | 24 | 16 |
| 61 | 1 | 49 | 50 | 14 | 14 | 2 | 3 | 63 | 4 | 46 | 34 | 20 |
| 62 | 17 | 43 | 40 | 28 | 17 | 3 | 3 | 40 | 10 | 61 | 22 | 17 |
| 89 | 6 | 42 | 52 | 14 | 19 | 5 | 5 | 56 | - | 47 | 26 | x26 |
| 90 | 5 | 48 | 47 | 16 | 21 | 4 | 3 | 52 | 4 | 47 | 44 | x 9 |
| 91 | 10 | 51 | 39 | 21 | 24 | 4 | 4 | 47 | - | 42 | 44 | x14 |
| 92 | 4 | 34 | 62 | 10 | 19 | 1 | 4 | 66 | - | 40 | 39 | x21 |
| 93 | 12 | 41 | 47 | 13 | 13 | 5 | 5 | 54 | - | 42 | 38 | x22 |
| 94 | 4 | 44 | 52 | 14 | 19 | 6 | 6 | 55 | - | 50 | 32 | x18 |
| 95 | 3 | 58 | 39 | 17 | 22 | 7 | 8 | 46 | - | 44 | 40 | x16 |
| 96 | 4 | 51 | 45 | 20 | 27 | 2 | 4 | 47 | - | 47 | 30 | x23 |
| 97 | 10 | 46 | 44 | 15 | 26 | 6 | 6 | 46 | - | 34 | 56 | x10 |
| 98 | 2 | 58 | 40 | 19 | 28 | 5 | 2 | 46 | - | 39 | 41 | x20 |
| 99 | 10 | 46 | 44 | 14 | 26 | 5 | 5 | 50 | - | 30 | 50 | x20 |
| 100 | 17 | 34 | 49 | 24 | 25 | 7 | 3 | 40 | - | 28 | 61 | 11 |
| 101 | 29 | 31 | 40 | 18 | 24 | 6 | 4 | 48 | - | 32 | 51 | 17 |
| 102 | 20 | 44 | 36 | 28 | 25 | 5 | 3 | 39 | - | 39 | 49 | 12 |
| 103 | 12 | 49 | 39 | 14 | 32 | 2 | 6 | 46 | - | 38 | 50 | 12 |
| 129 | 12 | 34 | 54 | 20 | 12 | 2 | 4 | 52 | 10 | 58 | 18 | x24 |
| 130 | 18 | 34 | 48 | 22 | 16 | 5 | 3 | 50 | 4 | 51 | 29 | x20 |
| 165 | 14 | 34 | 52 | 13 | 21 | 5 | 3 | 58 | - | 44 | 40 | x16 |
| 185 | 11 | 35 | 54 | 12 | 30 | 6 | 5 | 49 | - | 43 | 46 | x11 |

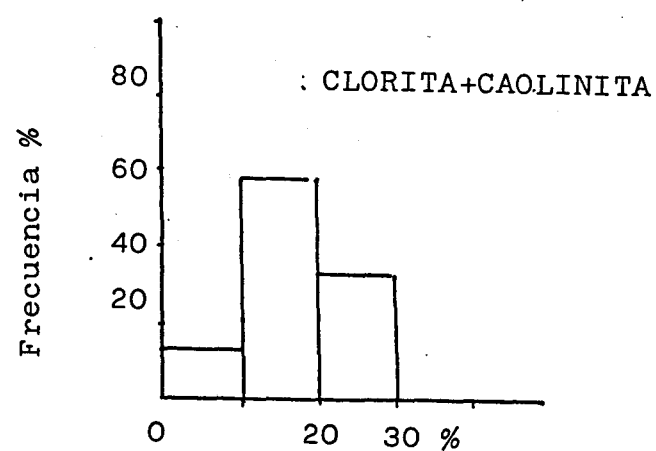
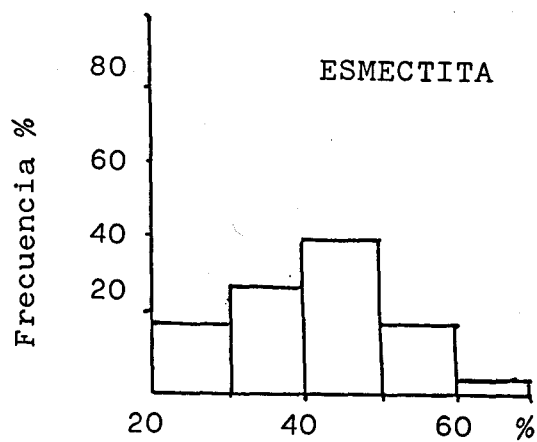
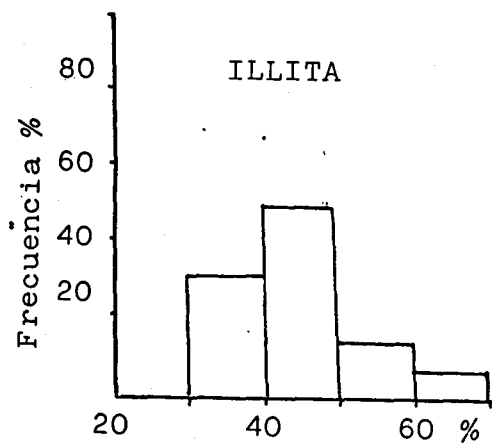
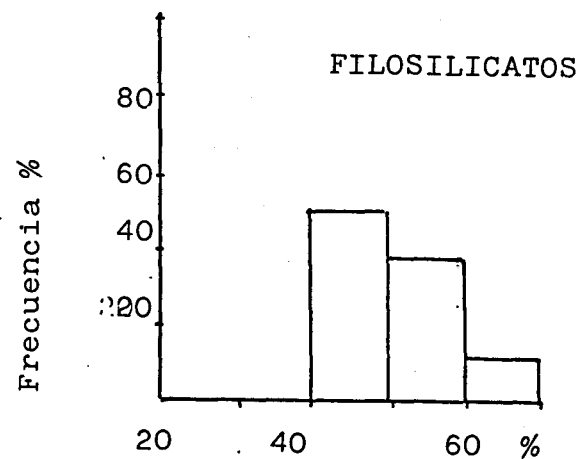
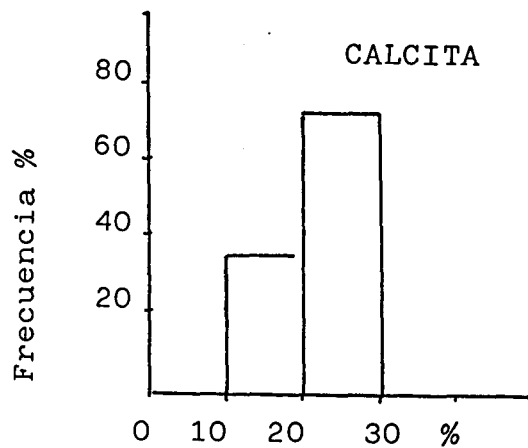
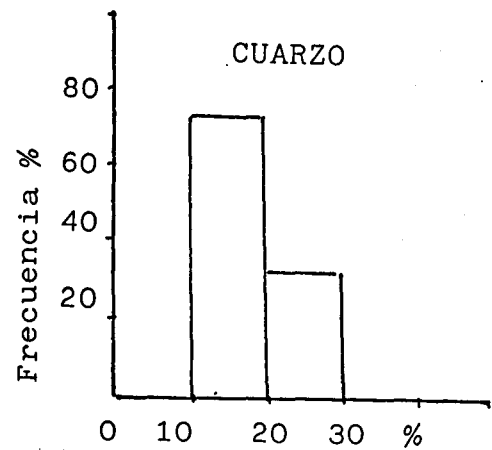
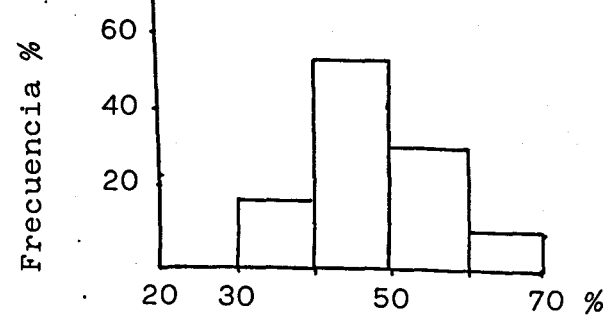
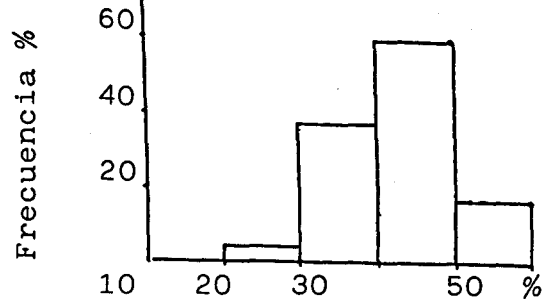
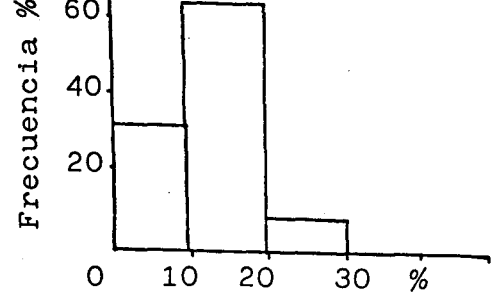


Fig. 64.- Histogramas de frecuencia de las Margas azules

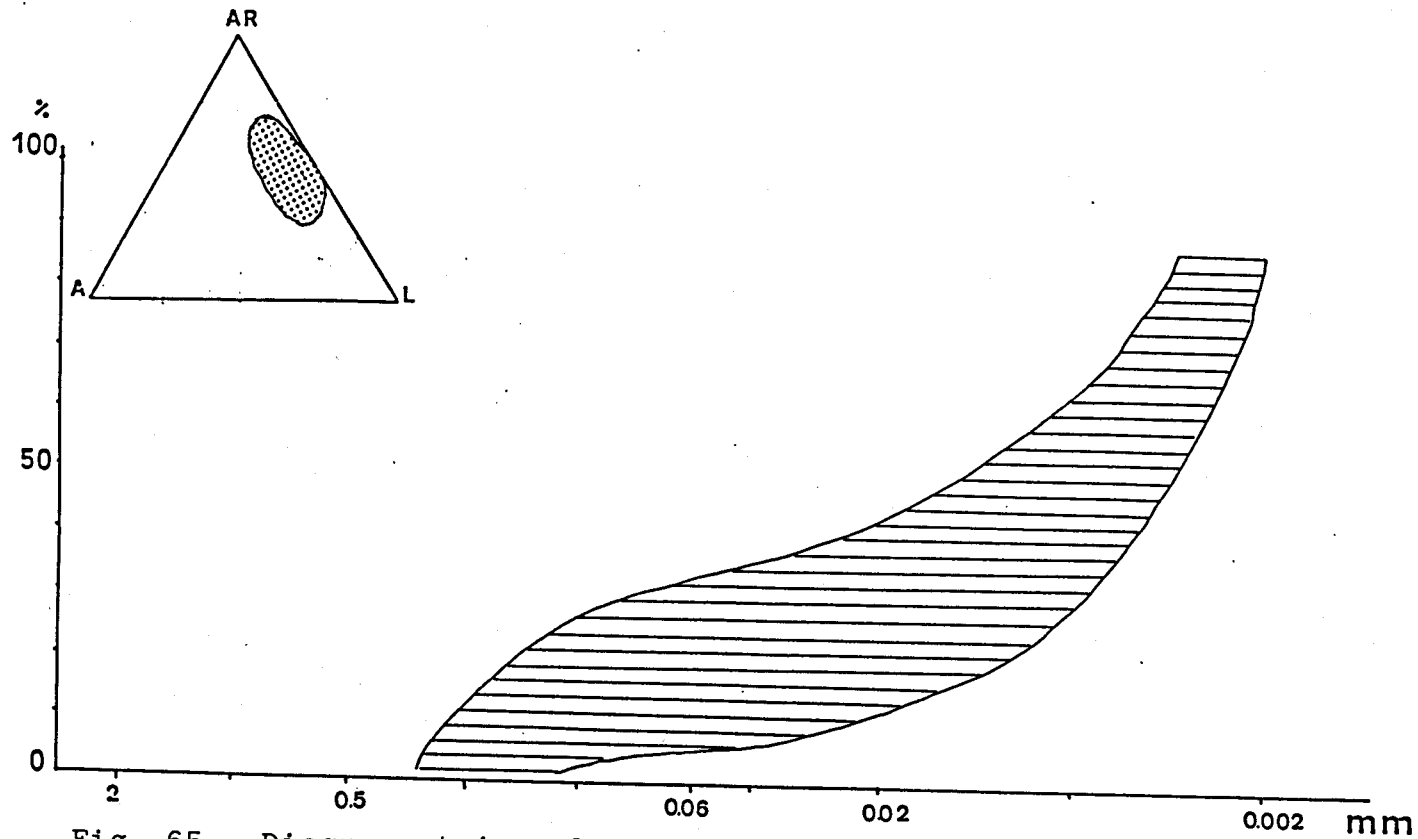


Fig. 65.- Diagrama triangular y Grupo sedimentológico de las Margas azules.

resultados del análisis semicuantitativo excepto el de interestratificados porque no se ha podido cuantificar debido a su escasa proporción para esta formación.

Las esmectitas junto con la illita son los minerales de la arcilla predominantes, illita (28-61% con una media del 44%), esmectitas (18-56%, media del 40%); la clorita y caolinita es bastante abundante, por encima de la media regional, el 82% de las muestras tienen un contenido en estos minerales entre el 10-30%. Fig. 64. La representación triangular de la fracción menor de 2μ se da en la fig. 88 (pag. 230).

En las muestras que ha sido posible se han realizado cálculos cristalográficos y cristalquímicos con objeto de precisar la naturaleza de las illitas y esmectitas.

Illita

Los valores del parámetro b_0 y del espaciado 001 obtenidos, así como los calculados a partir de estos valores para la composición química y la suma de Mg y Fe total (Maxwell y Hower, 1967), se dan en la Tabla VIII.

Tabla VIII.- Composición química de la illita y parámetros cristalquímicos.

| Muestra | b_0 | d001 | G.Par. | Si ^{IV} | Al ^{IV} | Al ^{VI} | Fe ^{VI} | Mg ^{VI} | Fe+Mg |
|-----------|-------|-------|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 1 | 9.023 | 9.99 | 0.059 | 3.11 | 0.89 | 1.583 | 0.215 | 0.220 | 0.40 |
| 4 | 9.031 | 9.97 | 0.133 | 3.23 | 0.77 | 1.500 | 0.255 | 0.267 | 0.52 |
| 16 | 9.025 | 9.97 | 0.133 | 3.23 | 0.77 | 1.562 | 0.225 | 0.232 | 0.44 |
| 62 | 9.004 | 9.99 | 0.059 | 3.11 | 0.89 | 1.781 | 0.120 | 0.107 | 0.20 |
| 89 | 9.013 | 10.02 | 0.000 | 2.94 | 1.06 | 1.687 | 0.165 | 0.160 | 0.32 |
| 96 | 9.033 | 9.99 | 0.059 | 3.11 | 0.89 | 1.479 | 0.265 | 0.279 | 0.54 |
| 98 | 9.023 | 10.01 | 0.000 | 2.95 | 1.05 | 1.583 | 0.215 | 0.220 | 0.44 |
| \bar{X} | 9.017 | 9.99 | 0.063 | 3.09 | 0.90 | 1.596 | 0.208 | 0.212 | 0.40 |

La tabla IX, expresa los valores de cristalinidad y el tamaño de cristalito de las muestras para esta formación.

Tabla IX

| Nº Muestra | IK (mm) | IW | ∅ cristalito(Å) |
|------------|---------|------|-----------------|
| 1 | 7.82 | 2.90 | 102 |
| 4 | 6.82 | 2.82 | 117 |
| 16 | 7.34 | 2.66 | 109 |
| 62 | 7.30 | 2.38 | 109 |
| 89 | 6.51 | 3.55 | 123 |
| 96 | 7.84 | 2.66 | 102 |
| 98 | 8.24 | 2.51 | 93 |
| \bar{X} | 7.41 | 2.78 | 107 |

La relación I002/I001, y la de asimetría se ha medido en todas las muestras, el politipo de la mica se evaluó en aquellas cuyo contenido en este mineral era superior al 30%. Los resultados se expresan en la tabla X.

Esmectitas

Se trata fundamentalmente de esmectitas dioctaédricas de la serie montmorillonita-beidellita y que según el test de Green-Kekky (1953) son términos próximos a la beidellita.

El índice de cristalinidad de Biscaye se expresa en la Tabla XI.

| Nº Muestra | R/L | I002/I001 | 2M/1Md |
|------------|------|-----------|--------|
| 1 | 1.20 | 0.34 | 0.21 |
| 2 | 1.22 | 0.52 | 0.42 |
| 3 | 1.60 | 0.54 | 0.31 |
| 4 | 1.60 | 0.50 | 0.30 |
| 16 | 2.25 | 0.36 | 0.35 |
| 59 | 3.11 | 0.32 | --- |
| 60 | 2.5 | 0.39 | 0.28 |
| 61 | 2.6 | 0.40 | --- |
| 62 | 2.5 | 0.46 | --- |
| 89 | 2.5 | 0.50 | 0.25 |
| 90 | 2.2 | 0.46 | ---- |
| 91 | 2.90 | 0.52 | --- |
| 92 | -- | 0.53 | 0.18 |
| 93 | 1.75 | 0.48 | 0.23 |
| 94 | --- | 0.57 | --- |
| 95 | 2.22 | 0.60 | 0.27 |
| 96 | 2.20 | 0.56 | 0.44 |
| 97 | 2.24 | 0.50 | --- |
| 98 | 2.20 | 0.48 | --- |
| 99 | 2.5 | 0.50 | -- |
| 100 | 3.0 | 0.60 | 0.21 |
| 101 | 2.84 | 0.42 | -- |
| 102 | -- | 0.44 | -- |
| 103 | -- | 0.46 | -- |
| 129 | 1.66 | 0.48 | 0.25 |
| 130 | 1.80 | 0.50 | 0.20 |
| 165 | 1.60 | 0.26 | -- |
| 185 | 1.58 | 0.38 | -- |
| \bar{X} | 2.15 | 0.46 | 0.27 |

| Nº Muestra | I.B | Nº Muestra | I.B |
|------------|------|------------|------|
| 1 | 0.55 | 97 | 0.60 |
| 2 | 0.51 | 98 | 0.69 |
| 3 | 0.57 | 99 | 0.66 |
| 4 | 0.65 | 100 | 0.58 |
| 16 | 0.68 | 101 | 0.70 |
| 59 | 0.55 | 102 | 0.62 |
| 60 | 0.68 | 103 | 0.72 |
| 61 | 0.68 | 129 | 0.64 |
| 62 | 0.52 | 130 | 0.67 |
| 89 | 0.70 | 165 | 0.70 |
| 90 | 0.67 | 185 | 0.66 |
| 91 | 0.65 | | |
| 92 | 0.68 | | |
| 93 | 0.66 | | |
| 94 | 0.70 | | |
| 95 | 0.71 | | |
| 96 | 0.65 | | |

Los resultados obtenidos (expresados en %) del estudio de carbonatos en la muestra total y en la fracción menor de 2μ se dan en la Tabla XII.

Tabla. XII .- Contenido en carbonatos en la muestra global y en la menor de 2μ , para las Margas azules.

| Nº Muestra | Calcita | Dolomita | %CO ₃ < 2 μ |
|------------|---------|----------|----------------------------|
| 1 | 18 | 0 | 20 |
| 2 | 30 | 2 | 40 |
| 3 | 29 | 2 | 38 |
| 4 | 28 | 0 | 25 |
| 16 | 19 | 0 | 20 |
| 59 | 10 | 0 | 18 |
| 60 | 18 | 0 | 14 |
| 61 | 20 | 0 | 20 |
| 62 | 19 | 0 | 17 |
| 89 | 12 | 0 | 25 |
| 90 | 22 | 0 | 10 |
| 91 | 30 | 0 | 17 |
| 92 | 21 | 0 | 22 |
| 93 | 17 | 0 | 18 |
| 94 | 20 | 0 | 23 |
| 95 | 28 | 0 | 16 |
| 96 | 32 | 0 | 26 |
| 97 | 30 | 0 | 10 |
| 98 | 29 | 0 | 24 |
| 99 | 32 | 0 | 22 |
| 100 | 20 | 0 | 18 |
| 101 | 28 | 0 | 24 |
| 102 | 29 | 0 | 12 |
| 103 | 40 | 0 | 16 |
| 129 | 30 | 0 | 24 |
| 130 | 26 | 0 | 20 |
| 165 | 24 | 0 | 28 |
| 185 | 30 | 0 | 27 |
| \bar{X} | 25 | 0 | 22 |

La tabla XIII, refleja los resultados obtenidos del análisis químico de las muestras de la Formación Ecija.

Tabla XIII. Análisis químicos globales de las muestras pertenecientes a la Fm. Ecija (Margas azules).

| Muestra | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | Na ₂ O | K ₂ O | P. 110° | P. C |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-------------------|------------------|---------|-------|
| 1 | 47.93 | 11.58 | 4.95 | 13.61 | 2.86 | 0.78 | 0.46 | 2.33 | 5.48 | 16.02 |
| 2 | 47.95 | 9.35 | 4.22 | 16.15 | 2.78 | 0.94 | 0.48 | 1.86 | 4.72 | 16.52 |
| 16 | 48.93 | 8.71 | 3.86 | 15.68 | 2.71 | 0.62 | 0.58 | 1.97 | 3.60 | 17.39 |
| 59 | 54.45 | 11.49 | 4.84 | 11.63 | 1.87 | 0.69 | 0.56 | 1.58 | 3.30 | 12.45 |
| 62 | 59.33 | 12.08 | 5.09 | 8.52 | 1.80 | 0.56 | 0.50 | 1.70 | 3.60 | 11.19 |
| 92 | 55.30 | 13.32 | 5.06 | 8.67 | 1.77 | 1.00 | 0.59 | 1.91 | 5.33 | 11.95 |
| 96 | 51.43 | 8.52 | 3.55 | 15.72 | 1.52 | 0.44 | 0.38 | 1.50 | 3.14 | 16.76 |
| 97 | 50.65 | 9.57 | 4.01 | 14.33 | 1.64 | 0.61 | 0.37 | 1.46 | 3.39 | 16.90 |
| 100 | 47.65 | 12.45 | 5.25 | 13.89 | 2.13 | 0.99 | 0.47 | 2.03 | 4.25 | 14.95 |
| 103 | 42.34 | 5.77 | 2.28 | 24.51 | 0.94 | 0.49 | 0.31 | 0.99 | 2.21 | 22.18 |
| 165 | 45.23 | 9.68 | 3.61 | 17.64 | 2.56 | 0.71 | 0.35 | 1.88 | 3.17 | 19.11 |

P.110° = Pérdida a 110°; P.C. = Pérdida por calcinación

El estudio micropaleontológico de las muestras 3, 16, 59, 61, 62, 89, 91, 98, y 102 pertenecientes a esta formación dan una asociación de foraminíferos (Tabla LXXIII), del tránsito Mioceno-Plioceno a Plioceno inferior (muestras 3, 102).

De todo lo expuesto anteriormente se puede resumir que la Formación Ecija (Margas azules) está constituida por margas limosas y limos arcillosos y tiene una edad de tránsito Mioceno-Plioceno a Plioceno inferior.

La asociación mineralógica global es (Fig. 66) Filosilicatos (\bar{X} 50%) + Cuarzo (\bar{X} 18%) + Calcita (\bar{X} 22%) + Feldespatos (\bar{X} 5%) + Dolomita (\bar{X} 5%) + Yeso (<10%).

La mineralogía de la fracción arcilla (Fig. 66) está caracterizada por la asociación:

Illita (\bar{X} 44%) + Esmeclita (\bar{X} 40%) + Caolinita (\bar{X} 11%) + Clorita (< 4%)

El grado de paragonitización es bajo (0.063 de media) El tamaño de cristalito es pequeño 107 Å. La relación de intensidades I002/I001 es de 0.46, se trata por tanto de micas no fengíticas con alta relación Al/Fe+Mg, lo que también se deduce de la determinación de estos cationes a partir del parámetro b_0 .

El índice de cristalinidad de Kubler tiene un valor medio de 7.41 y el de Weaver de 2.78 .

Las esmeclitas son dioctaédricas de tipo beidellita con una cristalinidad media de 0.65

Se ha observado en todas las muestras de esta formación caolinita ordenada y desordenada .

El contenido en carbonatos para la fracción menor de 2 μ tiene un valor medio de un 22%, y no se ha detectado la presencia de dolomita.

Los resultados del análisis indican una mayor abundancia del hierro frente al magnesio y bajo contenido de álcalis especialmente de sodio. La relación Al/Fe+Mg es ligeramente mayor de 1.

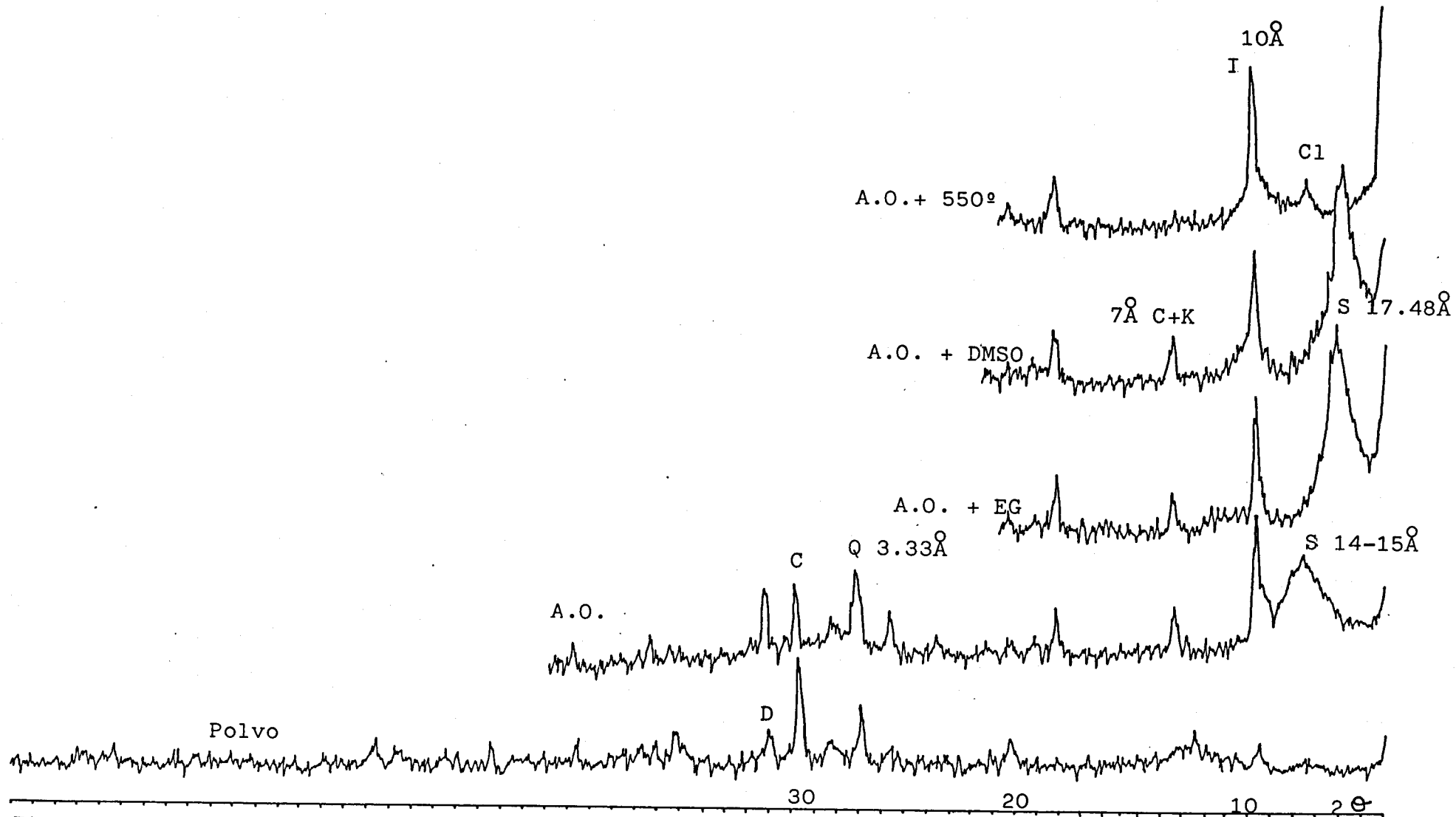
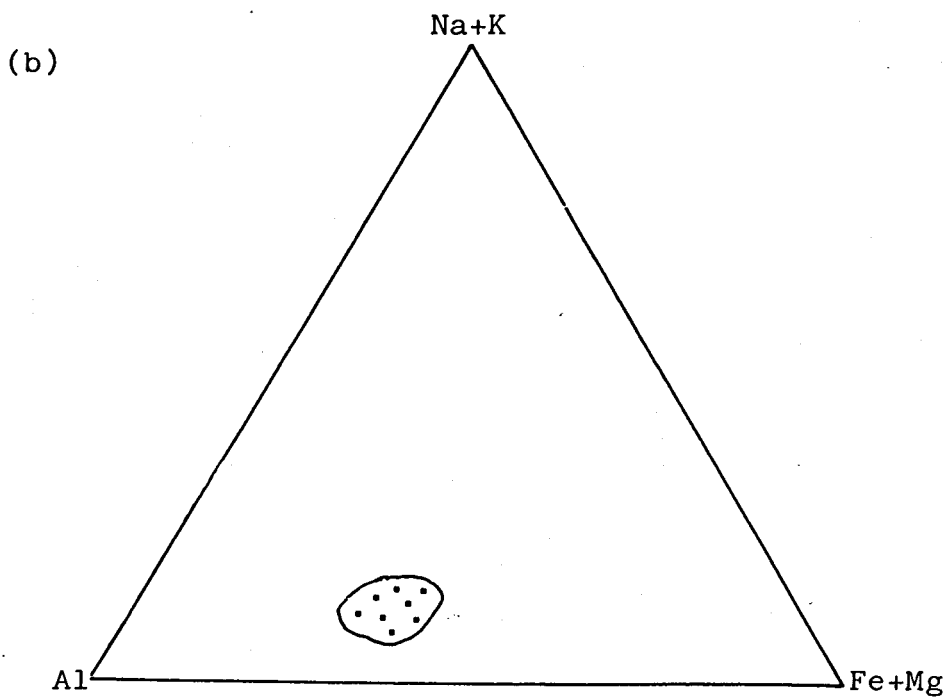
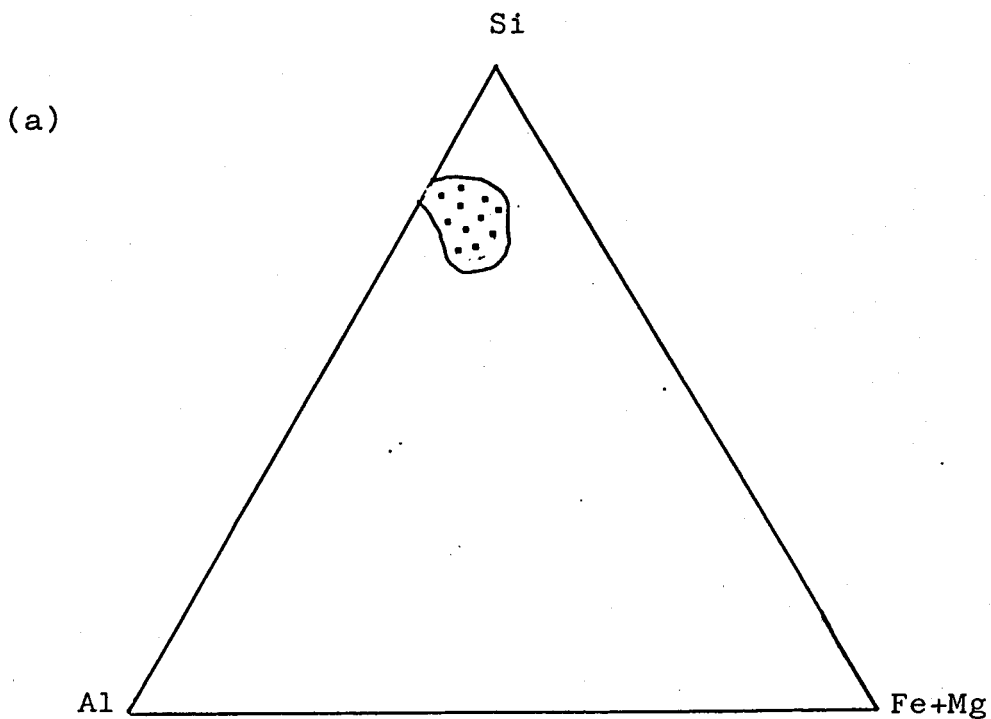


Fig. 66 Diagramas de difracción tipo de la muestra integral y de la fracción arcilla, para la Formación Ecija (Margas azules)



67.- Representación en el sistema Al, Si, Fe+Mg (a) y Al, Na+K, Fe+Mg (b) de los análisis de las muestras pertenecientes a la Formación Ecija.

V.3.2.3. Serie de Transición (limos y Margas)

La litología de estos materiales es de limos y margas con algunas intercalaciones de arenas y areniscas.

Los resultados del análisis granulométrico se dan en la tabla XIV (a). Atendiendo a los histogramas de la fig. 68, se observa que el 80% de las muestras tienen un contenido en fracción arena comprendido entre el 10-30%; el rango de variación es de un 7-36%. Los porcentajes de fracción arcilla varían entre un 16-76% y presenta un máximo para valores comprendidos entre un 40-50%. El 42% de las muestras presentan un contenido en fracción limo entre un 30-40% y un 38% entre el 20-30%. La representación del diagrama triangular y el grupo sedimentológico (Fig. 69) indican que se trata de arcillas-limo-arenosas.

Los minerales presentes son cuarzo, calcita, feldespatos y filosilicatos. (Tabla XIV b). Del análisis de los histogramas (Fig. 68.) se ve que el cuarzo presenta una distribución monomodal asimétrica, presentando un máximo para valores comprendidos entre el 10-20%. La calcita tiene un rango de variación del 10-40%, presenta una distribución monomodal simétrica con un máximo para valores del 20-30%. Los filosilicatos varían entre un 21-62%, se observan dos máximos uno para valores comprendidos entre un 30-40%, y otro para 50-60, con el 65% de las muestras dentro de ese rango.

Los feldespatos presentan porcentajes comprendidos entre el 1-8% y la dolomita del 4-16% y están presentes en todas las muestras.

