Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

INFORME

SOBRE LAS INVESTIGACIONES

REALIZADAS EN LA RESERVA

ESTATAL "BORDALBA".(ZARAGOZA)

1125

INFORME

SOBRE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS EN LA RESERVA ESTATAL "BORDALBA". (ZARAGOZA)

- Ensayos de absorción.

- Capacidad de cambio.

3. OBJETIVOS Y METODOLOGIA

En el proyecto arriba mencionado, se daban las siguientes recomendaciones en cuanto a la investigación a seguir:

- Realización de una campaña de muestreo extensiva a toda la cuenca y centrada en las facies lacustres.

- Ampliación de los conocimientos obtenidos en el área de Bordalba a los términos municipales sorianos limítrofes: Fuentelmonge, Torlengua,Monteagudo de las Vicarias.

- Realización de sondeos con recuperación de testigo continuo, con el objeto de comprobar la continuidad lateral de los niveles más interesante, bajo la denominada "Unidad Detrítica Superior"

Basándose en la anterior propuesta y en los datos disponibles, se planificó el siguiente plan de investigaciones:

1. Estudio de la situación minera de la zona.

2. Cartografía geológica a escala 1/25.000 de la reserva y áreas circundantes,para delimitar de forma clara la formación que presenta indicios de interés.

3. Estudio de las series estratigráficas y de los medios deposicionales existentes.

4. Muestreo intensivo de toda la zona estudiada.

5. Análisis de caracterización de las muestras.

6. Sondeos tácticos para evaluar la disposición y continuidad de los indicios.

4. GEOLOGIA REGIONAL

El resumen que a continuación se expone se ha extraído de la memoria explicativa de la hoja nº 408 "Torrijos de la Cañada" del MAGNA escala 1/50.000, todavía sin publicar.

En el Anejo A.1, se incluye un plano de la cartografía correspondiente a dicha memoria (Plano nº 2) reducida a escala 1/100.000.

4.1 ESTRATIGRAFIA

Las series aflorantes en la región pertenecen al Paleozoico (Cámbrico y Ordovícico), Mesozoico (Trias en sus tres facies y Cretácico desde la Fm. Arenas de Utrillas hasta la regresión fini-cretácica) y terciario y cuaternario que rellenan las cuencas de Almazán y Calatayud.

4.1.1 Cámbrico

Los materiales del Cámbrico afloran en una banda de dirección N-S al O de la línea Deza-Cihuela.

Se reconocen las siguientes formaciones:

*** 1. Fm. Cuarcitas de Bámbola. Cuarcitas.Cámbrico Inferior.**

Se trata de dos conjuntos cuarcíticos separados por un tramo pelítico con un espesor conjunto de más de 600 m.

Petrológicamente son cuarzoarenitas con escasa matriz arcilloso-micacea.

Esta formación aflora en los alrededores de Torrijo de la Cañada.

*** 2. Fm. Embid y Fm. Jalón. Arcillas abigarradas y pizarras, niveles de cuarcitas. Cámbrico inferior.**

Constituida por pizarras con intercalaciones de areniscas en bancos de 0.5 m. que pasan a techo a pelitas en tramos de 5 m.

Petrológicamente son pizarras bandeadas con orientación poco marcada.

La formación está fuertemente tectonizada.

*** 3. Fm. Dolomías de Ribota. Cámbrico inferior.**

Dolomías tableadas y masivas, originalmente calizas, con alguna intercalación de calizas margosas y margas. El espesor total es de 80 m.

Petrológicamente son calcoesquistos de textura pizarrosa.

*** 4. Fm. Huérmedes. Pizarras grises. Cámbrico inferior.**

Monótona serie de pizarras, esencialmente arcillosas de colores grises y verdes que a muro presenta intercalaciones de delgadas capas de turbiditas diluidas y a techo son algo limosas y arenosas.

Petrológicamente son pizarras limolíticas con bandeado composicional y esquistosidad de crenulación.

*** 5. Fm. Areniscas de Daroca. Cámbrico Inferior.**

Areniscas de tonos blanquecinos y amarillentos de aspecto masivo y poco cementadas de grano medio a grueso con ocasionales intercalaciones de pizarras verdes. Su potencia alcanza los 200 m.

Petrológicamente son metalimolitas.

*** 6. Fm. Almunia. Pizarras. Cámbrico medio-superior.**

Pizarras grises y verdes que intercalan areniscas de grano fino y ocasionalmente margas limolíticas con nódulos dolomíticos y piritosos.

Petrológicamente son pizarras limolíticas.

*** 7. Fm. Valcochán. Cuarcitas inferiores. Cámbrico superior.**

Constituida por cuarcitas en tramos métricos y granulometría fina a gruesa.

Petrológicamente las cuarcitas se pueden clasificar como metalimolitas.

4.1.2 ORDOVICICO

*** 8. Fm. Valcochán. Pizarras. Tremadoc.**

Pizarras grises azuladas con intercalaciones de lentejones de areniscas de grano fino a muy fino.

Petrológicamente son pizarras limolíticas.

*** 9. Fm. Valcochán. Cuarcitas Superiores. Tremadoc.**

Presenta una potencia de 150-200 m. y está constituida por cuarcitas de capas muy gruesas a gruesas.

Los estudios petrológicos permiten clasificar estos materiales como metalimolitas.

*** 10. Fm. Borrachón. Pizarras verdes. Tremadoc.**

Los sedimentos dominantes son pizarras y limolitas verdes a negras entre las que se intercalan areniscas y cuarcitas de capas generalmente menores de 1 m. aunque ocasionalmente pueden tener 5 m.

La potencia del conjunto es de unos 800 m.

Petrográficamente son pizarras limolíticas.

*** 11. Fm. Deré. Areniscas y cuarcitas con niveles pizarrosos. Tremadoc.**

Se trata de areniscas de tonos blanquecinos y amarillentos y niveles pizarrosos con un nivel cuarcítico a la base.

La potencia de esta serie es de unos 600 m.

*** 12. Fm. Santed. Pizarras, areniscas y cuarcitas. Tremadoc-Arenig.**

Alternancia de areniscas y lutitas pizarrosas de tonos ocres y verdosos con intercalaciones de cuarcita.

Petrológicamente las areniscas son metalimolitas cuarzosas con matriz arcillosa.

4.1.3 TRIASICO

Afloran en la típica facies germánica, en una banda NO-SE al NO de la zona de la Reserva.

*** 13. Conglomerados y areniscas. Buntsandstein.**

Constituido por 5 tramos, de muro a techo:

- Brecha de cantos de cuarcitas con matriz areniscosa y limolítica.(1 m.)

- Pelitas rojas con pasadas verdosas.Intercalaciones de areniscas y estromatolitos.(25 m.)

- Areniscas intercaladas en pelitas. (17 m.)

- Areniscas de grano fino a muy fino intercaladas en pelitas.(15,5 m.)

- Areniscas blanquecinas poco cementadas. (4,5 m.)

*** 14. Dolomías tableadas y en bancos. Muschelkalk.**

Constituido por una sucesión carbonatada-dolomítica que hacia el techo presenta unas intercalaciones margosas y a muro areniscas margas y dolomías.

*** 15. Margas abigarradas y yesos. Keuper.**

Arcillas rojas, margas, limolitas y niveles de yeso blanco ocasionales.

4.1.4 CRETACICO

Los materiales del Cretácico que afloran en la región, pertenecen al ciclo superior del Cretácico que comprende la Fm. Arenas de Utrillas en la base, cuya edad en esta región es Albiense-Cenomaniense y toda la serie carbonatada del Cretácico superior cuya edad se extiende desde el Cenomaniense superior hasta el Campaniense-Maastritchtiense.

*** 16. Fm Arenas de Utrillas. Albiense**

Arenas o areniscas blancas a beige y amarillentas cuyo componente mayoritario es el cuarzo, la matriz suele ser caolinita y el cemento feldespático. Presentan niveles lutíticos versicolores intercalados que aumentan considerablemente su potencia a techo.

La potencia es muy variable desde 50 a 170 m.

*** 17. Fm Arenas, arcillas y calizas de Santa María de las Hoyas. Albiense-Cenomaniense.**

Unidad heterolítica constituida por una mitad inferior de areniscas compactas y una mitad superior de margas y calizas que a techo presenta un nivel de hard-ground.

Su potencia ronda los 35 m.

*** 18. Fm. Calizas dolomíticas de Nuevalos. Cenomaniense.**

Calizas dolomíticas grises y blanquecinas.

Su potencia es de alrededor de 44 m.

*** 19. Fm. Calizas nudulosas de Monterde. Cenomaniense-Turoniense.**

60 m. de calizas nodulosas y margas (biomicritas y biocalcarenitas).

*** 20. Fm. Calizas bioclásticas dolomitizadas de Jaraba. Turoniense-Coniaciense Inferior.**

Dolomías muy cristalinas en bancos gruesos, con fantasmas de bioclastos. 47 m. de potencia.

*** 21. Fm. Calizas dolomíticas del pantano de la Tranquera. Coniaciense-Santoniense.**

Sucesión de dolomías estratificadas con cantos negros dispersos, laminación, y bioturbación. A techo dolomías finamente cristalinas. Potencia de la unidad 80 m.

*** 22. Fm. Calizas de Hontoria del Pinar y Fm. Calizas del Burgo de Osma. Santoniense-Campaniense.**

Ambas formaciones forman una única unidad cartográfica.

La primera está constituida por calcarenitas parcialmente dolomitizadas con una potencia de 80 m.

La segunda son calizas estratificadas, parcialmente dolomitizadas en su parte alta, con alto contenido en fósiles, con una potencia de 50 m.

*** 23. Fm. Dolomías, margas dolomíticas y calizas de Santo Domingo de Silos y Fm. Calizas de cantos negros de Sierra de la Pica. Campaniense-Maastritchtiense.**

Como el conjunto anterior, también estas formaciones constituyen una unidad cartográfica.

La primera está constituida por 30 m. de dolomías y dolomías margosas muy finas con restos bioclásticos y niveles laminados, dolomías y margas dolomíticas alternantes y dolomías y dolomicritas con sales y slumps sinsedimentarios.

La segunda en tránsito gradual sobre la anterior son 10 m de calizas, calizas brechoides y calizas nodulares.

4.1.5 TERCIARIO

Los materiales terciarios son los que ocupan la mayor extensión de los afloramientos de la zona, fundamentalmente al Oeste de una línea N-S que pasa por Embid de Ariza y Deza.

El conjunto de los materiales terciarios de la zona, pertenecientes a la Cuenca de Almazán, presenta una gran monotonía de facies, frecuentes discontinuidades de los afloramientos y cambios de facies en la horizontal y en la vertical.

En la memoria del MAGNA 1/50.000 se ha recurrido a la correlación de las unidades de la Cuenca de Almazán con las de la fosa de Calatayud-Teruel, dado el conocimiento que se posee de las unidades tectosedimentarias (UTS) de dicha fosa y su proximidad geográfica dicha Cuenca.

En dicha memoria se dice "La correlación llevada a cabo con los criterios expuestos se ha aplicado a la totalidad de las Hojas que componen la Cuenca y en consecuencia, las atribuciones de los materiales a las distintas UTS pueden aparentemente no tener justificación si sólo se considera información observable en esta Hoja".

Esto es importante resaltarlo, debido a que el trabajo objeto de este informe se ha realizado en una zona muy restringida de la cuenca por lo que, al ser la información geológico/

litológica muy puntual, es imposible hacerla coincidir con un entorno geológico regional definido a otra escala y en base a datos de otra Cuenca diferente.

Las UTS identificadas según el MAGNA son:

UTS T_1: Paleoceno
UTS T_2: Paleoceno-Oligoceno inferior.
UTS T_3: Oligoceno
UTS T_4: Oligoceno-Mioceno inferior
UTS T_5 y T_6: Mioceno medio
UTS T_7:
UTS T_8: Mioceno superior-Plioceno
UTS T_9: Plioceno

4.1.5.1 Paleógeno

Los materiales del Paleógeno afloran plegados en la depresión del río Henar y en dirección NO-SE en la zona de Bordalba, entre Serón de Nágima y Embid de Ariza.

*** 24. Conglomerados calcáreos. Paleoceno**

Unidad constituida por conglomerados calcáreos heterométricos con matriz arcillosa roja y microconglomerática.

Su potencia alcanza los 180-200 m. y por similitud de facies se podría hacer equivalente con la UTS T_1

*** 25. Arcillas rojas y Areniscas. Paleoceno**

En cambio de facies vertical con la unidad anterior y con una potencia de 80 a 100 m aparecen arcillas rojas y pardo rojizas masivas con intercalaciones métricas de areniscas.

*** 26. Calizas, margas y yesos. Paleoceno**

Las dos unidades descritas anteriormente evolucionan lateral y verticalmente hacia una serie carbonatada.

Se trata de calizas, margocalizas, caliches y lutitas carbonatadas. En la zona NE de Bordalba por encima de los carbonatos se desarrollan yesos intercalados en margas verdosas.

*** 27. Conglomerado cuarcítico y areniscas. Paleoceno-Oligoceno**

Constituidos por conglomerados de cantos cuarcíticos que a techo pasan a areniscas de grano grueso a medio y arcillas rojas.

Se puede atribuir a la UTS T_2

*** 28. Arcillas rojas y margo-calizas. Paleoceno-Oligoceno**

En cambio lateral y vertical con la unidad anterior aparecen 200 m de calizas travertínicas y margas oscuras (Deza) y arcillas arenosas rojas con carbonatos (Bordalba).

Como la anterior se puede atribuir a la UTS T_2.

*** 29. Conglomerados y arcillas. Oligoceno**

Constituida por conglomerados y arcillas rojizas y con una potencia de unos 300 m.

Se puede atribuir a la UTS T_3

*** 30. Areniscas, margas y calizas. Oligoceno**

Como cambio lateral de la unidad anterior, aparece esta unidad en el flanco norte del anticlinal Bordalba-Torlengua.

Se trata de areniscas de grano medio a fino en la base y materiales margosos y calcáreos a techo. La potencia total es de 250 m.

Corresponde también a la UTS T_3

4.1.5.2 Transito Paleógeno-Neógeno

*** 31. Conglomerados poligénicos y arcillas rojas. Oligoceno superior-Mioceno medio**

Concordante sobre la unidad anterior aparecen 10- 20 m de conglomerados de cantos calcáreos que a techo presentan intercalaciones de arcillas rojas.

Corresponde al inicio de la UTS T_4

*** 32. Calizas y margas blancas. Oligoceno-Mioceno medio**

Esta unidad carbonatada corresponde al cambio lateral hacia el centro de la cuenca de dos unidades detríticas que en los bordes aparecen discordantes (29 y 31)

Se trata de una serie de calizas y margas blancas que en suaves anticlinales y sinclinales ocupan la zona entre Torlengua y Monteagudo de las Vicarías.

4.1.5.3 Neógeno

Estos materiales ocupan una gran extensión en la zona investigada. Han sido caracterizados en base a información procedente de las zonas de Alhama de Aragón y Arcos de Jalón.

*** 33. Conglomerados calcáreos y arcillas rojas. Mioceno medio.**

Constituye los sedimentos del borde de la cubeta de Calatayud. Su mejor representación está al NO de la zona investigada.

Se trata de conglomerados calcáreos de de cantos cretácicos y jurásicos y silíceos y matriz arcillosa, que alternan con niveles de arcilla calcárea muy roja.

*** 34. Arcillas, areniscas y conglomerados. Mioceno medio.**

Se trata de tramos de conglomerados y areniscas en un conjunto arcilloso de tonos grises y rosados.

Por correlación con otras zonas se puede incluir dentro de las UTS T_5 y T_6.

*** 35. Areniscas y arcillas con carbonatos. Mioceno medio.**

8 metros de conglomerados de color rojizo con cantos cuarcíticos y calcáreos en la base, 20 metros de arcillas con niveles arenosos hacia la mitad del tramo y conjunto carbonatado (calizas, margocalizas y arcillas calcáreas blancas) que hacia Arcos de Jalón pasan a ser arcillas yesíferas.

El conjunto carbonatado bordea los relieves que se extienden desde Monteagudo de las Vicarías a Bordalba.

*** 36. Arcillas con cantos cuarcíticos. Mio-Plioceno.**

Ocupa una gran extensión entre Bordalba y el límite inferior de la zona investigada.

Se apoya discordante sobre las unidades terciarias inferiores y está constituida por arcillas marrones-rojas con intercalaciones de conglomerados o cantos cuarcíticos sueltos subredondeados. Las arcillas son masivas y los conglomerados son lechos canaliformes de hasta 1 m de espesor.

*** 37. Arcillas con cantos calcáreos. Mio-Plioceno**

Se trata de un conjunto de arcillas rojas que engloban cantos calcáreos.

*** 38. Calizas. Mio-Plioceno**

Son calizas grises y blancas y margocalizas con una potencia no superior a los 10 m.

4.1.5 CUATERNARIO

*** 39 Glacis. Pleistoceno-Holoceno**

Ligados al sistema de terrazas existen diversos depósitos con morfología de glacis.

Son gravas redondeadas ocasionalmente cuarcíticas y más normalmente mezcla de cuarcitas y caliza, sueltas y dispersas en una matriz arcillo-arenosa.

*** 40. Arcillas y cantos sueltos. Terrazas. Pleistoceno.**

Desarrollados en los márgenes del río Nágima, que discurre de N a S, al O de la zona de la reserva.

Se trata de cantos cuarcíticos incluidos en una matriz arcillosa y ocasionalmente areno-limosa.

*** 41. Tobas calcáreas. Pleistoceno-Holoceno.**

A 4 Km al sur de Deza se encuentra un yacimiento muy localizado de tobas calcáreas.

Son tobas de musgo micríticas mas o menos grumelares, tobas estromatolíticas con cemento calcáreo que presentan estructura fibrosa y calizas bioconstruidas con restos vegetales.

*** 42. Gravas y arenas. Aluvial-coluvial. Holoceno.**

Corresponden a los cauces actuales de los ríos Nágima y Henar.

Litológicamente son gravas, arenas y arcillas con potencias no superiores a los 2 m. salvo en el Nágima que alcanzan los 8 m.

*** 43. Limos, cantos y arcillas. Conos de deyección. Holoceno.**

Existentes en todo el ámbito de la zona investigada y con la típica morfología de abanicos.

Su litología es muy variable en función del relieve de procedencia. Pudiendo ser cantos subangulares a suredondeados de cuarcitas y pizarras empastados en matriz arcillosa-limosa o cantos redondeados tanto cuarcíticos como calcáreos.

4.2 TECTONICA

4.2.1. CICLO HERCINICO

Los materiales paleozoicos existentes en la zona del entorno de la Reserva Estatal "Bordalba", forman parte de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica que junto con la Rama Aragonesa delimitan geográficamente la Fosa de Calatayud.

En conjunto estos sedimentos se encuentran en la prolongación hacia el SE de la zona Astur-Occidental Leonesa del Macizo Hespérico (Julivert el al 1972).

Estos sedimentos del zócalo se han visto afectados por una primera fase de deformación Hercínica que dan lugar a las estructuras visibles tanto a nivel puntual como a gran escala. Los pliegues existentes tienen una dirección general ONO-ESE y una vergencia hacia el NE. Hay que destacar la existencia de una esquistosidad de plano axial asociada a dichas estructuras, muy bien desarrolladas en todo el área del estudio.