Tabla XIV .- Resultados obtenidos del análisis mineralógico y granulométrico en la Serie de Transición.

| Muestra | (a) | | | (b) | | | | | | (c) | |
|---------|------------|------------|-----------|-----|----|----|---|----|----|-----|-----|
| | > 63 μ | 63-2 μ | < 2 μ | Q | C | D | F | FI | I | S | C+K |
| 5 | 18 | 52 | 30 | 34 | 20 | 14 | 8 | 22 | 41 | 51 | 8 |
| 6 | 8 | 16 | 76 | 12 | 20 | 4 | 2 | 62 | 40 | 50 | 10 |
| 10 | 18 | 34 | 48 | 20 | 23 | 4 | 3 | 50 | 49 | 45 | 6 |
| 11 | 17 | 34 | 49 | 19 | 21 | 6 | 4 | 50 | 41 | 52 | 7 |
| 12 | 20 | 50 | 30 | 29 | 26 | 11 | 3 | 30 | 39 | 57 | 4 |
| 13 | 16 | 50 | 34 | 32 | 16 | 10 | 6 | 36 | 34 | 61 | 5 |
| 14 | 13 | 57 | 30 | 28 | 20 | 9 | 9 | 34 | 32 | 62 | 5 |
| 17 | 20 | 32 | 48 | 18 | 19 | 4 | 4 | 55 | 46 | 45 | 9 |
| 18 | 13 | 51 | 36 | 35 | 21 | 9 | 3 | 32 | 38 | 53 | 9 |
| 19 | 17 | 35 | 48 | 13 | 27 | 4 | 1 | 55 | 42 | 55 | 3 |
| 20 | 18 | 43 | 39 | 18 | 24 | 8 | 3 | 47 | 38 | 54 | 8 |
| 24 | 15 | 38 | 47 | 18 | 21 | 4 | 5 | 51 | 43 | 50 | 7 |
| 25 | 10 | 42 | 48 | 17 | 20 | 5 | 8 | 20 | 49 | 44 | 7 |
| 32 | 11 | 35 | 54 | 16 | 25 | 8 | 5 | 46 | 40 | 51 | 9 |
| 33 | 24 | 24 | 52 | 16 | 19 | 7 | 2 | 56 | 50 | 40 | 10 |
| 34 | 28 | 38 | 34 | 32 | 24 | 10 | 4 | 30 | 45 | 50 | 5 |
| 35 | 18 | 48 | 34 | 30 | 19 | 12 | 4 | 35 | 41 | 52 | 7 |
| 36 | 20 | 38 | 42 | 15 | 26 | 6 | 2 | 51 | 43 | 48 | 9 |
| 37 | 21 | 33 | 46 | 17 | 23 | 6 | 1 | 53 | 39 | 51 | 10 |
| 38 | 36 | 37 | 27 | 23 | 25 | 11 | 3 | 38 | 36 | 57 | 7 |
| 39 | 26 | 36 | 38 | 29 | 21 | 16 | 6 | 28 | 36 | 58 | 6 |
| 40 | 28 | 24 | 49 | 21 | 29 | 7 | 4 | 39 | 55 | 36 | 11 |
| 41 | 27 | 25 | 47 | 18 | 29 | 8 | 8 | 37 | 36 | 51 | 13 |
| 42 | 21 | 33 | 40 | 19 | 25 | 7 | 3 | 46 | 43 | 49 | 8 |
| 43 | 13 | 37 | 42 | 18 | 23 | 7 | 4 | 48 | 47 | 44 | 9 |
| 44 | 15 | 27 | 60 | 18 | 29 | 5 | 6 | 42 | 65 | 32 | 3 |
| 45 | 7 | 53 | 32 | 36 | 30 | 10 | 3 | 21 | 45 | 50 | 5 |
| 46 | 18 | 50 | 42 | 15 | 27 | 4 | 2 | 52 | 63 | 27 | 10 |
| 47 | 7 | 54 | 28 | 34 | 32 | 11 | 2 | 21 | 39 | 57 | 4 |
| 48 | 20 | 49 | 44 | 13 | 30 | 7 | 3 | 47 | 50 | 37 | 13 |
| 53 | 11 | 42 | 38 | 18 | 26 | 6 | 2 | 48 | 62 | 31 | 7 |
| 54 | 38 | 57 | 32 | 30 | 14 | 16 | 3 | 37 | 50 | 44 | 6 |
| 55 | 16 | 35 | 27 | 16 | 37 | 12 | 6 | 29 | 42 | 51 | 4 |
| 56 | | 44 | 40 | 29 | 27 | 9 | 4 | 31 | 41 | 50 | 9 |

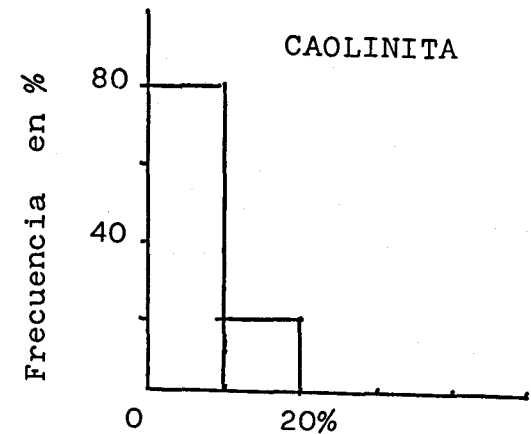
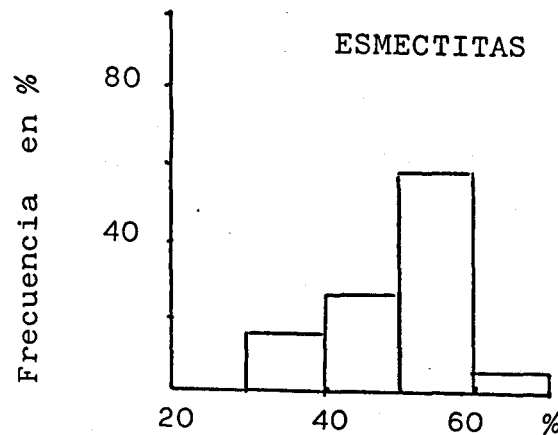
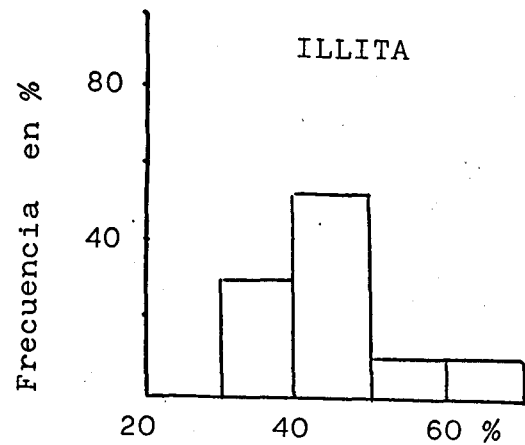
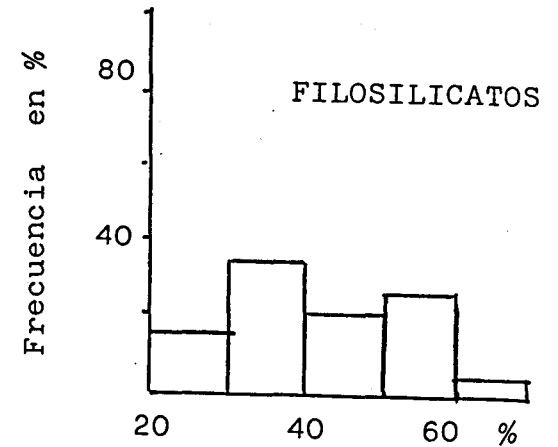
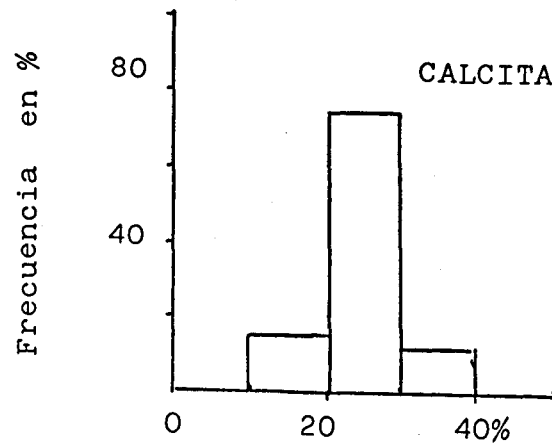
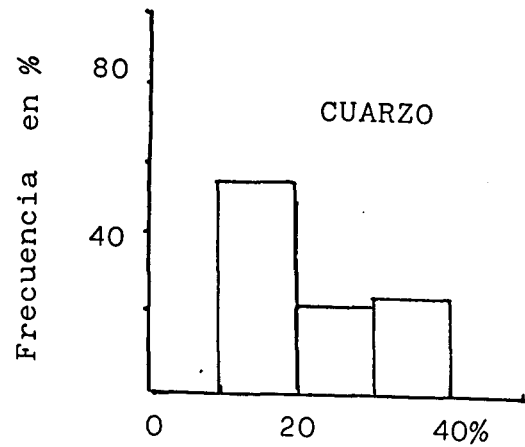
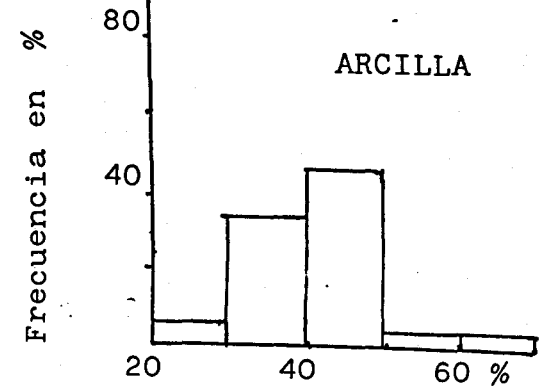
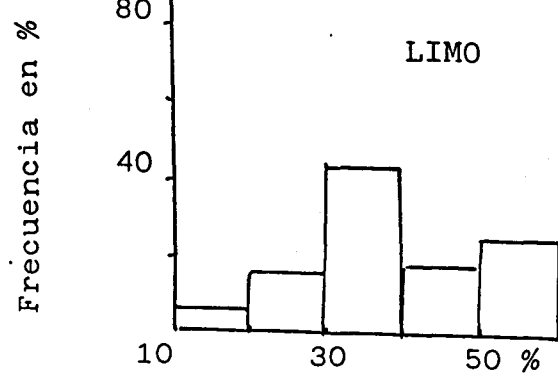
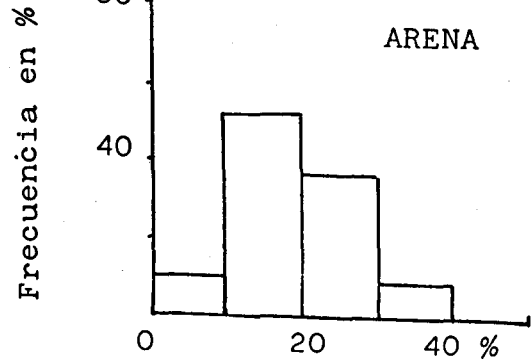


Fig. 68 .- Histogramas de frecuencia para las muestras pertenecientes a Limos y Margas

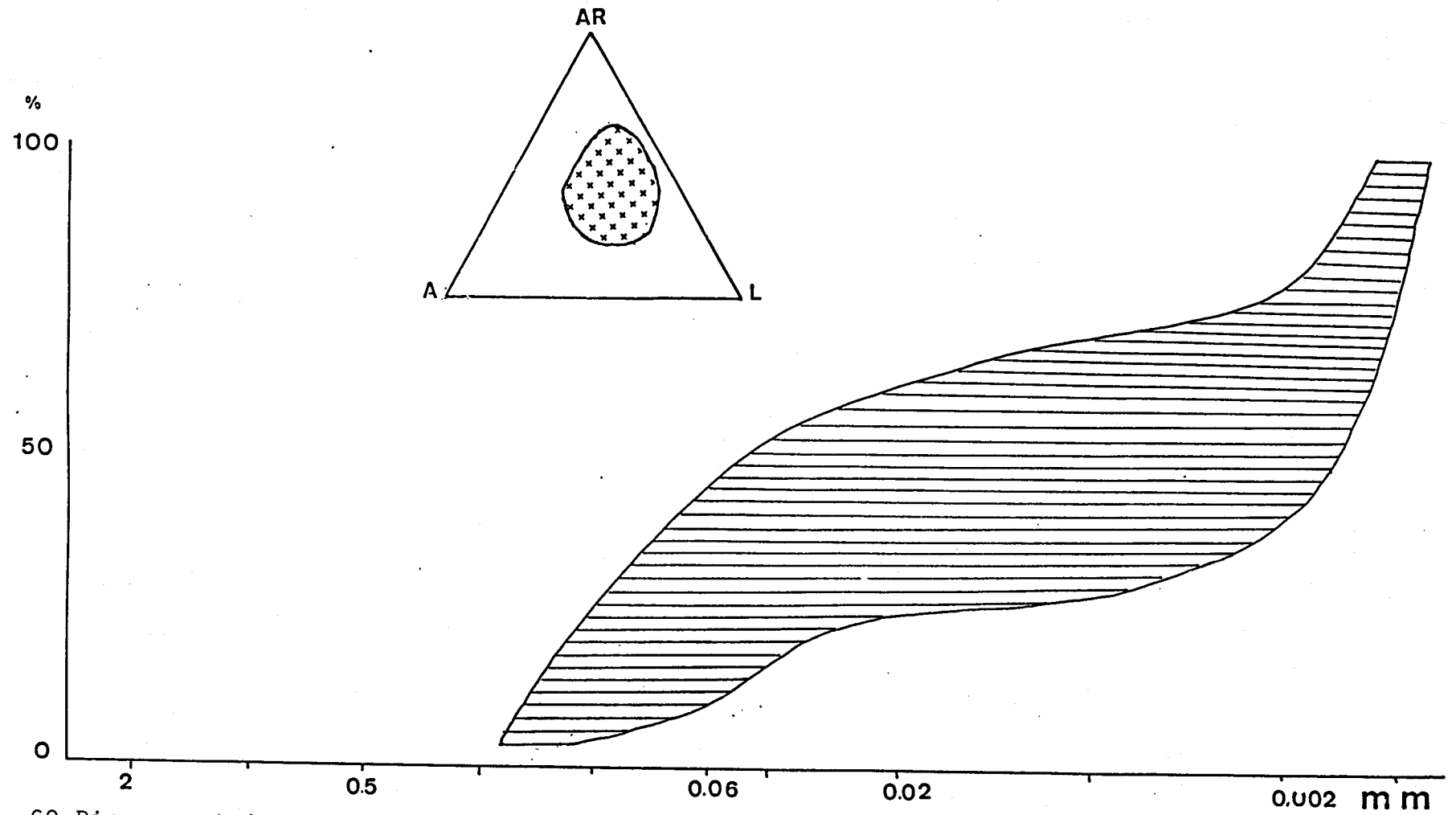


Fig. 69 Diagrama triangular y grupo sedimentológico de los Limos y Margas

En la fig. 87 , se representa la composición mineralógica en diagramas triangulares para este conjunto litológico en función de sus componentes principales.

Los minerales de la arcilla identificados , así como los resultados del análisis semicuantitativo se dan en la tabla XIV. c. Las esmectitas son los minerales de la fracción fina más abundantes , los porcentajes varían entre un 27-62%, presentando un máximo para valores del 50-60%. La illita es el segundo mineral en orden de abundancia, presentando valores entre 36-65%, con el 80% de las muestras comprendidas entre porcentajes del 30-50%. La caolinita es poco abundante, el 80% de las muestras tienen un contenido en este mineral menor del 10%. La fig 88, representa la composición de los minerales de la arcilla en diagramas triangulares.

La composición química de las illitas de algunas muestras, determinada a partir del parámetro d_{001} y del espaciado basal de la reflexión 001, y la medida del grado de paragonitización (G.P.) se da en la Tabla XV.

Tabla XV.

| M | d_{001} | 001 | G.P | Si | IV Al | VI Al | VI Fe | VI Mg | Fe+Mg x |
|-----------|-----------|-------|-------|------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 10 | 9.041 | 10.04 | 0.000 | 2.82 | 1.18 | 1.395 | 0.305 | 0.327 | 0.58 |
| 25 | 8.994 | 9.97 | 0.133 | 3.23 | 0.77 | 1.885 | 0.070 | 0.047 | 0.00 |
| 32 | 9.016 | 9.97 | 0.133 | 3.23 | 0.77 | 1.656 | 0.180 | 0.178 | 0.34 |
| 42 | 9.022 | 9.97 | 0.133 | 3.23 | 0.77 | 1.593 | 0.210 | 0.214 | 0.40 |
| 46 | 9.006 | 9.97 | 0.133 | 3.23 | 0.77 | 1.760 | 0.130 | 0.119 | 0.22 |
| 53 | 9.024 | 10.01 | 0.000 | 2.82 | 1.18 | 1.572 | 0.220 | 0.220 | 0.45 |
| \bar{X} | 9.017 | 9.98 | 0.088 | 3.09 | 0.90 | 1.643 | 0.185 | 0.185 | 0.33 |

x) Valores calculados según (Maxwell y Hower, 1967)

La Tabla XVI, muestra los valores del índice de Kubler, índice de Weaver y el tamaño de cristalito de las muestras estudiadas:

Tabla XVI.

| Nº de Muestra | IK (mm) | IW | Ø cristalito Å |
|---------------|---------|------|----------------|
| 10 | 7.34 | 2.66 | 109 |
| 25 | 7.02 | 3.73 | 114 |
| 32 | 6.48 | 3.06 | 125 |
| 42 | 7.38 | 2.38 | 109 |
| 46 | 6.80 | 2.54 | 117 |
| 53 | 7.38 | 3.21 | 109 |
| \bar{X} | 7.06 | 2.93 | 113 |

Los valores de la relación de asimetría R/L, relación I002/i001 se han medido en todas las muestras y la relación 2M/1Md en aquellas en que el porcentaje en illita era superior al 30%. Los valores de estos parámetros se expresan en la Tabla XVII.

Las esmectitas son dioctaédricas de la serie montmorillonita-beidellita, con términos próximos a la beidellita.

La Tabla XVIII refleja los datos obtenidos sobre la cristalinidad de las esmectitas por el índice de Biscaye

Los resultados del contenido en carbonatos en la muestra total y en la fracción menor de 2 μ se expresan en la Tabla XIX.

Tabla XVII

| Nº Mues. | R/L | I002/I001 | 2M/1Md | Nº Mues | R/L | I002/I001 | 2M/1Md |
|-----------|------|-----------|--------|---------|------|-----------|--------|
| 5 | 1.6 | 0.46 | ----- | 39 | 2.02 | 0.44 | -- |
| 6 | 1.98 | 0.40 | 0.35 | 40 | 1.66 | 0.37 | -- |
| 10 | 1.62 | 0.60 | 0.33 | 41 | 1.60 | 0.40 | -- |
| 11 | 2.02 | 0.54 | 0.35 | 42 | 2.08 | 0.33 | -- |
| 12 | 2.02 | 0.46 | 0.33 | 43 | 2.20 | 0.33 | -- |
| 13 | 2.08 | 0.42 | --- | 44 | 2.50 | 0.30 | 0.40 |
| 14 | 2.04 | 0.31 | --- | 45 | 2.20 | 0.36 | -- |
| 17 | 1.92 | 0.52 | --- | 46 | 1.66 | 0.50 | -- |
| 18 | 2.5 | 0.49 | 0.38 | 47 | --- | 0.43 | -- |
| 19 | 2.00 | 0.44 | 0.40 | 48 | 2.02 | 0.58 | -- |
| 20 | --- | 0.55 | 0.42 | 53 | 1.37 | 0.60 | -- |
| 24 | 2.02 | 0.49 | --- | 54 | 2.00 | 0.48 | -- |
| 25 | 2.33 | 0.58 | 0.33 | 55 | --- | 0.40 | -- |
| 32 | 1.58 | 0.31 | ----- | 56 | --- | 0.45 | -- |
| 33 | 1.60 | 0.44 | --- | | | | |
| 34 | 2.08 | 0.34 | -- | | | | |
| 35 | 2.02 | 0.35 | | | | | |
| 36 | 2.10 | 0.36 | --- | | | | |
| 37 | 2.02 | 0.37 | --- | | | | |
| 38 | 2.60 | 0.45 | | | | | |
| \bar{X} | 1.98 | 0.43 | 0.38 | | | | |

Tabla XVIII

| Nº Mues | I.B. | Nº Mues. | IB |
|---------|------|-----------|------|
| 5 | 0.80 | 38 | 0.72 |
| 6 | 0.76 | 39 | 0.72 |
| 10 | 0.80 | 40 | 0.80 |
| 11 | 0.75 | 41 | 0.75 |
| 12 | 0.81 | 42 | 0.73 |
| 13 | 0.85 | 43 | 0.76 |
| 14 | 0.81 | 44 | 0.90 |
| 17 | 0.70 | 45 | 0.84 |
| 18 | 0.76 | 46 | 0.74 |
| 19 | 0.87 | 47 | 0.80 |
| 20 | 0.78 | 48 | 0.71 |
| 24 | 0.71 | 53 | 0.91 |
| 25 | 0.72 | 54 | 0.70 |
| 32 | 0.71 | 55 | 0.70 |
| 33 | 0.85 | 56 | 0.67 |
| 34 | 0.70 | \bar{X} | 0.76 |
| 35 | 0.75 | | |
| 36 | 0.70 | | |
| 37 | 0.72 | | |

Tabla XIX

| Nº Muestra | Calcita | Dolomita | %Cg < 2 μ |
|------------|---------|----------|---------------|
| 5 | 30 | 16 | 29 |
| 6 | 23 | 0 | 40 |
| 10 | 25 | 0 | 15 |
| 11 | 20 | 0 | 16 |
| 12 | 30 | 10 | 8 |
| 13 | 32 | 12 | 13 |
| 14 | 12 | 11 | 12 |
| 17 | 20 | 0 | 10 |
| 18 | 25 | 2 | 18 |
| 19 | 30 | 0 | 12 |
| 20 | 30 | 0 | 16 |
| 24 | 25 | 0 | 20 |
| 25 | 22 | 0 | 10 |
| 32 | 26 | 0 | 20 |
| 33 | 20 | 0 | 18 |
| 34 | 30 | 8 | 14 |
| 35 | 25 | 10 | 16 |
| 36 | 30 | 0 | 12 |
| 37 | 30 | 0 | 8 |
| 38 | 31 | 12 | 6 |
| 39 | 26 | 14 | 5 |
| 40 | 32 | 2 | 12 |
| 41 | 34 | 2 | 13 |
| 42 | 30 | 0 | 10 |
| 43 | 30 | 0 | 6 |
| 44 | 32 | 0 | 10 |
| 45 | 35 | 9 | 12 |
| 46 | 30 | 0 | 20 |
| 47 | 38 | 6 | 17 |
| 48 | 32 | 0 | 26 |
| 53 | 30 | 0 | 28 |
| 54 | 18 | 11 | 20 |
| 55 | 40 | 10 | 8 |
| 56 | 32 | 2 | 12 |

Del estudio de los minerales pesados se obtuvo la siguiente asociación:

Gohetita, Ilmenita, Turmalina, Biotita, Andalucita, Magnetita, Epidota.

Los resultados de los análisis químicos en la muestra global se dan en la Tabla XIXa y la representación Al, Si, Fe+Mg y Al, Ca+K, Fe+Mg, en la Fig.70.

Tabla XIX a. Análisis químicos de las muestras de Limos y Margas

| Muestra | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | Na ₂ O | K ₂ O | P.110 ^a | P.C. |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------|
| 10 | 52.73 | 8.57 | 4.10 | 14.41 | 2.40 | 0.62 | 0.37 | 1.62 | 4.02 | 15.76 |
| 12 | 53.94 | 7.79 | 2.97 | 14.15 | 2.30 | 0.62 | 0.34 | 1.57 | 3.55 | 16.05 |
| 14 | 54.15 | 7.78 | 3.23 | 14.63 | 2.31 | 0.44 | 0.41 | 1.63 | 2.95 | 15.56 |
| 17 | 48.65 | 8.69 | 3.50 | 16.47 | 2.32 | 0.60 | 0.49 | 1.99 | 3.43 | 17.74 |
| 18 | 66.75 | 7.22 | 2.60 | 9.57 | 0.70 | 0.79 | 0.33 | 1.40 | 2.97 | 10.34 |
| 25 | 47.53 | 8.26 | 4.20 | 16.86 | 2.35 | 0.23 | 0.43 | 1.81 | 3.13 | 18.11 |
| 34 | 47.53 | 8.30 | 2.68 | 17.07 | 2.74 | 0.70 | 0.43 | 1.76 | 2.56 | 19.00 |
| 40 | 52.15 | 8.29 | 2.91 | 12.25 | 1.83 | 0.83 | 0.43 | 1.85 | 2.49 | 18.89 |
| 43 | 45.15 | 9.40 | 3.75 | 17.47 | 2.59 | 0.59 | 0.34 | 1.37 | 3.56 | 18.95 |
| 44 | 47.97 | 8.55 | 3.46 | 16.71 | 2.52 | 0.60 | 0.34 | 1.63 | 3.62 | 18.75 |

El estudio micropaleontológico de las muestras 10, 13, 18, 24 y 53 refleja una asociación de fauna (Tabla LXXIII) a la que puede atribuírsele una edad Plioceno inferior. Estas muestras tienen gran abundancia en foraminíferos bentónicos, Lenticulina, Ammonia, Florilus.

Se ha observado la presencia de bioturbación (Ophiomorpha, Thalassinoides) producida por crustáceos en algunos tramos de esta Formación.

A partir de todos los datos comentados para este conjunto litoestratigráfico podemos resumir las características mas importantes:

Se trata de margas y limos, con intercalaciones arenosas a los que se les da una edad Plioceno inferior.

La asociación mineralógica global es la siguiente:

Filosilicatos (20-60%) + Cuarzo (12-36%) + Calcita (16-37%) + Dolomita (4-16%) + Feldespatos (1-8%).

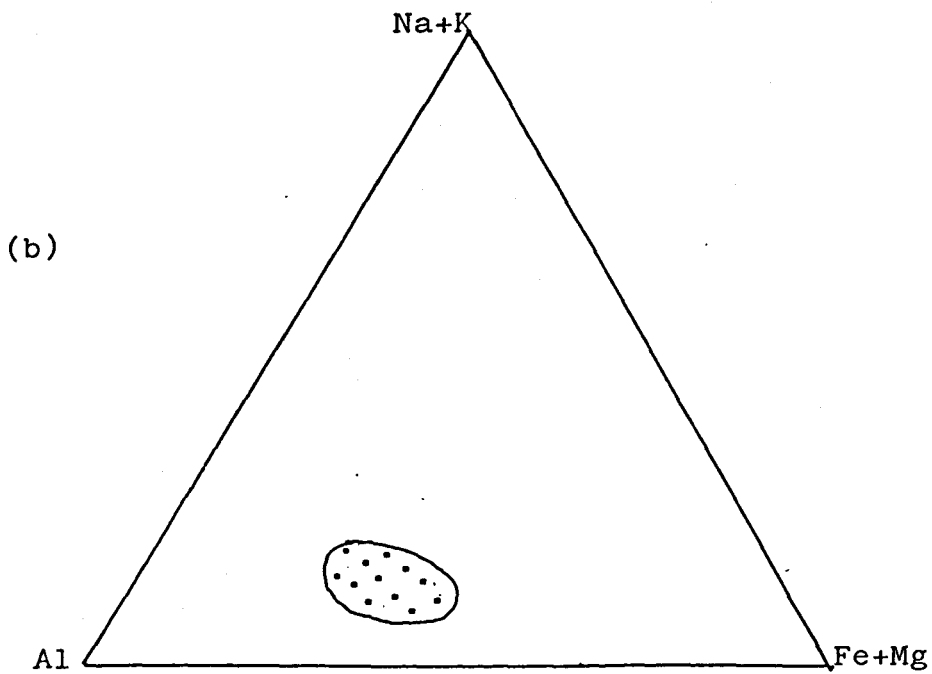
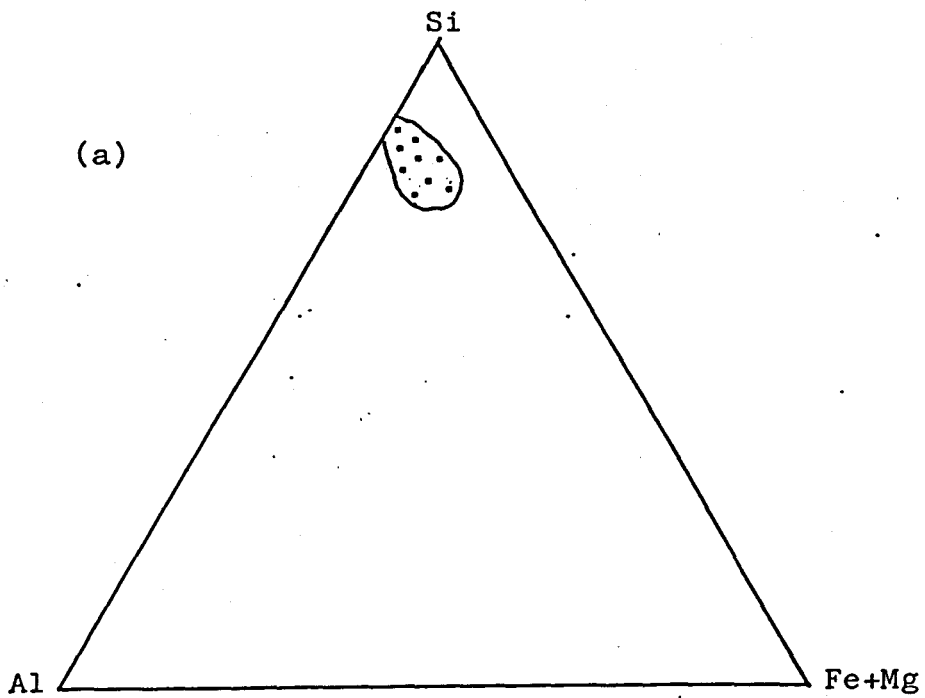


Fig. 70.- Representación en el sistema Al, Si, Fe+Mg (a) y Al, Na+K, (b) de los análisis de las muestras pertenecientes a los Limos y Margas.

La mineralogía de la fracción arcilla (Fig. 71) se caracteriza por la asociación:

Esmectita (50%) + Illita (43%) + Caolinita (7%).

Las illitas tienen un grado de paragonitización bajo (media 0.088) y pequeño tamaño de cristalito (113 medio). La relación $Al/Fe+Mg$ es aproximadamente 0.43, lo que indicaría que se trata de micas poco fengíticas.

El índice de Kubler (7.06 media) y el de Weaver (2.93 media) indican una zona de diagénesis.

Las esmectitas son de tipo beidellita y con buena cristalinidad (Índice de Biscaye \approx 0.76).

El contenido en calcita de la muestra global es de un 30% de media, la dolomita está ausente en las muestras margosas y en los limos alcanza valores superiores al 10%. El contenido de carbonatos en la fracción fina es bajo de un 15%.

Los resultados del análisis químico indican una mayor abundancia de sílice y calcio. El contenido de aluminio y hierro disminuye en las muestras más limosas (menor contenido de filosilicatos). Existe una mayor abundancia de hierro frente al magnesio y de potasio frente al sodio.

V.3.2.4. Formación Arenas de Huelva (Limos y Arenas)

La litología de los materiales que incluye esta Formación es de limos y arenas, con algunos niveles de areniscas intercalados.

De los datos obtenidos del análisis granulométrico Tabla XX, a. se observa que el contenido en la fracción arcilla varía de un 10-39%, el tamaño limo entre un 14-61% y el de tamaño arena de un 10-76%.

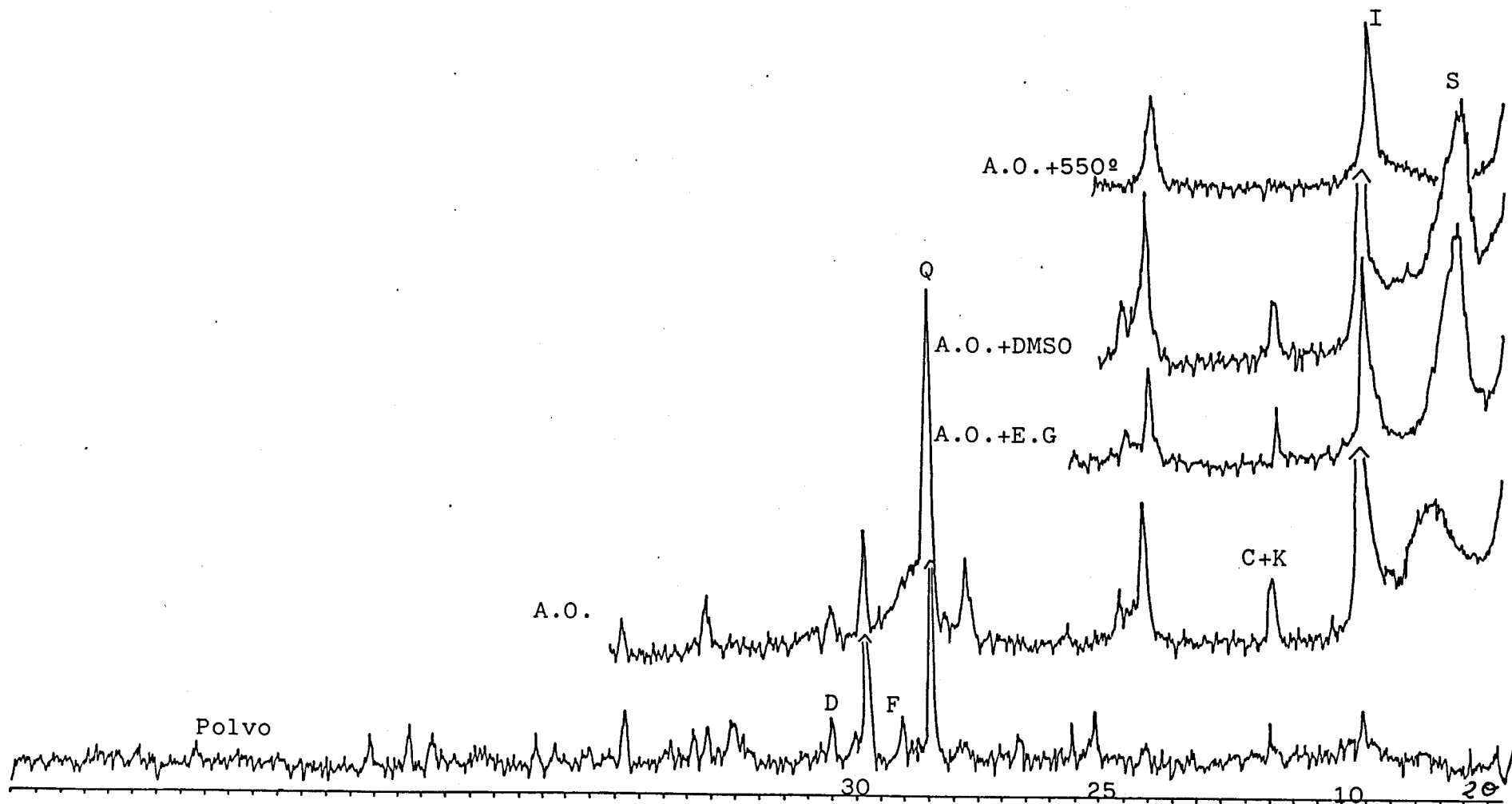


Fig. 71. Diagramas de difracción de la muestra integral y de la fracción arcilla. Limos y Margas

Tabla. XX.-Resultados del análisis granulométrico y mineralógico de la Formación Arenas de Huelva. (Limos y Arenas).

| Muestra | (a) | | | Q | (b) | | | | | I | (c) | C+K |
|---------|-----------|------------|----------|----|-----|----|---|----|----|----|-----|-----|
| | >63 μ | 63-2 μ | <2 μ | | S | | | | | | | |
| 7 | 17 | 45 | 39 | 35 | 27 | 10 | 5 | 23 | 32 | 60 | 8 | |
| 8 | 10 | 61 | 39 | 36 | 24 | 10 | 9 | 20 | 40 | 52 | 8 | |
| 9 | -- | -- | -- | 30 | 45 | 16 | 9 | -- | -- | -- | -- | |
| 15 | -- | -- | -- | 39 | 30 | 12 | 7 | 11 | 35 | 59 | 6 | |
| 21 | 23 | 43 | 34 | 37 | 18 | 12 | 3 | 30 | 30 | 65 | 5 | |
| 26 | 52 | 32 | 16 | 39 | 28 | 10 | 9 | 14 | 66 | 28 | 3 | |
| 27 | 20 | 46 | 34 | 28 | 27 | 12 | 3 | 29 | 37 | 60 | 3 | |
| 28 | 22 | 48 | 30 | 36 | 15 | 11 | 6 | 32 | 34 | 60 | 6 | |
| 29 | 17 | 48 | 35 | 31 | 17 | 10 | 5 | 37 | 39 | 57 | 4 | |
| 49 | 20 | 52 | 28 | 26 | 40 | 9 | 3 | 22 | 66 | 30 | 4 | |
| 50 | 33 | 38 | 29 | 30 | 26 | 10 | 4 | 30 | 58 | 40 | 2 | |
| 63 | 71 | 14 | 15 | 38 | 38 | 10 | 4 | 10 | 54 | 37 | 9 | |
| 64 | 76 | 14 | 10 | 30 | 23 | 12 | 2 | 18 | 50 | 41 | 9 | |

En los histogramas de la Fig. 72, se puede observar que el 80% de las muestras tienen un contenido en la fracción arcilla entre un 20 y un 40%. La fracción limo presenta una distribución monomodal asimétrica con un máximo para valores comprendidos entre el 40-50%. El tamaño arena tiene una distribución irregular con dos máximos entre el 20-30% y entre 70-80%. De la representación triangular y el grupo sedimentológico se deduce que se trata de arenas y limos arcillo-arenosos. (Fig.73).

La composición mineralógica global se da en la Tabla XX b. El cuarzo tiene una distribución monomodal, con el 82% de las muestras comprendidas entre el 30-40%. La calcita presenta unos porcentajes entre el 15-45%, la dolomita está presente en todas las muestras con valores superiores al 10%. Los filosilicatos tienen una distribución homogénea Fig. 72 , con un rango del 10-40%. Los feldespatos están presentes en todas las muestras en porcentajes inferiores al 9%. La representación triangular de estos resultados se da en la Fig .87.