La segunda fase, se encuentra representada por cabalgamientos y fracturas inversas de dirección NO-SE que cortan ligeramente a las estructuras de primera fase y que están bien

desarrolladas a escala regional dentro de la Cordillera Ibérica (IGME 1980-81; CAPOTE 1982; CAPOTE Y GONZALEZ-LODEIRO 1983 y TEJERO 1987).

Por último tienen lugar diversas deformaciones tardías que originan a nivel puntual pliegues métricos de amplio radio con dirección de traza axial N 50-70º E, crenulaciones con igual dirección y a nivel general intensa fracturación con direcciones preferentes N 20-70 ºE y N 100-140 ºE.

4.2.2 CICLO ALPINO

El entorno geológico de la Reserva Estatal "Bordalba", comprende porciones de tres grandes unidades macroestructurales.

Al O de la línea Deza-Cihuela-Embid de Ariza se localiza la cuenca de Almazán (en cuyo borde SE se encuentra la Reserva Estatal "Bordalba" objeto del presente informe), rellena fundamentalmente de depósitos continentales neógenos.

Al E de dicha línea se extiende una de las dos grandes ramas paleozoicas que componen la arquitectura del sector central de la Cordillera Ibérica (macizo de Ateca), orlada al NE y al SO por sendas alineaciones de materiales mesozoicos plegados.

Finalmente, al NE del área investigada aparece una pequeña porción de la cuenca neógena de Calatayud.

MACROESTRUCTURAS ALPINAS

*** Borde NE del macizo paleozoico de Ateca.**

Estos materiales presentan sobreimpuesta a la deformación hercínica, una estructura antiforme consecuencia de la deformación alpina.

En esta zona, el paleozoico cabalga sobre los materiales cretácicos y terciarios que afloran al O de Torrijo de la Cañada, los cuales se encuentran, a su vez, plegados en un anticlinal de la misma dirección NO-SE. El plano de

cabalgamiento es bastante tendido y en su entorno se observa una fuerte cataclastización de los materiales.

*** Estructura de la zona de tránsito entre el Macizo de Ateca y la Cuenca de Almazán. (Sector de Embid-Deza-Torlengua-Bordalba) .**

En su borde occidental, el Paleozoico aparece cubierto por la discordancia basal del Buntsandstein, en general poco inclinada (20-25º). La orla mesozoica presenta numerosos pliegues de dirección ibérica, afectando especialmente a las calizas del Cretácico superior marino. Las capas de facies Utrillas que yacen por debajo constituyen un nivel incompetente que propicia cierta disarmonía en el plegamiento de dichos niveles en relación al zócalo paleozoico y a su tegumento del Trías inferior-medio.

A lo largo de todo el límite de la Cuenca de Almazán con la Cordillera Ibérica, y en relación con los mismos pliegues SE a SSE existentes en el Mesozoico, el conjunto de la serie paleógena-neógena describe una gran discordancia progresiva. Los términos inferiores paleógenos se disponen paraconcordantes sobre el Cretácico superior, con el cuál se hallan plegados conjuntamente. El contacto entre ambos llega a estar claramente invertido en los extremos meridional y septentrional de la zona reconocida, mientras en el área entre Embid y Cihuela aparece vertical o con buzamientos normales muy pronunciados. Las deformaciones van atenuándose progresivamente hacia el centro de la cuenca y hacia depósitos de edades más modernas.

El área con mayor densidad de deformaciones es, sin duda, la de Embid de Ariza, donde se observa un haz de pliegues con dirección dominante 150 ºE, isopacos, en algún caso angulares, con vergencias en general hacia el O, y formados por un mecanismo dominante de flexo-deslizamiento. Afectan tanto al Cretácico como al Paleógeno, e incluso, en el caso del sinclinal suave que discurre 1 Km al O de Embid, a los primeros niveles neógenos.

A escala de afloramiento se detectan indicios de deformaciones sinsedimentarias. Así en un repliegue anticlinal-sinclinal localizado al S de Cihuela, puede observarse una ligera discordancia angular del Terciario sobre el Cretácico en los flancos de dichos pliegues de amplitudes decamétricas, así como un carácter "supratenuado" del sinclinal, todo lo cual permite pensar en un desarrollo del plegamiento sincrónico de la sedimentación.

Al N de Cihuela, y en general en todo el sector al NO de la zona investigada, la dirección de los pliegues es algo distinta, situándose en 110-120º. Aparecen en el Cretácico aflorante en Deza, así como en el Paleógeno de los alrededores de esta localidad. Conforme nos desplazamos hacia el O y ascendemos en la serie terciaria los buzamientos van atenuándose progresivamente, pasándose insensiblemente , sin discordancia angular clara, a las capas conglomeráticas atribuibles ya al Mioceno (carretera a Bordalba al SO de Deza). Estas últimas llegan a disponerse en **onlap** sobre el Paleógeno plegado, "cerrando" así la discordancia progresiva (localidad de Deza y área de Las Muelas, 5 Km al NO de la misma).

Algo más al S se extiende un anticlinal de gran envergadura, con dirección próxima también a 110-120 ºE, y cuyo eje puede seguirse a lo largo de casi 20 Km entre un poco al N de Torlengua y el O de Cihuela. Esta estructura atraviesa la mitad N-NE de la Reserva Estatal "Bordalba".

En su núcleo afloran los materiales paleógenos, en continuidad espacial con los del área de Cihuela-Embid. La geometría está próxima a la de un pliegue monoclinal, ya que es fundamentalmente su flanco norte el que, con una dirección extremadamente constante y un buzamiento próximo a la vertical (79-80º), determina el carácter de la estructura. Por el contrario, el flanco sur, donde se encuentran las formaciones investigadas en este proyecto, presenta buzamiento muy raramente superiores a los 15º, al igual que ocurre con el otro flanco del sinclinal que aparece inmediatamente al N de este ahora descrito, y sobre el Neógeno

que constituye el ciclo superior de la discordancia progresiva.

Sin por ello descartar su relación con un régimen tectónico de signo compresivo, las características generales de la estructura sugieren la presencia de un escalón tectónico en el basamento como posible determinante de su ubicación y desarrollo. Sólo así es posible entender su geometría y su vergencia totalmente contraria a la de las estructuras límite de la cadena. El funcionamiento habría sido posiblemente sinsedimentario, produciéndose sobre el labio septentrional la acumulación de una serie de sedimentos detríticos y arcillosos mucho más potentes (aprox. 2000 m.) que la que parece existir al S.

*** Cuenca de Almazán (Sector de Bordalba-Monteagudo)**

El Neógeno del sector O de la zona investigada, ya en el interior de la cuenca de Almazán, presenta deformaciones mucho menos acusadas que las existentes en otros sectores más marginales. Entre Torlengua y Fuentelmonge se observan aún dos pliegues con la misma orientación N 110-120 E, si bien su longitud es bastante menor y los buzamientos de los flancos suelen alcanzar escasamente los 10 º. Entre Fuentelmonge y Monteagudo de la Vicarías se observa ya únicamente un basculamiento suave y constante de las capas hacia el S (5º), hasta pasar estas a una disposición horizontal hacia el S-SO de la zona estudiada.

INTERPRETACION TECTONICA

Los pliegues que aparecen en esta región pueden agruparse en dos generaciones distintas, si bien el desarrollo de ambas puede haberse solapado en el tiempo. La primera es la que determina básicamente la estructura del contacto entre la Cordillera Ibérica y la Cuenca de Almazán, es toda la serie de pliegues de dirección preferente N 150ºE . A ella se debería la estructuración antiforme del bloque de

Ateca, así como el cabalgamiento del Paleozoico en su núcleo sobre el Cretácico y el Terciario del sector de Torrijo. A la segunda generación pertenecen los pliegues de dirección N 110 ºE que ocupan el sector noroccidental de la zona investigada.

Los pliegues N150º debieron desarrollarse durante una parte importante del Paleógeno, tal y como indica la discordancia progresiva que la serie paleógena describe en relación con ellos. El cese de su actividad habría que situarlo probablemente en el inicio del Mioceno, puesto que en el tránsito entre la capas sin y postectónicas en relación con dicho plegamiento se ha encontrado fauna de vertebrados datada en la biozona MN 2 (Ageniense). La unidad siguiente en la serie (probablemente Ageniense-Aragoniense) cierra la discordancia progresiva, fosilizando las estructuras del contacto Mesozoico-Paleógeno, pero está afectada, a su vez, por los pliegues N 110ºE. En realidad dichos pliegues deben ser más o menos sincrónicos con la unidad miocena inferior, e incluso, en el caso del anticlinal de Torlengua-Cihuela, también parcialmente Paleógeno.

Las etapas esenciales en la evolución tectónica del área son las siguientes según se deduce del análisis microestructural:

- Compresión N 150 ºE. Paleógeno inferior.

- Compresión N 60 ºE. Responsable de las estructuras de plegamiento en la zona de contacto de la Cordillera Ibérica con la Cuenca de Almazán. Paleógeno medio-Ageniense.

- Compresión N 20-30 ºE. Responsable de los pliegues ESE del sector NO de la zona investigada. Mioceno inferior.

- Distensión . Mioceno medio.

5. GEOLOGIA DE LA RESERVA

El área de la reserva (Plano nº3) ocupa una superficie de 68 Km^2, en los alrededores de la población de Bordalba.

El plano nº 4 del Anejo A.1 incluye la cartografía geológica a escala 1/25000 realizada en la zona de la reserva y su entorno.

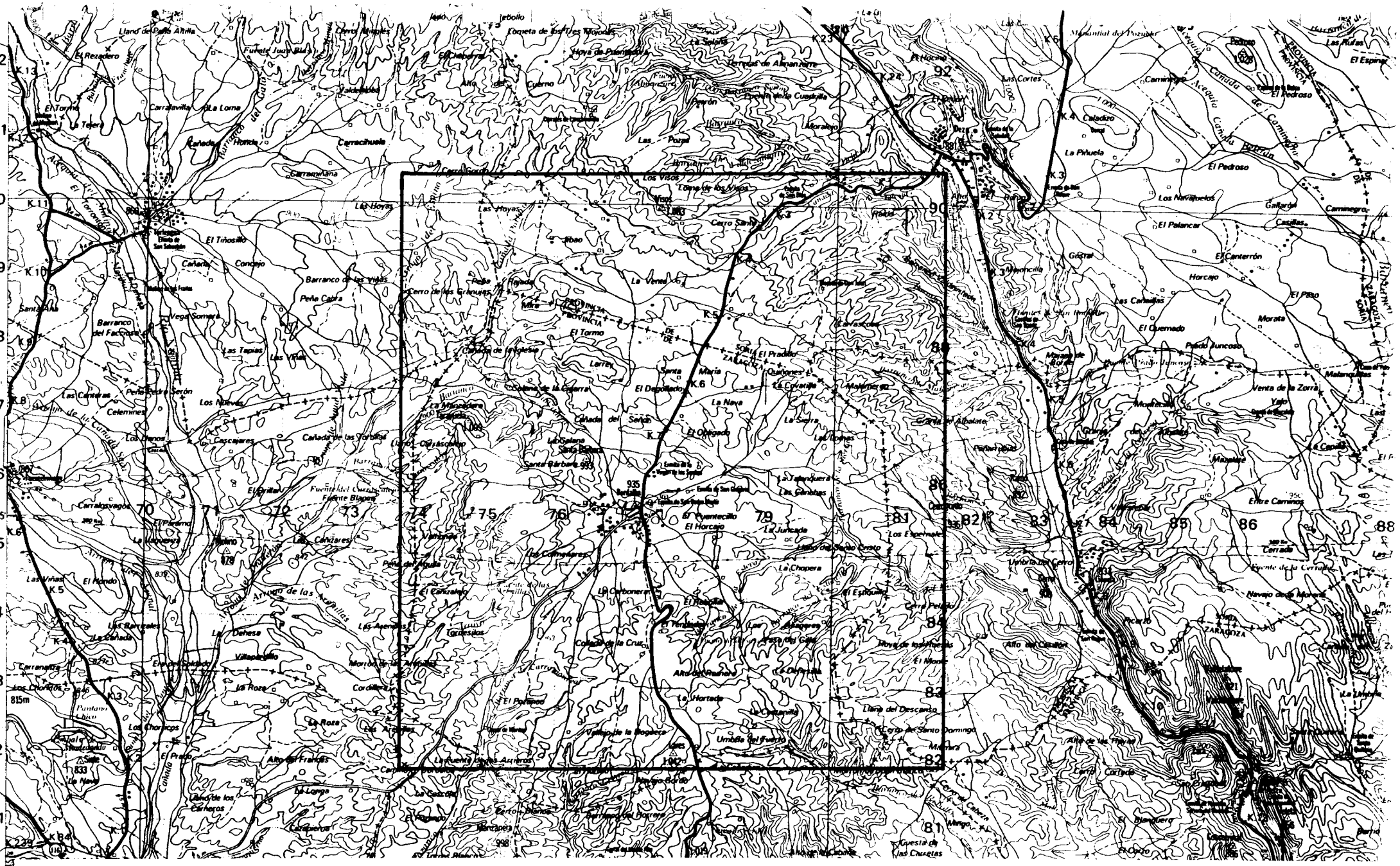
En dicho mapa se han reflejado exclusivamente la información litológica y estructural recogida en el transcurso de las investigaciones y que tiene relevancia para los objetivos del proyecto.

Así se han agrupado en una sola formación, todos aquellos materiales que presentaban similares litologías arcillosas con posibilidades de arcillas especiales, independientemente de que pertenezcan a diferentes unidades tectosedimentarias o tengan edades distintas.

Dicha agrupación de unidades no es coherente con la descripción hecha en el apartado de Geología General, obtenida de la memoria del MAGNA 1/50.000, ya que aquí se agrupan las siguientes formaciones que el MAGNA separa:

- 26. Calizas margas y yesos. Paleoceno
- 27. Conglomerado cuarcítico y areniscas. Paleoceno-Oligoceno.
- 28. Arcillas rojas y margo-calizas. Paleoceno-Oligoceno.
- 32. Calizas y margas blancas. Oligoceno-Mioceno medio.
- 34. Arcillas areniscas y conglomerados. Mioceno medio.
- 35. Areniscas y arcillas con carbonatos. Mioceno medio.

En la zona de Bordalba la descripción de las series se ajusta más a lo mencionado en el informe complementario sobre el Paleógeno de la Cuenca de Almazán para la unidad 26 (Paleoceno), donde se han distinguido ocho tipos de facies distintas: Facies de calizas y calizas margosas (Cz); Facies de calizas intraclásticas (I); Facies de calizas nodulosas-bréchicas (Cz-B); Facies de margas (M); Facies de calizas travertínicas (Cz-T); Facies de Arcillas y Limos (A/L); Facies de margas gris-negras y lignitos (Lg) y Facies de yesos (Y).



Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SITUACION DE LA RESERVA ESTATAL "BORDALBA"

1.000 500 0 1.000 2.000 3.000 m

PLANO Nº 3

Es decir pensamos que se trata de una única unidad crono-estratigráfica (Unidad Bordalba) donde se pueden distinguir diferentes facies con litologías muy distintas.

El levantamiento cartográfico queda circunscrito a la zona de la reserva estatal y áreas limítrofes, habiéndose utilizado apoyo fotogeológico (Fotogramas 125 a 129 y 163 a 167 del Vuelo Nacional 1/30.000, 1984).

5.1 ESTRATIGRAFIA

5.1.1 CRETACICO

* CAMPANIENSE-MAASTRICHTIENSE

Afloran los materiales correspondientes a esta edad en el núcleo del anticlinal que cruza la zona investigada en dirección NO-SE, al O de Bordalba en el paraje Los Espernales.

Se trata de la Fm. Dolomías, margas dolomíticas y calizas de Santo Domingo de Silos y la Fm. Calizas de cantos negros de Sierra de la Pica, descritas en el apartado de correspondiente de Geología Regional.

Su potencia es de 40 m y son dolomías, dolomías margosas y calizas, calizas brechoides y calizas nodulares.

Las calizas son micríticas, mudstone y wackstone, con abundantes huellas de raíces y fisuración por desecación que provocan la brechificación y nodulización del sustrato y se interpretan como depósitos de márgenes lacustres de agua dulce con una importante colonización vegetal que junto a la emersión por colmatación, provoca la reestructuración del sedimento.

5.1.2 TERCIARIO

5.1.2.1 PALEOGENO

Tal y como se ha indicado en la introducción a la geología local, las series del terciario basal observadas en la zona de la reserva constituyen una unidad crono-estratigráfica (Unidad Bordalba), donde se pueden distinguir diferentes facies cuyos tránsitos son insensibles lateral y verticalmente.

Sedimentológicamente corresponde a un sistema lacustre somero, con fluctuaciones de nivel que favorecen el desarrollo de fenómenos edáficos. Son facies distales y marginales de los sistemas aluviales representados por las unidades anteriores.

Litológicamente se caracteriza por alternancias rítmicas de arcillas, arcillas dolomíticas, arcillas margosas, margas, yesos margosos y dolomíticos.

La potencia del sistema lacustre es de unos 300 m. pudiendo llegar en algunas zonas a ser superior.

Dentro de la Unidad Bordalba podemos distinguir las siguientes facies lacustres-palustres:

- Facies de Calizas y Calizas Margosas (Cz)

Son calizas micríticas y micritas fosilíferas de tonos blancos con parches rosas y amarillentos.

Se presentan en bancos de 0.1 a 0.7 m, o más potentes, masivas, con geometría tabular.

Pueden contener en algunos casos sílex en nódulos o interestratificados en niveles lentejonares.

Morfológicamente constituyen alineaciones muy marcadas en el relieve del sector N de la zona investigada.

- Facies de Calizas Travertínicas (Cz-T)

Son calizas blancas muy porosas, con aspecto tobáceo donde se diferencian abundantes moldes de restos vegetales encostrados.

Esta facies corresponde al tramo superior de la columna nº 10-2, levantada en el Barranco de la Manzadera, al NO de Bordalba, en la subida al vértice de la Tarayuela.

En este tramo alternan con niveles margosos.

En el área investigada, esta facies presenta una morfología lenticular a gran escala, pasando de los 85 m descritos en el tramo superior de la columna nº 10-2, a desaparecer hacia el E y hacia el O.

- Facies de Margas Dolomíticas(M)

Se encuentran en tramos potentes con intercalaciones de calizas margosas subordinadas constituyendo en el campo las vaguadas entre crestones de calizas. Están relacionados con las facies de calizas travertínicas y margosas a través de límites transicionales. Son de colores blancos, grises, o rosados con parches verdosos. Pueden presentarse también en pequeños niveles intercalados entre la facies de calizas travertínicas.

En algunos casos (Columna 10-2, tramo medio), son arenosas o presentan alternancia de areniscas calcáreas de grano fino.

Estas facies, presentan una fracción arcillosa relativamente alta con contenidos en paligorskita bastante importantes.

- Facies de Arcillas (A)

Este tramo es el principal objetivo del proyecto, ya que dentro de él se encuentran niveles con elevados contenidos en paligorskita.

Litológicamente constituyen una alternancia rítmica de arcillas, margas arcillosas y margas dolomíticas, de colores verde oliva, marrones y rojizos y blancas, que suelen culminar con delgados paquetes de calizas lacustres, tobáceas algales muy oquerosas y recristalizadas.