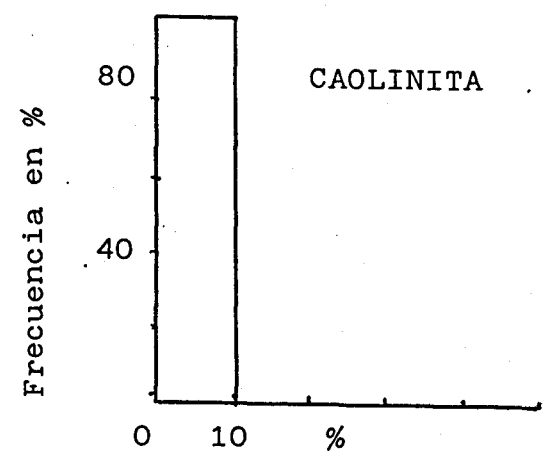
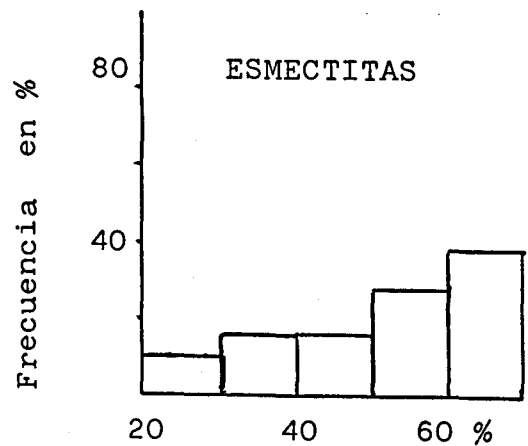
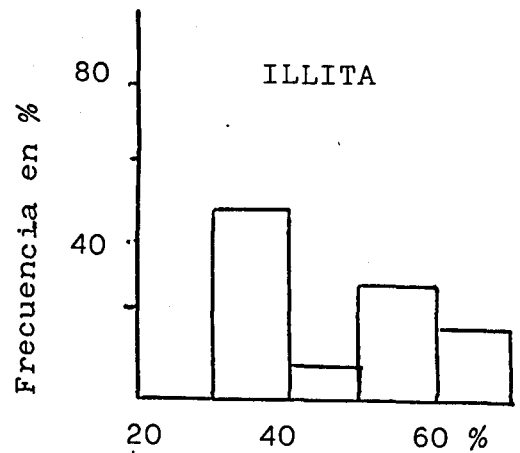
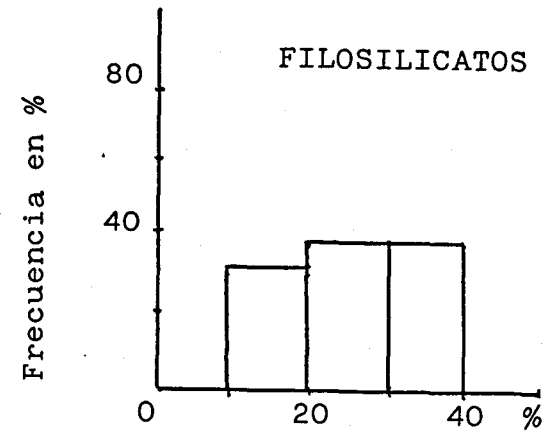
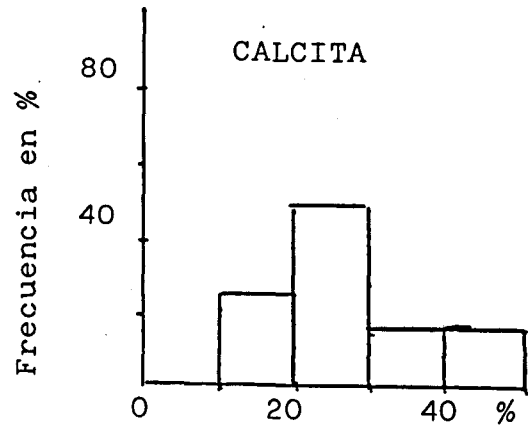
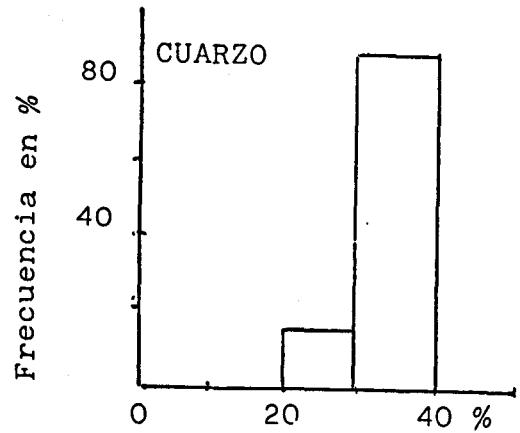
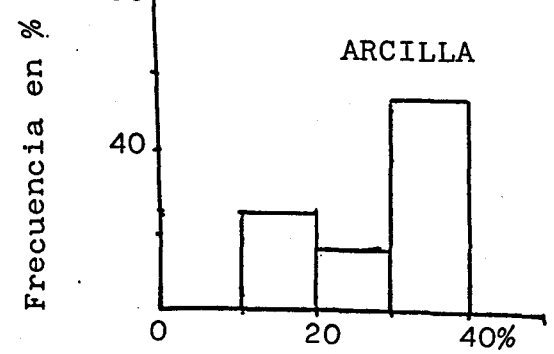
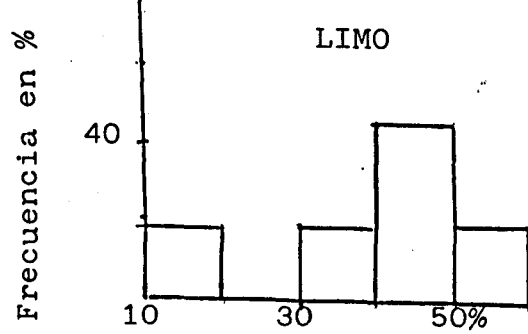
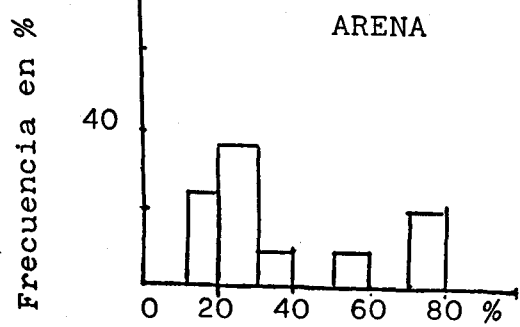


Fig. 72.- Histogramas de frecuencia para las muestras de la Formación Arenas de Huelva (Limos y Arenas).

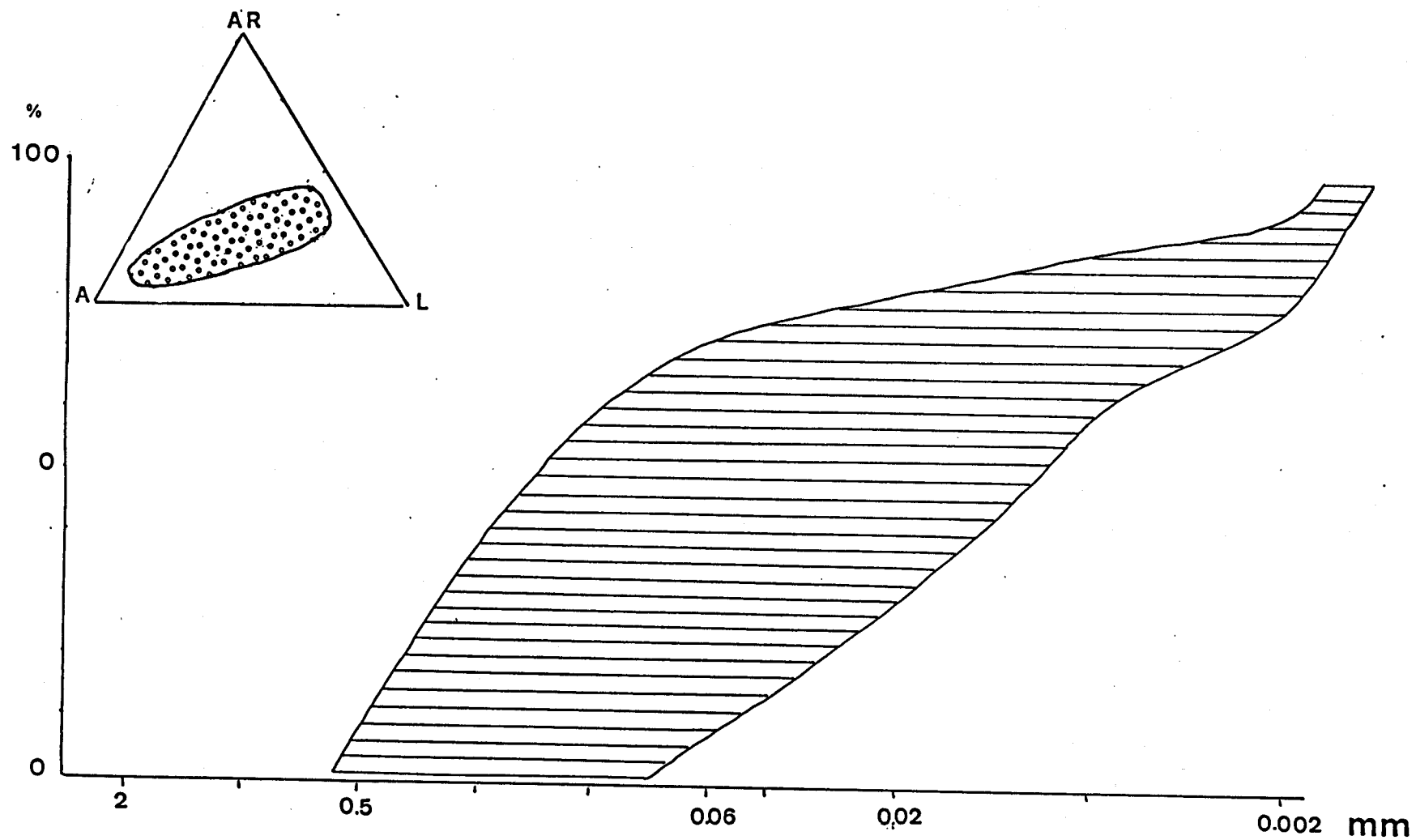


Fig. 73.- Diagrama triangular y grupo sedimentológico de las muestras pertenecientes a la Formación Arenas de Huelva (Limos y Arenas).

Los minerales de la arcilla presentes (Tabla XX, c) son illita esmectitas y caolinita. Las esmectitas son mayoritarias, el 56% de las muestras tienen un contenido mayor del 50%. La illita varía de un 30-66%, con un máximo entre el 30-40%. La clorita es minoritaria el total de las muestras tienen un contenido en este mineral menor del 10%. En la fig. 88, se representa en diagramas triangulares el análisis semicuantitativo de estos minerales en función de sus componentes principales.

Illita

Los valores de los parámetros b_0 y la reflexión 001, así como los datos de composición química a partir de estos valores se encuentran en la Tabla XXI.

Tabla XXI.

| Nº M | b_0 | 001 | Si ^{IV} | Al ^{IV} | Al ^{VI} | Fe ^{VI} | Mg ^{VI} | Fe+Mg (x) |
|------|-------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------|
| 26 | 9.006 | 9.97 | 3.23 | 0.77 | 1.760 | 0.130 | 0.119 | 0.23 |
| 49 | 9.008 | 10.01 | 2.95 | 1.05 | 1.739 | 0.140 | 0.130 | 0.22 |

Los datos de cristalinidad y tamaño de partícula se expresan en la siguiente tabla:

Tabla XXII.

| Nº M. | IK (mm) | IW | Ø cristalito (Å) |
|-------|---------|------|--------------------|
| 26 | 8.20 | 2.50 | 104 |
| 49 | 8.26 | 2.75 | 100 |

(x) Según Maxwell y Hower (1967)

La relación de intensidades I002/I001, la de asimetría R/L y la 2M/1Md se dan en la Tabla XXIII.

Tabla XXIII.

| NºM. | R/L | I002/I001 | 2M/1Md | Nº M | R/L | I002/I001 | 2M/1Md |
|-----------|------|-----------|--------|------|------|-----------|--------|
| 7 | 2.25 | 0.60 | 0.30 | 27 | 3.02 | 0.41 | ---- |
| 8 | --- | 0.54 | --- | 28 | --- | 0.40 | ---- |
| 9 | --- | ---- | -- | 29 | --- | 0.43 | ---- |
| 15 | --- | 0.39 | --- | 49 | 2.30 | 0.60 | ---- |
| 21 | --- | 0.45 | --- | 50 | --- | 0.44 | ---- |
| 26 | 2.20 | 0.39 | --- | 63 | 1.50 | 0.42 | ---- |
| \bar{X} | 2.30 | 0.46 | 0.35 | 64 | 2.60 | 0.51 | 0.41 |

Esmectitas

El índice de cristalinidad de Biscaye se expresa en la siguiente tabla:

Tabla XXIV.

| Nº Mues | I.B. | Nº.M | I.B |
|---------|------|------|------|
| 7 | 0.84 | 28 | 0.84 |
| 8 | 0.81 | 29 | 0.81 |
| 15 | 0.85 | 49 | 0.80 |
| 21 | 0.76 | 50 | 0.82 |
| 26 | 0.70 | 63 | 0.73 |
| 27 | 0.87 | 64 | 0.78 |

En la muestras 26, 63, 64 se realizó el estudio de los minerales pesados obteniéndose los siguientes resultados:

Muestra 26

Se vió la presencia de mica negra (Moscovita) y mica verde probablemente glauconita.

Muestra 63

Los minerales presentes en esta muestra en orden de abundancia son:

Oxidos de hierro, Magnetita, Goetita y Zircón.

Muestra 64

Los minerales existentes son: Ilmenita, Turmalina y Zircón.

Del estudio de lámina delgada se obtuvieron los resultados siguientes:

Muestra 9

Abundantes granos de cuarzo, homométricos, con un tamaño pequeño y subangulosos. Matriz esparítica muy fina, en ocasiones incluso micrítica. Abundancia de foraminíferos planctónicos, fundamentalmente Orbulina, y Globigerina. El resto lo constituyen secciones de placas de equínidos y fragmentos de conchas de moluscos bivalvos. Se podría definir como Calcareníta Bioesparítica.

Muestra 15

Granos de cuarzo heterométricos, angulosos o subangulosos. La matriz esparítica fina. Presencia de foraminíferos planctónicos, Globigerina, Globigerinoides y Orbulina. Esporádicamente restos de bentónicos muy mal conservados aunque pudieran ser del grupo de los Rotaliacea. Secciones de equínidos y fragmentos de bivalvos. Calcareníta bioesparítica

Los resultados de la determinación de carbonatos se dan en la Tabla XXV.

Tabla XXV .- Contenido en carbonatos de la muestras globales y en la fracción menor de 2μ .

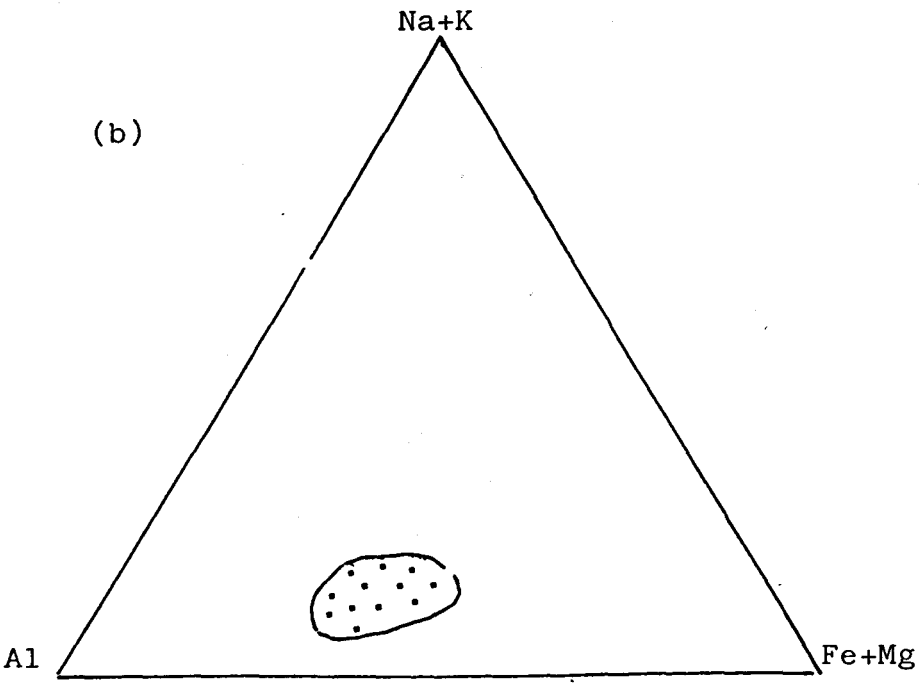
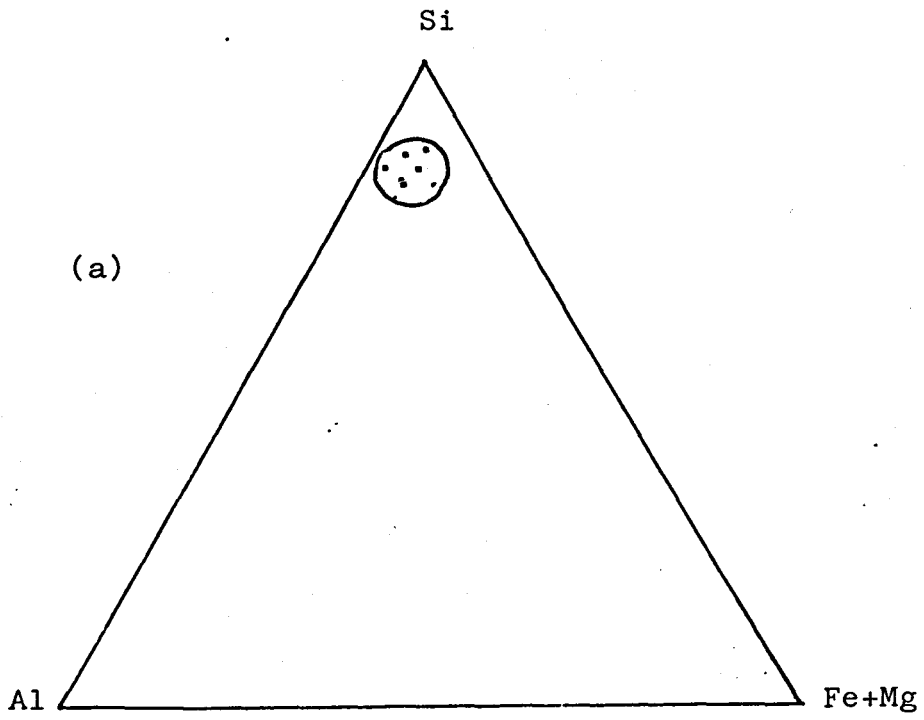
| Nº Muestra | Calcita | Dolomita | % $\text{CO}_3 < 2 \mu$ |
|------------|---------|----------|-------------------------|
| 7 | 23 | 2 | 12 |
| 8 | 30 | 5 | 19 |
| 9 | 50 | 10 | 0 |
| 15 | 40 | 8 | 0 |
| 21 | 20 | 0 | 10 |
| 26 | 30 | 12 | 16 |
| 27 | 22 | 13 | 18 |
| 28 | 20 | 10 | 23 |
| 29 | 20 | 8 | 19 |
| 49 | 45 | 2 | 21 |
| 50 | 31 | 2 | 23 |
| 63 | 40 | 4 | 10 |
| 64 | 30 | 8 | 0 |

Los resultados de los análisis químicos de algunas muestras de esta formación se dan en la siguiente tabla:

XXVI .- Análisis químicos de las muestras de la Formación Arenas de Huelva (Limos y Arenas)

| Muestra | SiO_2 | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | CaO | MgO | TiO_2 | Na_2O | K_2O | P.110 ^g | P.C. |
|---------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------|------|----------------|-----------------------|----------------------|--------------------|-------|
| 9 | 47.15 | 4.16 | 1.33 | 22.16 | 2.49 | 0.51 | 0.42 | 1.09 | 0.63 | 21.72 |
| 1 | 71.85 | 8.44 | 3.38 | 6.08 | 0.80 | 0.42 | 0.32 | 1.55 | 4.12 | 7.51 |
| 6 | 51.00 | 4.81 | 2.01 | 18.96 | 2.42 | 0.73 | 0.53 | 1.19 | 0.85 | 18.82 |
| 7 | 51.63 | 5.21 | 2.21 | 17.10 | 2.72 | 0.54 | 0.37 | 1.30 | 1.80 | 18.75 |
| 9 | 62.23 | 9.34 | 3.62 | 9.36 | 1.30 | 0.78 | 0.45 | 1.88 | 5.19 | 5.14 |
| 9 | 42.75 | 6.43 | 2.34 | 24.66 | 1.22 | 0.24 | 0.34 | 1.27 | 2.70 | 21.37 |
| 3 | 50.06 | 4.74 | 3.83 | 19.75 | 0.78 | 0.31 | 0.24 | 0.82 | 1.84 | 19.06 |
| 4 | 42.93 | 5.10 | 3.92 | 23.98 | 0.64 | 0.58 | 0.20 | 0.90 | 1.96 | 22.07 |

En la fig. 74 se representan diagramas ternarios de los datos de análisis químicos.



74 .- Representación de los sistemas Al, Si, Fe+Mg (a) y Al, Na+K Fe+Mg de los análisis químicos de la Formación Arenas de Huelva (Limos y Arenas)

En resumen podemos decir que se trata de una formación areno-limosa con intercalaciones de areniscas.

La asociación mineralógica global (Fig.75) es:

Cuarzo (34%) + Calcita (28%) + Filosilicatos (24%) + Dolomita (10%) + Feldespatos (< 5%).

Los minerales de la arcilla (Fig. 75) son:

Esmectitas (51%) + Illita (39%) + Caolinita (5%) .

Las illitas tienen bajo o nulo grado de paragonitización y pequeño tamaño de cristalito (102 Å). El índice de Kubler toma valores por encima de la media regional (8.23) , el de Weaver tiene un valor medio de 2.62 lo que indicaría que estamos dentro de una zona de diagénesis.

Las esmectitas son de tipo beidellita con un alto grado de cristalinidad.(0.85).

La asociación de minerales pesados es:

Oxidos de hierro, Magnetita, Ilmenita, Turmalina, Gohetita y Zircón .

El contenido global de carbonatos es alto (32% de media) y en la fracción menor de 2 μ la media es de 15%.

Las muestras tienen una relación Al/Fe+Mg superior a 1, con bajos porcentajes de sodio y potasio (especialmente del primero) y presenta mayor abundancia del hierro frente al magnesio.

La edad de estos materiales por la asociación de foraminíferos (Tabla LXXIII) es Plioceno inferior .
alto.

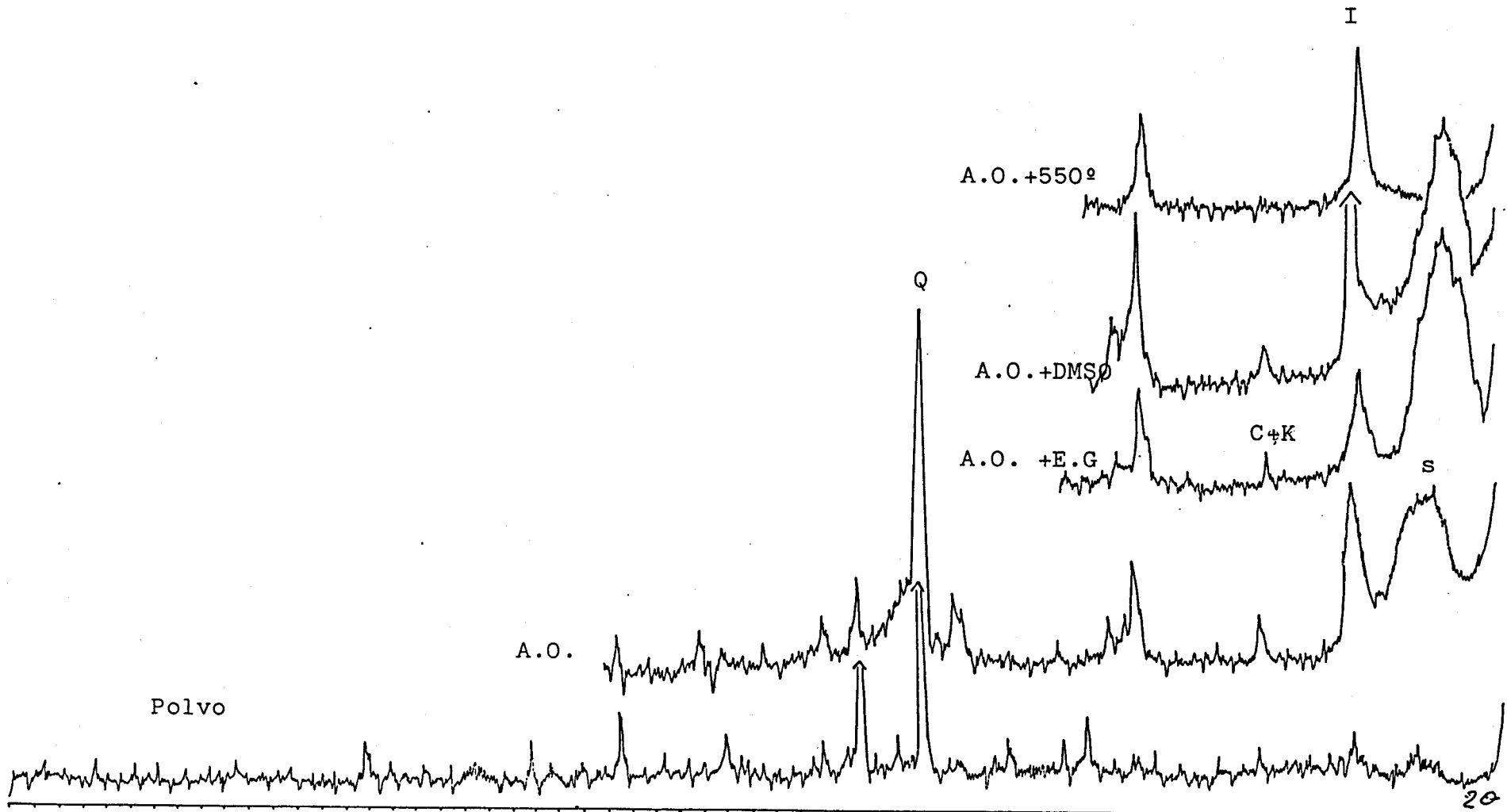


Fig. 75.- Diagramas de difracción de la muestra integral y de la fracción arcilla. Formación Arenas de Huelva. (Limos y Arenas)

V.3.2.5. Formación Guadaira (Calcarenitas) _

Se trata de calcarenitas masivas con intercalaciones de margas verdes en bancos de escasos centímetros.

La composición mineralógica global (Tabla XVII b) es de calcita, cuarzo mayoritarios y filosilicatos minoritarios y esporádicos. La calcita varia entre el 40-85%. El cuarzo es el segundo mineral en orden de abundancia y tiene una media del 20%. La dolomita está presente en algunas muestras en cantidades poco significativas (2%). La muestra arcillosa nº 85 tiene un alto contenido en filosilicatos (85%) y calcita y cuarzo en cantidades equivalentes y minoritarias (8%).

Sólo se han determinado la composición mineralógica de la fracción arcilla en la muestra nº 85 y los resultados se dan en la Tabla XXVII, c.

Tabla. XXVII.- Resultados del análisis granulométrico y mineralógico de la Formación Guadaira (Calcarenitas).

| M | (a) | | | (b) | | | | | (c) | | |
|-----|------------|------------|-----------|-----|----|---|---|----|-----|----|-----|
| | > 63 μ | 63-2 μ | < 2 μ | Q | C | D | F | FI | I | S | C+K |
| 65 | -- | -- | -- | 15 | 68 | 2 | 3 | 12 | -- | -- | - |
| 66 | -- | -- | -- | 14 | 86 | - | - | -- | -- | -- | - |
| 83 | -- | -- | -- | 21 | 68 | 2 | - | 9 | -- | -- | - |
| 83 | -- | -- | -- | 50 | 40 | - | - | 10 | -- | -- | - |
| 86 | -- | -- | -- | 15 | 78 | 3 | - | 4 | -- | -- | - |
| 87 | -- | -- | -- | 24 | 76 | - | - | -- | -- | -- | - |
| 131 | -- | -- | -- | 25 | 75 | - | - | -- | -- | -- | - |
| 132 | -- | -- | -- | 14 | 78 | 3 | - | -- | -- | -- | - |
| 85 | 2 | 36 | 64 | 8 | 9 | - | - | 85 | 19 | 73 | 8 |

Los resultados de la determinación de carbonatos se dan en la tabla siguiente:

Tabla XXVIII.

| M | C | D | % CO ₃ < 2μ |
|-----|----|---|------------------------|
| 65 | 70 | 0 | 0 |
| 66 | 80 | 0 | 0 |
| 83 | 70 | 0 | 0 |
| 84 | 50 | 0 | 0 |
| 86 | 80 | 0 | 0 |
| 87 | 69 | 0 | 0 |
| 131 | 90 | 0 | 0 |
| 132 | 84 | 0 | 0 |

Los datos obtenidos del análisis químico se dan en la Tabla XXIX. y la representación en los sistemas Al, Si, Fe+Mg y Al, Na+K y Fe+Mg de estos resultados en la Fig.76.

Tabla XXIX. - Análisis químicos de las muestras de la Formación Guadaira (Calcarenitas)

| Muestra | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | Na ₂ O | K ₂ O | P. 110° | P.C. |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-------------------|------------------|---------|-------|
| 66 | 11.55 | 0.99 | 1.10 | 43.00 | 0.31 | 0.14 | 0.07 | 0.22 | 4.49 | 36.99 |
| 83 | 36.85 | 1.10 | 2.22 | 26.34 | 0.23 | --- | 0.06 | 0.31 | 1.07 | 32.97 |
| 84 | 51.60 | 2.82 | 9.34 | 18.25 | 0.44 | 0.41 | 0.10 | 0.67 | 2.28 | 17.60 |
| 85 | 66.60 | 13.67 | 11.94 | 5.51 | 1.29 | 0.55 | 0.20 | 1.76 | 6.58 | 8.47 |
| 87 | 21.12 | 0.46 | 2.40 | 37.41 | 0.23 | ---- | 0.03 | 0.14 | 0.34 | 37.80 |

Los minerales pesados determinados en la muestra nº 84 son:

Gohetita e ilmenita.

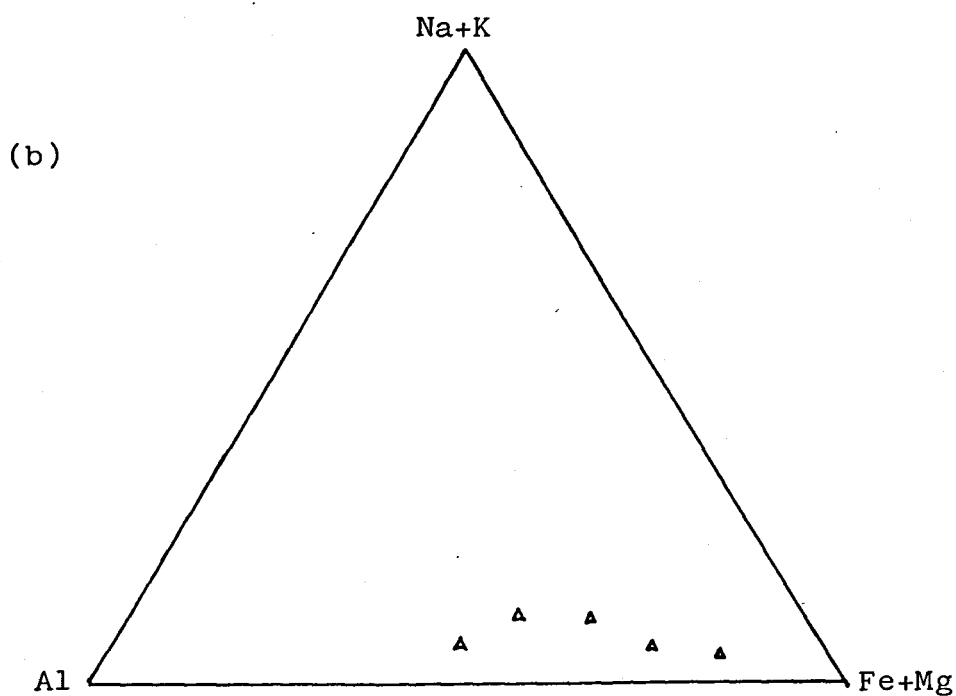
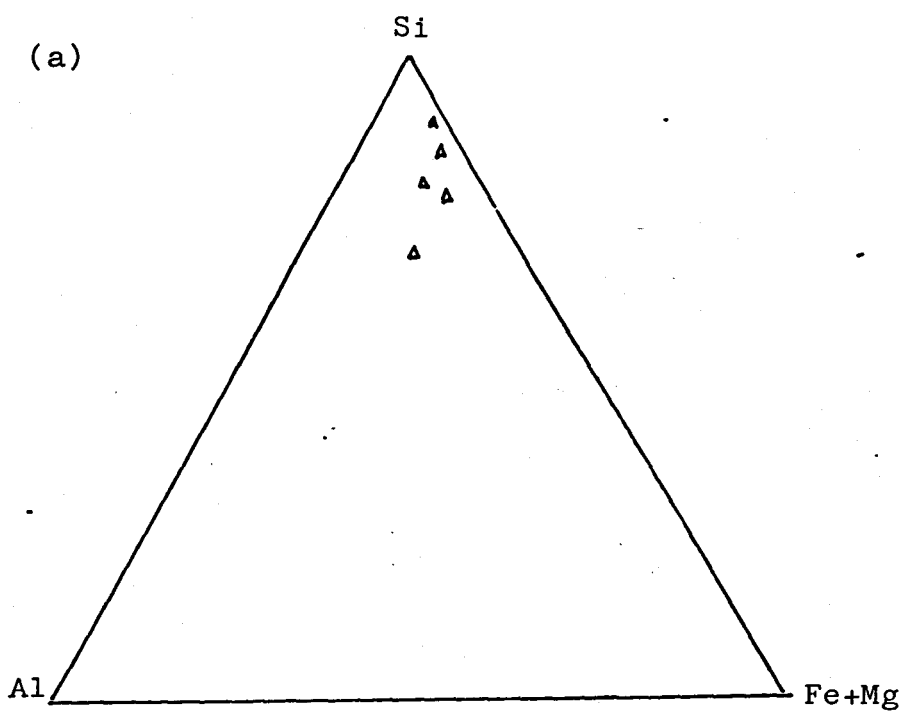


Fig. 76.- Relaciones entre los sistemas Al, Si, Fe+Mg (a) y Al, Na+K, Fe+Mg (b) para las muestras de la Formación Guadaira (Calcarenitas)

El estudio de lámina delgada dió los resultados siguientes:

Muestra 65

Granos de cuarzo heterométricos y subredondeados . Matriz esparítica. Presencia de foraminíferos planctónicos del género Nodosaria, Marginulina, Textularia, Lenticulina y Cibicides. Existen bastantes secciones de radiolas de equínidos, fragmentos de moluscos bivalvos y briozoos.

Se observan fenómenos de disolución de fósiles, que se traduce en un reemplazamiento posterior por calcita de recristalización o por cuarzo. Esta recristalización da lugar a huecos y espacios intergranulares. Es frecuente la presencia de glauconita subredondeada.

En vista de lo expuesto se podría denominar Biocalcarenita esparítica

Muestra 66

Existencia de granos de cuarzo pequeños y subangulosos. La matriz es esparítica, se observa la presencia frecuente de glauconita. Los foraminíferos son bastante frecuentes predominando los béntonicos. Los planctónicos aparecen normalmente muy recristalizados y fragmentados. También hay arenáceos uniseriados (Hormosininae) y biseriados (Textularia).

Entre los foraminíferos planctónicos reconocidos los más abundantes son: Globorotalia y Hastigerina . Los béntonicos son del tipo Cibicides, Siphonina y Discorbidae.

Se podría denominar esta roca como Calcarenita bioesparítica

Muestra 83

Presencia de granos de cuarzo bastante redondeados y heterométricos de tamaño mediano a grande. La matriz es esparítica gruesa. Granos de glauconita muy redondeados.

Se observan procesos de recristalización muy abundantes (también de disolución)

Existen numerosas secciones de radiolas de equínidos, y fragmentos de moluscos bivalvos y gasterópodos. Los foraminíferos planctónicos existentes son: Lagena, Cibicides, Textularia y Planorbulina.

Se ha denominado Biocalcarenita esparítica

Muestra 86

Presencia de granos de cuarzo redondeados. La matriz esparítica. Granos de glauconita redondeados, y minerales opacos. Los foraminíferos presentes son probablemente Rotalia y Planorbulina. Se observan huellas de disolución y recristalización.

Se ha clasificado como Biocalcarenita esparítica.

La cronología de estas muestras no se ha podido precisar. Son microfacies típicas del Terciario superior.

Las características de ésta Formación se podrían resumir de la siguiente manera:

- Escaso contenido en filosilicatos (< 10%)
- Calcita dominante y cuarzo presente en todas las muestras pero en cantidades menores.
- El contenido en aluminio es bajo (la relación Al/Fe+Mg menor de 1). Escasa presencia de álcalis y una relación Fe/Mg alta en algunas muestras superior a 6.

V.3.2.6. Margas_Verdes

La litología es de margas con intercalaciones limosas poco potentes.

Los resultados del análisis granulométrico se dan en la Tabla XXX.a. El contenido en arcilla varia de un 26-51% . El tamaño limo tiene unos porcentajes comprendidos entre el 20-51% semejante al de arcilla. La fracción arena es la minoritaria con una media del 22%. Los resultados expresados en diagrama triangular y el grupo sedimentológico reflejan que se trata de arcillas limosas y limos arcillosos Fig. 77.

Los minerales identificados han sido cuarzo, calcita y filosilicatos mayoritarios y dolomita y feldespatos presentes en todas las muestras en cantidades pequeñas. Los valores del análisis semicuantitativo se dan en la Tabla XXX b. y la representación triangular en función de los componentes principales en la fig.87.

Los minerales de la arcilla son esmectitas e illita como mayoritarios y caolinita en cantidades muy inferiores Tabla XXX. c. . Las esmectitas son los minerales de la arcilla mayoritarios llegando en algunos casos al 75%. La illita varia entre el 22-54% y la caolinita está presente en porcentajes inferiores al 5%.