Las potencias de los ritmos oscilan entre 4 y 7 m., mientras que los niveles verdosos - que frecuentemente presentan los contenidos más altos en paligorskita - oscilan entre 0.5 y 1 m.

La facies descrita presenta un abundante contenido en yeso, detectado casi siempre en las muestras tomadas, por lo que su esta facies presenta transiciones laterales y verticales con la facies de yesos.

- Facies de Yesos (Y)

Se sitúan prácticamente en cualquier posición dentro de la Unidad Bordalba.

Están constituidas por niveles de yesos detríticos de colores blanco verdosos, intercalados entre las arcillas versicolores de la facies de arcillas y las margas blancas y margodolomías arcillosas.

Al NE de Bordalba se aprecian aún, unas antiguas explotaciones de estos materiales yesíferos para su empleo como aglomerantes.

Las facies anteriormente descritas, corresponden a lagos con predominio de sedimentación carbonatada, salobres someros y extensos, sujetos a oscilaciones periódicas en el nivel del agua. Esto provocaría la existencia de zona palustres

extensas sometidas a desecación y desarrolladas sobre sedimentos lacustres anteriores.

Se consideran facies netamente lacustres las facies de Calizas y Calizas Margosas, las facies de Margas y Margas dolomíticas y las facies de Arcillas. Las facies litorales y marginales de los lagos están representadas por las Calizas Travertínicas, y en la etapa final las facies de Yesos.

5.1.2.2 NEOGENO

Sobre las series de la Unidad Bordalba, aparece una extensa formación cuya potencia máxima alcanza los 150 m.

Está constituida por un conjunto detrítico de color rojo oscuro formado por limos arcillo-arenosos y conglomerados de cantos heterométricos redondeados de cuarzo, cuarcita y pizarra con matriz limo-arcillosa.

Los contactos con la Unidad Bordalba son claramente discordantes y dada la disposición horizontal de este unidad (el contacto mantiene cota a unos 900 m.) y el hecho de que la Unidad Bordalba se extiende por debajo de esta hacia el sur y hacia el oeste, es previsible que también puedan existir indicios de interés tapados por este conjunto detrítico.

Se ha tomado una muestra de limos arcillo-arenosos de esta formación que también presenta indicios de paligorskita en la fracción arcillosa.

5.1.3 CUATERNARIO

Constituido por cantos cuarcíticos incluidos en una matriz arcillosa de las terrazas Pleistocenas del río Nágima y el aluvial de gravas y arenas Holocenas del mismo río, afloran siguiendo el curso del río al O de la reserva y no tienen importancia a los efectos del presente proyecto.

5.2 ESTRUCTURA

Las estructuras observadas en la zona investigada corresponden a la deformación alpina, que afecta conjuntamente al sustrato cretácico y al paleógeno paraconcordante sobre él.

La reserva estatal aparece cruzada de NO a SE por un pliegue anticlinal de dirección aproximada N 110 - N 120, cuyo tramo medio (al NO de la población e Bordalba) se encuentra intensamente fallado por dos sistemas de fracturas. El primer sistema tiene direcciones N 30 - N 40 y el segundo N 120.

A ambos lados de esta zona fallada, se aprecian dos cierres periclinales del anticlinal antes mencionado. Esto se interpreta como una inmersión del eje anticlinal por efecto de los desplazamientos que la zona fallada provoca en el conjunto de la estructura.

La geometría de este pliegue anticlinal está próxima a un pliegue en rodilla, ya que es fundamentalmente su flanco norte el que, con una dirección extremadamente constante y un buzamiento que en las proximidades del eje es muy regular con 15 º, y a medida que nos alejamos hacia el NE aumenta su inclinación hasta los 40º, determina el carácter de la estructura. Este aumento del buzamiento de las capas hace que desaparezca el típico relieve en cuestas de la zona inmediatamente al N de Bordalba, constituido por los niveles duros de la facies caliza y los niveles blandos de la facies margosa, pasando a observarse tan solo el asomo de los niveles calizos marcando una dirección de las capas muy constante N 120 E.

El flanco sur, por el contrario, presenta buzamientos muy constantes entre los 15 y 18 º.

Hacia el sector NO-O-SO de la zona investigada y en los terrenos paleógenos, las deformaciones son menos acusadas, siendo los pliegues mas laxos con buzamientos de los flancos en torno a los 10 º y direcciones similares a las antes mencionadas N 110 - N 120.

Entre Fuentelmonge y Monteagudo de las Vicarías se observa únicamente un basculamiento suave y constante de las capas hacia el S (alrededor de los 10º), con algún repliegue menor local.

5.3 COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS

Durante el transcurso del proyecto "Posibilidades de Arcillas Especiales en Aragón 1ª Fase", se realizaron diversas columnas estratigráficas en la Unidad Bordalba que se incluyen en el Anejo A6.(Columnas 10-2,10-3,10-4,10-5,10-6)

Para la ejecución del presente proyecto, se amplió la información con otros cortes en puntos que se consideraron de interés y que también se incluyen en dicho anejo. (Columnas 10-7, 10-8).

Tanto en las columnas del proyecto previo como en las del presente se realizaron desmuestres selectivos de los niveles de interés, los resultados de los análisis efectuados se comentan en el apartado 6.

La situación de todas las columnas realizadas se ha representado sobre la cartografía 1/25.000 incluida en el Anejo A1.

* Columna 10-2

La columna nº 10-2 se levantó en el Barranco de la Manzadera, al NO de Bordalba, en la subida al vértice Tarayuela, distinguiéndose tres tramos:

- Tramo inferior, formado por 80 m. de margas pardoamarillentas, rojizas, grises y blancas con alguna intercalación de margas yesíferas y calizas.
- Tramo medio, 20 m. de alternancias de margas arenosas y areniscas calcáreas de grano fino, poco cementadas.

- Tramo superior: 85 m. de calizas y margas. Estas últimas se presentan normalmente cubiertas, aflorando únicamente los niveles calcáreos más duros. Las calizas, especialmente hacia el techo, presentan carácter tobáceo, siendo muy oquerosas y con abundantes

recristalizaciones de calcita. Se observan estructuras algales y su color es rojizo.

* Columnas 10-3 y 10-4

Ambas columnas han sido levantadas 1 Km al Oeste de Bordalba, en las proximidades del paraje Los Colmenares, correspondiendo ambas al tramo superior al de calizas y margas descrito en la columna 10-2.

En líneas generales, encontramos alternancia de arcillas y margas arcillosas de colores marrones y verde oliva, margas blancas y delgados paquetes de calizas lacustres, tobáceas y muy recristalizadas.

* Columna 10-5

Esta columna se ha levantado aprovechando el corte que un pequeño barranco da a los tramos superiores de la serie en el paraje de Carbonera, 700 m al sur de Bordalba. Esta columna es de un gran interés por poner en evidencia la disposición en secuencias rítmicas de las capas de arcillas y los niveles calcomargosos.

Este disposición es como sigue, de muro a techo:

- Arcillas y margas marrones. Potencia 80 cm a 1 m.
- Arcillas y margas arcillosas de color verde oliva. Potencia 0.5 a 1 m.
- Margas blancas. Potencia 0.2-0.8 m.
- Calizas tobáceas, algales, muy oquerosas y recristalizadas.

Esta secuencia se repite en la vertical hasta 8 veces en el citado barranco, faltando en ocasiones el término margoso blanco o las arcillas marrones.

* Columna 10-6

Se realizó esta columna junto a la carretera de Cetina a Bordalba, 1 Km antes de Bordalba, poniéndose de nuevo de manifiesto la disposición secuencial de la serie.

* Columna 10-7

Realizada al NE de Bordalba, en las proximidades del núcleo del anticlinal fracturado que atraviesa el sector septentrional de la reserva, en el paraje La Taranquera.

En este punto se observó de nuevo una alternancia rítmica de arcillas verdes rojas y blancas con interbancos dolomíticos blancos recristalizados y arcillas versicolores yesíferas.

* Columna 10-8

Realizada al NO de Bordalba, en el paraje Carrascalejos.

Corresponde al tramo inferior de la columna 10-2.

Se trata de una serie muy característica de las cuestas de la zona, donde sobre un muro de arcillas abigarradas yesíferas, similares a las observadas en la columna anterior, hay un tramo de dolomías arcillosas blancas, culminando la serie con un nivel duro de calizas blancas.

6. TRABAJOS REALIZADOS

Tal y como se indicaba en la introducción, a partir de los trabajos realizados en la primera fase del proyecto "Posibilidades de Arcillas Especiales en Aragón", se planificaron diversos trabajos de prospección para estudiar con mayor detalle la calidad y extensión de los indicios previamente detectados.

6.1 MUESTREO SUPERFICIAL

Durante la mencionada primera fase se tomaron un total de 15 muestras de superficie en los afloramientos descritos en las columnas estratigráficas realizadas.

Sobre dichas muestras se realizaron diversos análisis para conocer sus características físico-químicas y mineralógicas (granulometría, DRX, análisis químicos). Posteriormente, se seleccionaron 4 muestras para realizar sobre ellas ensayos tecnológicos (absorción, ensayos reológicos, capacidad de cambio).

La Tabla 1 (pag 36) resume las características litológicas y la situación de las muestras antes mencionadas.

En el transcurso del presente proyecto se tomaron 22 muestras de superficie para completar la información previamente obtenida y caracterizar mejor la Unidad Bordalba, este muestreo sirvió también como de referencia para la campaña de sondeos.

Dichas muestras fueron analizadas de manera similar a las anteriores para su caracterización físico-química y mineralógica.

La Tabla 2 (pag 37) resume las características litológicas y la situación de las 22 muestras del presente proyecto.

Todas las muestras antes mencionadas se encuentran situadas sobre la cartografía geológica 1/25.000 incluida en el Anejo A.1.

TABLA 1. SITUACION Y DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS DEL PROYECTO "POSIBILIDADES DE ARCILLAS ESPECIALES EN ARAGON" (ITGE 1986), EN LA ZONA DE BORDALBA.

Nº DE MUESTRA	COORDENADAS UTM		PARAJE	MUNICIPIO	DESCRIPCION
	X	Y			
Z-75	576.07	4585.25	LOS COLMENARES	BORDALBA	MARGAS PALIGORSKITICAS
Z-76	577.50	4584.70	LA CARBONERA	BORDALBA	ARCILLAS PALIGORSKITICAS
Z-77	577.50	4584.70	LA CARBONERA	BORDALBA	ARCILLAS DOLOMITICAS ILIT-PALIG
Z-78	576.90	4584.60	LA CARBONERA	BORDALBA	MARGAS DOLOMITICAS PALIGORSKITIC.
Z-79	576.90	4584.60	LA CARBONERA	BORDALBA	ARCILLAS PALIGORSKITICAS
Z-80	576.90	4584.60	LA CARBONERA	BORDALBA	ARCILLAS LIMOSAS PALIGORSKITICAS
Z-81	576.90	4584.60	LA CARBONERA	BORDALBA	ARCILLAS LIMOSAS PALIGORSKITICAS
Z-82	576.07	4585.50	LOS COLMENARES	BORDALBA	MARGAS DOLOMITICAS PALIGORSKITIC.
Z-83	576.07	4585.50	LOS COLMENARES	BORDALBA	MARGAS
Z-84	576.07	4585.50	LOS COLMENARES	BORDALBA	ARCILLAS CALCAREAS PALIGORSKITIC.
Z-85	576.07	4585.50	LOS COLMENARES	BORDALBA	ARCILLAS PALIGORSKITICAS
Z-86	575.12	4587.25	SOLANA DE LA CIGARRA	BORDALBA	ARCILLAS DOLOMITICAS PALIGORSKIT.
Z-87	579.75	4586.30	LA TALANQUERA	BORDALBA	MARGAS DOLOMITICAS PALIGORSKITIC.
Z-88	578.50	4584.35	EL REBOLLAR	BORDALBA	ARCILLAS ILITICAS
Z-90	576.90	4584.60	LA CARBONERA	BORDALBA	ARCILLAS DOLOMITICAS PALIGORSKIT.

TABLA 2. SITUACION Y DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS DE SUPERFICIE.

Nº DE MUESTRA	COORDENADAS UTM		PARAJE	MUNICIPIO	DESCRIPCION
	X	Y			
BO-1	576.20	4585.40	LOS COLMENARES	BORDALBA	MARGAS BLANCAS
BO-2	576.15	4585.30	LOS COLMENARES	BORDALBA	MARGAS BLANCAS
BO-3					ARCILLAS ROJAS
BO-4	577.50	4579.80	VALDELAJUDIA	ARIZA	ARCILLAS MARGOSAS
BO-5	577.50	4579.80	VALDELAJUDIA	ARIZA	ARCILLAS PALIGORSK. VERDES
BO-6	577.35	4583.75	COLLADO DE LA CRUZ	BORDALBA	ARCILLAS ROJAS MARGOSAS
BO-7	576.35	4588.60	MIRA	DEZA	MARGAS BLANCAS
BO-8	575.35	4588.05	CAÑADA DE LA IGLESIA	BORDALBA	ARCILLAS PALIGORSK. VERDES
BO-9	574.15	4587.35	LA MANZANEDA	BORDALBA	ARCILLAS MARGOSAS BLANCAS YESIF.
BO-10	578.51	4585.25	EL HORCAJO	BORDALBA	ARCILLAS VERDOSAS Y ROJIZAS
BO-11	578.85	4585.10	LA JUNCADA	BORDALBA	ARCILLAS VERDOSAS Y ROJIZAS
BO-12	579.35	4584.70	LA CHOPERA	BORDALBA	ARCILLAS VERDOSAS Y ROJIZAS
BO-13	579.15	4595.20	LA JUNCADA	BORDALBA	ARCILLAS ROJAS Y VERDES
BO-14	578.00	4595.45	EL PUENTECILLO	BORDALBA	ARCILLAS VERSICOLORES
BO-15	579.15	4586.15	LA TALANQUERA	BORDALBA	ARCILLAS ROJAS Y VERDES
BO-16	579.15	4586.15	LA TALANQUERA	BORDALBA	MARGAS VERDES PALIGORKITICAS
BO-17	579.15	4586.15	LA TALANQUERA	BORDALBA	MARGAS BLANCAS DOLOMITICAS
BO-18	579.15	4586.15	LA TALANQUERA	BORDALBA	ARCILLAS VERSICOLORES YESIFERAS
BO-19	570.20	4586.45	LOS LLANOS	FUENTELMONGE	ARCILLAS VERDES
BO-20	574.15	4587.35	LA MANZANERA	BORDALBA	ARCILLAS VERDES
BO-21	575.15	4587.10	SOLANA DE LA CIGARRA	BORDALBA	ARCILLAS ABIGARRADAS YESIFERAS
BO-22	575.15	4587.10	SOLANA DE LA CIGARRA	BORDALBA	MARGAS BLANCAS PALIGORSKITICAS

6.2 CAMPAÑA DE SONDEOS

Introducción

La investigación de la Reserva Estatal "Bordalba" se completó con una campaña de 2 sondeos mecánicos con recuperación de testigo continuo, separados 1 Km entre sí y situados aproximadamente 1 Km al sur de la población de Bordalba.

La situación de los sondeos puede observarse en la cartografía geológica 1/25.000 incluida en el Anejo A.1.

La ubicación de estos sondeos se basó en la información aportada por el muestreo superficial y la cartografía 1/25000.

Características Técnicas

La perforación se ha realizado con una sonda DIAMEC-250, con sistema de avance hidráulico, con motor Diter tipo 325/2 de 41 CV de potencia a 2400 RPM.

La autonomía de la sonda es de 200-250 m, y el varillaje de aluminio de 53 mm de diam.

Se han utilizado coronas de widia y diamante de 55.6 mm. de diam.

Sondeo nº 1

El sondeo se emboquilló con 101 mm de diam. de 0 a 3 m.

De 3 a 15 m se perforó con 66 mm de diam. y de 15 hasta el final (82.83 m) con 56 mm.

Se entubó de 0 a 3 m con tubería de 66x57 mm.

La recuperación media del testigo fue del 93.22 %.

En el anexo A.5, se incluye la columna estratigráfica de este sondeo con las características litológicas del terreno atravesado, la ubicación de las muestras tomadas y los resultados de los análisis realizados sobre dichas muestras.

En este sondeo se tomaron un total de 12 muestras.

La ubicación de este sondeo en el contacto entre el Neógeno detrítico rojo que recubre a la Unidad Bordalba, tenía por objeto estudiar el tránsito entre ambas formaciones y determinar la presencia de arcillas especiales también en dicho Neógeno, tal y como el muestreo superficial parecía indicar.

El sondeo atravesó 73.5 m de dicha formación, probablemente por ser el contacto entre ambas formaciones de tipo erosivo y coincidir la ubicación del sondeo con un paleocanal, correspondiente a la sedimentación fluvial que caracteriza a este Neógeno.

La serie atravesada está constituida por limolitas rojas mas o menos arcillosas con intercalaciones de gravas cemtimétricas y paquetes métricos de conglomerados rojos con matriz areno-limosa con cantos calcáreos.

El tránsito con la formación Bordalba se hace a través de unos niveles de limolitas rosáceas y blancas arcillosas y yesíferas.

Del metro 68 m hasta el 73.5, se observa la presencia de paligorskita como mineral arcilloso principal, lo que confirma lo observado en el muestreo superficial.

Los 9.33 m restantes hasta los 82.83 definitivos, correspondieron a la típica alternancia rítmica de arcillas verdes y rojas mas o menos dolomíticas con abundantes yesos que caracterizan a la formación Bordalba.

Sondeo nº 2

Este sondeo se emboquilló con 101 mm de diam. a 3 m.

De 3 a 35 m. con 66 mm de diam.

De 35 hasta el final (44.68 m), con 56 mm.

La recuperación media de testigo fue del 90 %.

La columna estratigráfica de este sondeo con la información litológica, el muestreo realizado, y los resultados de los análisis realizados sobre dichas muestras, se incluyen en el anexo A.5.

Este sondeo ha atravesado exclusivamente la Unidad Bordalba.

Litológicamente se pueden distinguir tres tramos principales:

- De 0,00 a 10,34 m (10,34 m)

  Margas dolomíticas blancas y arcillas rojas y verdes. En este tramo la paligorskita aparece exclusivamente como minerales accesorio. Siendo el mineral principal dolomita o cuarzo según de que nivel se trate.

- De 10,34 a 20,93 m (10,59 m)

  Arcillas margo-dolomíticas yesíferas blancas y verdes y arcillas verdes yesíferas.
  Este tramo es el que presenta mayor interés dado que la en la fracción arcillosa el mineral principal es paligorskita.

- De 20,93 a 44,68 m (23,75 m)

Margas dolomíticas versicolores yesíferas con costras de yeso centimétricas en los primeros 4 m, y arcillas verdes y versicolores hasta el final del tramo.
En este último tramo investigado, la paligorskita aparece como mineral accesorio en todas las muestras analizadas, siendo el yeso el mineral más abundante.

6.3 ENSAYOS

Las muestras obtenidas a lo largo de esta investigación fueron sometidas a diferentes análisis, para permitir su caracterización físico-química y mineralógica, la Figura nº 1 resume la metodología empleada, que se ha basado en la empleada en el proyecto "Posibilidades de Rocas Arcillosas en Cantabria" (ITGE 1988).