Tabla XXX. Resultados de la composición granulométrica y mineralógica de las muestras de las Margas Verdes

| M | (a) | | | | (b) | | | | (c) | | | |
|----|-----------|------------|----------|----|-----|---|---|----|-----|----|-----|--|
| | >63 μ | 63-2 μ | <2 μ | Q | C | D | F | FI | I | S | C+K | |
| 77 | 28 | 37 | 35 | 26 | 23 | 5 | 9 | 37 | 40 | 57 | 3 | |
| 78 | 20 | 20 | 40 | 18 | 20 | 8 | 7 | 47 | 54 | 41 | 5 | |
| 79 | 18 | 52 | 30 | 28 | 21 | 9 | 8 | 34 | 22 | 75 | 3 | |
| 80 | 12 | 37 | 51 | 12 | 36 | 6 | 9 | 37 | 44 | 51 | 5 | |
| 81 | 23 | 51 | 26 | 27 | 40 | 2 | 6 | 25 | 49 | 47 | 4 | |

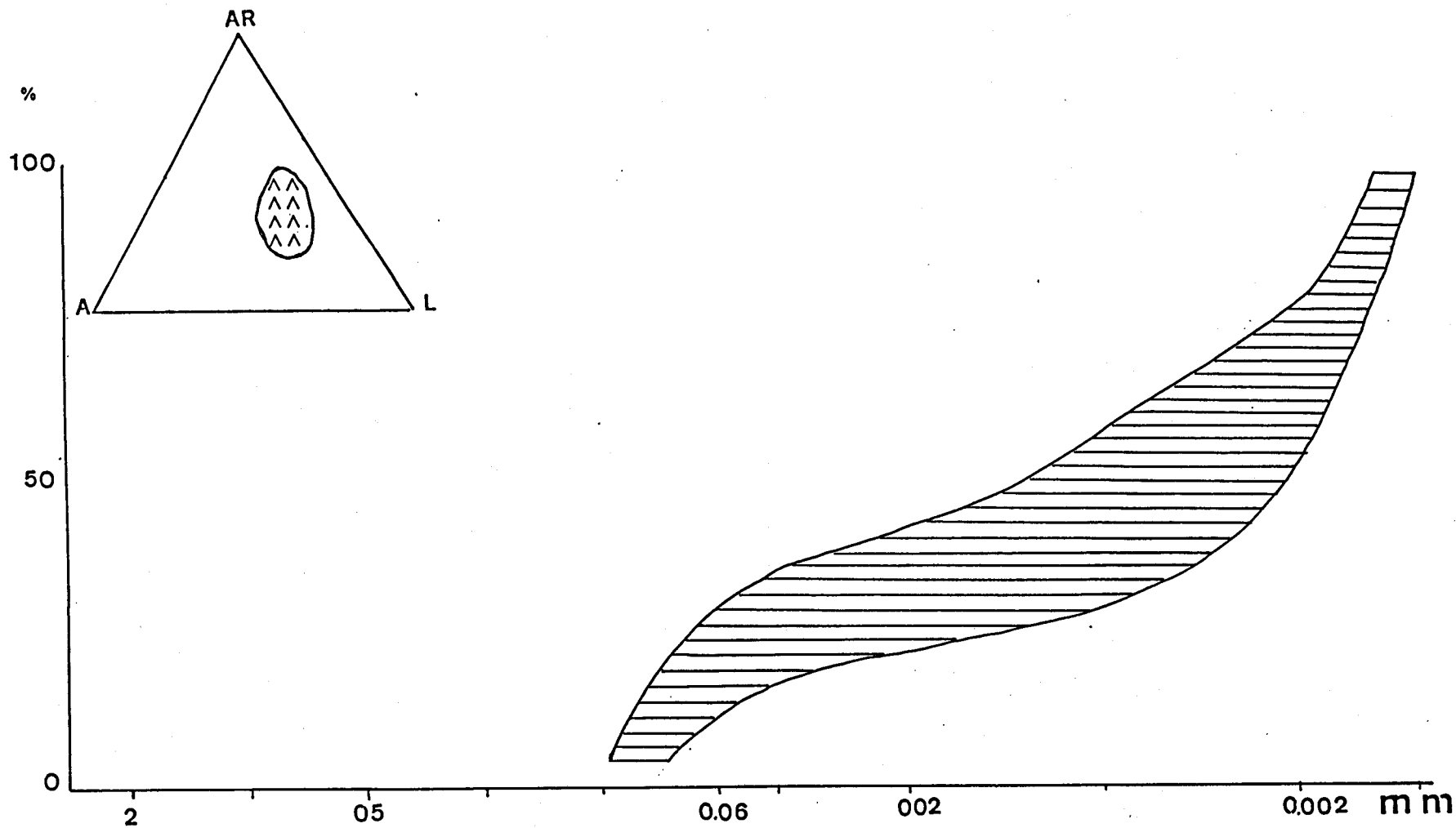


Fig. 77. Diagrama triangular y Grupo sedimentológico de las Margas Verdes

Illita

Se ha calculado para las muestras de esta formación el ρ_0 y la reflexión 001 en la muestra 78. Los valores obtenidos a partir de estos resultados se dan en la siguiente tabla:

Tabla XXXI

| Nº Mues. | ρ_0 | 001 | G.P. | Si ^{IV} | Al ^{IV} | Al ^{VI} | Fe ^{VI} | Mg ^{VI} | Fe+Mg |
|----------|----------|-------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 78 | 9.006 | 10.03 | 0.133 | 3.23 | 0.77 | 1.760 | 0.13 | 0.11 | 0.22 |

Los resultados del cálculo de la cristalinidad y tamaño del cristalito se dan en la Tabla XXXII.

Tabla XXXII.

| Nº Muestra | IK mm | IW | ϕ Cristalito Å |
|------------|-------|------|---------------------|
| 78 | 7.02 | 3.30 | 109 |

La Tabla XXXIII muestra los valores obtenidos para la relación I002/I001, la relación de asimetría y el politipo 2M/1Md

Tabla XXXIII

| Nº Muestra | I002/I001 | R/L | 2M/1Md |
|------------|-----------|------|--------|
| 77 | 0.50 | 4.00 | 0.22 |
| 78 | 0.52 | 2.00 | 0.14 |
| 79 | 0.54 | ---- | ---- |
| 80 | 0.50 | 2.60 | ---- |
| 81 | 0.41 | 3.00 | 0.30 |
| \bar{X} | 0.49 | 2.90 | 0.22 |

Esmectitas

Las esmectitas son dioctaédricas de la serie montmorillonita-beidellita con términos próximos a la beidellita.

La cristalinidad de las esmectitas se obtuvo para todas las muestras los resultados obtenidos se reflejan en la tabla siguiente:

Tabla XXXIV

| Nº Muestra | I.B. | Nº Muestra | I.B. |
|------------|------|------------|------|
| 77 | 0.85 | 80 | 0.84 |
| 78 | 0.94 | 81 | 0.84 |
| 79 | 0.85 | | |
| X | 0.87 | | |

Los resultados obtenidos de la determinación de carbonatos se da en la Tabla XXXV

Tabla XXXV .- Contenido en carbonatos en la muestra total y en la fracción $< 2 \mu$. Margas Verdes.

| Nº Muestra | Calcita | Dolomita | %CO ₃ $< 2 \mu$ |
|------------|---------|----------|----------------------------|
| 77 | 19 | 0 | 10 |
| 78 | 20 | 0 | 12 |
| 79 | 26 | 0 | 6 |
| 80 | 40 | 0 | 15 |
| 81 | 50 | 0 | 10 |

Los datos de análisis químicos se dan en la Tabla XXXVI

Tabla XXXVI .- Análisis químicos de las muestras pertenecientes a las Margas Verdes

| Muestra | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | Na ₂ O | K ₂ O | P.110 ² | P.C. |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------|
| 77 | 49.99 | 7.18 | 2.40 | 18.48 | 2.05 | 0.35 | 0.28 | 1.51 | 3.09 | 18.09 |
| 79 | 57.14 | 6.59 | 1.93 | 13.71 | 2.05 | 0.54 | 0.48 | 1.48 | 1.94 | 15.33 |

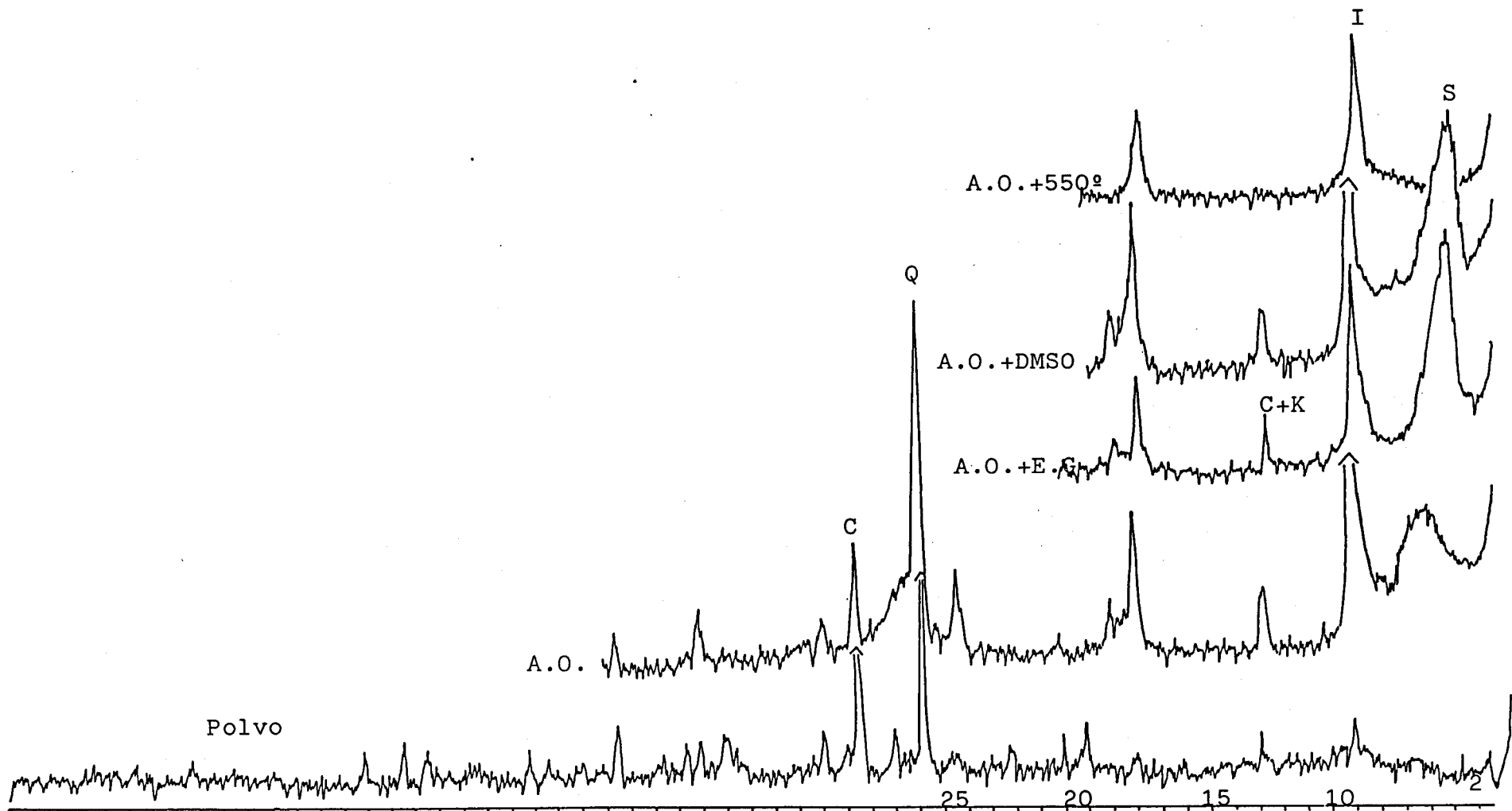


Fig. 78. Difractogramas de la muestra global y de la fracción arcilla . Margas verdes

Las características de los materiales que comportan este tramo litológico se pueden resumir de la siguiente manera:

- Se trata de margas limosas o limos-arcillosos
- La asociación mineralógica característica es (Fig.78): Cuarzo (12-28%) + Calcita (21-40%) + Filosilicatos (25-47%) + Dolomita (2-9%) + Feldespatos (6-9%).
- Los minerales de la arcilla son: Esmeclitas (41-75%) + Illita (22-49%) + Caolinita (3-5%).

La illita tiene una relación Al/Fe+Mg alta (media 0.49) lo que indica que se trata de illitas no fengíticas, pequeño tamaño de partícula (109) y bajo grado de paragonitización. Los índices de cristalinidad (7.02, I.K., 3.30, IW) indicarían una zona de diagénesis.

Las esmeclitas son del tipo beidellita con un alto grado de cristalinidad (I.B.= 0.87).

El contenido de carbonatos en la fracción fina es bajo (media del 10%).

Presentan alto contenido en Al frente a Fe+Mg. La relación Fe/Mg es próxima a 1. Los contenidos en sodio y potasio son bajos especialmente el primero.

V.3.2.7. Arenas basales

Está constituidas por arenas de grano fino a grueso. Los resultados del análisis granulométrico Tabla XXXVII a, indican que el contenido en fracción arcilla es muy bajo (19% de media). La fracción arena es la más abundante tomando valores del 75% en algunas muestras.

El contenido en fracción limo está comprendido entre el 7-50%. De la representación de estos datos en el diagrama triangular Fig. 79 se observa que las muestras son arenas o arenas limosas.

La composición mineralógica global (Tabla XXXVII b) indica que el cuarzo es el mineral más abundante (48-76%) la calcita es el segundo mineral en orden de abundancia con porcentajes comprendidos entre el 4 y 21%. Los filosilicatos y feldespatos están en proporciones semejantes (17% media). En la fig 87, se representan los diagramas triangulares para los componentes principales.

Los minerales de la arcilla presentes son illita, esmectitas y caolinita (Tabla XXXVII c), siendo la illita el más abundante (60% de media). Las esmectitas varían entre un 10-38%, y la caolinita tiene valores ligeramente mas altos que la media regional (hasta un 28%). El diagrama triangular representativo de este conjunto litológico se da en la Fig. 88.

Tabla XXXVII. Resultados de la composición granulométrica y mineralógica de las Arenas Basales.

| (a) | | | | (b) | | | (c) | | | |
|-----------|-----------|----------|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| $> 63\mu$ | $63-2\mu$ | $< 2\mu$ | Q | C | D | F | FI | I | S | C+K |
| 33 | 45 | 22 | 49 | 20 | -- | 12 | 19 | 48 | 38 | 16 |
| 57 | 26 | 17 | 48 | 18 | -- | 17 | 17 | 52 | 30 | 18 |
| 42 | 39 | 19 | 54 | 21 | -- | 13 | 12 | 66 | 24 | 10 |
| 75 | 11 | 14 | 50 | 19 | -- | 16 | 15 | 65 | 24 | 11 |
| 75 | 7 | 18 | 76 | 4 | -- | 10 | 10 | 62 | 10 | 28 |
| 34 | 50 | 16 | 49 | 16 | -- | 16 | 19 | 68 | 16 | 15 |

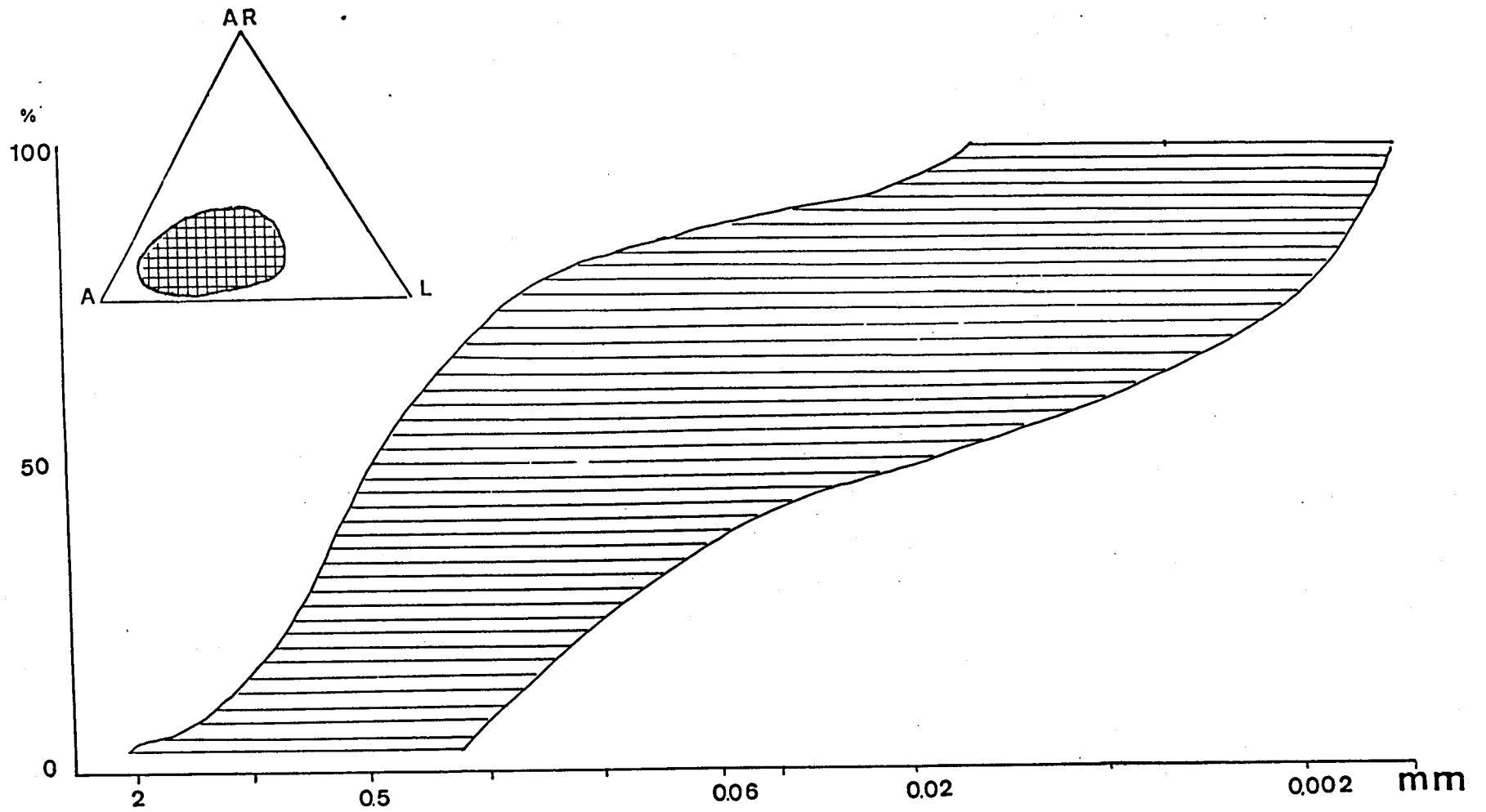


Fig. 79.- Representación triangular y Grupo sedimentológico de las Arenas basales

Illitas

Para las muestras pertenecientes a esta formación de Arenas basales se han calculado los parámetros cristalóquímicos en 2 muestras. Los resultados se dan en la tabla siguiente

Tabla XXXVIII

| Nº Mues. | bo | 001 | G.P. | Si | Al ^{IV} | Al ^{VI} | Fe ^{VI} | Mg ^{VI} | Fe+ Mg |
|----------|-------|-------|-------|------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|
| 69 | 9.023 | 9.99 | 0.058 | 3.11 | 0.89 | 1.58 | 0.21 | 0.22 | 0.46 |
| 74 | 8.994 | 10.03 | 0.000 | 2.88 | 1.12 | 1.88 | 0.07 | 0.04 | 0.00 |

La Tabla XXXIX muestra los valores obtenidos para los índices de cristalinidad y el tamaño del cristalito

Tabla XXXIX

| Nº Muestra | I.K. mm | I.W | ∅ cristalito Å |
|------------|---------|------|----------------|
| 69 | 7.26 | 3.30 | 115 |
| 74 | 7.28 | 3.45 | 111 |

Los resultados de las relaciones I002/I001, R/L, y 2M/1Md se dan en la tabla XL.

Tabla XL

| Nº Muestra | I002/I001 | R/L | 2M/1Md |
|------------|-----------|------|--------|
| 67 | 0.48 | 2.66 | -- |
| 68 | 0.46 | 3.40 | -- |
| 69 | 0.48 | 2.50 | -- |
| 70 | 0.46 | ---- | -- |
| 73 | 0.51 | 1.66 | -- |
| 74 | 0.33 | 1.60 | 0.28 |
| X̄ | 0.45 | 2.36 | |

Esmectitas

La cristalinidad de las esmectitas medida mediante el índice de Biscaye se refleja en la tabla XLI.

Tabla XLI

| Nº Muestra | I.B. | Nº Muestra | I.B. |
|------------|------|------------|------|
| 67 | 0.80 | 70 | 0.83 |
| 68 | 0.81 | 73 | 0.81 |
| 69 | 0.82 | 74 | 0.79 |
| \bar{X} | 0.81 | | |

Los resultados de la determinación de carbonatos se da en la siguiente tabla:

Tabla XLII .- Contenido en carbonatos en la muestra total y en la fracción menor de 2μ . Arenas Basales

| Nº Muestra | Calcita | Dolomita | %CO ₃ < 2 μ |
|------------|---------|----------|----------------------------|
| 67 | 20 | 0 | 49 |
| 68 | 21 | 0 | 10 |
| 69 | 25 | 0 | 52 |
| 70 | 20 | 0 | 26 |
| 73 | -- | - | -- |
| 74 | 20 | 0 | 7 |

Los datos del análisis químico de las muestras se refleja en la Tabla XLIII.

Tabla XLIII.- Análisis químicos de las muestras pertenecientes a las Arenas basales

| Muestra | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | Na ₂ O | K ₂ O | P.110° | P.C. |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-------------------|------------------|--------|-------|
| 68 | 73.68 | 9.21 | 3.55 | 3.31 | 0.59 | 0.93 | 0.33 | 1.83 | 3.82 | 6.30 |
| 69 | 69.15 | 4.53 | 1.68 | 17.38 | 0.59 | 0.08 | 0.18 | 0.93 | 2.68 | 25.43 |

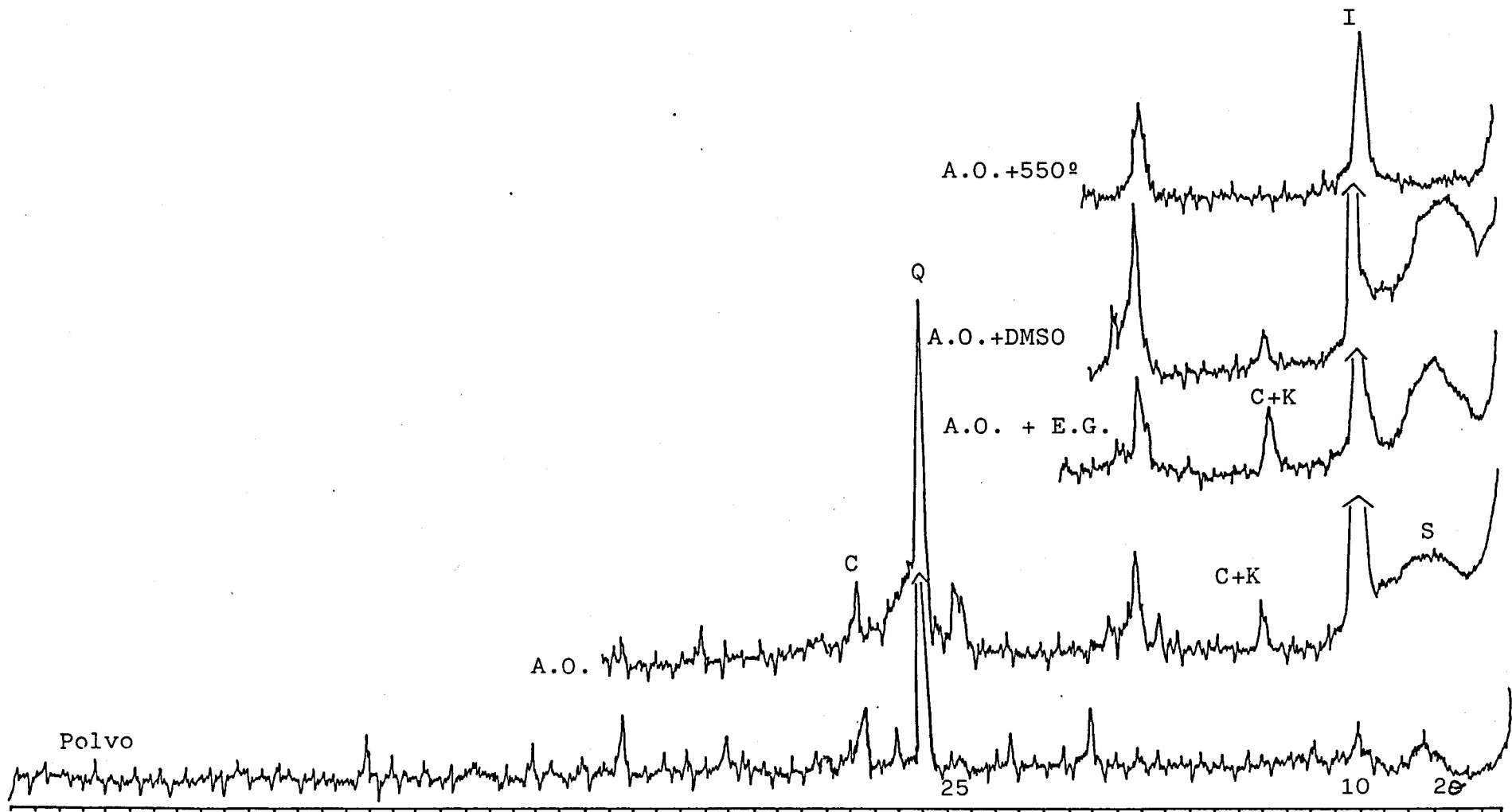


Fig. 80.- Difractogramas de la composición mineralógica global y fracción arcilla. Arenas basales

Las características de estos materiales se pueden resumir de la manera siguiente:

- La litología es de arenas o arenas limosas.

- La asociación mineralógica global (Fig. 80) es:

Cuarzo (\bar{X} 60%) + Calcita (\bar{X} 15%) + Feldespatos (\bar{X} 13%) + Filosilicatos (\bar{X} 13%)

- La mineralogía de arcillas (Fig. 80) es:

Illita (60%) + Esmectitas (20%) + Caolinita (15%).

La illita tiene bajo grado de paragonitización y pequeño tamaño de partícula, escaso contenido en Fe+Mg lo que indica que se trata de micas poco fengíticas. Los índices de cristalinidad (I.K, 7.27; IW, 3.37) indicarían una zona da diagénesis.

Las esmectitas son de tipo beidellita con alta cristalinidad, índice de Biscaye = 0.81.

- El contenido en carbonatos en la fracción menor de 2μ es alto (25% de media) .

- El porcentaje de sodio y potasio es muy bajo , la relación Fe/Mg es mayor que 1, El contenido en Al frente al de Fe+Mg es mayor de 2.

V.3.2.8. Arcillas y Arenas de descalcificación

La litología es de arcillas y arenas rojas procedentes de la alteración de los materiales cuaternarios. No llegan a constituir un conjunto litológico definido, pero se ha realizado su estudio por tener bastante extensión aunque escasa potencia.

De la Tabla XLIV a, se observa que el porcentaje en tamaño arena varia con un rango del 9-85% . La fracción limo es más homogénea con una media del 28%. La fracción arcilla tiene valores comprendidos entre el 6-60% .Esta gran variación queda reflejada en el diagrama del grupo sedimentológico, Fig. 81.

Los minerales identificados han sido cuarzo, calcita, feldespatos y filosilicatos (Tabla XLIVb). En la representación triangular (Fig 87). Se observan dos grupos claramente diferenciados uno de ellos con alto contenido en cuarzo (40-53%) y carbonatos(18-59%) y bajo porcentaje de filosilicatos (4-23%) y otro más arcilloso con porcentajes de filosilicatos altos .

Los minerales de la arcilla son: illita, esmectitas y caolinita (Tabla XLIV, c). La illita y esmectitas se encuentran en proporciones semejantes (valores medios del 43%) excepto en la muestra nº 88 en la que las esmectitas están ausentes y la illita es el mineral mayoritario (80%) La caolinita está presente en todas las muestras en cantidades menores del 8% excepto en la nº 88. La representación triangular en función de estos componentes de da en la fig. 88.

Tabla XLIV. Composición mineralógica y granulométrica de las muestras de Arenas y Arcillas de descalcificación

| (a) | | | (b) | | | | (c) | | | |
|-----|------------|----------|-----|----|---|----|-----|----|----|-----|
| >63 | 63-2 μ | <2 μ | Q | C | D | F | FI | I | S | C+K |
| -- | -- | - | 43 | 50 | - | 3 | 4 | -- | -- | - |
| 24 | 41 | 35 | 28 | 17 | - | 6 | 49 | 44 | 48 | 8 |
| 16 | 45 | 39 | 28 | 30 | - | 2 | 40 | 41 | 55 | 4 |
| 9 | 31 | 60 | 24 | 33 | - | 2 | 41 | 40 | 55 | 3 |
| 49 | 29 | 22 | 43 | 40 | - | 10 | 7 | 57 | 41 | 2 |
| 85 | 9 | 6 | 53 | 18 | - | 6 | 23 | 43 | 50 | 7 |
| 56 | 34 | 10 | 30 | 46 | - | 10 | 14 | 45 | 40 | 5 |
| 50 | 28 | 22 | 40 | 27 | - | 7 | 26 | 42 | 51 | 7 |
| 24 | 30 | 46 | 28 | 12 | - | 18 | 42 | 52 | 41 | 7 |
| 75 | 6 | 19 | 42 | 17 | - | 12 | 29 | 80 | | 20 |

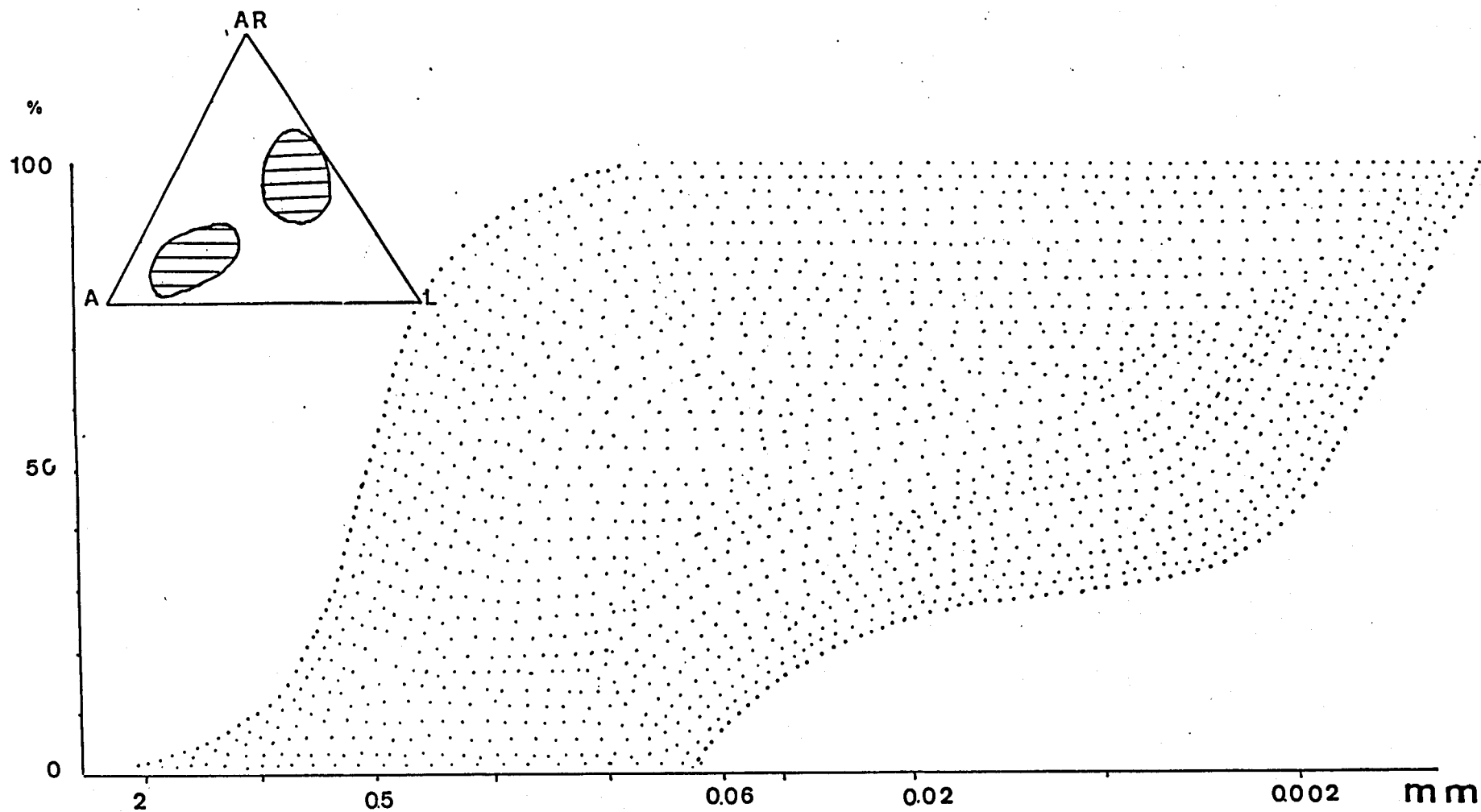


Fig.81 .- Representación triangular y Grupo sedimentológico de las Arenas y Arcillas de descalcificación

Illita

En las muestras pertenecientes a las Arcillas y Arenas de descalcificación se han calculado el parámetro bo y la reflexión 001 en las muestras 30 y 82. Los resultados obtenidos se dan en la tabla siguiente:

Tabla XLV.

| Nº M. | bo | 001 | G.P. | Si ^{IV} | Al ^{IV} | Al ^{VI} | Fe ^{VI} | Mg ^{VI} | Fe+Mg |
|-------|-------|-------|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 30 | 9.014 | 10.01 | 0.00 | 2.95 | 1.05 | 1.67 | 0.17 | 0.16 | 0.32 |
| 82 | 8.98 | --- | --- | --- | --- | 2.02 | 0.005 | 0.01 | 0.00 |

Los resultados de las medidas de cristalinidad y tamaño de cristalito se dan en la Tabla XLVI.

Tabla XLVI

| Nº Muestra | I.K.mm | I.W. | \emptyset Cristalito Å |
|------------|--------|------|--------------------------|
| 30 | 8.52 | 2.30 | 97 |
| 82 | -- | -- | -- |

Las relaciones I002/I001, R/L, y 2M/1Md se reflejan en la Tabla XLVII

Tabla XLVII

| Nº Muestra | I002/I001 | R/L | 2M/1Md |
|------------|-----------|------|--------|
| 22 | ---- | --- | --- |
| 23 | 0.40 | --- | --- |
| 30 | 0.41 | 2.25 | 0.33 |
| 31 | 0.40 | --- | --- |
| 51 | 0.42 | 3.00 | 0.80 |
| 52 | 0.40 | --- | --- |
| 57 | 0.50 | 2.66 | 0.90 |
| 58 | 0.32 | ---- | --- |
| 82 | 0.58 | 2.02 | ---- |
| 88 | 0.38 | --- | --- |
| \bar{X} | 0.42 | 2.48 | 0.67 |

Esmectitas

Los valores de la cristalinidad de la esmectita medidos mediante el índice de Biscaye se dan en la Tabla XLVIII.

Tabla XLVIII

| Nº Muestra | I.B. | Nº Muestra | I.B. |
|------------|------|------------|------|
| 23 | 0.57 | 52 | 0.59 |
| 30 | 0.90 | 57 | 0.82 |
| 31 | 0.86 | 58 | 0.60 |
| 51 | 0.81 | 82 | 0.75 |
| \bar{X} | 0.77 | | |

Los datos de la determinación de carbonatos se dan en la siguiente tabla:

Tabla XLIX.- Contenido en carbonatos en la muestra total y en la fracción menor de 2 μ . Arcillas y arenas de descalcificación.

| Nº Muestra | Calcita | Dolomita | < %CO ₃ 2 μ |
|------------|---------|----------|----------------------------|
| 22 | 40 | 0 | -- |
| 23 | 10 | 0 | 10 |
| 30 | 30 | 0 | 20 |
| 31 | 39 | 0 | 12 |
| 51 | 45 | 0 | 0 |
| 52 | 20 | 0 | 6 |
| 57 | 49 | 0 | 7 |
| 58 | 20 | 0 | 6 |
| 82 | 10 | 0 | 0 |
| 88 | 10 | 0 | 00 |

Los datos de análisis químicos se expresan en la Tabla L. y su representación triangular en la fig. 82.

Tabla L.- Análisis químicos de las arenas y arcillas de descalcificación

| Muestra | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | Na ₂ O | K ₂ O | P.110º | P.C. |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-------------------|------------------|--------|-------|
| 30 | 44.00 | 7.39 | 2.87 | 21.94 | 1.09 | 0.40 | 0.21 | 1.42 | 3.32 | 20.65 |
| 51 | 57.17 | 5.88 | 1.78 | 16.29 | 0.65 | 0.54 | 0.71 | 1.25 | 0.84 | 15.08 |
| 58 | 69.93 | 8.33 | 2.91 | 6.95 | 0.59 | 0.61 | 0.48 | 1.77 | 2.89 | 8.00 |
| 82 | 70.18 | 8.36 | 3.29 | 7.32 | 0.75 | 0.72 | 0.35 | 1.38 | 4.36 | 8.18 |
| 88 | 71.07 | 6.52 | 12.90 | 1.96 | 0.53 | 0.44 | 0.18 | 0.88 | 2.10 | 6.14 |

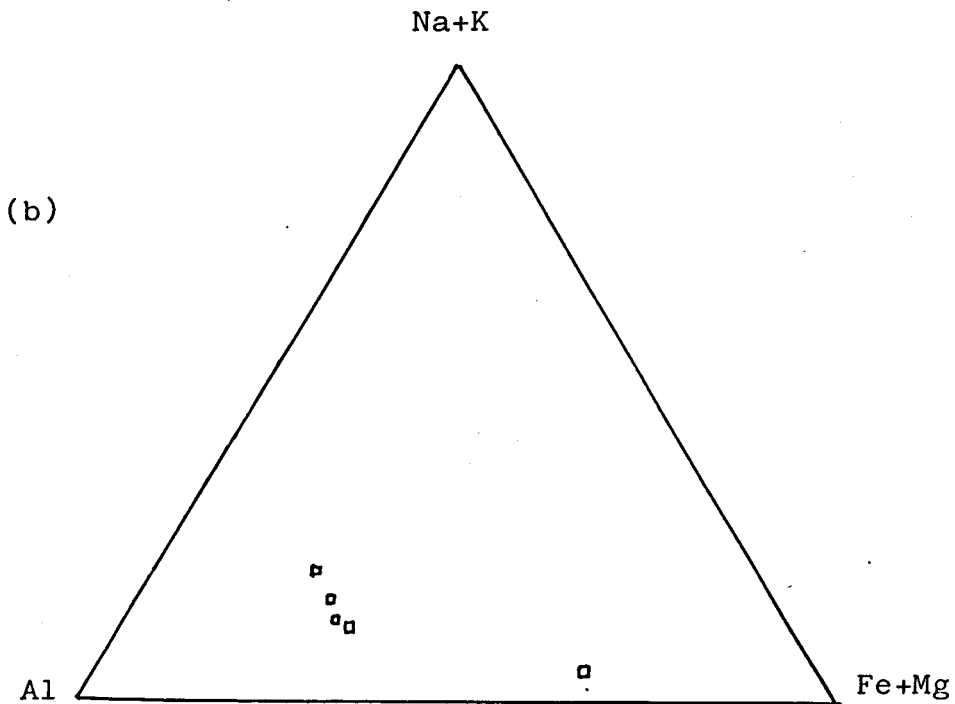
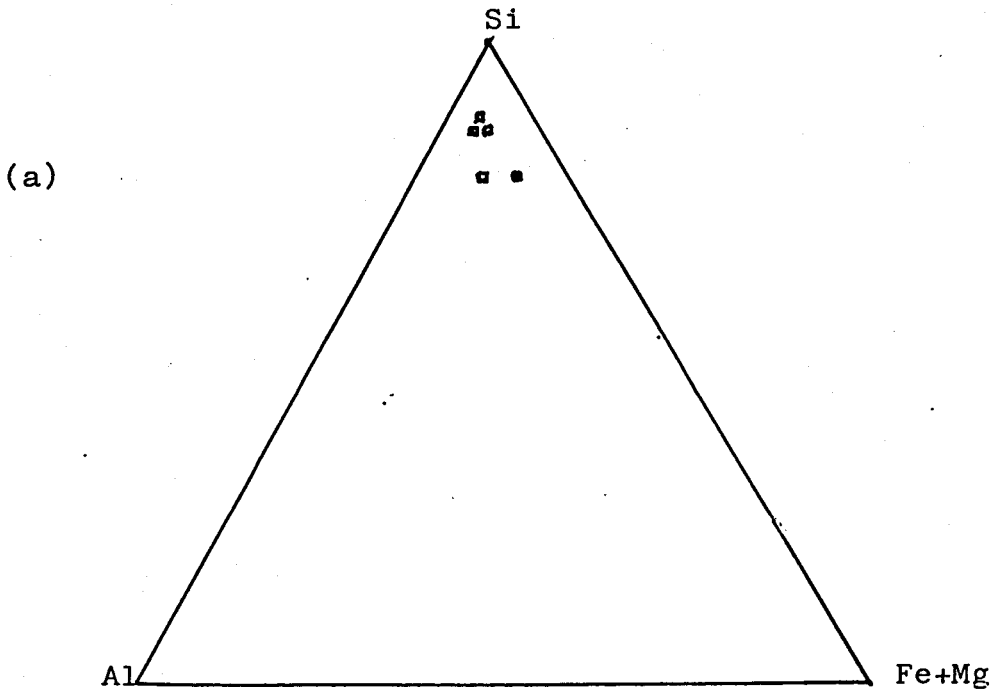


Fig. 82. Representación triangular de los sistemas Al, Si. Fe+Mg (a) y Al, Na+K, Fe+Mg (b), de las Arcillas y Arenas de descalcificación.