6.3.1 ANALISIS GRANULOMETRICOS

En la clasificación granulométrica del material y para la obtención de la fracción arcillosa se han empleado diversos procedimientos: Tamizado en húmedo, tamizado en húmedo con ciclonado y Sedigraph.

La serie de tamices utilizados siguen las normas ASTM, comenzando desde 8 mm, hasta 12 µm.

El proceso de trabajo fue el siguiente:

Una vez recepcionada la muestra se efectuó su pesaje y troceado, en los casos en que su contenido así lo exigía, a menos de 8 mm para la realización de un cuarteo del que se extrajeron tres partes: una del todo-uno, para analizar por RX y conocer la composición química, otra para la determinación de la humedad, y la última parte para efectuar el análisis granulométrico en sí.

La clasificación de la muestra comienza en húmedo por tamizado desde 8 mm hasta la fracción superior a 62 µm. Con la fracción inferior a 62 µm se realiza el análisis granulométrico por ciclonado, mediante un Cyclosizer, llegando hasta la fracción inferior de 12 µm.

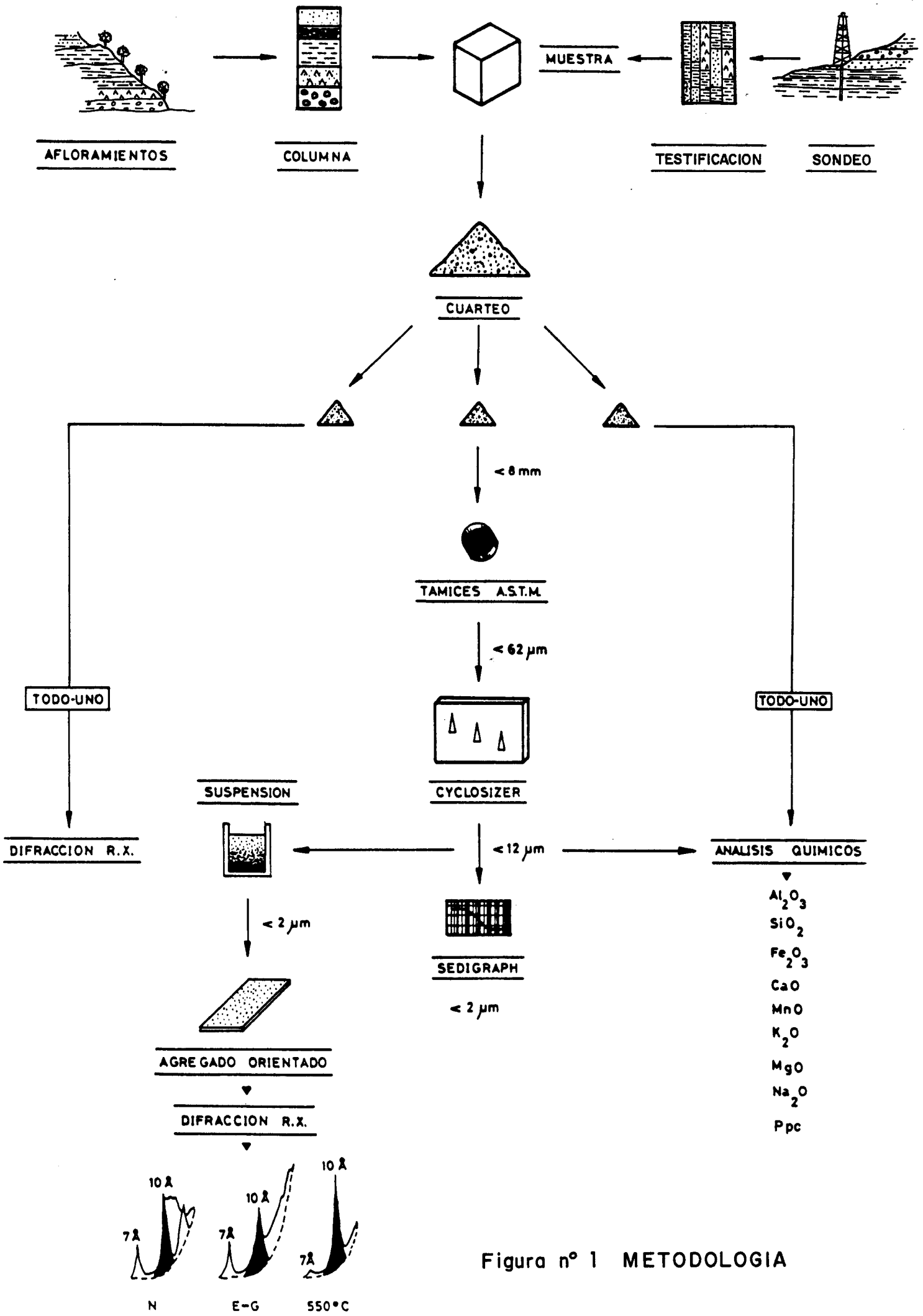


Figura nº 1 METODOLOGIA

A partir de la fracción inferior a 12 µm no es posible utilizar el procedimiento de clasificación anterior o de ciclonado por lo que dicha fracción es clasificada mediante el Sedigraph, aparato que contabiliza el número de partículas sedimentarias en un medio acuoso por medio de RX. Para ello es preciso conocer la densidad de la fracción inferior a 12 µm que se ha obtenido con el Cyclosizer. Una escala gráfica y la posterior conversión en datos numéricos nos proporciona la información del contenido en fracción arcillosa, en sí (< 2 µm) de la muestra de partida.

Los intervalos considerados en este Proyecto como fracción arena, limo y arcilla se basan en los trabajos de Wentworth (1922) y son:

arena > 62 µm
4 µm < limo > 62 µm
arcilla < 4 µm

Hay que hacer notar también que otros límites están hoy en día en uso (Spear, 1980), sobre todo para la fracción arcillosa, a la que se la considera como tal, cuando su tamaño es menor de las 2 µm, aunque hay que tener en cuenta que alcanzar semejantes fracciones granulométricas presenta grandes problemas, sobre todo a la hora de recuperar la muestra.

*** DISCUSION DE LOS RESULTADOS**

Los resultados de los análisis granulométricos efectuados tanto durante la ejecución de este proyecto, como del anterior, se presentan en las Tablas 3, 4 y 5 (Pags44,45,46) Los informes del laboratorio se incluyen en el Anexo A.4.

En las Figuras nº 2, 3 y 4 que se incluyen también a continuación (Pags 47,48,49) se representan los histogramas de frecuencias de los contenidos en partículas menores de 12 µm de las muestras de superficie (Fig.2) y de las mues-tras analizadas de los dos sondeos realizados (Fig.3-4).

TABLA 3. GRANULOMETRIAS, DRX Y ANALISIS QUIMICOS DE LAS MUESTRAS DEL PROYECTO "POSIBILIDADES DE ARCILLAS ESPECIALES EN ARAGON" (ITGE 1986), EN LA ZONA DE BORDALBA.

	GRANULOMETRIA		DRX									ANALISIS QUIMICO (TODO UNO)								
			TODO UNO					FRACCION < 20 µm												
MUESTRA	%<64µm	%<4µm	Filosil.	Cuarzo	Calcita	Dolomita	Feldesp.	Ilita	Kaolinit.	Paligor.	Interest.	$\%SiO_2$	$\%Al_2O_3$	$\%Fe_2O_3$	$\%TiO_2$	%CaO	%MgO	$\%K_2O$	$\%Na_2O$	%PPC
Z-75	99	56	60	tr.	5	30	tr.	20		75	tr.	27,97	11,22	2,46	0,48	18,68	10,46	1,76	0,47	26,61
Z-7	100	90	95	5				40	tr.	60		52,42	18,42	6,59	1,20	2,38	3,01	5,17	0,09	9,89
Z-77	100	92	75	5		20	tr.	50	tr.	50	tr.	43,54	16,49	5,25	1,22	6,24	5,40	4,53	0,08	17,28
Z-78	100	88	50	tr.	tr.	45	tr.	50	tr.	50	tr.	34,74	12,02	3,99	0,83	11,55	8,32	3,35	0,09	23,63
Z-79	85	90	90	tr.		tr.	5	10		90	tr.	55,44	16,07	5,67	1,17	1,07	4,18	4,48	0,16	10,53
Z-80	100	78	95	5			tr.	45	tr.	55		55,31	19,22	7,12	1,57	0,90	2,63	5,45	0,10	7,73
Z-81	100	76	90	5			5	45	tr.	55	tr.	53,75	18,52	6,29	1,58	1,25	3,66	5,19	0,18	9,55
Z-82			55			45		15		85										
Z-83			35	30	10	25		50		50										
Z-84			85	5	10			40		60										
Z-85			90	5		5		15		85										
Z-86			70	5	tr.	25		45		55										
Z-87			60	5		35		25		75										
Z-88	100	66	90	10			tr.	95			tr.	54,72	23,35	5,21	1,76	0,65	1,79	5,17	0,13	6,27
Z-90	100	76	80	5	tr.	15	tr.	45		55	tr.	45,78	16,24	5,37	1,39	5,98	5,04	4,32	0,24	14,14