V.3.2.9. Formación Roja (Alto nivel Aluvial) _

Esta formación se ha denominado equivocadamente como glacis atendiendo a un criterio geomorfológico para denominar una formación. Del estudio realizado en este trabajo se ha comprobado que estos depósitos no tienen morfología de glacis en esta zona y que corresponden a un alto nivel aluvial.

Los materiales son gravas, arenas finas y arcillas rojas.

En la Tabla LI a, se recogen los datos del análisis granulométrico. La fracción arena es la mayoritaria (60% media). La fracción arcilla tiene valores de un 15% de media, es la menos abundante. La fracción limo varia de un 9-38%. El grupo sedimentológico y la representación triangular se reflejan en la Fig. 83.

El cuarzo es el mineral mayoritario, todas las muestras presentan un porcentaje en este mineral superior al 54%. Los feldespatos y los filosilicatos están en proporciones semejantes (14%). La calcita es minoritaria el total de las muestras tienen un porcentaje menor del 9%. La representación triangular de estos resultados se da en la Fig. 87.

Los minerales de la arcilla presentes son caolinita, esmectitas e illita (Tabla LI c). La caolinita es el mineral mayoritario con porcentajes superiores al 50% y que en alguna muestra (nº59) llega a ser del 71%. Las esmectitas e illita están en proporciones semejantes o ligeramente superiores en el caso de las esmectitas. La Fig. 88 muestra la representación triangular de las muestras para estos componentes.



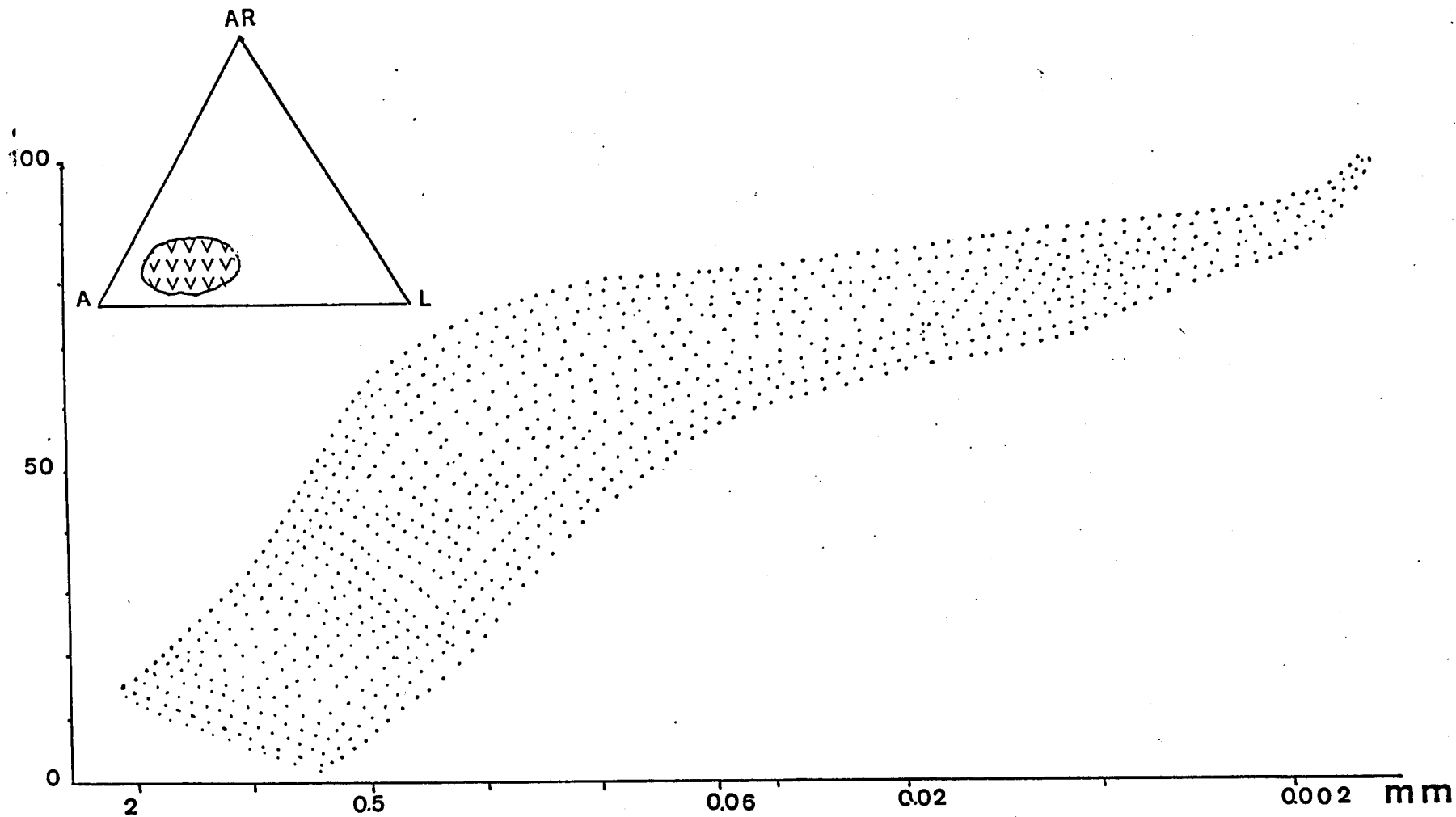


Fig. 83.- Representación triangular y Grupo sedimentológico del Alto nivel Aluvial

Tabla LI. Composición granulométrica y mineralógica de las muestras de la Formación Roja.

| >63 μ | (a) | | | (b) | | | | | (c) | |
|-----------|------------|----------|----|-----|---|----|----|----|-----|-----|
| | 63-2 μ | <2 μ | Q | C | D | F | FI | I | S | C+K |
| 46 | 38 | 16 | 71 | 2 | - | 16 | 11 | 20 | 25 | 55 |
| 79 | 11 | 10 | 59 | 9 | - | 18 | 14 | 10 | 19 | 71 |
| 73 | 9 | 18 | 54 | 9 | - | 12 | 25 | 11 | 32 | 57 |
| 60 | 24 | 16 | 65 | 7 | - | 14 | 14 | 27 | 25 | 48 |

Illita

Para las muestras del Alto nivel Aluvial, se ha medido el parámetro bo y la reflexión 001 en la muestra 72. Los valores obtenidos se dan en la tabla siguiente LII.

Tabla LII.

| Nº M. | bo | 001 | G.P. | Si ^{IV} | Al ^{IV} | Al ^{VI} | Fe ^{VI} | Mg ^{VI} | Fe+Mg |
|-------|-------|-------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 72 | 8.995 | 10.03 | 0.000 | 2.88 | 1.12 | 1.87 | 0.075 | 0.05 | 0:00 |

Los índices de cristalinidad y el tamaño del cristalito se dan en la Tabla LIII

Tabla LIII.

| Nº Muestra | I.K. mm | I.W. | ϕ cristalito \AA |
|------------|---------|------|--------------------------------|
| 72 | 8.20 | 2.50 | 101 |

Los datos de las relaciones I002/I001, R/L y 2M/1Md se reflejan en la Tabla LIV.

Tabla LIV.

| Nº Muestra | I002/I001 | R/L | 2M/1Md |
|------------|-----------|------|--------|
| 71 | 0.56 | -- | -- |
| 72 | 0.56 | 2.02 | 0.66 |
| 75 | 0.60 | 2.50 | --- |
| 76 | 0.55 | 3.00 | -- |

Esmectitas

La medida de los índices de Biscaye para las esmectitas se expresa en la siguiente tabla:

Tabla LV.

| Nº Muestra | I.B. | Nº Muestra | I.B. |
|------------|------|------------|------|
| 71 | 0.56 | 75 | 0.60 |
| 72 | 0.56 | 76 | 0.58 |

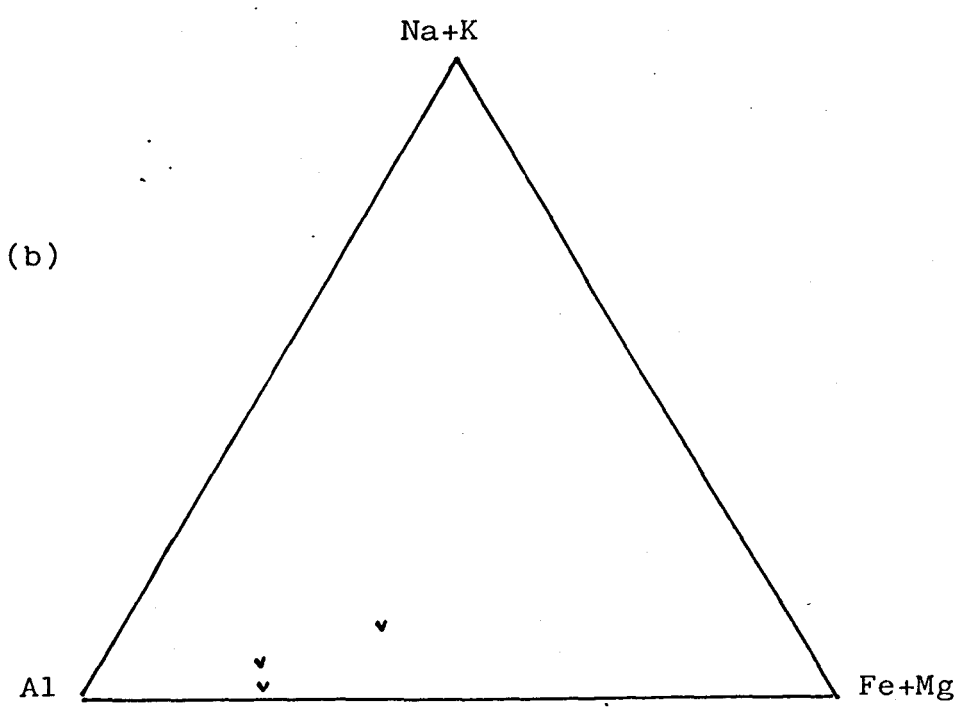
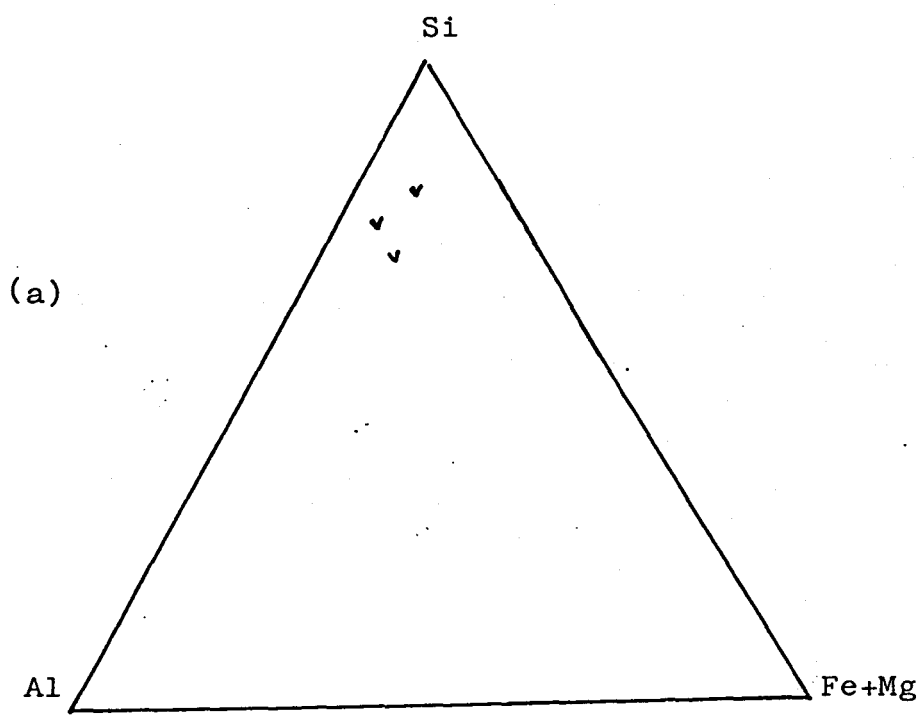
Los resultados del estudio de los minerales pesados en las muestras 72, 75, 76, dan una asociación en orden decreciente de abundancia que es la siguiente:

Magnetita, Gohetita, Ilmenita, Turmalina, Zircón, Andalu-cita y Cordierita.

En la Tabla LVI se dan los datos obtenidos de los análisis químicos y en la Fig. 84, las relaciones triangulares de estos resultados para los sistemas Al, Si, Fe+Mg y Al, Na+K, Fe+Mg.

Tabla LVI.- Análisis químicos de la Formación roja (Alto nivel aluvial)

| Muestra | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | Na ₂ O | K ₂ O | P.110° | P.C. |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------------------|------------------|--------|------|
| 71 | 65.92 | 18.43 | 5.37 | 0.62 | 0.50 | 0.40 | 0.18 | 0.13 | 4.74 | 6.60 |
| 72 | 66.30 | 18.19 | 4.51 | 0.78 | 0.49 | 0.62 | 0.16 | 1.65 | 4.42 | 6.75 |
| 76 | 70.94 | 10.36 | 6.13 | 2.23 | 0.62 | 0.94 | 0.29 | 1.95 | 4.10 | 6.05 |



g. 84.- Representación triangular para los sistemas Al, Si, Fe+Mg (a) y Al, Na+K, Fe+Mg (b) de la Formación Roja (Alto nivel Aluvial)

En resumen podemos decir que esta Formación Roja está constituida por gravas y arenas. La granulometria de las muestras estudiadas nos indica que se trata de arenas finas.

La asociación mineralógica es:

Cuarzo (54-71%) + Filosilicatos (11-25%) + Feldespatos (12-18%) + Calcita (2-9%).

Para los minerales de la arcilla la asociación es:

Caolinita (48-71%) + Esmectitas (19-32%) + Illita (10-20%).

Las illitas tienen un grado de paragonitización nulo, el tamaño de cristalito es pequeño (101 \AA), con escaso contenido de hierro y magnesio en la capa octaédrica.

El índice de Kubler es de 8.20 y el de Weaver de 2.50 (zona de diagénesis).

Las esmectitas tienen un grado de cristalización medio 0.57 (índice de Biscaye).

La asociación de minerales pesados es Magnetita, Gohetita, Ilmenita, Turmalina, Zircón, Andalucita y Cordierita.

El contenido en sodio y potasio es muy bajo, la relación Fe/Mg es superior a 4 en todas las muestras y el contenido en Al frente al Fe+Mg es mayor de 2.

Illita

En las muestras de la Terraza 1.-se ha calculado el parámetro b_0 y la reflexión 001 para la muestra 116. Los resultados obtenidos se dan en la tabla siguiente:

Tabla LIII

| N.º | M. | b_0 | 001 | G.P. | Si ^{IV} | Al ^{IV} | Al ^{VI} | Fe ^{VI} | Mg ^{VI} | Fe+Mg |
|-----|-------|-------|-------|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 116 | 8.980 | 9.99 | 0.059 | 3.11 | 0.81 | 1.97 | 0.025 | 0.148 | 0.20 | |

Las medidas de los índices de cristalinidad y del tamaño de cristal se dan en la Tabla LIV.

Tabla LIV

| Nº Muestra | I.K mm | I.W | ∅ cristalito ^o Å |
|------------|--------|------|-----------------------------|
| 116 | 7.50 | 2.85 | 106 |

La relación de intensidades I002/I001, la de asimetría R/L, y la 2M/1Md, calculadas se reflejan en la tabla siguiente:

Tabla LV

| Nº Muestra | I002/I001 | R/L | 2M/1Md |
|------------|-----------|------|--------|
| 116 | 0.32 | 2.42 | --- |
| 117 | --- | --- | --- |
| 118 | 0.28 | 2.60 | --- |
| 119 | --- | --- | --- |

El índice de cristalinidad de Biscaye para las esmectitas se da en la Tabla LVI

Tabla LVI.

| Nº Muestra | I.B. |
|------------|------|
| 116 | 0.18 |
| 118 | 0.18 |

La Terraza 2, 15-25 m de altitud, está constituida por gravas en la base que evolucionan hacia el techo a arenas y limos arcillosos.

Los resultados del análisis granulométrico se dan en la Tabla LVII, a) . Se puede observar la gran variación granulométrica existente, desde muestras con un contenido en fracción mayor de 2 mm, de un 74% a otras en las que el contenido en la fracción arcilla es de un 60%.

De los resultados de la composición mineralógica Tabla LVII, b, se observa que los carbonatos pueden ser dominantes (82% muestra 124). y en cualquier caso son abundantes con una media del 48%. El cuarzo es mucho más escaso que en la terraza 1 excepto en la base, y los filosilicatos también son mas abundantes que en la terraza 1 (hasta un 68%). Como se ve en la representación triangular (Fig. 87) existe una gran dispersión de valores para los contenidos de los tres componentes principales.

Los minerales de la arcilla identificados han sido esmectitas, illita , clorita y caolinita (Tabla LVII c). En la representación triangular (Fig. 88) se observa dos grupos diferenciados de muestras unos en el que el contenido en esmectitas es alto, y otro en el que la illita es el mineral mayoritario , este último corresponde a las muestras mas superficiales. La caolinita está presente en todas las muestras en cantidades que varían de un 6-20%. La clorita solo se ha identificado en algunas muestras y en porcentajes pequeños (menor del 5%).

Tabla LVII. Resultados de la composición granulométrica y mineralógica de la Terraza 2

| Muestra | (a) | | | (b) | | | | | (c) | | C+K |
|---------|------------|------|-----------|-----|----|----|----|----|-----|----|-----|
| | > 63 μ | 63-2 | < 2 μ | Q | C | D | F | FI | I | S | |
| 104 | 100 | -- | -- | - | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 105 | 62 | 18 | 20 | 44 | -- | -- | 27 | 29 | 25 | 65 | 10 |
| 106 | 19 | 71 | 10 | 28 | 46 | -- | 8 | 18 | 28 | 63 | 9 |
| 107 | 12 | 46 | 42 | 27 | 18 | -- | 7 | 47 | 24 | 67 | 9 |
| 108 | 25 | 30 | 45 | 22 | 39 | -- | 2 | 37 | 70 | 10 | 20 |
| 109 | 16 | 32 | 52 | 23 | 10 | -- | 4 | 63 | 67 | 18 | 15 |
| 120 | 61 | 20 | 19 | 6 | 85 | -- | -- | 9 | 30 | 58 | 12 |
| 121 | 45 | 33 | 22 | 20 | 68 | -- | -- | 12 | 30 | 60 | 10 |
| 122 | 26 | 40 | 34 | 13 | 63 | -- | -- | 24 | 25 | 60 | 15 |
| 123 | 26 | 36 | 38 | 15 | 23 | -- | 4 | 28 | 28 | 54 | 18 |
| 124 | 35 | 55 | 10 | 6 | 82 | -- | 2 | 10 | 69 | 11 | 20 |
| 125 | 77 | 16 | 7 | 42 | 14 | 3 | 17 | 24 | 36 | 48 | 16 |
| 126 | 25 | 43 | 32 | 25 | 42 | -- | 4 | 39 | 45 | 47 | 8 |
| 127 | 19 | 21 | 60 | 16 | 12 | -- | 4 | 68 | 36 | 52 | 12 |
| 128 | 13 | 37 | 50 | 20 | 20 | -- | 8 | 52 | 28 | 64 | 8 |
| 141 | 64 | 10 | 26 | 35 | 22 | 3 | 15 | 27 | 49 | 40 | x11 |
| 142 | 71 | 12 | 17 | 41 | 20 | 3 | 9 | 27 | 44 | 43 | 13 |
| 143 | 19 | 36 | 45 | 24 | 18 | -- | -- | 58 | 47 | 40 | x13 |
| 144 | 26 | 32 | 42 | 39 | 11 | -- | -- | 50 | 79 | 9 | 12 |
| 145 | 20 | 30 | 50 | 20 | 42 | -- | -- | 48 | 52 | 37 | 11 |
| 146 | 28 | 23 | 29 | 24 | 35 | -- | -- | 41 | 33 | 57 | 10 |
| 147 | 18 | 58 | 24 | 20 | 60 | -- | -- | 18 | 19 | 74 | 7 |
| 148 | 26 | 29 | 45 | 11 | 40 | -- | -- | 45 | 12 | 70 | 18 |
| 149 | 2 | 50 | 48 | 15 | 35 | 4 | 3 | 43 | 55 | 39 | 6 |
| 150 | 14 | 33 | 53 | 8 | 35 | -- | -- | 57 | 48 | 43 | 9 |
| 151 | 8 | 38 | 54 | 21 | 16 | -- | 3 | 60 | 37 | 54 | 9 |
| 152 | 43 | 27 | 30 | 35 | 10 | 3 | 32 | 20 | 53 | 26 | x21 |
| 153 | 29 | 40 | 31 | 17 | 44 | -- | 3 | 36 | 49 | 44 | x 7 |
| 154 | 14 | 31 | 55 | 8 | 54 | -- | -- | 38 | 57 | 36 | 8 |
| 167 | 46 | 26 | 28 | 22 | 46 | 2 | 3 | 26 | 47 | 41 | x12 |
| 168 | 31 | 37 | 32 | 39 | 19 | -- | 4 | 37 | 78 | 10 | 12 |
| 186 | 60 | 30 | 10 | 66 | 10 | -- | 5 | 15 | 42 | 50 | 8 |
| 187 | 5 | 43 | 52 | 14 | 51 | -- | 9 | 29 | 42 | 51 | 7 |
| 188 | 35 | 40 | 25 | 24 | 42 | -- | 6 | 25 | 59 | 31 | 10 |
| 191 | 68 | 12 | 20 | 67 | 20 | 3 | 3 | 7 | 31 | 60 | 9 |
| 192 | 36 | 32 | 32 | 23 | 42 | 3 | 2 | 30 | 33 | 56 | 11 |
| 193 | 86 | 12 | 2 | -- | -- | -- | - | -- | -- | -- | -- |
| 194 | 15 | 65 | 20 | 22 | 55 | 3 | 2 | 18 | 28 | 65 | 7 |
| 195 | 35 | 24 | 42 | 30 | 29 | 2 | 3 | 36 | 30 | 61 | 9 |
| 196 | 19 | 41 | 40 | 39 | 27 | 2 | 3 | 30 | 68 | 6 | 16 |

Illita

Para estos materiales, se calculó el parámetro b_0 y la reflexión 001 en las muestras 109 y 126. Los resultados obtenidos son:

Tabla LVIII

| Nº M. | b_0 | 001 | G.P | Si ^{IV} | Al ^{IV} | Al ^{VI} | Fe ^{VI} | Mg ^{VI} | Fe+Mg |
|-------|-------|------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 109 | 8.985 | 9.99 | 0.059 | 3.11 | 0.89 | 1.979 | 0.02 | 0.014 | 0.10 |
| 126 | 8.975 | 10.0 | 0.000 | 2.94 | 1.06 | ---- | ---- | ----- | --- |

Los valores obtenidos del grado de cristalinidad y el tamaño de cristal se dan en la tabla siguiente:

Tabla LIX

| Nº Muestra | I.K. mm | I.W | \emptyset cristalito \AA |
|------------|---------|------|-------------------------------------|
| 109 | 7.62 | 2.42 | 105 |
| 126 | 6.50 | 3.33 | 124 |

El valor de la relación I002/I001 y el de la relación de asimetría se expresan en la tabla LX.

Tabla LX

| Nº M. | I002/I001 | R/L | Nº. M. | I002/I001 | R/L |
|-------|-----------|-------|--------|-----------|-------|
| 104 | ----- | ----- | 145 | ----- | 1.20 |
| 105 | 0.28 | --- | 146 | ----- | 1.25 |
| 106 | 0.30 | 2.84 | 147 | --- | 1.32 |
| 107 | 0.22 | 2.80 | 148 | 0.39 | 1.50 |
| 108 | 0.25 | 2.80 | 149 | 0.28 | 2.20 |
| 109 | 0.28 | 3.02 | 150 | 0.22 | 1.66 |
| 120 | 0.26 | --- | 151 | 0.24 | 1.57 |
| 121 | 0.24 | --- | 152 | 0.40 | 1.75 |
| 122 | 0.28 | 2.80 | 153 | 0.23 | 2.02 |
| 123 | 0.22 | --- | 154 | 0.27 | 1.82 |
| 124 | 0.25 | ----- | 167 | 0.23 | --- |
| 125 | 0.35 | 2.78 | 168 | 0.25 | --- |
| 126 | 0.23 | 2.80 | 186 | 0.20 | --- |
| 127 | 0.28 | 2.20 | 187 | 0.20 | ----- |
| 128 | 0.22 | 2.80 | 188 | 0.22 | ----- |
| 141 | 0.25 | 2.02 | 191 | 0.26 | 1.20 |
| 142 | 0.30 | 1.66 | 192 | 0.28 | ----- |
| 143 | 0.26 | 1.76 | 193 | --- | ----- |
| 144 | 0.27 | 1.68 | 194 | 0.26 | --- |
| | | | 195 | 0.36 | --- |
| | | | 196 | 0.28 | --- |

Esmectitas

En la Tabla LXI se dan los valores del índice de Biscayé para las muestras de la Terraza 2.

Tabla LXI.

| Muestra | I.B. | Muestra | I.B. |
|---------|------|---------|------|
| 105 | 0.78 | 142 | 0.41 |
| 106 | 0.83 | 143 | 0.30 |
| 107 | 0.77 | 145 | 0.56 |
| 120 | 0.80 | 146 | 0.59 |
| 121 | 0.75 | 147 | 0.40 |
| 122 | 0.73 | 148 | 0.65 |
| 123 | 0.77 | 149 | 0.47 |
| 125 | 0.74 | 150 | 0.42 |
| 126 | 0.73 | 151 | 0.35 |
| 127 | 0.76 | 152 | 0.36 |
| 128 | 0.74 | 153 | 0.40 |
| 141 | 0.43 | 154 | 0.61 |
| 167 | 0.40 | 168 | 0.24 |
| 186 | 0.29 | 187 | 0.49 |
| 188 | 0.26 | 191 | 0.60 |
| 192 | 0.62 | 194 | 0.69 |
| 195 | 0.60 | 196 | 0.10 |

Los datos de la determinación de carbonatos se reflejan en la Tabla LXII.

Tabla LXII

| Muestra | Calcita | Dolomita | % CO ₃ <2μ | Muestra | Calcita | Dolomita | % CO ₃ <2μ |
|---------|---------|----------|-----------------------|---------|---------|----------|-----------------------|
| 106 | 50 | 0 | 17 | 147 | 52 | 0 | 4 |
| 107 | 20 | 0 | 6 | 148 | 38 | 0 | 12 |
| 108 | 34 | 0 | 3 | 149 | 32 | 0 | 38 |
| 120 | 90 | 0 | 30 | 150 | 43 | 0 | 41 |
| 121 | 84 | 0 | 48 | 151 | 17 | 0 | 90 |
| 122 | 50 | 0 | 12 | 153 | 40 | 0 | 6 |
| 123 | 48 | 0 | 60 | 154 | 55 | 0 | 25 |
| 124 | 90 | 0 | -- | 167 | 42 | 0 | 18 |
| 125 | 20 | 0 | 16 | 168 | 7 | 0 | 9 |
| 126 | 50 | 0 | 37 | 186 | 8 | 0 | 0 |
| 127 | 18 | 0 | 30 | 187 | 71 | 0 | 56 |
| 128 | 22 | 0 | 9 | 188 | 34 | 0 | 15 |
| 141 | 24 | 0 | 0 | 191 | 16 | 0 | 26 |
| 142 | 15 | 0 | 0 | 192 | 38 | 0 | 43 |
| 143 | 25 | 0 | 44 | 193 | -- | -- | -- |
| 144 | 9 | 0 | 0 | 194 | 40 | 0 | 13 |
| 145 | 20 | 0 | 60 | 195 | 30 | 0 | 12 |
| 146 | 40 | 0 | 10 | 196 | 32 | 0 | 40 |

Los minerales pesados estudiados en las muestras 105, 109, 146 y 168 dieron la siguiente asociación en orden decreciente de abundancia:
Gohetita, Magnetita, Ilmenita, Epidota, Andalucita, Zircón, Turmalina, Mica negra, Granate, Piroxenos y Anfiboles.

En la Tabla LXIII se dan los resultados del análisis químico y en la Fig. 85, la representación triangular para distintos sistemas.

Tabla LXIII.- Análisis químicos de las muestras de la Terraza 2

| Muestra | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | Na ₂ O | K ₂ O | P.110 ^a | P.C. |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------|
| 105 | 73.68 | 11.87 | 3.82 | 1.08 | 0.96 | 0.68 | 1.46 | 2.91 | 1.32 | 3.38 |
| 106 | 48.82 | 8.43 | 3.13 | 16.30 | 1.00 | 0.69 | 0.65 | 1.45 | 1.88 | 19.29 |
| 109 | 64.46 | 16.69 | 6.20 | 1.15 | 1.11 | 0.70 | 0.45 | 2.37 | 5.25 | 6.70 |
| 125 | 59.12 | 11.47 | 4.49 | 9.35 | 1.64 | 0.34 | 1.08 | 1.53 | 1.73 | 10.83 |
| 128 | 48.75 | 10.15 | 4.78 | 14.80 | 1.56 | 0.59 | 0.63 | 1.90 | 3.12 | 16.06 |
| 141 | 62.85 | 10.84 | 4.01 | 7.76 | 1.28 | 0.65 | 1.16 | 2.36 | 1.77 | 9.39 |
| 143 | 55.03 | 10.78 | 4.55 | 11.72 | 1.52 | 0.90 | 0.67 | 1.74 | 3.52 | 12.79 |
| 147 | 21.30 | 3.74 | 1.44 | 39.14 | 0.59 | 0.38 | 0.09 | 0.44 | 1.26 | 33.61 |
| 152 | 71.83 | 10.04 | 3.11 | 4.27 | 0.98 | 0.57 | 0.52 | 2.33 | 0.23 | 5.80 |
| 154 | 25.63 | 6.97 | 2.69 | 33.56 | 1.05 | 0.44 | 0.20 | 0.98 | 2.83 | 28.09 |
| 167 | 37.23 | 7.19 | 2.87 | 25.62 | 0.97 | 0.52 | 0.46 | 1.29 | 1.59 | 23.31 |

Los datos obtenidos se podrian resumir :

La asociación mineralógica característica de esta Terraza 2 es:

Cuarzo (6-67%) + Calcita (10-82%) ± Dolomita (2-3%) +
Filosilicatos (7-63%) ± Feldespatos (2-27%).

La mineralogía de arcillas característica es:

Esmectitas (6-74%) + Illita (12-79%) + Caolinita (6-20%)
± Clorita (4%).

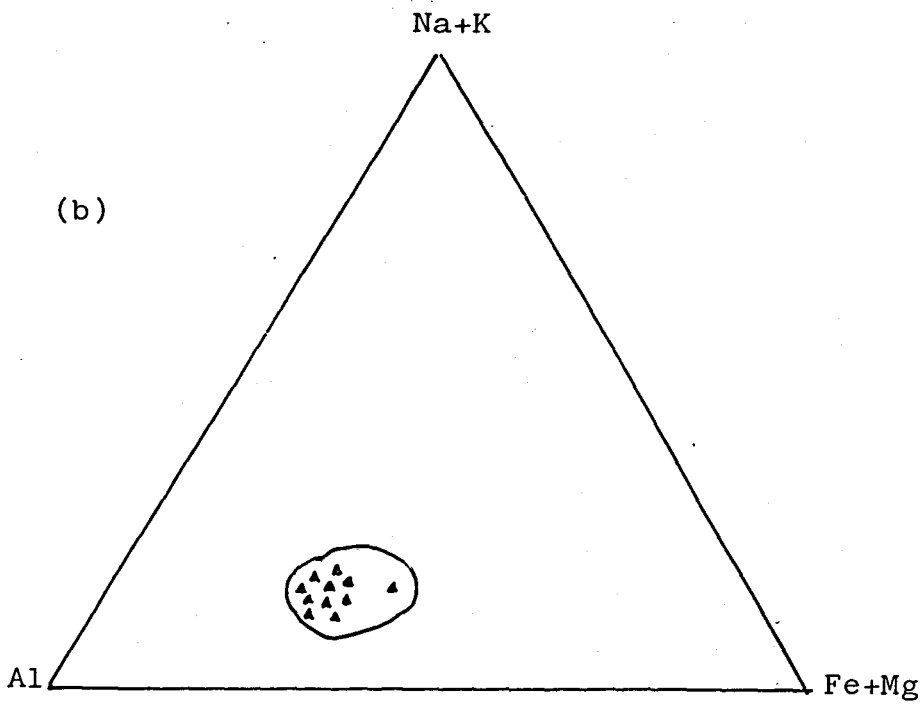
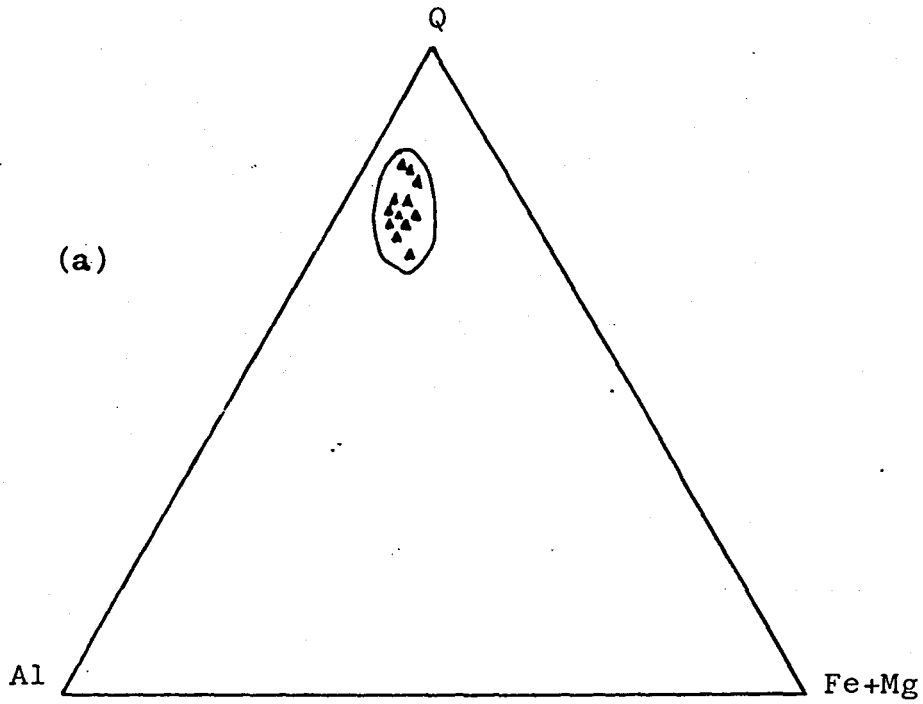


Fig. 85.- Representación de los sistemas Al, Si, Fe+Mg (a) y Al, Na+K, Fe+Mg (b) para las muestras de la Terraza 2

Las illitas tienen un bajo grado de paragonitización incluso nulo, y pequeño tamaño de partícula. El contenido en hierro y magnesio también es bajo frente al aluminio.

Las esmectitas tienen un grado de cristalinidad medio (Índice de Biscaye 0.58 de media)

El contenido en carbonatos es alto tanto en la muestra global como en la fracción menor de 2μ llegando incluso hasta el 90%.

El porcentaje de calcio es muy alto (39% en algunas muestras) y el de sodio y potasio muy bajo frente al aluminio y al hierro y magnesio.

La Terraza 3, inferior a los 15 m de altitud, cauce actual del Guadalquivir, está constituida por limos y arcillas, gravas y arenas.

Presenta una gran heterogeneidad desde el punto de vista granulométrico (Tabla LXIV a) con una gradación decreciente de gravas a minerales arcillosos.

El cuarzo es bastante abundante llegando a porcentajes del 69%, la calcita puede llegar hasta el 33% pero la media es próxima al 20% y los porcentajes de filosilicatos son muy variables de un 5-68%. La dolomita está presente en casi todas las muestras, con un rango del 2-31%. Los feldespatos varían de un 2-19%. (Tabla LXIV, b). En la representación triangular (Fig. 87) de estos minerales, se observan dos grupos diferenciados, uno con altos contenidos de cuarzo y carbonatos y otro en el que los filosilicatos son los minerales predominantes.

Tabla LXIV .- Resultados del análisis granulométrico y mineralógico para la Terraza 3

| Muestra | (a) | | | (b) | | | | | (c) | | |
|---------|------------|------|-----------|-----|----|----|----|----|-----|----|-----|
| | > 63 μ | 63-2 | < 2 μ | Q | C | D | F | FI | I | S | C+K |
| 110 | 100 | --- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 111 | 43 | 35 | 22 | 31 | 33 | 7 | 11 | 17 | 54 | 39 | 7 |
| 112 | 25 | 45 | 30 | 50 | 2 | -- | 10 | 38 | 80 | 13 | 7 |
| 113 | 29 | 31 | 40 | 39 | 14 | 7 | 4 | 36 | 43 | 47 | 10 |
| 114 | 88 | 10 | 2 | 22 | 19 | 13 | 8 | 38 | 56 | 29 | 15 |
| 115 | 3 | 55 | 42 | 32 | 21 | 31 | 6 | 10 | 55 | 31 | 14 |
| 133 | 71 | 11 | 18 | 69 | -- | -- | 9 | 22 | 58 | 24 | 18 |
| 134 | 26 | 24 | 50 | 37 | 2 | -- | 4 | 57 | 82 | 6 | 12 |
| 135 | 15 | 34 | 50 | 34 | 13 | -- | -- | 53 | 28 | 62 | 10 |
| 155 | 78 | 10 | 12 | 40 | 10 | 11 | 19 | 20 | 69 | 19 | 12 |
| 156 | 72 | 11 | 17 | 38 | 11 | 12 | 17 | 22 | 68 | 17 | 15 |
| 157 | 20 | 59 | 21 | 32 | 15 | 12 | 13 | 28 | 59 | 26 | x15 |
| 158 | 13 | 45 | 42 | 25 | 13 | 12 | 7 | 43 | 79 | 8 | 13 |
| 159 | 10 | 64 | 26 | 30 | 23 | 12 | 7 | 28 | 58 | 30 | 12 |
| 160 | 9 | 46 | 45 | 21 | 27 | 3 | 4 | 45 | 64 | 24 | 12 |
| 161 | 13 | 35 | 52 | 26 | 9 | -- | 5 | 60 | 79 | 8 | 13 |
| 162 | 35 | 52 | 13 | 58 | 20 | -- | 10 | 12 | 82 | 6 | 12 |
| 163 | 14 | 22 | 64 | 18 | 18 | 3 | 3 | 68 | 60 | 26 | 14 |
| 164 | 7 | 37 | 56 | 21 | 22 | -- | 11 | 56 | 62 | 27 | x11 |
| 166 | 12 | 39 | 59 | 21 | 20 | 5 | 3 | 51 | 38 | 48 | 14 |
| 169 | 14 | 30 | 56 | 18 | 10 | 3 | 2 | 57 | 62 | 29 | x 9 |
| 170 | 10 | 41 | 49 | 18 | 29 | 1 | - | 52 | 40 | 48 | x12 |
| 171 | 12 | 51 | 37 | 20 | 30 | 2 | 6 | 42 | 57 | 29 | 15 |
| 172 | 25 | 40 | 35 | 40 | 10 | 4 | 6 | 40 | 59 | 30 | x11 |
| 173 | 20 | 31 | 49 | 22 | 28 | 3 | 7 | 50 | 86 | 10 | 4 |
| 174 | 3 | 33 | 64 | 20 | 18 | 4 | 5 | 53 | 60 | 30 | x10 |
| 175 | 20 | 48 | 32 | 26 | 22 | 2 | 2 | 48 | 64 | 25 | 11 |
| 176 | 3 | 47 | 50 | 18 | 20 | 2 | -- | 60 | 84 | 8 | x 8 |
| 177 | 3 | 46 | 51 | 14 | 21 | 2 | -- | 63 | 80 | 9 | 11 |
| 178 | 38 | 24 | 38 | 24 | 23 | 8 | 5 | 40 | 58 | 28 | x14 |
| 179 | 62 | 27 | 11 | 67 | 12 | - | 10 | 11 | 59 | 27 | x14 |
| 180 | 16 | 24 | 60 | 16 | 13 | - | -- | 71 | 79 | 10 | x11 |
| 181 | 18 | 30 | 52 | 18 | 19 | - | 4 | 59 | 58 | 29 | x13 |
| 182 | 10 | 27 | 63 | 25 | 3 | - | 5 | 67 | 87 | 3 | x10 |
| 183 | 12 | 54 | 34 | 28 | 26 | - | 10 | 36 | 59 | 29 | x12 |
| 184 | 40 | 29 | 31 | 23 | 22 | 8 | 8 | 39 | 59 | 30 | 11 |
| 189 | 4 | 36 | 60 | 13 | 23 | 3 | 2 | 56 | 67 | 21 | x12 |
| 190 | 7 | 35 | 58 | 18 | 16 | 3 | 8 | 65 | 59 | 27 | x14 |

Los minerales de la arcilla presentes son: illita, esmectitas, clorita y caolinita. La illita es el mineral mayoritario (hasta un 86%). Las esmectitas varían de un 6-39%, la caolinita está presente en todas las muestras con porcentajes comprendidos entre un 4-18%. La clorita es esporádica y está presente en cantidades menores de un 4%.

Se calculó el parámetro b_0 y la reflexión 001 de la illita en las muestras 112 y 114. Los resultados obtenidos son:

Tabla LXV.

| M | b_0 | 001 | G.P. | Si ^{IV} | Al ^{IV} | Al ^{VI} | Fe ^{VI} | Mg ^{VI} | Fe+Mg |
|-----|-------|-------|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 112 | 9.012 | 10.00 | 0.00 | 3.05 | 0.95 | 1.697 | 0.169 | 0.154 | 0.30 |
| 116 | 9.040 | --- | --- | --- | --- | 1.406 | 0.300 | 0.321 | 0.60 |

Los valores de cristalinidad obtenidos de la medida del índice de Kubler y Weaver y el tamaño de cristal se dan en la tabla siguiente:

Tabla LXVI

| Nº Muestra | I.K. mm | I.W. | ∅ cristalito Å |
|------------|---------|------|----------------|
| 112 | 7.52 | 2.85 | 106 |
| 116 | 7.40 | 2.70 | 110 |

Los valores de la relación I002/I001 y el de la relación de asimetría se expresan en la Tabla LXVII.

Los índices de Biscaye obtenidos de la medida de la cristalinidad de las esmectitas se reflejan en la Tabla LXVIII.

Tabla LXVII

| M | I002/I001 | R/L | M | I002/I001 | R/L |
|-----|-----------|------|-----|-----------|------|
| 111 | 0.28 | 2.02 | 170 | 0.27 | 1.00 |
| 112 | 0.30 | ---- | 171 | 0.28 | ---- |
| 113 | 0.43 | ---- | 172 | 0.22 | 1.60 |
| 114 | 0.56 | ---- | 173 | 0.26 | ---- |
| 115 | 0.58 | ---- | 174 | 0.26 | 1.50 |
| 133 | 0.40 | 2.20 | 175 | 0.29 | 1.60 |
| 134 | 0.24 | 2.33 | 176 | 0.24 | 1.60 |
| 135 | 0.40 | 2.02 | 177 | 0.23 | 1.72 |
| 155 | 0.30 | 2.02 | 178 | 0.24 | 1.60 |
| 156 | 0.36 | 1.98 | 179 | 0.27 | 1.50 |
| 157 | 0.28 | 1.75 | 180 | 0.24 | 1.20 |
| 158 | 0.24 | 1.96 | 181 | 0.28 | 1.40 |
| 159 | 0.30 | 1.76 | 182 | 0.44 | 1.16 |
| 160 | 0.26 | 1.98 | 183 | 0.57 | 1.40 |
| 161 | 0.22 | 2.02 | 184 | 0.53 | 1.20 |
| 162 | 0.20 | 1.75 | 189 | 0.30 | 1.66 |
| 163 | 0.28 | 1.80 | 190 | 0.27 | 1.20 |
| 164 | 0.24 | 1.76 | | | |
| 166 | 0.24 | 1.70 | | | |
| 169 | 0.28 | 1.94 | | | |

Tabla LXVIII.

| Muestra | I.B. | Muestra | I.B. |
|---------|------|---------|------|
| 111 | 0.54 | 170 | 0.48 |
| 113 | 0.88 | 171 | 0.37 |
| 114 | 0.66 | 172 | 0.35 |
| 115 | 0.88 | 174 | 0.49 |
| 133 | 0.44 | 175 | 0.40 |
| 135 | 0.32 | 178 | 0.50 |
| 155 | 0.20 | 179 | 0.40 |
| 156 | 0.60 | 180 | 0.10 |
| 157 | 0.27 | 181 | 0.16 |
| 159 | 0.37 | 183 | 0.27 |
| 160 | 0.35 | 184 | 0.24 |
| 163 | 0.68 | 189 | 0.28 |
| 164 | 0.24 | 190 | 0.22 |
| 166 | 0.55 | | |
| 169 | 0.37 | | |

Los minerales pesados estudiados en las muestras 112, 115, 133, 136 y 156 dan una asociación, en orden decreciente de abundancia, que es la siguiente:

Mica verde (clorita), Magnetita, Goetita, Ilmenita, Granate, Zircón, Turmalina, Epidota, Andalucita, Silimanita, Cordierita, Piroxenos (diopsido) y Rutilo ?.

El contenido en carbonatos de la muestra total y de la fracción fina se da en la Tabla LXVIII a.

Tabla LXVIII a

| M | C | D | % CO ₃ < 2 μ | M | C | D | %CO ₃ < 2 μ |
|-----|----|---|-------------------------|-----|----|---|------------------------|
| 111 | 40 | 0 | 10 | 169 | 30 | 0 | 30 |
| 113 | 12 | 0 | 18 | 170 | 33 | 0 | 3 |
| 114 | 15 | 0 | 13 | 171 | 40 | 0 | 10 |
| 115 | 20 | 0 | 22 | 172 | 11 | 0 | 46 |
| 134 | 6 | 0 | 14 | 173 | 11 | 0 | 0 |
| 157 | 26 | 0 | 30 | 174 | 23 | 0 | 30 |
| 158 | 10 | 0 | 67 | 175 | 14 | 0 | 10 |
| 159 | 32 | 0 | 6 | 176 | 26 | 0 | 18 |
| 160 | 30 | 0 | 90 | 177 | 25 | 0 | 28 |
| 161 | 10 | 0 | 70 | 178 | 24 | 0 | 13 |
| 162 | 21 | 0 | 0 | 179 | 18 | 0 | 0 |
| 163 | 10 | 0 | 30 | 180 | 17 | 0 | 0 |
| 164 | 25 | 0 | 20 | 181 | 22 | 0 | 26 |
| 166 | 24 | 0 | 25 | 183 | 30 | 0 | 10 |
| 184 | 23 | 0 | 49 | 189 | 34 | 0 | 47 |
| 190 | 25 | 0 | 23 | | | | |

Los datos obtenidos de los análisis químicos se dan en la Tabla LXVIIIb y la representación triangular en la Fig.86.

La LXVIII b). Análisis químicos de las muestras pertenecientes a la Terraza 3.

| Muestra | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | Na ₂ O | K ₂ O | P.110 ^a | P.C. |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------|
| 112 | 71.63 | 10.90 | 4.82 | 2.59 | 0.95 | 0.27 | 0.67 | 2.26 | 2.60 | 6.36 |
| 135 | 52.45 | 7,18 | 3.31 | 16.61 | 0.90 | 0.87 | 0.38 | 1.20 | 2.87 | 16.72 |
| 157 | 56.32 | 9.13 | 2.96 | 12.20 | 1.72 | 0.58 | 0.69 | 1.34 | 2.61 | 14.46 |
| 159 | 51.98 | 7.88 | 3.33 | 15.04 | 2.67 | 0.65 | 0.60 | 1.56 | 1.64 | 16.68 |
| 161 | 45.83 | 14.84 | 5.54 | 22.46 | 1.14 | 1.19 | 0.63 | 2.85 | 3.32 | 6.08 |
| 166 | 45.12 | 10.81 | 4.84 | 14.66 | 2.17 | 1.03 | 0.63 | 1.66 | 3.08 | 16.36 |
| 170 | 44.98 | 10.48 | 4.67 | 18.36 | 1.68 | 0.67 | 0.22 | 1.50 | 4.49 | 19.73 |
| 172 | 58.03 | 11.09 | 4.64 | 8.91 | 1.92 | 1.17 | 0.74 | 2.13 | 2.09 | 11.50 |
| 176 | 51.60 | 9.78 | 4.56 | 12.94 | 2.00 | 0.91 | 0.35 | 2.15 | 3.39 | 15.20 |
| 178 | 48.45 | 9.60 | 4.06 | 14.56 | 2.24 | 0.73 | 0.60 | 1.94 | 1.62 | 17.63 |
| 181 | 53.73 | 9.17 | 4.39 | 12.98 | 1.73 | 0.69 | 0.35 | 1.62 | 4.10 | 15.08 |
| 189 | 34.62 | 10.85 | 4.46 | 20.06 | 2.28 | 0.46 | 0.36 | 2.02 | 4.00 | 19.60 |
| 190 | 54.97 | 9.59 | 4.15 | 12.48 | 1.88 | 0.90 | 0.34 | 1.65 | 5.10 | 14.47 |

Las características de la T₃ se pueden resumir:

La asociación para la composición global de la Terraza 3 es la siguiente:

Cuarzo (14-67%) + Calcita (2-36%) ± Dolomita (2-31%)
+ Filosilicatos (10-67%) ± Feldespatos (2-19%).

Para los minerales de la arcilla:

Illita (40-86%) + Esmectitas (6-48%) + Caolinita (4-18%)
± Clorita ((%)).

La illita presenta un grado de paragonitización nulo y pequeño tamaño. El contenido en Fe+Mg es ligeramente mas alto que en las otras terrazas. Los índices de Kubler y Weaver indican una zona de diagénesis.

Las esmectitas tienen baja cristalinidad (valor medio del (índice de Biscaye de 0.40).

La fracción menor de 2 μ presenta un alto contenido en carbonatos pueden llegar a un 90%.

Las muestras presentan alto contenido en aluminio frente al hierro y magnesio, y bajas proporciones de sodio y potasio.

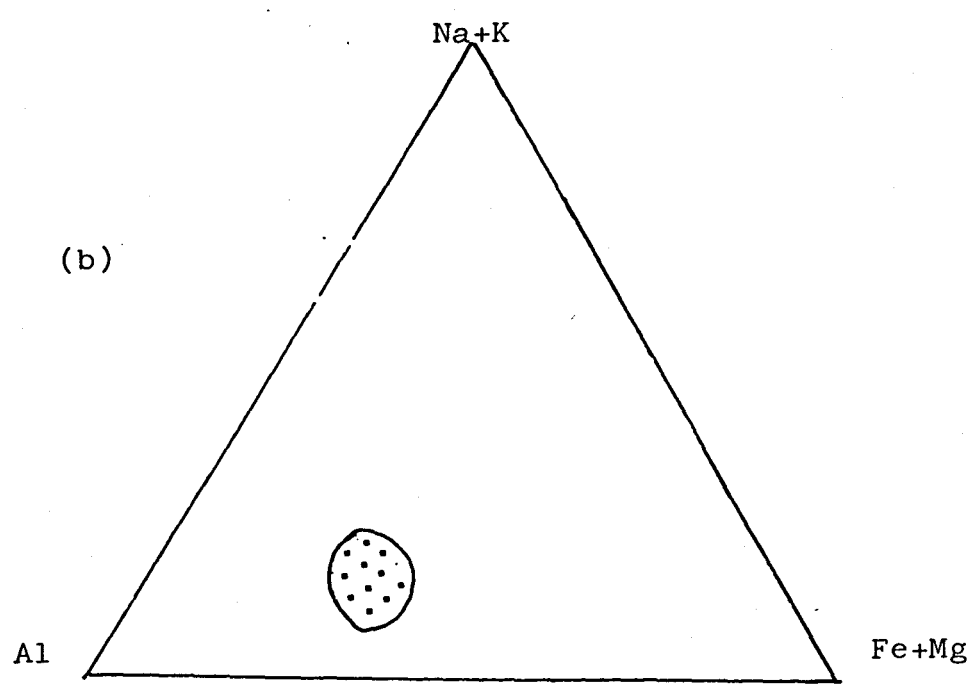
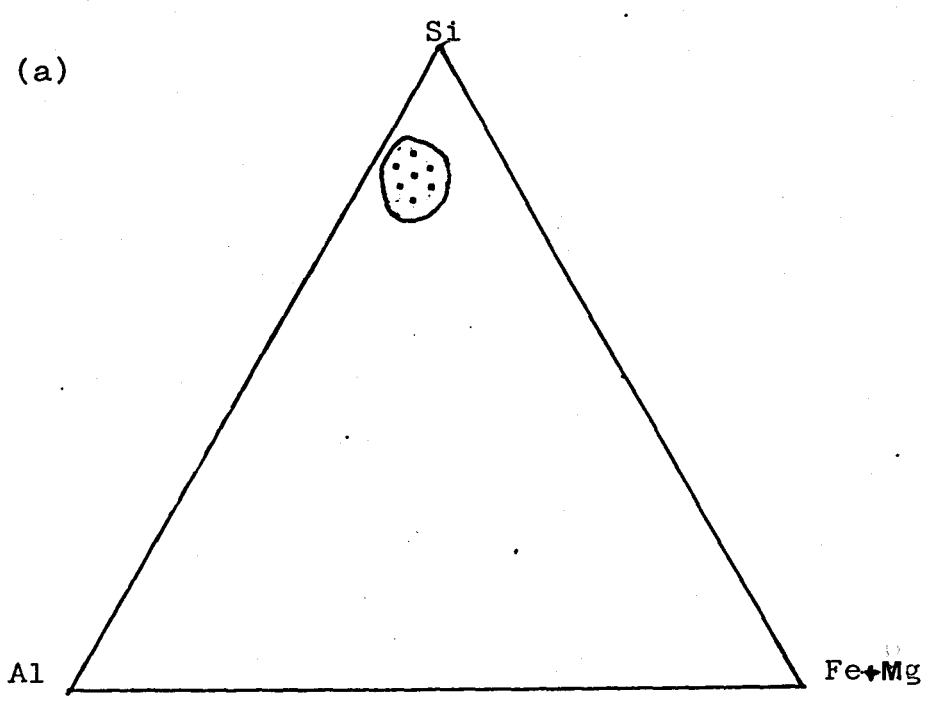


Fig. 86.- Representación triangular de los sistemas Al, Si Fe+Mg (a) y Al Na+K, Fe+Mg (b) de los depósitos de la Terraza 3

Los depósitos del aluvial reciente están constituidos por arenas y limos, con algunos niveles arcillosos.

La Tabla LXIX, a refleja los valores del análisis granulométrico para estos materiales. La fracción arena es la más abundante superando el 50% en casi todas las muestras. El porcentaje de fracción limo varia de un 14-35%. El tamaño arcilla es bajo (menor del 40%) en todas las muestras.

La composición mineralógica es cuarzo, feldespatos, calcita, dolomita, y filosilicatos (Tabla LXIX b). El 50% de las muestras tienen un contenido en cuarzo entre un 45-66%. La calcita es abundante con una media del 25%. La dolomita y los feldespatos están presentes en todas las muestras pero como componentes minoritarios (< 3%) Los filosilicatos tienen un amplio rango de variación de un 5 a un 49%. La representación triangular queda reflejada en la Fig.87.

Los minerales de la arcilla presentes son: illita, esmectitas, clorita y caolinita. Tabla LXIX c. La illita es la más abundante con porcentajes mayores del 55% en todas las muestras. Las esmectitas tienen un valor medio del 30%. La clorita/caolinita están presentes en todas las muestras con valores medios del 11 %. La Fig 88. muestra la representación triangular de los minerales de la arcilla.

| M | (a) Tabla LXIX | | | | | (b) | | | | (c) | |
|-----|----------------|------|----------|----|----|-----|---|----|----|-----|-----|
| | >63 | 63-2 | <2 μ | Q | C | D | F | FI | I | S | C+K |
| 136 | 51 | 30 | 19 | 28 | 26 | 2 | 3 | 49 | 55 | 34 | 11 |
| 137 | 30 | 35 | 35 | 27 | 19 | 2 | 3 | 41 | 56 | 33 | 11 |
| 138 | 100 | -- | -- | 52 | 35 | 3 | 5 | 5 | -- | -- | -- |
| 139 | 74 | 14 | 12 | 56 | 23 | 3 | 3 | 15 | 54 | 33 | 13 |
| 140 | 67 | 21 | 12 | 45 | 23 | 2 | 2 | 28 | 63 | 27 | 10 |
| 197 | 40 | 26 | 34 | 66 | 33 | 3 | 3 | 14 | 59 | 26 | 15 |
| 198 | 26 | 28 | 46 | 29 | 12 | 3 | 2 | 34 | 62 | 37 | 11 |
| 199 | 51 | 30 | 19 | 30 | 25 | 2 | 3 | 14 | 69 | 21 | 10 |

En las muestras de los depositos aluviales se midieron la relación I002/I001, y la de asimetria R/L para las illitas, los valores obtenidos se dan en la siguiente tabla:

Tabla LXX

| Nº M. | I002/I001 | R/L | Nº M. | I002/I001 | R/L |
|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| 136 | 0.29 | 2.33 | 197 | 0.29 | ---- |
| 137 | 0.24 | 1.55 | 198 | 0.30 | ---- |
| 138 | 0.33 | 2.50 | 199 | 0.28 | ---- |
| 139 | 0.24 | 1.80 | | | |
| 140 | 0.29 | 1.60 | | | |

Para las esmeclitas se evaluó el indice de cristalinidad de Biscaye. Los resultados obtenidos se dan en la Tabla LXXI

Tabla LXXI

| Nº Muestra | I.B. | Nº Muestra | I.B. |
|------------|------|------------|------|
| 136 | 0.20 | 140 | 0.27 |
| 137 | 0.25 | 197 | 0.24 |
| 138 | 0.15 | 198 | 0.26 |
| 139 | 0.20 | 199 | |

Los minerales pesados identificados en las muestras 136 y 139 son los siguientes:

Gohetita, Magnetita, Ilmenita, Epidota y Zircón.

Los resultados de la determinación de carbonatos se dan en la Tabla LXXII.

Tabla LXXII

| M | C | D | %CO ₃ < 2 μ | M | C | D | %CO ₃ 2 μ |
|-----|----|---|------------------------|-----|----|---|----------------------|
| 136 | 24 | 0 | 5 | 140 | 20 | 0 | 20 |
| 137 | 21 | 0 | 8 | 197 | 26 | 0 | 29 |
| 138 | -- | - | - | 198 | 20 | 0 | 30 |
| 139 | 13 | 0 | 10 | 199 | 23 | 0 | 10 |

Los datos obtenidos se pueden resumir :

- La asociación mineralógica es:

Cuarzo (27-66%) + Calcita (12-35%) + Filosilicatos (5-49%) +

Feldespatos (< 5%) + Dolomita (< 3%)

Illita (54-69%) + Esmeclitas (21-34%) + Clorita/Caolinita (10-11%)

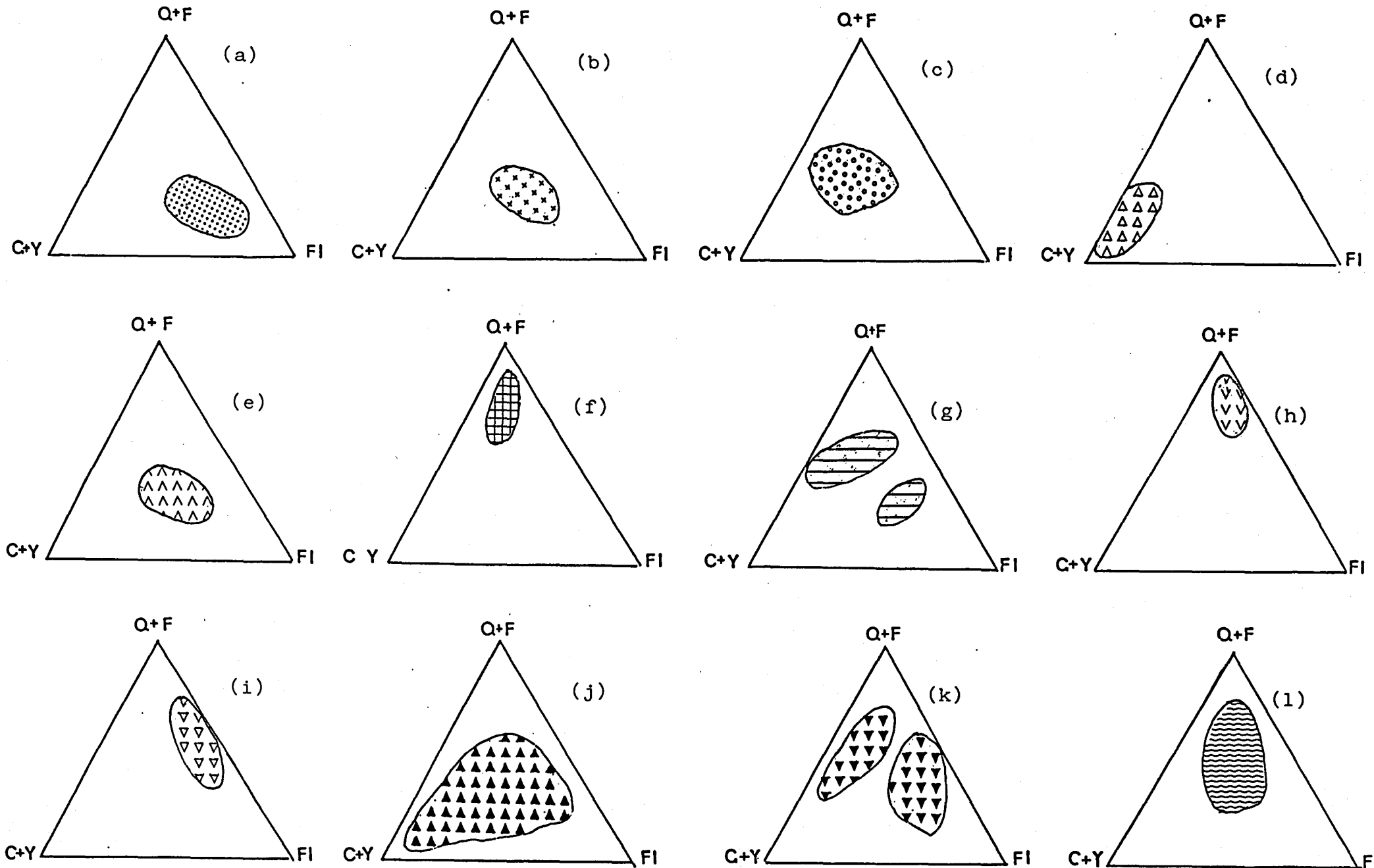


Fig. 87.- Representación triangular de la composición global para las distintas Formaciones

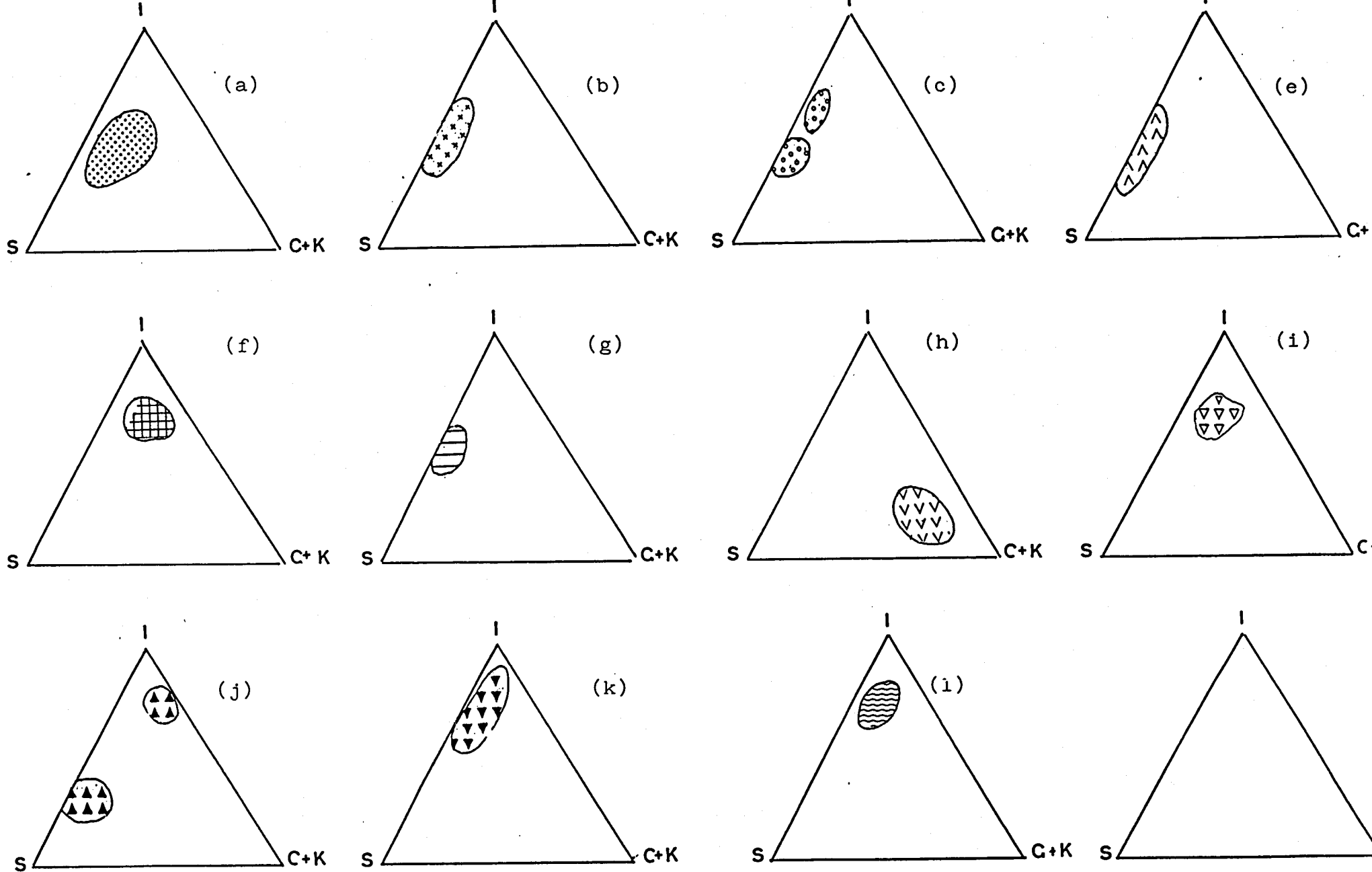


Fig. 88.- Representación triangular de la fracción arcilla para las distintas Formaciones.

LEYENDA (Figs. 86 y 88)

- (a) Formación Ecija (Margas azules)
- (b) Limos y Margas
- (c) Formación Arenas de Huelva (Limos y Arenas)
- (d) Formación Guadaira (Calcarenitas)
- (e) Margas Verdes
- (f) Arenas basales
- (g) Arcillas y Arenas de descalcificación
- (h) Formación Roja (Alto nivel Aluvial)
- (i) Terraza 1
- (j) Terraza 2
- (k) Terraza 3
- (l) Aluvial reciente

FORAMINIFEROS PLANCTONICOS

| Muestra | MARGAS AZULES | | | | | | | | | | LIMOS Y MARGAS | | | | | LIMOS Y ARENAS | | | | | | MARGAS VERDES | | |
|---|---------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----------------|----|----|----|---|----------------|----|----|----|----|----|---------------|----|----|
| | 3 | 16 | 59 | 61 | 62 | 89 | 91 | 98 | 102 | 10 | 13 | 18 | 24 | 53 | 7 | 8 | 21 | 26 | 27 | 49 | 63 | 64 | 77 | 79 |
| GLOBOROTALIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>G. conomiozea</u> Kennet | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | | | x |
| <u>G. crassaformis</u> Galloway y Wissler | | | | | | | | x | x | x | | | x | | x | | x | x | x | | | | | x |
| <u>G. dalii</u> Perconing | | | | x | | | | x | | | | | | x | | | | | x | | x | | | |
| <u>G. hirsuta praehirsuta</u> Blow | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | x | | | | | |
| <u>G. incompta</u> Cifelli | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | |
| <u>G. margaritae</u> Bolli y Bermudez | x | | | | | | x | x | x | | | | x | | | | | | x | | | | | |
| <u>G. mediterranea</u> Catalano y Sproviesi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | |
| <u>G. miocenica</u> Palmev | | | | | | | | | | | x | | | | | x | | | | | | | | |
| <u>G. obesa</u> Bolli | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>G. plesiotumida</u> Blow y Banner | | | | x | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | |
| <u>G. pseudopachyderma</u> Cita Premoli Silva | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>G. puncticulata</u> Deshayes | x | x | | | | | | | x | x | x | | | x | x | | x | x | x | x | | | | x |
| <u>G. scitula s.l.</u> Brady | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | x | | x | | | |
| <u>G. ungulata</u> Bermudez | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | |
| TURBOROTALITA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>T. multiloba</u> Romeo | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | | x |
| <u>T. quinqueloba</u> Natland | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | | x |
| <u>T. pachyderma</u> | | | x | x | x | | | | x | x | x | | x | | | | | | | | x | x | | x |
| TURBOROTALIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>T. praehumerosa</u> | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| <u>T. acostaensis</u> | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <u>T. pseudopachyderma</u> | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>T. puncticulata</u> | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | |
| <u>T. obesa</u> | | | | | | | | x | | | | x | | | | | | | | | | | | |
| <u>T. incompta</u> | | | | x | x | | | x | | | | | | | | x | | | | | | | x | |
| GLOBIGERINA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>G. bulbosa</u> Le Roy | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | x | | x |
| <u>G. bulloides</u> D'Orbigny | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | | | x | | x | | x |
| <u>G. eamesi</u> Blow | | | | x | | x | | x | x | | | | | | | | | | | | | | x | |
| <u>G. foliata</u> Bolli | | | | x | | x | | x | | x | | | | | x | x | | | | | | | | |
| <u>G. nepenthes</u> Todd | x | | x | x | x | x | | x | | | | | | x | | | | | | | | | x | |
| <u>G. picassiana</u> Perconing | | x | x | x | x | x | x | | x | | | x | x | | | | x | x | | | | x | | |
| GLOBIGERINITA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>G. glutinata</u> Egger | | x | | | | x | | x | | x | | x | x | x | | | | | x | | | | x | |

V.3.2.11. Correlación de facies

Por todo lo expuesto hasta el momento y de los estudios del mapa de correlación de facies y la interpretación de los cortes geológicos realizados (Figs 89, 90, 91, 92) en el área estudiada podemos establecer que:

a) Las Margas azules ocupan la parte NW de la margen derecha del Guadalquivir y una estrecha banda de dirección NE-Sw en la margen izquierda. Están representadas en todos sus tramos por niveles arcillosos o margosos con intercalaciones arenosas y yeso rellenando diaclasas. Se observa que en la margen izquierda del Guadalquivir estas margas son ligeramente más arenosas. Cambian verticalmente de facies con la Serie de Transición. (Figs 89, 90 y 91).

b) La Serie de Transición aparece en una banda de dirección N-S en la margen derecha quedando restringida en la izquierda a pequeños afloramientos en la parte más septentrional (columnas 8 y 21).

La litología se caracteriza por la alternancia de limos amarillentos, en ocasiones arenas y areniscas con niveles de margas. Esta alternancia corresponde a pequeños ciclos sedimentarios (máximo 1.5 m) que se inician con episodios de carácter detrítico (limos) y culminan con otros más carbonatados (margas). La repetición de estos ciclotemas puede observarse hasta seis veces en este conjunto (columna nº2). En el techo quedan interrumpidos por una sedimentación detrítica

más grosera de arenas y limos de la formación supra-yacente con la que cambia verticalmente de facies (Figs 89 y 91). Hacia el E (columnas 8 y 21) esta Serie de Transición se hace más carbonatada y cambia verticalmente de facies con las Calcarenitas. (Figs 90-91).

c) Los Limos y Arenas , ocupan una banda N-S en la margen derecha del Guadalquivir. La litología es de areniscas, limos y arenas. Cambian lateralmente de facies a un potente conjunto detritico constituido por calizas bioclásticas amarillentas en la margen izquierda del Guadalquivir. Fig. 91.

d) Las Margas verdes se sitúan sin discordancia aparente encima de las Calcarenitas en el NE y S de la zona estudiada. La litología es de margas con intercalaciones arenosas. En la zona están representadas por pequeños afloramientos , aunque se ha comprobado que hacia el sur del área de trabajo ocupan una gran extensión(columna 11). Fig. 90.

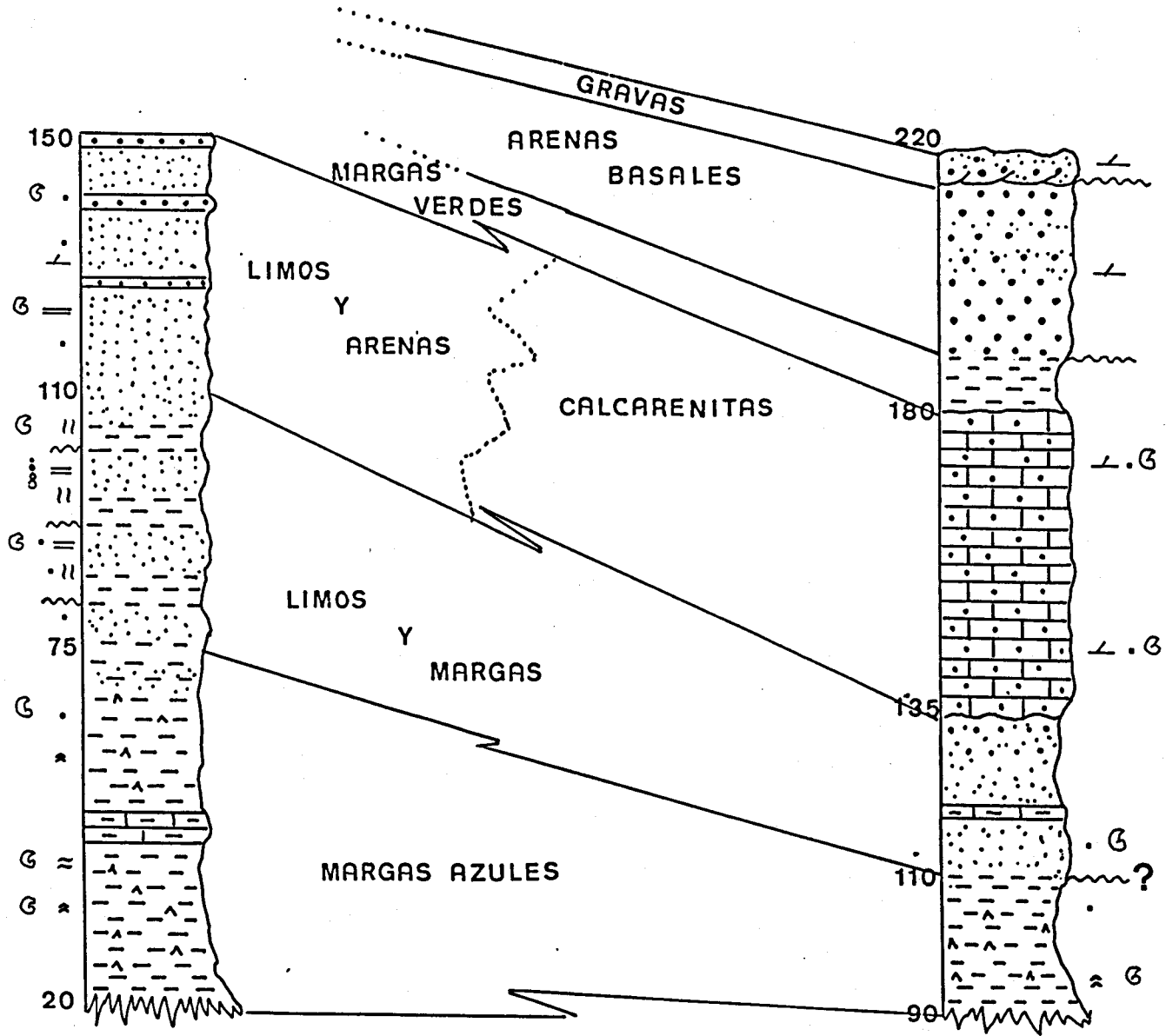
e) Las Arenas basales están representadas en la margen derecha (perfil 10) y en la izquierda (perfil 9) del Guadalquivir, (los dos perfiles se han representado en la Fig. 90, para una mejor correlación). La litología es de arenas gruesas y limos que aparecen discordantes sobre las Calcarenitas o los Limos y Arenas.

f) Sobre la formación detritica de Arenas Basales se asientan depósitos cuaternarios de la Formación Roja que se ha denominado en la bibliografía como de tipo glacis y se piensa que pueda tratarse de un alto nivel aluvial, constituido por cantos heterométricos más o menos rodados con cemento poco coherente (arenas), y algunas intercalaciones arenosas.

MARGEN DERECHA

MARGEN IZQUIERDA

COTA m



CUATERNARIO
PLIO-MED. SUP.
PLIO-MED.
PLIO-INF
MIOC-PLIO.

Se han realizado dos perfiles tipo (Fig. 93) de los sedimentos Terciarios uno para cada margen del Guadalquivir, donde se pone de manifiesto la potencia y cambios de facies para estas formaciones descritas así como sus caracteres estratigráficos más significativos.

La diferencia de cota a las que aparecen estos materiales en las dos márgenes e incluso en la margen izquierda (Calcarenitas a una cota de 100 m en Alcalá de Guadaíra y a 250m en Carmona) se ha explicado como una herencia de importantes fallas existentes en el zócalo producidas durante la Orogenia Hercínica, y fenómenos de subsidencia en las margas miocénicas.

El contacto rectilíneo de las Calcarenitas de la zona de Los Alcores ha llevado a pensar a algunos autores en la existencia de una falla normal de dirección N 60° E en esta zona . En este trabajo no se han encontrado datos que apoyen esta idea y se piensa que no es necesaria la existencia de dicha falla para explicar el contacto rectilíneo de las Calcarenitas, ya que éste podría producirse por erosión diferencial entre materiales más duros (calcarenitas) y otros menos compactos (limos y arenas)

A la vista de los resultados de la composición mineralógica global podemos decir que en conjunto se trata de un área caracterizada por la abundancia de cuarzo, carbonatos y filosilicatos, con escasez de dolomita y feldespatos y eventual presencia de yeso.

A partir de las Figs 94 y 95, donde se han representado la composición mineralógica global a lo largo de los perfiles estudiados y teniendo en cuenta el mapa de correlación de facies (Fig. 91) se puede precisar que:

a) Las columnas 13 y 14 y la base de las nº 1, 3, 4, 8 y 21 constituidas por arcillas margosas (Margas azules) tienen un predominio de filosilicatos, Cuarzo y calcita están en proporciones semejantes y ocasionalmente hay yeso.

b) Los perfiles 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 21 representan en su tramo intermedio la Serie de Transición. Para todas ellas se observa un contenido en cuarzo y feldespatos, carbonatos y filosilicatos equivalente, excepto en las columnas 1, 8 y 21 que tienen un carácter más detrítico.

c) En la margen derecha del Guadalquivir los Limos y Arenas, presentan un contenido semejante de los tres componentes principales, excepto en las columnas 1 y 2, que son más detríticas.

d) En la margen izquierda, como ya se ha comentado, la formación anterior cambia lateralmente a Calcarenitas lo que hace que las columnas de esta zona (8, 21 y 12) en las que está representada esta formación, la calcita sea el mineral predominante.

e) Las Margas verdes están escasamente representadas en la zona, solo en el perfil nº 11, y no se puede apreciar ninguna variación lateral, lo único que se puede decir es que en las muestras de este conjunto litológico predominan los filosilicatos.

f) En las Arenas basales (columnas 9 y 11) el mineral predominante es el cuarzo. Los feldespatos y los filosilicatos están en proporciones semejantes y mayores que las de carbonatos.

g) En los depósitos de la Formación Roja, el cuarzo y los feldespatos son los minerales predominantes, y la calcita y los filosilicatos se encuentran en proporciones equivalentes.

Con respecto a la mineralogía de la fracción menor de 2 μ se puede decir que la illita y esmectitas son los minerales de la arcilla mayoritarios, excepto en el techo de las columnas 9 y 10 en las que predomina la caolinita.

Para una visión más completa de los resultados se realizó un mapa de asociaciones mineralógicas y una correlación de columnas en base a estas asociaciones. (Figs. 96 y 97).

Para las Margas azules se distinguen tres tramos, uno inferior en el que los porcentajes de illita y esmectitas son semejantes y mayores que el de clorita+caolinita (columnas 1, 3, y 4), un tramo intermedio en el que las esmectitas son predominantes con valores superiores al 50% (columnas 1 y 13) y un tramo superior (columnas 1, 8 y 21) en el que el mineral mayoritario es la illita. En el paso de esta formación a la de Limos y Margas desaparece la clorita y en general disminuye el contenido de caolinita.

En la Serie de Transición (representada en las columnas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 21) se observa que la composición de los minerales de la arcilla es fundamentalmente illítica en la margen izquierda del Guadalquivir (columnas 8 y 21). En la margen derecha se diferencian dos tramos, uno inferior con porcentajes de illita y esmectita semejantes y uno superior esmectítico (columnas 1, 2, 3, 4, 5, 6, y 7). En el paso de esta Serie de Transición a los Limos y Arenas hay una disminución del contenido en illita y un aumento de las esmectitas.

Los Limos y arenas son esmectíticos, excepto en la columna nº 6 donde la illita es predominante. Esto puede ser debido a la presencia de niveles especialmente ricos en glauconita.

Las Calcarenitas de la margen izquierda (columnas 8, 12 y 21) apenas contienen minerales de la arcilla, pero en las escasas muestras en las que se han podido estudiar son de naturaleza esmectítica (columna 12).

Los materiales de las Margas verdes (columna 11) tienen proporciones semejantes de illita y esmectita aunque algunas veces predomina la esmectita.

Los depósitos de Arenas basales son de carácter fundamentalmente illítico (68%) y hay un aumento del contenido en caolinita hacia techo de las columnas nº 9 y 10.

La Formación Roja del alto nivel aluvial (columnas 9 y 10) tienen un alto contenido en caolinita con porcentajes que llegan a un 76%. La illita y esmectitas están en proporciones equivalentes.

Para el área urbana de Sevilla no se ha podido realizar un mapa de correlación de facies propiamente dicho por las grandes variaciones laterales que presentan los materiales de las terrazas.

A partir de las Figs. 100 y 101, donde se ha representado la composición mineralógica global y la de la fracción arcilla a lo largo de los distintos sondeos estudiados se puede decir que:

a) El cuarzo es mayoritario en la base de todas las columnas y hacia techo los filosilicatos son los minerales predominantes especialmente en la zona 3 (Terraza 3). El carbonato llega a ser mayoritario en algunos tramos de la zona 1 (Terraza 2).

b) En relación con los minerales de la arcilla se observa que las zonas 2, 3, y 4 (Terraza 3 y Aluvial reciente) el mineral predominante es la illita y en la zona 1 (Terraza 2) las esmectitas son los minerales mayoritarios.

CAPITULO VI. DISCUSION

VI. DISCUSION

El análisis e interpretación de las observaciones y datos descritos en los capítulos precedentes conviene realizarlos diferenciando los materiales terciarios de los cuaternarios para una mayor claridad de exposición. Serán considerados los siguientes aspectos : la litología y petrografía de los materiales, la composición de la fracción fina, la distribución y correlación espacial de los materiales, su origen y la evolución de la cuenca desde al Mioceno superior al Cuaternario, en los que respecta al área estudiada.

V.I. 1. LOS MATERIALES: LITOLOGIA, EDAD, DISTRIBUCION, MINERALOGIA Y QUIMISMO.

V.I.1.1. Terciario

La columna general para el área estudiada comienza con las Margas azules que pasan hacia techo a Limos y Arenas a través de una Serie de Transición constituida por limos y margas. Hacia el E estos Limos y Arenas cambian lateralmente a Calcarenitas. Sobre estas Calcarenitas aparecen esporádicos afloramientos de Margas verdes y las Arenas basales del Plioceno medio-superior. La potencia total reconocida en el área es de unos 120-130 m (Fig. 93).

Las Margas azules se han datado mediante la asociación de foraminíferos planctónicos como tránsito

Mioceno-Plioceno (Andaluciense = Messiniense superior) y ocupan la parte NW de la margen derecha del Guadalquivir, y una estrecha banda de dirección NE-SW en la margen izquierda.

El tránsito de las Margas azules a los Limos y Arenas o Calcarenitas (Plioceno inferior) se realiza gradualmente (Serie de Transición) o mediante una superficie de paraconformidad. Dentro de la Serie de Transición se diferencian varias pulsaciones marcadas por fenómenos de bioturbación en las margas, que aparecen truncados por la deposición de bancos arenosos. Esta serie tiene mayor extensión en la margen derecha del Guadalquivir y queda restringida en la margen izquierda a pequeños afloramientos en la parte más septentrional. Los Limos y Arenas en la zona W del área y las Calcarenitas en una banda NE-SW en la margen izquierda.

Por la distribución granulométrica estos materiales pueden clasificarse desde limos arcillosos o arcillas limosas (Margas azules) a arenas gruesas (Arenas basales). En general se observa un ligero aumento de las fracciones arenosas hacia techo. Una excepción lo constituyen las Margas verdes.

En conjunto los materiales representados se pueden clasificar como series margoso + carbonatadas más o menos arenosas.

Los porcentajes de calcita oscilan entre el 4% (Arenas basales) y el 85% en las Calcarenitas. Los de cuarzo entre el 12% (Margas azules) y el 76%

(Arenas basales). Los de filosilicatos entre el 4% (Calcarenitas) y el 83% (arcillas). Estos minerales son los mayoritarios y están siempre presentes excepto en las Calcarenitas. El yeso aparece esporádicamente en las Margas azules. La dolomita es minoritaria (máximo 16%) y no aparece en las Arenas basales. Los carbonatos en general aumentan hacia techo mientras que los filosilicatos (y las fracciones finas) disminuyen.

Los minerales de la arcilla son:

| | |
|----------------|---|
| Margas azules | Illita (44%) - Esmectitas (40%) - Caolinita (12%) - Clorita (4%) |
| Limos y Margas | Esmectitas (50%) - Illita (43%) - Caolinita (7%). |
| Limos y Arenas | Esmectitas (51%) - Illita (44%) - Caolinita (5%). |
| Margas verdes | Esmectitas (57%) - Illita (39%) - Caolinita (4%). |
| Arenas basales | Illita (61%) - Esmectitas (23%) - Caolinita (16%). |

Los minerales de la arcilla evolucionan verticalmente pasando de una asociación en que la illita y esmectitas están en proporciones semejantes (Margas azules) o predominan las esmectitas (Limos y Margas, Limos y Arenas y Margas verdes) con acusada disminución de la caolinita y desaparición de la clorita, a predominar la illita respecto de las esmectitas y aumentar de nuevo el contenido en caolinita en las Arenas basales.

Los carbonatos en las fracciones finas son minoritarios o medianamente abundantes, y varían desde el 22% de media para las Margas azules, el 15% para Limos y Margas, 13% para Limos y Arenas, 10% para Margas verdes a un 24% para las Arenas basales.

Se observa por tanto una disminución de los contenidos en carbonato de muro a techo, a excepción del Plioceno medio-superior, que es más significativa si se tiene en cuenta que los porcentajes de la fracción fina también disminuyen en ese sentido.

La correlación de los porcentajes totales de carbonatos y los correspondientes a las fracciones finas es negativa (Fig. 98). Todo esto parece indicar que aunque hacia techo la serie sea más carbonatada el contenido en carbonato de la fracción menor de 2μ disminuye, es decir que el carbonato de origen químico y/o bioquímico disminuye.

El quimismo global de estos materiales excluyendo su significativa componente carbonatada reflejada en altos porcentajes de Ca O (14% de media) y pérdida por calcinación (16%), es predominantemente aluminoferrica. El hierro supera claramente al magnesio y los alcalis son escasos especialmente el sodio. La sílice es bastante constante aumentando en los niveles de las Arenas basales, en fuerte correlación con el cuarzo. El contenido en K_2O está relacionado con la illita, el hierro con los filosilicatos y especialmente con la illita, lo que confirma los datos de campo respecto a la existencia de glauconita en ciertos niveles.

En resumen, los materiales terciarios representados en el área de estudio comprenden una serie de unos 120 m de potencia visible, de materiales de tipo margoso-carbonatados mas o menos arenosos de origen marino, depositados desde el tránsito Mioceno-Plioceno hasta el Plioceno medio superior, con abundantes microfacies carbonatadas. Los contenidos en la fracción fina decrecen hacia techo, aumentando el caracter arenoso de la serie. Los minerales de la arcilla predominantes son esmectitas e illita.

Esta Serie se corresponde en líneas generales, con una facies de tipo margoso-carbonatada en al sentido de Millot (1970).

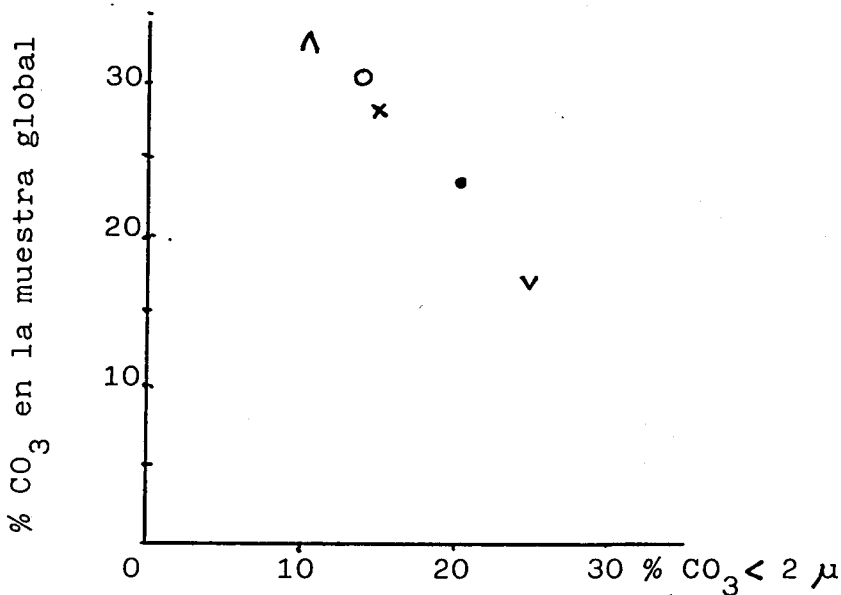


Fig. 98.- Relación del contenido en carbonatos de la fracción menor de 2μ y el contenido de carbonatos total para las Margas azules •, Serie de Transición x, Limos y Arenas ○, Margas verdes ∧ y Arenas basales ∇.

VI.1.2. CUATERNARIO

El límite Plioceno-Pleistoceno es problemático en toda la Cuenca del Guadalquivir (Zazo, 1979), los primeros materiales claramente cuaternarios están representados por un alto nivel aluvial (Pendón et al. 1986) que aparece siempre sobre las Arenas basales y que ha sido datado en la zona de Cádiz como Pleistoceno inferior (Zazo et al. 1977).

Han sido reconocidos también tres niveles de terrazas T_1 25-35 m, T_2 15-25 m, $T_3 < 15$ m, los depósitos del aluvial reciente y las arcillas y arenas rojas de descalcificación de los limos y calcarenitas.

Las terrazas ocupan esencialmente el área urbana de Sevilla (T_3) y la zona NE (T_2 y T_1) de la zona de estudio. Sólo se ha podido datar la terraza 2 por la presencia de Elephas antiquus como Pleistoceno medio superior (Oakley, 1965).

Los materiales de estas terrazas tienen granulometría variada que va desde gravas y arenas en la base a arcillas a techo, como corresponde a una típica secuencia fluvial. La T_1 es la más grosera y la T_3 la más fina.

La composición mineralógica global de estos materiales continua siendo cualitativamente como la de los sedimentos terciarios. La T_1 presenta mayor abundancia de cuarzo con escasos filosilicatos y carbonatos; en la Terraza 2 los carbonatos llegan a ser dominantes

y en la Terraza 3, predomina el cuarzo y filosilicatos. En el Alto nivel aluvial los minerales encontrados han sido cuarzo, mayoritario, feldespatos y filosilicatos. La calcita está ausente.

La asociación para los minerales de la arcilla es la siguiente:

Alto nivel aluvial: Caolinita (>50%) - Esmectita + Illita

Arcillas de descalcificación: Illita predominante - Esmectitas ~ Caolinita

Terraza 1: Illita predominante y caolinita y esmectitas minoritarias:

Terraza 2: Esmectita mayoritaria, illita y caolinita minoritaria.

Terraza 3 : Illita, mayoritaria y esmectitas caolinita y clorita minoritarias.

Aluvial reciente: Illita mayoritaria, esmectita y clorita y caolinitas minoritarias.

Los porcentajes de caolinita pueden ser ocasionalmente importantes en las terrazas 2 y 3.

El alto nivel aluvial presenta porcentajes de Fe_2O_3 bastante altos ($\approx 5\%$) lo que se manifiesta por su color rojo de donde se deriva que a veces se denomine "Formación Roja". Los altos porcentajes de Al_2O_3 y K_2O provienen esencialmente de los contenidos de feldespatos y en menor proporción de las illitas. Las terrazas son muy parecidas desde el punto de vista químico siendo los materiales que presentan un mayor contenido de Al_2O_3 ,

de todos los estudiados ($\approx 10\%$) (presencia de feldespatos, illita y caolinita).

VI.2. ORIGEN DE LOS MATERIALES.MEDIO DE DEPOSITO . EVOLUCION DE LA CUENCA

Tomando como base las implicaciones paleoambientales derivadas de la mineralogía de arcillas y de la microfauna se pretende a continuación deducir las condiciones de formación de los materiales que rellenan la Cuenca del Guadalquivir en esta zona, el área fuente, medio de depósito y evolución a lo largo del tiempo.

Como se ha indicado anteriormente la asociación mineralógica de los materiales terciarios estudiados es la siguiente:

Emectitas + Illita + Caolinita + Clorita + Interestratificados I-S, siendo los dos primeros mayoritarios.

Las esmectitas son dioctaédricas, tipo beidellita, con índices de Biscaye relativamente altos, que varia en promedio creciendo desde 0.65 en las Margas azules, hasta 0.89 en las Arenas basales Fig. 99.

Las illitas son dioctaédricas escasamente fengíticas con un ligero predominio del Fe octaédrico frente al Mg, especialmente en aquellas muestras con glauconita (p.ej. 44 de la Serie de Transición y la 49 de Limos y Arenas) y escaso o nulo grado de paragonitización.

Los índices de Kubler varían (Fig. 99) entre 7.1 y 8.2 tomando valores más altos en los Limos y Arenas (zona de diagénesis, Kubler, 1968).

Los índices de Weaver varían (Fig. 99) de 2.64 a 3.38 (zona de diagénesism Weaver, 1960) y son perfectamente correlacionables con los de Kubler.

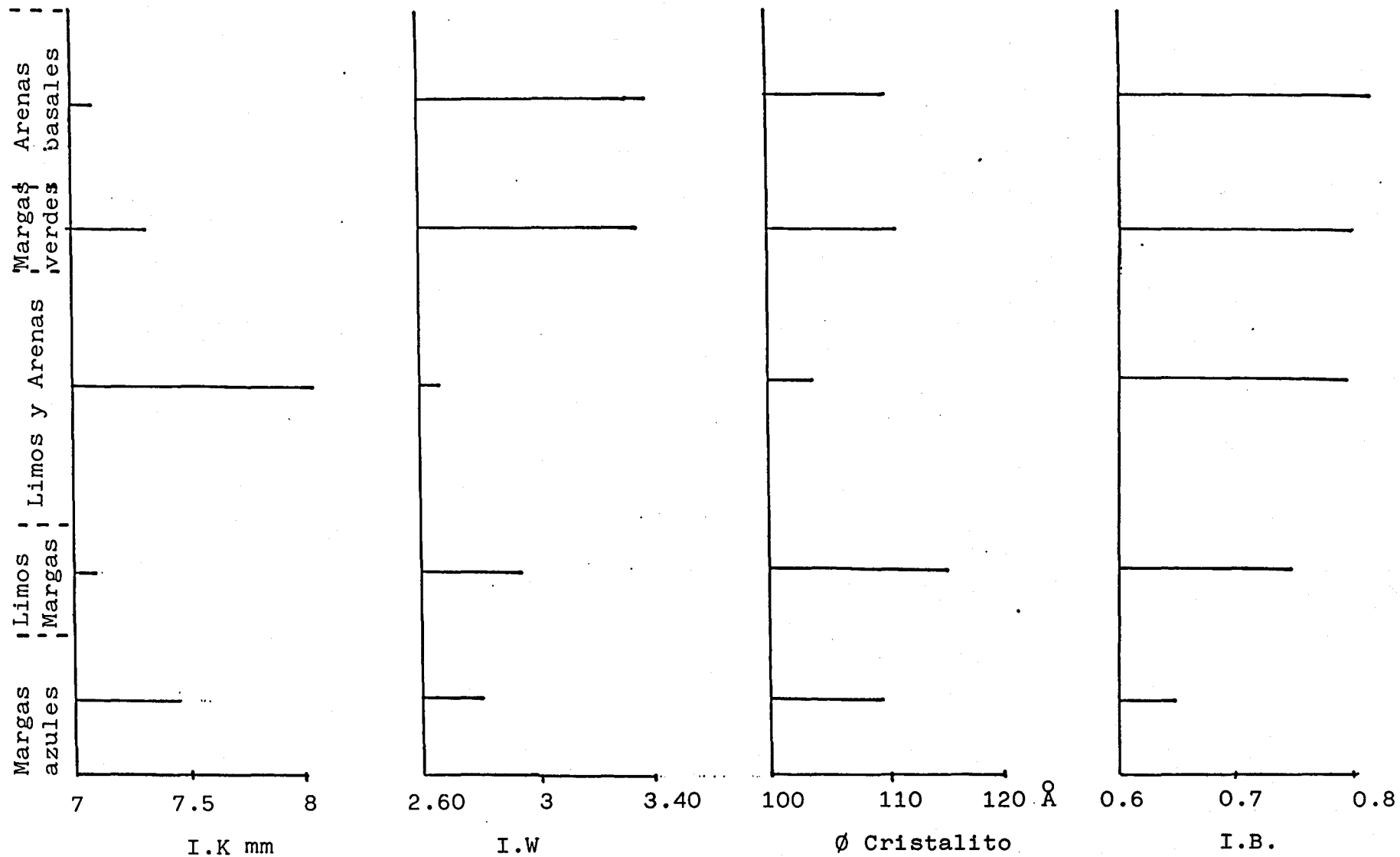


Fig. 99. Representación para las distintas formaciones de la evolución de los valores de los índices de Kubler I.K, Weaver I.W, Biscaye I.B. y del tamaño de cristalito

Los tamaños de cristalito de la illita son pequeños del orden de 100 \AA . Sus variaciones a lo largo de la Serie están en perfecto acuerdo con el índice de Weaver (Fig. 99). Estos tamaños son propios de illitas diagenéticas de acuerdo con Weber et al. (1976).

Las esmectitas e illitas son los componentes mayoritarios de los sedimentos marinos carbonatados y se consideran de origen detrítico en ausencia de manifestaciones volcánicas submarinas. Son extremadamente abundantes en todo el registro stratigráfico y especialmente las esmectitas desde el Jurásico hasta el Cuaternario. Ambas son muy abundantes también en sedimentos marinos recientes, (Biscaye, 1965, Rateev et al, 1969, Millot 1970, Jacobs y Hays, 1972, Jacobs 1974, Chamley 1975-79 a y b, Chamley et al. 1980, Chamley y Robert 1980-82).

En general, son interpretadas en todos los casos como procedentes de la desmantelación de perfiles de meteorización desarrollados bajo condiciones medianamente hidrolizantes, probablemente bajo un clima templado con contrastes estacionales donde la estación árida es pronunciada, (Dester-Haass y Chamley, 1978), o sea un clima que puede caracterizarse como semiárido (Chamley 1979 b) y que coincide con la denominada zona tropical y mediterránea de Millot (1979).

Los minerales petrogenéticos, especialmente micas, cloritas, feldespatos, anfíboles, se degradan transformándose en esmectitas en condiciones de relativo débil drenaje y ambiente alcalino, durante la época de fuerte evaporación (Keller, 1970).

Como resultado de este proceso se genera gran cantidad de esmectitas y de illita. La clorita se destruye parcialmente y la caolinita, si existe en la roca madre, no se altera.

Para el caso que nos ocupa puede suponerse como área fuente el Macizo Ibérico en su borde meridional (Zona de Ossa Morena) constituido fundamentalmente por pizarras y granitos, con cuarcitas, calizas, areniscas, dioritas, gabros y rocas vulcano-sedimentarias de diferente naturaleza. Los minerales pesados encontrados, turmalina, ilmenita, zircón, magnetita y gohetita, aunque poco definitorios en este sentido pueden corresponder con dicha área fuente.

La alteración de los materiales bajo un clima como el anteriormente descrito con estaciones secas, produce una degradación de las micas y una formación de esmectitas a partir de las anteriores (illita de baja cristalinidad, esmectitas de tipo beidellítico de alta a media cristalinidad, interestratificados I-S). La caolinita no se forma en estas condiciones, pero las pizarras alumínicas ordovícicas y devónicas contienen a veces hasta un 30% de caolinita (Galán, 1972, Mesa, 1986, Galán et al. 1985, Galán et al. en preparación). La clorita muy abundante en las pizarras cámbricas (Galán et al. en preparación) y derivadas de la alteración de biotitas y de otros melanocratas, son prácticamente destruidas, especialmente con el incremento de la meteorización química y maduración de relieves.

Se puede crear de esta forma un "manto esmectítico" con illita subordinada, similar a los descritos por

Millot (1982) para Africa, originadas en climas áridos relativamente húmedos (500-800 mm por año), con contrastes estacionales. Como resultado se llegaría en el equilibrio final a un ambiente de tipo sabana.

La erosión y desmantelación de estos perfiles cuando se rompe el equilibrio anteriormente alcanzado por cambios climáticos hacia condiciones de mayor aridez, conduce a producir aportes detríticos con cuarzo, feldespatos, esmectita, illita y escasa proporción de caolinita y eventualmente de clorita.

Otra posible área fuente la constituye por el sur el subbético, que formado esencialmente de materiales tales como dolomias, ofitas, areniscas y calizas, pueden aportar carbonatos, esmectitas, illita y clorita en su mayor parte minerales heredados, y en algunos casos (esmectitas y cloritas) formados también por alteraciones meteóricas bajo un clima como el ya propuesto.

No obstante, no parece lógico suponer que la influencia de estos materiales como área fuente fuera tan importante como la del Macizo Ibérico, porque la fuerte componente arcillosa de los sedimentos estudiados es difícil de explicar a partir de los materiales subbéticos, siendo por el contrario fácilmente atribuible a la alteración a partir de pizarras y granitoides.

El aumento de la relación S/I desde las Margas azules hasta las Arenas basales indica que durante todo este periodo se produjeron condiciones climáticas como las descritas cada vez más intensas y próximas al equilibrio con el clima, que por erosión subsiguiente proporcionaron cada vez más esmectitas y de mejor índice de cristalinidad (Índice de Biscaye creciente).

En los Limos y Arenas se produce un aparente aumento de cristalinidad de la illita. Los valores promedios aumentan (Fig. 99) porque algunas muestras (26, 44 y 49) con presencia de glauconita dan mejor cristalinidad que las restantes de illitas. Pero exceptuando estas anomalías aparentes para los índices de Kubler y Weaver las micas muestran una cristalinidad decreciente de muro a techo, concordante con el aumento de la cristalinidad de la esmectita. Este hecho también se interpreta en el sentido de que los procesos de hidrolización del área fuente fueron cada vez más profundos, degradando cada vez más las micas hasta perder su carácter original de origen endógeno (granitoides) o de metamorfismo regional de bajo grado (pizarras) y por el contrario las esmectitas (beidellitas) formadas a partir de micas son cada vez más ordenadas.

Los aportes de arenas suponen rupturas en éste equilibrio climatológico sedimentario producidas por cambios climáticos a condiciones de mayor aridez primero y fuertes lluvias después que desmantelan bruscamente los perfiles anteriormente menos evolucionados (menos esmectitas, más illita y caolinita).

Este fenómeno se hace cada vez más ostensible en el Plioceno medio-superior cuando por un cambio climático similar a los antes descritos pero más duradero se producen las Arenas basales como resultado del predominio de la meteorización física sobre la química en el periodo inmediatamente anterior (disminución de esmectita y aumento de clorita e illita).

Este cambio climático probablemente va conectado a una regresión marina en este área y a una actividad tectónica que dió lugar a un rejuvenecimiento de escasa importancia en el área fuente.

Por otra parte las microfacies bentónicas halladas en las diferentes formaciones indican en general unas condiciones paleoecológicas de mar somero (*Ammonia*, *Florilus*, *Lenticulina* etc) algo más profundo en las Margas azules , con proximidad a la línea de costa.

Durante el Plioceno inferior se inicia una regresión evidenciada por la aparición de tramos de alternancia (Serie de Transición) de margas y limos en los que se desarrollan fenómenos de bioturbación, producidos probablemente por crustáceos, típicos de una zona circalitoral somera o sublitoral situada por debajo de la zona de acción de las olas (no existen estructuras de tipo hummocky en los niveles de arenas) y una profundidad de 20-50 m. La regresión continua durante la sedimentación de los Limos y Arenas que por su asociación faunística (Gasteropodos, Bivalvos, Briozoos y restos de equínidos y peces) podrian sedimentarse en fondos litorales con una profundidad no superior a los 30 m.

Las Calcarenitas correlacionadas espacial y temporalmente con estos Limos y Arenas, pueden interpretarse como materiales sedimentados en zonas de altos fondos (aguas someras), con gran energía, que arrastran y re-sedimentan restos biogénicos. Al mismo tiempo existen colonias de briozoos y precipita el carbonato cálcico de origen químico y bioquímico. La sedimentación de

237

estos materiales puede corresponder a zonas de barras costeras producidas durante la etapa de regresión. A veces entre estas barras quedaban zonas restringidas más profundas donde pudo tener lugar la deposición de las Margas verdes. Finalmente las Arenas basales del Plioceno medio-superior indican un medio marino somero, con frecuentes aportes del continente.

Todo ello en general concuerda completamente con las deducciones del estudio de la mineralogía de arcillas.

En relación con la abundancia de carbonato de tipo químico hay que recordar que la mayor parte de la superficie del agua del mar está sobresaturada respecto a calcita y aragonito, por tanto es muy normal que se precipite carbonato cálcico en aguas poco profundas como las que aquí existieron. Sin embargo las variaciones de una a otra formación son probablemente debidas a diferentes batimetrías, con depósitos sobre o bajo el nivel de compensación de los carbonatos ya que su precipitación depende de la presión parcial de CO_2 y de la actividad del ion carbonato (Lippman 1973, 1979).

Respecto a los materiales del Cuaternario, la secuencia comienza con el alto nivel aluvial, sobre el que se ha desarrollado un suelo rojo (Formación Roja) caracterizado por caolinita y gohetita. Las condiciones de sedimentación serían claramente continentales donde se implantaría una red fluvial pleistocena (alto nivel aluvial). La formación del suelo rojo implica unas condiciones climáticas específicas

al comienzo del Cuaternario con humedad practicamente constante aunque no necesariamente muy alta. A este respecto conviene recordar que para la formación de caolinita a partir de feldespatos en un ambiente templado o cálido, es condición esencial que exista un facil drenaje (Galán, 1972), lo que está grantizado en materiales arenosos del aluvial. Probablemente la formación de este suelo corresponde a un clima subtropical . El gran espesor de este horizonte edáfico indicaría un prolongada estabilidad climática y niveles freáticos cercanos a la superficie y con pocas fluctuaciones (Rodriguez Vidal et al. 1985).

Las terrazas comprenden materiales de origen continental poco evolucionados (predominio de la illita) y solo en la Terraza 2 se forman mayoritariamente esmecitas seguramente debido a una mayor estabilidad del nivel freático que ocasiona una prolongada hidrólisis de la mica.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES

VII. CONCLUSIONES

Del estudio geológico realizado sobre el área urbana de Sevilla y alrededores (500 Km²), y especialmente de los aspectos petrográficos, mineralógicos y micro-paleontológicos, se han deducido una serie de conclusiones sobre la génesis y distribución espacio-temporal de los materiales presentes.

El conocimiento detallado adquirido para esta zona puede ser de gran interés socio-económico. Constituye un aporte a la geología regional, que por su detalle resulta básico para cualquier trabajo de geología aplicada, incluyendo geología ambiental y ordenación del territorio.

Las principales conclusiones son las siguientes:

1.- Los materiales representados en el área urbana de Sevilla y sus alrededores varían desde el tránsito Mioceno-Plioceno hasta el Cuaternario aluvial.

Los materiales Terciarios están constituidos por varias formaciones que han sido caracterizadas mineralógicamente en este trabajo. Comienzan en la base por la Formación Ecija (Margas azules) perteneciente al tránsito Mioceno-Plioceno, que pasan a techo a la Formación Arenas de Huelva (Limos y Arenas) a través de una Serie de Transición de limos y margas (Plioceno inferior). Hacia el E la Formación Arenas de Huelva cambia lateralmente a la Formación Guadaira (Calcarenitas). Sobre la Formación Guadaira aparecen

esporádicos afloramientos de Margas verdes y sobre ellas (o sobre los Limos y Arenas y Calcarenitas) se presentan las Arenas basales del Plioceno medio-superior.

La potencia reconocida es de 120 m.

2.- El conjunto de materiales terciarios representados se puede definir como una serie margoso-carbonatada más o menos arenosa.

En general se observa un aumento de las fracciones gruesas (arenas) hacia techo (a excepción de las Margas verdes).

Los componentes mayoritarios son: calcita, cuarzo y filosilicatos, acompañados de cantidades menores de feldespatos y dolomita, y con yeso secundario.

El carácter carbonatado aumenta hacia techo, pero disminuye en las fracciones finas, lo que indica que la calcita de origen químico o bioquímico es sustituida por la de tipo biogénico, representada por restos de foraminíferos, briozoos, gasterópodos, etc.

3.- La asociación de minerales de la arcilla en los materiales terciarios es: Illita + Esmectitas + Caolinita + Clorita + Interestratificados I-S.

Se detecta una evolución de los minerales de la arcilla en vertical. En la base la illita y esmectitas son los minerales dominantes, con caolinita y clorita subordinada. Hacia techo, el incremento de las esmectitas es progresivo especialmente en detrimento de la illita.

La caolinita también disminuye y la clorita desaparece. En el tramo de Arenas basales predomina de nuevo la illita frente a las esmectitas y aumenta considerablemente la caolinita. Hay que destacar que parte de los minerales micaceos de los Limos y Margas y Limos y Arenas son de tipo glauconita.

4.- En el Cuaternario se ha distinguido un alto nivel aluvial sobre las Arenas basales del Plioceno medio-superior, tres niveles de terraza (T_1 , T_2 , y T_3), un nivel aluvial reciente y los depósitos de alteración de materiales Pliocenos constituidos por arcillas y arenas de descalcificación. La Terraza 2 se ha datado como Pleistoceno medio-superior. El área urbana de Sevilla está ocupada por la T_3 y en el límite E aparece también la T_2 .

5.- Los materiales cuaternarios son de granulometría variable, desde gravas y arenas en la base, a arcillas a techo, como típica secuencia fluvial. La T_1 es la más grosera y la T_3 la más fina.

La composición mineralógica cualitativa de las terrazas es la misma que la de los materiales terciarios. En la T_1 domina el cuarzo, en la T_2 la calcita y en la T_3 los filosilicatos. En el alto nivel aluvial domina el cuarzo y la calcita está ausente, las arcillas y arenas de descalcificación tienen filosilicatos o cuarzo como minerales mayoritarios y ausencia de dolomita.

Respecto a los minerales de la arcilla, dominan la illita en la T_1 , T_3 y arcillas y arenas de descalcificación; las esmectitas en la T_2 y la caolinita en el alto nivel aluvial. Este último presenta porcentajes bastante altos de Fe_2O_3 (Formación Roja), y las terrazas son los niveles más alumínicos ($\approx 10\%$) de todos los estudiados .

6.- Tomando como base las implicaciones paleoambientales derivadas de la mineralogía de arcillas y de la fauna existente se puede deducir que:

a) Todos los minerales son de origen detrítico (excepto parte de los carbonatos), sedimentados en un medio marino poco profundo y con una batimetría cada vez menor hacia techo.

b) El área fuente de la que fundamentalmente derivan estos minerales es el borde sur del Macizo Ibérico (Zona de Ossa Morena), constituida esencialmente por pizarras alumínicas y ferromagnesianas, granitoides y rocas metamórficas.

c) Sobre esta área fuente se desarrollaron perfiles de meteorización bajo un clima templado-cálido, con contrastes estacionales, donde la estación árida fue pronunciada, es decir un clima semiárido parecido al mediterráneo actual, aunque algo más húmedo.

d) En estas condiciones se produce una degradación de las micas y una formación masiva de esmectitas ("manto esmectítico"). La caolinita apenas se forma en estas condiciones (escasa presencia de caolinitas desordenadas).

Pero aquellas procedentes de las pizarras aluminicas (ordovícicas y devónicas) no se alteran en estas condiciones y forman parte del perfil de meteorización como minerales heredados. La clorita, abundante en pizarras cámbricas y derivadas de otros melanocratos, son practicamente destruidas.

e) La erosión y desmantelación de estos perfiles, cuando se rompe el equilibrio por cambios climáticos, conduce a aportes detríticos con cuarzo, feldespatos, esmectita e illita y escasa proporción de clorita y caolinita. Todos son minerales heredados de rocas del área fuente menos la esmectita que se origina por transformación .

f) Desde la sedimentación de las Margas azules hasta el Plioceno continúan las condiciones climáticas descritas. Con la maduración progresiva de los relieves (hay un aumento progresivo de esmectitas con creciente índice de cristalinidad y menor proporción de illita; de más pobre cristalinidad). Los aportes de las Arenas basales suponen una ruptura del equilibrio climatológico — sedimentario por cambios a condiciones de mayor aridez primero y fuertes lluvias después, que desmantelan los perfiles ya menos evolucionados (mayor proporción de illita y caolinita). Este cambio climático esta probablemente conectado con una regresión marina y una actividad tectónica que dió lugar a un suave rejuvenecimiento en el área fuente.

g) En el Plioceno inferior se inicia una regresión evidenciada por los tramos de alternancia de margas y limos en la Serie de Transición. La sedimentación de estos materiales se produce en una zona circalitoral o sublitoral, situada por debajo de la acción de las olas. La sedimentación de los Limos y Arenas debió realizarse en fondos litorales con una profundidad no superior a los 30 m.

Las Calcarenitas se relacionan espacial y temporalmente con los Limos y Arenas y se interpretan como materiales sedimentados en altos fondos con un medio de gran energía (restos biogénicos fracturados y resedimentados), con precipitación química y biogénica de carbonatos. La sedimentación se supone producida en una etapa de regresión que da lugar a la formación de barras costeras.

Las Arenas basales indican un medio de depósito marino somero, con aportes del continente (restos de plantas y raíces).

h) La calcita es un mineral de precipitación química en estos medios, pero también en este caso es de tipo biogénico y bioquímico. Las variaciones de precipitación de carbonatos están en relación con las diferencias batimétricas (depósitos sobre o bajo el nivel de compensación de los carbonatos, actividad del ion carbonato, presión parcial de CO_2 , etc.)

i) El comienzo del Cuaternario está marcado por un clima templado-cálido, con humedad prácticamente constante, aunque no necesariamente muy alta, (suelos rojos con caolinita desarrollados sobre un aluvial).

j) Las terrazas comprenden materiales continentales poco evolucionados (predominio de la illita) y solo en la T_2 se produce una mayor estabilidad del nivel freático que ocasiona una prolongada hidrólisis de la mica (esmectita mayoritaria).

7.- Los materiales que aparecen en el área urbana de Sevilla y alrededores, predominantemente arcillosos y margosos con contenidos variables de gravas y arenas y frecuentes cambios laterales, aconsejan estudios detallados locales, previos a la realización de cualquier actividad de ingeniería civil o urbanística así como ensayos geotécnicos. No se puede en ningún caso extrapolar los datos obtenidos (litológicos, granulométricos, geotécnicos) en un sondeo o perfil con los inmediatos, sino sólo a nivel global, lo que es muy interesante en geología pero no desde el punto de vista geotécnico.

CAPITULO VIII. BIBLIOGRAFIA

VIII. BIBLIOGRAFIA

AGUIRRE, E. (1969) Revisión sistemática de los Elephantidae por su morfología y su morfometría dentaria (2º y 3º parte). Estudios. geol, 24 , 209-212.

AGUIRRE E. LHENAFF, R. y ZAZO, C. (1973) Nuevos fósiles en Andalucía. Estudios. geol, 24 , 295-306.

ALEXANDER, L.E. and KLUG, H.P. (1948) Anal. Chem. 20, 886-9 (en KLUG, H.P. and ALEXANDER, L.E. (1962) "X-ray difracción procedures for polycrystalline and amorphous materials". John Wiley and Sons. N.Y. 716pp.)

BARAHONA FERNANDEZ, E. (1974) Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: Evaluación de algunos ensayos de materias primas. Tesis Doctoral 49. Universidad de Granada 398 pp.

BARRAS DE ARAGON, F. (1899) Apuntes para una descripción geológico-mineralógica de la provincia de Sevilla. Palencia. 1 vol., 360 pp.

BELLINFANTE, N., PANEQUE, G. y CLEMENTE, L (1970) Estudio de las concrecciones de un suelo de perfil complejo situado en la Terraza del Guadalquivir en el aeropuerto de San Pablo. (Sevilla). Anal. de Edaf. y Agrob. 24 nº 7-8, 478-483.

BENOT. C.(1978) Estudio micropaleontológico del Neógeno de la provincia de Sevilla (Región meridional). Tesis Doctoral. Universidad Complutense, Madrid. 700 pp.

BERGGREN, W.A. (1973) The Pliocene time scale: Calibration of planktonic foraminiferal and calcareous Nannoplankton zones, *Nature*. 243, 391-397.

BERGGREN, W.A. and HAQ, B. U. (1967) The Andalusian stage (Late Miocene), Biostratigraphy, biochronology and paleoecology. *Paleogeography, Paleoclimatology and Paleogeology*, 20 67-129.

BISCAYE, P.E. (1965) Mineralogy and sedimentation of recent deepsea clays in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. *Geol. Soc. Am. Bull.* 76 803-832.

BORRAGAN, J. (1966). Los ostracodos del Mioceno superior de facies marina de la Cuenca del Guadalquivir (España). C.M.N.S. Proc. Third. Session 1964, Bern. 270-279, Brill. London.

BLOW W.H. (1969) Late middle Eocene to recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. Proc. First. Int Conf. Plank. Microf. 1, 199-421, Geneva,

BRADLEY, W.F. and GRIM, R.E. (1961) Mica clay minerals Chap. V. In: G. Brown (Ed) *The X-ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals*. 208-241. Mineralogical Society. London.

BRIME, C. (1985) The accuracy of x-ray diffraction methods for determining mineral mixtures. *Mineral. Mag.* 49, 531-538.

BROMBERGER, S.H. and HAYES, J.B. (1966) Quantitative determination of calcite, dolomite, apatite mixtures by x-ray diffraction. *J. Sedim. Petrol.* 36, 358-361.

BRUNTON, G. (1955) Vapour glycolation. *Am. Miner.* 40, 124-126.

CALDERON, S. (1887) Nota de la existencia de *Elephas antiquus* en Andalucía. *Actas Soc. Esp. His. Nat.* 16, 45.

CALDERON, S. (1888) Foraminíferos fósiles en Andalucía. *Actas. Soc. Esp. His. Nat.*, 17, 52-57.

CALDERON, S. (1888) Existencia de *Elephas meridionalis trogontherii*. Pholling. en Sevilla. *Actas. Soc. Esp. His. Nat.*, 17, 32-34.

CALDERON, S. (1893 a). Movimientos pliocénicos y postpliocénicos del Valle del Guadalquivir. *Actas Soc. Esp. His. Nat.*, 22, 5-18.

CALDERON, S. (1893b) Foraminíferos pliocenos de Andalucía. *Actas Soc. Esp. His. Nat.*, 22 31-33.

CALDERON, S. (1893c) Estructura del terreno terciario del Valle del Guadalquivir en la provincia de Sevilla. *Bol. Com. Map. Geo. Esp.* (1) 20, 313-318

CALDERON, S. (1895) Algunas observaciones sobre las arcillas del Valle del Guadalquivir. *Actas. Soc. Esp. His. Nat.* 24, 3-6.

CARANDELL, J. (1926) Las terrazas cuaternarias del río Guadalquivir. *Iberica* 24, 329-333.

CARANDELL, J. (1936) Datos para la geografía y geología andaluza. Un block diagrama de la altiplanicie de Carmona. *Bol. Soc. Geogra. Nac.* 76, 346-353.

CARBONELL, A. (1927) Las terrazas cuaternarias del Guadalquivir. *Rev. min. y metal.* 45, 23-29. Madrid.

CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA DEL CUARTO (1962) Estudio agrobiológico de la provincia de Sevilla C.S.I.C. Sevilla. 173 pp.

CITA, M.B. (1973) Pliocene biostratigraphy and chronostratigraphy. In Ryan, W.B. et al. (Ed). *Initial Reports . Deep sea drilling project.* 13 1343-1379.

CIVIS. J. SIERRO. F., GONZALEZ DELGADO. J., FLORES ANDRES. I., PORTA. J. y VALLE. M.F. (1985) El Neogeno marino de la provincia de Huelva: Antecedentes y definición de las unidades litoestratigráficas. In: *Paleontología del Neogeno de Huelva. Stvd. Geol. Salm.* (en prensa).

CLARK, G.L. and REYNOLDS D.H. (1936) *Ind. Eng. Chem. (Anal)* 8, 36-40. (Tomado de Brime, 1985).

CLEMENTE. L. (1963) Propiedades, génesis y clasificación de suelos de terrazas del Guadalquivir. Tesis Doctoral . Universidad de Sevilla.

CLEMENTE, L, y PANEQUE, G. (1974) Propiedades, génesis y clasificación de suelos de las terrazas del Valle del Guadalquivir. I. Factores ecológicos y relaciones edafogeomorfológicas. Anal. de Edaf. y Agrob. 33, 215-223.

CLEMENTE, L y PANEQUE, G. (1974). Idem. II. Suelos aluviales. Anal. de Edaf. y Agrob. 33, 225-240.

CLEMENTE, L. y PANEQUE, G (1974). Idem III. Suelos pardo-rojizos y rojos fersialíticos. Anal de Edaf. y Agrob. 33, 241-258.

CLEMENTE, L y PANEQUE, G. (1974). Idem. IV. Suelos hidromorfos. Anal. de Edaf. y Agrob. 33, 295-214.

CLEMENTE, L. MENANTEAU, L y FIGUEROA, M.E. (1977) Intento de cronología del segundo nivel de terraza del Guadalquivir en los alrededores de Sevilla en relación con los restos de Elephas hallados en su borde. Actas de la II. Reunión nacional del Grupo Español de trabajo del Cuaternario. Tomo VI. 49-56, 1976.

CLEMENTE, L, REGUERO, C.L. y FIGUEROA, M.E.. (1979) Origen y evolución de unos sedimentos calizos pertenecientes al cuaternario antiguo del Guadalquivir. Actas de la III. Reunión nacional del Grupo de trabajo del Cuaternario. 239-246, 1977.

CLEMENTE, L, REGUERO, C.L., y PASCUAL, J. (1980) Edafogénesis como metodología aproximada del estudio del Cuaternario. Actas de la IV Reunion del Grupo Español de trabajo del Cuaternario, 51-70, 1979.

COPPELAND, L.E. and BRAGG, R.H. (1958) Quantitative x-ray diffraction analysis. *Anal. Chem.* 30, 196-201

CHAMLEY, H. (1975) Sedimentation argileuse au Mer Tyrrhenienne au Plio-Pleistocene d'apres l'etude du Forage JOIDES, 132. *Bull. Group. Fr. Argiles* 27, 97-137.

CHAMLEY, H. (1979a) Les successions argileuses de l'Atlantique Nord, echo des changements Mesozoiques et Cenozoiques de l'environnement. Exemple de Cap Vert. *C.R. Acad. Sci. D*, 289, 769-772.

CHAMLEY, H (1979b) North Atlantic clay sedimentation and paleoenvironment since the Late Jurassic. In: M. Talwani, W. Hay and W.B. Ryan (Eds), *Deep drilling results in the Atlantic Ocean: Continental Margins and Paleoenvironment*. Maurice Ewing Ser. 3, Am. Geophys. Union 342-361.

CHAMLEY, H, DEBRABANT, P FOULON, J. et LEROY, P. (1980) Contribution de la mineralogie et de la geochemie a l'histoire des marges nord-atlantiques depuis le Jurassique superieur. (sites 105 et 367 DSDP). *Bull. Soc. geol. France*, 22 745-755.

CHAMLEY, H, and ROBERT, C. (1980) Sedimentation argileuse au Tertiaire Superieur dans le domaine mediterraneen. *Geol. Medit.* 7, 25-34.

CHAMLEY, H. and ROBERT. C. (1982) Paleoenvironmental significance of clay deposits in Atlantic black shales In: Schlanger, S.O. and Cita, M.B. (Eds): *Nature and origin of Cretaceous carbon rich facies*. Academic Press London, 101-112.

CHUNG, F.H. (1974) Quantitative interpretation of x-ray diffraction patterns of mixtures. I. Matrix flushing method for quantitative multicomponent analysis II. Adiabatic principle of x-ray diffraction analysis of mixtures. J. Appl. Crystall, 7, 519-525, and 526-531.

CHUNG , F.H. (1975) Idem III. Simultaneous determination of a set of reference mixtures. J. Appl. Crystall. 8, 17-19.

CHUNG, F.H. (1976). Quantitative interpretation of x-ray diffraction patterns. Rev. J. Appl. Crystall, 7-60, 519-531.

DE LA ROSA. D. (1975) Reconocimiento y evaluación de suelos de terrazas del Guadalquivir en la provincia de Sevilla. Tesis Doctoral, Universidad Politecnica. Madrid. 1974.

DE LA ROSA, D, RUIZ, J and PEREZ RODRIGUEZ, J.L. (1983) Soil properties and geotechnical characteristics of urban area soils in Sevilla, Spain. Agrochimica 27 173-184.

DESTER HAASS, L, and CHAMLEY, H (1978) Neogene paleo environment pf NW Africa based on sediment from DSDP Leg 14. J. Sediment. Petrol. 48 879- 896.

DIAZ ESTEVEZ, M. G. (1972) Boestratigrafia del Neogeno mediante foraminíferos planctónicos en la provincia de Sevilla (Región Central). Tesis Doctoral . Universidad de Granada.

DIAZ ESTEVEZ, M.G. PARRA, A. y BENOT, C. (1982)
Distribución de foraminíferos planctónicos del Plioceno
en la plataforma continental del SW de España. Riv.
Ital. Paleont. 88, 271-294.

DIAZ DEL OLMO. F. VALLESPI, E y ALVAREZ, G. (1986)
Formaciones superficiales detríticas y secuencia pa-
leolítica en el bajo Guadalquivir (SW de España). En
prensa.

DIEBOLD, F.E. LEHMISH, J. and HILTROP. C.L. (1963)
Determination of calcite, dolomite, quartz and clay
content of carbonate rocks. J. Sed. Petrol. 33 , 124-
139.

DRAIM, M. LHENAFF. R et VANNEY, J.R. (1971) Le
Bas Guadalquivir, introduction géographique. Publicacio-
nes de la Casa Velazquez 125 pp.

EDIT, T.B. and KRIZEK, R.J. (1972) Effects of lattice
disorder on the quantitative determination of kaolinite.
Proc. of the Int. Clay Conf. Madrid. 827-835.

ERNST, W.G. (1963) Significance of phengite micas
from low-grade schists. Am. Mineral. 48. 1357-1373.

ESQUEVIN, J. (1969) Influence de la composition chimi-
que des illites sur leur cristallinité. Bull. Centre Rech
Pau (SNPA), 3, 147-154.

EVANS, B.W. and GUIDOTTI, C.V. (1966) The sillimanite-
potash feldspar isograd in Western Marine USA, Contr, Miner
Petrol. 12, 25-62.

GALAN, E. (1972) Los yacimientos españoles de Caolin; Geología, mineralogía y génesis. Tesis Doctoral. Universidad Complutense. Madrid. 594 pp.

GALAN, E. y ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J. (1974) Los caolines de España, características identificación y ensayos cerámicos. Soc. Esp. Ceram. Vidr. Madrid. 234 pp

GALAN. E. POLVORINOS. A. and PEREZ RODRIGUEZ J.L. (1985) Interpretation through multivariate statistical methods of the chemical and mineralogical composition of the sericitic shales of the SW Iberian Massif, Spain 1985 International Clay Conference, Book of Abstracts The Clay Minerals. Soc. p. 76.

GALAN. E. y otros (En preparación). Sobre la geología mineralogía y condiciones de formación de las pizarras aluminicas ("pizarras sericíticas) al Sur del Macizo Ibérico.

GAVALA y MILLANS DEL BOSCH, J. (1924) Informe sobre el abastecimiento de aguas de la ciudad de Sevilla. Bol. Inst. Geol. Min. Esp. 55, 343-398.

GAVALA Y LABORDE, J. (1927) Memoria explicativa de la hoja nº 984 (Sevilla). IGME. Mapa geológico de España.

GONZALEZ. S (1960) Análisis mineralógico de arcillas de suelos andaluces. Anal. Edaf. y Fis. Veg 19, 192-212

GONZALEZ. S y CHAVES SANCHEZ. M (1960) Los tipos de suelos más frecuentes en Andalucía occidental. Anal. Edaf. y Fis. Veg, 19, 213-228.

GONZALEZ GARCIA F. y GARCIA RAMOS, G (1964) Arcillas cerámicas de Andalucía: 1 Yacimientos de las vegas del Guadalquivir y Corbones en la provincia de Sevilla. Bol. Soc. Esp. Ceram. 3, 481-502.

GONZALEZ GARCIA, F y GARCIA RAMOS, G (1965) 2. Yacimientos de la Campiña en la provincia de Sevilla. Bol. Soc. Esp. Ceram. 4, 5-22

GONZALEZ GARCIA, F y GARCIA RAMOS. G. (1966) 3. Yacimientos terciarios de la margen derecha del Guadalquivir en la provincia de Sevilla. Bol. Soc. Esp. Ceram. 5, 229-245.

GONZALEZ GARCIA, F y SANCHEZ CAMAZANO, M (1968) Differentiation of kaolinite from chlorite by treatment with dimethylsulfoxide. Clay Min. 7, 447.

GONZALEZ, J. FENOLL. P. y MARTIN VIVALDI, J.L. (1970) Estudio mineralógico de los niveles arcillosos del Trias alpujarride. Bol. Geol. Min. 81, 620-629.

GONZALEZ REGALADO, L. (1981) Estudio micropaleontológico del Neógeno en El Aljarafe (provincia de Sevilla) Tesis de Licenciatura. Universidad de Salamanca. 190 pp

GONZALEZ VILCHEZ, M.C. GARCIA RAMOS, G. GONZALEZ GARCIA, F. (1983) Las arcillas cuaternarias del Valle inferior del Guadalquivir y las cerámicas de Cerro Macareno (Sevilla). VI. Reunión del Grupo Español de trabajo del Cuaternario. 125-154.

GONZALEZ VILCHEZ. M.C. (1983) Estudio Físico-Químico y Tecnológico de Materiales Cerámicos del yacimiento arqueológico de Cerro Macareno. (Sevilla) 454 pp.

GOLDSMITH, J.R. y GRAF. D.L. (1958). Relations between lattice constants of the Ca-Mg carbonates. Am. Mine. 43, 84-101.

GREEN KELLY. R. (1953) Identification of montmorillonoides. J. Soil Sci. 4, 233-237.

GULDBRANDSEN, R.A. (1960) A method of x-ray analysis for determining the ratio of calcite to dolomite in mineral mixtures, U.S. Geol. Survey Bull 1111-D, 147-152.

HAUFF, P. and TRUMP, G. van Jr, (1980) XRD-CLAY-ID- A computerized system for clay mineral identification Abstract. 29 th Annual Clay Minerals Conf. Waco Texas. p 46.

HAYES. J.B. (1970) polytypism of chlorite in sedimentary rocks. Clays Clay Min. 18, 285-306.

HEATH. J.R. and PISIAS, N.G. (1979) A method for the quantitative estimation of clay minerals in North Pacific Deep-sea sediments. Clays Clay Min. 27, 175-184

HINCKLEY, D.N. (1963) Variation in crystallinity values among the kaolin deposits of the coastal plain of Georgia and South Carolina. Clays Clay Min, 11, 229-235.

HERNANDEZ PACHECO, E. (1926) La Sierra Morena y la llanura Bética (síntesis geológica). Guia de la excursión del XIV Congreso geológico internacional. Madrid. 1. vol 155 pp.

HERNANDEZ PACHECO, E. (1928) Los cinco rios principales de España y sus terrazas. Trabajo del Museo de Ciencias Naturales 1 vol. 126 pp . Madrid.

IGME. (1973) Estudios geotécnicos de los Polígonos de La Cartuja, Aereopuerto y carretera de la Isla (Sevilla. Madrid.

IGME (1974) Mapa de Rocas industriales de España a escala 1:200.000. Hoja nº 75, Sevilla. Madrid

IGME (1975) Mapa geotécnico de España a escala 1:200.000 Hoja nº 75, Sevilla. Madrid.

IGME (1975) Mapa geológico de España a escala 1:50.000 Hoja nº 984, Sevilla, serie MAGNA. Madrid.

IGME (1977) Mapa geológico de España a escala 1:50.000 serie MAGNA, hojas nº 1002 Dos Hermanas y 1003 Utrera.

JACOBS, M.B. and HAYS. J.D.(1972) Paleoclimatic events indicated by changes in deep-sea sediments. J. Sediment. Petrol, 42, 889-989.

JACOBS M.B. (1974) Clay mineral changes in Antarctic deep-sea sediments of the North American Basin. J. Sediment. Petrol, 44, 1079-1086.

JHONS, W.D. , GRIM, R.E. and BRADLEY. W.F. (1954). Quantitative estimation of clays minerals by diffraction methods. J. Sedim. Petrol. 24, 242-251.

KARLIN, R. (1980) Sediment sources and clay mineral distribution of the Oregon Coast. J. Sediment. Petrol. 50, 543-560

KELLER, W.D. (1970) Environmental aspects of clay minerals. J. Sedim, Petrol., 40, 788-813.

KLINGEBIEL, A. y LATOUCHE. C (1962) Etude cristallographique des illites dans les series Eocenes du Bordelais. C.R. Acad. Sc. Paris, 255 , 142-144.

KLUG, H. P. and ALEXANDER, L. E. (1962) X- ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials. John Wiley and Sons. N.Y. 716 pp.

KODAMA, H, GATINEAU, L. and MEERING, J. (1971) Analysis of x-ray diffraction line profiles of microcrystalline muscovites. Clays and Clay Min. 9, 405-413.

KUBLER. B. (1968) Evaluation quantitative du metamorphisme par la cristallinité de l'illite. Etat des progrès réalisés ces dernieres annees. Bull. Centre. Rech Pau. (SNPA), 2, 385-397.

LAN; (1857) Notes de voyage dur la Sierra Morena et sur le Nord de l'Andalousie. Ann. Mines, 12, 561-628.

LATOUCHE, C. y VIGUIER, C. (1976) L'evolution du cor tege argileux dans la sedimentation marine neogene du bassin occidental du Guadalquivir. Espagne du s.o.) Acta. Geo. Hisp. 9, 8-14

LIPPMAN, F. (1973) Sedimentary carbonate minerals. Springer Berlin. 229 pp.

MAGNE. J. y VIGUIER. C. (1970) Stratigraphy du Neogebe de la bordure meridionale de la Sierra Morena entre Huelva et Carmona. (Espagne du Sud-Ouest). Bull. Soc. Geol. France. 12, 200-209.

MARTIN POZAS, J.M. (1968) El análisis mineralógico cuantitativo de filosilicatos de la arcilla por difracción de rayos X. Tesis Doctoral Universidad de Granada .

MARTIN POZAS, J.M., RODRIGUEZ GALLEGO, M. y MARTIN VIVALDI, J.L.(1969) Análisis cuantitativo de los filosilicatos de la arcilla por difracción de rayos X. Parte IV. An. R. Soc. Esp. Fis. Quim. 55, 109-112.

MARTIN RAMOS , D. y RODRIGUEZ GALLEGO. M. (1976) Biometria y termometria geológica mediante parámetros cristalográficos de las micas (Aplicación a la Cordillera Bética). Comision Nacional para el Proyecto Geodinámico de Granada, 12-14.

MARTIN VIVALDI, J.L. and McEWAN. D.M.C.(1960) Co-rrensite and swelling chlorite. Clay Min. Bull, 4, 173-181.

MARTIN VIVALDI, J.L. y RODRIGUEZ GALLEGO. M (1961) Some problems in the identification of clay minerals in mixtures by X-ray diffraction photographs. Part. I. Chlorite-kaolinite mixtures. Parte II. Chlorite-swelling, chlorite and montmorillonite. Clay Min. Bull, 4 282-292.

MARTIN VIVALDI. J.L. y RODRIGUEZ GALLEGO. M. (1964) Estudio agrobiológico de los suelos de la provincia de Granada. Parte I. Anal. Edaf. Agrob. 23, 485-497.

MARTIN VIVALDI, J.L. (1965) Analyse quantitative des minéraux de l'argile par diffraction des rayons X. Colloque de Lusane. N.V. Phillips' Gloeilampenfabrieken Eindhoven Pays Bas, 125-133.

MARTIN VIVALDI, J.L. RODRIGUEZ GALLEGO, J.L. y MARTIN POZAS, J.M. (1969) Análisis cuantitativo de filossilicatos de la arcilla por difracción de rayos X. Parte II. An. R. Soc. Es. Fis. Quim. 64, 19-23.

MARTINEZ DEL OLMO, W, GARCIA MALLO, J. LERET, VERDU, G SERRANO OÑATE, A y SUAREZ ALBA, J. (1984). Modelo tectosedimentario del Bajo Guadalquivir. I. Congreso Español de Geología, 1, 199-213.

MARTINI, E. (1970) Standard Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton Zonation. Proc. II. Plank. Conf. Roma. Ed Tecnoscienza.

MARTINI, E. (1971) Calcareous Nannoplankton from the Type Andaluzian and some other Neogene Areas in Spain. V. Congress CMNS Lyon.

MAXWELL, D.T. and HOWER, J. (1967) High-grade diagenesis and low-grade metamorphism of illite in the precambrian belt series. Am. Miner. 52 843-857.

MEDINA RAMOS, M. (1888) Excursiones: 18 de diciembre de 1887 al Guadalquivir y 23 de enero de 1888 a Tomares. Ana. Soc. Esp. Hist. Nat. 27, 25.

MELIERES, F (1973) Les minéraux argileux de l'estuaire du Guadalquivir (Espagne) Bull Group. franç. Argiles 25, 161-171.

MESA. J.M. (1986) Contribución al estudio mineralógico de las pizarras aluminicas (Tierras blancas) del paleozoico de la provincia de Badajoz. Tesis Doctoral Universidad de Sevilla. 318 pp.

MILLANS DEL BOSCH, J. (1929) Mapa geológico y noticia explicativa de la hoja nº 984, Sevilla. IGME. 1, 41 pp

MILLANS DEL BOSCH, J. y RUBIO , E. (1933) Mapa geológico y noticia explicativa de la hoja nº 1002 Dos Hermanas. IGME, 1, 32 p.

MILLOT. G. (1970) Geology of clays. Masson et Cie. Paris. 429 pp.

MILLOT, G. (1979). La arcilla. Investigación y Ciencia 33, 47-57.

MILLOT. G. (1982) Weathering sequences. "Climatic" planations. Levelled surfaces and paleosurfaces. In: H. Van Olphen and F. Veniale (eds). Proc. 1981. Int. Clay. Conf. Bolonia-Pavía. Elsevier, Amsterdam, 585-593

MUDARRA. J.L. (1974) Estudio de los suelos de la Cuenca del Guadalquivir. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

MURRAY, A.S. y LYONS. S.C. (1956) Degree of crystal perfection of kaolinite. Clays and Clay Min. Publ.456 Nat. Ac. Sci. Washington, 31-40.

NARAY-SZABO, I y PETER, E. (1967) Die quantitative phasennanalyse in der tonmineralforschung. Acta. Geol. Aca. Sci. Hungria., 11, 347-356.

OAKLEY, K. (1968) Frameworks for dating fossil man. Weidenfeld and Nocolson Ltd. Londres. 23 pp

PAN ARANA, T (1952) Contribución al estudio de los microforaminíferos del Neógeno de Sevilla. Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol), 50, 121-129.

PAN ARANA, T. (1953) Algunos géneros y especies de foraminíferos miocénicos de La Pañoleta. (Sevilla) Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol), 51, 107-130

PAN ARANA. T. (1957) Estudio de los microforaminíferos miocénicos del Aljarafe (Sevilla). Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol) 15, 131-186.

PANEQUE, G. y CLEMENTE, L. (1975) Propiedades Genesis y clasificación de suelos de terrazas del Guadalquivir. IV. Suelos hidromorfos. Ana. Edaf y Agrob. 23. 264-267

PEARSON, M.J. (1978) Quantitative clay mineralogical analysis from the bulk, chemistry of sedimentary rocks. Clays Clay Miner. , 26, 423-433.

PENDON. J.G. RODRIGUEZ VIDAL. J. (1986) Caracteres sedimentológicos y geomorfológicos del alto nivel aluvial cuaternario en el litoral de Huelva. Abstract XIº Congreso Nacional de Sedimentología (en prensa)

PERCONING. E. (1964) La estratigrafía del Mioceno en Andalucía occidental (España). El límite Oligoceno Mioceno y la fase terminal marina del Mioceno. II. Congreso CMNS Madrid-Sabadell. 1961. Cursos y Conf. Inst, Lucas Mallada, 9, 219-228.

PERCONING, E. (1964) Sull'esistenza del Miocene superiore in facies marina nella Spagna meridionale. III. Congreso CMNS. Berna. 1964. 288-302.

PERCONING. E. (1966) Sobre la proposición del nuevo término Andaluciense para indicar la fase terminal del Mioceno de facies marina. Not y Com. IGME. 91, 10 pp.

PERCONING E. y GRANADOS. L. (1973) El estratotipo del Andaluciense. XIII. Coloquio Europeo de Micropaleontología. España. C.N.G. Enadimsa. 225-246. Madrid

PEREZ MATEOS, J. y ORIOL. RIBA. O. (1961) Estudio de los sedimentos pliocenos y cuaternarios de Huelva. II. Reunión Sedimentol. C.S.I.C. Inst. Edafología, 87 94. Madrid.

PEREZ RODRIGUEZ. J.L. RUIZ CARVAJAL. J. DE LA ROSA D. and MAQUEDA. C. (1983) Cation exchange capacity vs. mineralogical and engineering properties in Sevilla soils. 5 th Meeting of the European Clay Group. Praga 1983, 12 pp.

PORTERO , J.M. y ALVARO. M. (1984) La depresión del Guadalquivir, cuenca de antepais durante el Neógeno: Génesis, evolución y relleno final. I. Congreso Español de Geología. 3 , 241-252.

POZZUOLI, A. MATTIAS, P.P. y GALAN. E. (1972) Mineralogía di sedimenti abruzzesi. Periodico Mineral, 41 611-655.

RANGE. K. RANGE. J.A. and WEISS. A. (1969) Fire clay type kaolinite or fireclay mineral?. Experimental classification of kaolinite-halloysite minerals. Proc. Int. Clay. Conf. Tokyo, 1, 1-13.

RATEEV. M.A., GORBUNOVA. Z.N. LISITZYN. A.P. and NOSOV. G. (1969) The distribution of clay minerals in the Oceans . Sedimentology, 13 , 21-43.

RODRIGUEZ GALLEGO. M., MARTIN VIVALDI. J.L. y MARTIN POZAS. J.M. (1969) Análisis cuantitativo de los filosilicatos de la arcilla por difracción de rayos X. Ana. R. Soc. Esp. Fis. Quim., 64, 25-29.

RODRIGUEZ GALLEGO. M. y MARTIN RAMOS. D. (1976) The bo axial dimension of montmorillonite as a function of the exchange cation. Geologia Applicata e hidrogeologia 12, 57-61.

RODRIGUEZ VIDAL. J. MAYORAL. E. y PENDON. J.G. (1985) Aportaciones paleoambientales al tránsito Plio-Pleistoceno en el litoral de Huelva. I Reunión del Cuaternario Ibérico, 1, 447-459.

ROMERO ACOSTA. A. JUSTO ERBEZ. A. GARCIA RAMOS. G. (1976) Arcillas del valle del Guadalquivir como soporte de azulejos en la industria sevillana. II. Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidri., 15., 163-169.

RUIZ CARVAJAL. J. DE LA ROSA. D. y PEREZ RODRIGUEZ J.L. (1981) Formulación estadística de perfiles geotécnicos en suelos de Sevilla. V. Reunión del Grupo español de trabajo del Cuaternario. 1981. 126-136.

RUIZ CARVAJAL. J. (1985) Los suelos de la ciudad de Sevilla: Caracterización geotécnica y propiedades mineralógicas de su fracción arcilla. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. 637 pp.

SAAVEDRA. J.L. (1961) Los foraminíferos del Terciario superior y el Cuaternario del valle del Guadalquivir. Bol. Inst. Geol. Min. Esp. , 72, 349-468.

SAAVEDRA. J.L. (1964) Datos para la interpretación de la estratigrafía del Terciario y Secundario en Andalucía. Not. Com. IGME, 73, 5-50.

SAHORES. J.J. (1969) Emploi du rayonnement diffusée Compton en diffractometrie X comme correcteur des erreurs dues a l'absorption . XXX. Congres du G.A.M.S. Paris, 15 pp.

SCHULTZ. L.G. (1964) Quantitative interpretation of mineralogical composition from x-Ray and chemical data for the Pierre shale. Geol. Survey. Prof. Paper. 391-c.

SIERRO, F.J. (1985) Estudio de los foraminíferos planctónicos, Bioestratigrafía y cronoestratigrafía del Mio-Plioceno del borde occidental de la Cuenca del Guadalquivir (SW de España). Stvd. Geol. Salm. 21, 7-85. Salamanca.

STURM. E. y LODDING. W. (1972) Statistical randomizing of clay minerals for x-ray diffractometry. Proc. Int. Conf. Madrid. 807-816.

TALVENHEIME. G. and WHITE (1952) Quantitative analysis of clay minerals with the x-ray spectrometer. Anal. Chem. 24, 1748-1789.

TENNANT. C.B. and BERGER. R.W. (1957) X-ray determination dolomite calcite ratio of a carbonate rock. Am. Miner., 24, 23-29.

VANNEY. J.R. (1970) L'Hidrologie du Bas Guadalquivir. Instituto de Geografía Aplicada del Patronato Alonso Herrera. C.S.I.C. Madrid. 175 pp.

VAQUERO. C. (1977) Prospección y estudio mineralométrico de yacimientos detríticos. Aplicación del método en el batolito de los Pedroches. I.N.I. Adaro 214 pp.

VELDE. B. (1967) Si⁴⁺ content of natural phengites. Contr. Min. Petrol. 14, 250-258.

VERDENIUS. J.G. (1970) Neogene stratigraphy of the western Guadalquivir Basin (Southern. Spain). Utr. Microp. Bull. 3, 109 pp.

VIGUIER. C (1969) Precisiones acerca del Neógeno en Dos Hermanas (Sevilla). Bol. Geol. Min. Esp. 80, 515-546.

VIGUIER. C. (1974) Le Néogène de l'Andalousie Nord Occidentale (Espagne) Histoire géologique du Bassin du bas-Guadalquivir. These. Univ. Bordeaux. 450 pp

WADA. K. y YAMADA. H. (1968) Hydrazine intercalation for differentiation of kaolin minerals of chlorites. Am. Miner. 53, 334-339.

WEAVER. C.E. (1960) Possible uses of minerals in search for oil. Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol, 44. 1505-1518.

WEBER. F. DUNOYER . G. y ECONOMOU. C (1976) Une nouvelle expression de la cristallinité de l'illite et des micas. Notion d' épaisseur apparente des cristalites. C. R. Somm. Soc. Geol. franç 5, 225-227.

WEISS. Z. KRAJICEK. J. AMRCOK. L and FIALA. J. (1983)
A computer X-ray quantitative phase analysis. J. Appl.
Cryst. 16, 493-497.

WHITESIDE. E.P. (1947) Preliminary x-ray studies of
loess deposits in Illinois. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.
12, 415-419.

ZAZO. C. GOY. J.L. HOYOS. M. MECO. J. USERA. J.
GARCIA VICENTE. J. GALAN. J. AGUIRRE. E (1977) El corte
de Puerto Real y el problema del límite Plio-Pleisto-
ceno en la Bahía de Cadiz. Trabajos sobre el Neógeno-
Cuaternario, 6, 10 pp

ZAZO. C. (1979) El problema del límite Plio-Pleis-
toceno en el litoral S y SE de España. Trabajos sobre
el Neógeno - Cuaternario, 9, 4 pp.