BORDALBA

TABLA 4. GRANULOMETRIA Y DRX DE LAS MUESTRAS DE SUPERFICIE

MUESTRA	ARCILLA %<2µm	%<4µm	%<12µm	LIMO >4µ <62µ	ARENA >62µm	TODO UNO			FRACCION < 12 µm					
									FRACCION NO ARCILLOSA			FRACCION ARCILLA		
						PRINCIPAL	SECUNDARIO	ACCESORIO Y TRZ	PRINCIPAL	SECUNDARIO	ACCESORIO	PRINCIPAL	ACC Y TRAZAS	CONTENIDO
BO-1	45,11	78,94	89,28	15,04	6,02	DOLOMITA	PALIGORSK	Q,CALCITA	DOLOMITA	---------	Q	PALIGORSK	MICA	MEDIO
BO-2	37,50	47,90	58,39	17,72	34,38	DOLOMITA	CALCIT,PALIGO.	Q	DOLOMITA	---------	Q	PALIGORSK	MICA	MED/ALTO
BO-3	38,11	51,79	80,12	45,91	1,73	CALCITA,Q	DOLOMITA	MICA,PALIGO,KAOL	Q,CALCITA	DOLOMITA	---------	KAOLIN	MICA	BAJO
BO-4	25,72	36,37	77,17	52,33	11,30	DOLOMITA,Q	PALIGORSK.	CALCITA	DOLOMITA	Q	---------	PALIGORSK	KAOLIN,MICA	BAJO
BO-5	28,66	40,13	59,78	41,76	18,11	CALCITA	PALIGO.,DOLOM.	Q	CALCITA,DOLOM	---------	Q	PALIGORSK	MICA	MEDIO
BO-6	15,02	19,68	36,24	32,10	48,22	CALCITA,Q	----------	MICA,PALIGO.,KAOL.	CALCITA	Q	---------	KAOLIN	MICA	BAJO
BO-7	30,86	39,98	51,20	30,16	29,86	DOLOMITA	PALIGORSK	Q,KAOLIN	DOLOMITA	Q	---------	PALIGORSK	MICA	MED/ALTO
BO-8	42,15	62,38	79,24	21,91	15,71	CALCITA	Q,PALIGO.	MICA,KAOLIN	CALCITA	Q	---------	PALIGORSK	MICA,ESMECT,KAOL	MEDIO
BO-9	20,24	39,13	63,41	28,33	32,54	DOLOMIT.,YESO	----------	PALIGORSK,MICA						
BO-10	30,84	39,45	55,23	32,26	28,29	Q,CALCITA	DOLOMIT,MICA	FELD,ESMECT,KAOL						
BO-11	16,75	24,74	44,84	42,21	33,00	Q	CALCIT,DOLOM,MIC	FELD,ESMECT,KAOL						
BO-12	12,75	20,03	43,70	40,66	39,31	CALCITA	Q,DOLOMITA	MICA,KAOLIN						
BO-13	34,22	40,06	56,75	43,40	16,54	Q,DOLOMITA	MICA	KAOL,FELD,PALIGO.	DOLOMITA,Q	---------	FELDESP.	KAOLIN	MICA,PALIGORSK	BAJO
BO-14	34,10	43,84	57,76	25,76	30,60	Q	DOLOMIT,MICA	ESMECT,FELD,KAOL						
BO-15	30,36	44,59	68,31	50,28	5,13	Q	CALCIT,MICA	FELD,KAO,ESMC,PALI	Q	---------	FELDESP.	ESMECTITA	MICA,KAOLIN	MED/ALTO
BO-16	68,09	73,54	82,62	17,25	8,40	DOLOMITA	Q,PALIGORSK.	MICA,FELDESP	DOLOMITA	---------	---------	PALIGORSK.	ESMECT,MICA,SEPIOL	BAJO
BO-17	57,97	86,95	97,94	12,99	0,06	DOLOMITA	---------	Q,SEPIOLIT,MICA	DOLOMITA	---------	---------	SEPIOLITA	MICA	BAJO
BO-18	33,38	44,03	58,94	26,98	28,99	YESO	---------	DOLOMIT,Q	Q,DOLOMITA	---------	FELDESP.	ESMECTITA	MICA,PALIGORK.	MEDIO
BO-19	67,52	77,31	88,07	20,54	2,15	Q,PALIGORSK.	MICA	FELDESP.	Q	GOETITA	---------	PALIGORSK.	MICA,KAOLIN,CLORIT	ALTO
BO-20	57,02	71,77	89,46	26,54	1,69	Q,DOLOM,PALIGORSK	MICA,YESO	CALCITA,FELD.	DOLOMITA	---------	---------	PALIGORSK.	MICA,KAOLIN,CLORIT	ALTO
BO-21	62,99	72,10	74,75	3,60	24,30	YESO	DOLOMIT,Q	MICA,PALIGORSK.						
BO-22	46,38	65,12	94,71	33,52	1,36	DOLOMITA	PALIGORSK.	Q,MICA	DOLOMITA	---------	Q	PALIGORSK.	--------	ALTO

BORDALBA

TABLA 5. GRANULOMETRIA Y DRX DE LAS MUESTRAS DE LOS SONDEOS

					TODO UNO			FRACCION < 12 µ					
								FRACCION NO ARCILLOSA			FRACCION ARCILLA		
MUESTRA	PROFUNDIDAD	POT	%<2µ	%<12µ	PRINCIPAL	SECUNDARIO	ACCESORIO Y TRZ	PRINCIPAL	SECUNDARIO	ACCESORIO	PRINCIPAL	ACC Y TRAZAS	CONTENIDO
BS-1-1	68.70-69.00	0,30			YESO	PALIGORSKITA	CUARZO,DOLOM	Q	------	------	PALIGORSK	-----	ALTO
BS-1-2	71.00-71.83	0,83			YESO,DOLOM.	------	-------						
BS-1-3	71.83-72.50	0,67	17,64	39,20	YESO,DOLOM.	------	-------						
BS-1-4	72.50-73.00	0,50			YESO,DOLOM.	------	PALIGORSK,Q						
BS-1-5	73.00-73.50	0,50	55,43	68,43	YESO,DOLOM.	------	PALIGORSK.						
BS-1-6	73.50-74.28	0,78	27,71	36,54	YESO,DOLOM.	PALIGORSK.	Q	DOLOMITA	------	Q	PALIGORSK	-----	MED/ALTO
BS-1-7	75.50-76.20	0,70	54,58	64,97	DOLOMITA	YESO,Q,PALIG.	MICA	DOLOMITA	------	Q	PALIGORSK	MICA	ALTO
BS-1-8	78.00-78.56	0,56	46,89	66,04	YESO	PALIG.,DOLOM.	Q,MICA	CUARZO	-------	DOLOM,Q	PALIGORSK	-----	ALTO
BS-1-9	79.80-80.00	0,20	21,12	24,84	YESO	DOLOMITA	-------						
BS-1-10	80.00-80.78	0,78	40,50	48,79	YESO	DOLOMITA	PALIGORSK.						
BS-1-11	80.78-81.20	0,42	58,20	69,28	YESO,DOLOM.	PALIGORSK.	Q,MICA	DOLOMITA	------	Q	PALIGORSK	MICA	ALTO
BS-1-12	81.20-82.50	1,30	36,99	51,82	YESO,DOLOM.	------	PALIGORSK.						
BS-2-1	0.00-1.06	1,06	81,37	89,42	DOLOMITA	------	CAL,Q,PAL						
BS-2-2	1.06-1.86	0,80	71,68	77,91	DOLOMITA	Q,CALC.	MIC,PAL,FEL						
BS-2-3	1.86-3.98	2,12	58,55	69,70	Q	CALC,DOLOM	MC,CAO,PAL,FEL						
BS-2-4	3.98-7.62	3,64	74,35	85,46	DOLOMITA	Q,CALCIT	MICA,CAOL						
BS-2-5	7.62-8.42	0,80	70,23	80,72	Q	DOLOMIT	CAL.MC.PAL.CAO.FE						
BS-2-6	8.42-9.32	0,90	71,47	83,10	Q	DOLOMIT	CAL.MC.PAL.CAO.FE						
BS-2-7	9.32-10.34	1,02	58,51	70,50	DOLOMITA	CALCITA	Q,MIC.PALIG						
BS-2-8	10.34-12.40	2,06	57,45	66,80	YESO,DOLOM	Q,PALIG	MICA	DOLOMITA	------	Q	PALIGORSK	MICA	MED/ALTO
BS-2-9	12.40-12.87	0,47	79,83	91,76	DOLOMITA	------	Q,MICA,VERMIC						
BS-2-10	12.87-13.37	0,50	64,32	65,64	YESO,DOLOM	------	Q						
BS-2-11	13.37-13.97	0,60	53,99	61,35	YESO,DOLOM	Q,PALIG	MICA	DOLOMITA	------	Q	PALIGORSK	MICA	MED/ALTO
BS-2-12	13.97-		52,66	57,23	YESO,DOLOM	Q,PALIG	MICA	DOLOMITA	------	Q	PALIGORSK	MICA	MED/ALTO
BS-2-13	-16.88		54,98	63,20	YESO,DOLOM	Q	MICA,PALIG						
BS-2-14	16.88-		37,49	69,43	YESO	Q,DOL,PAL MICA		DOLOMITA	------	Q	PALIGORSK	MICA	MED/ALTO
BS-2-15	-19.57		45,07	80,48	Q,YESO	MIC,PAL,DOL	FELD	Q	------	DOLOMITA	PALIGORSK	MICA	MEDIO
BS-2-16	19.57-		38,93	73,45	YESO,DOL	Q	PALIG,MIC						
BS-2-17	-20.93		33,44	79,62	Q,YESO	MIC,PAL,DOL	CAOL	Q	------	DOLOMITA	PALIGORSK	CAOLIN	MED/ALTO
BS-2-18	20.93-22.48	1,55	46,33	78,52	DOL,Q,YESO	-----	MIC,PALIG						
BS-2-19	22.48-24.43	1,95	50,01	78,14	DOL,Q,YESO	-----	MIC,PALIG,CAOL						
BS-2-20	25.23-26.23	1,00	44,39	76,52	DOL,Q,YESO	-----	PALIG,CAOL,MIC						
BS-2-21	27.94-		41,54	72,88	YESO	DOL,Q	MIC,PALIG						
BS-2-22	-32.77		47,31	73,92	YESO	DOL,Q	MIC,PALIG						
BS-2-23A	33.95-		41,65	69,41	YESO	DOL,Q	MIC,PALIG						
BS-2-23B	-37.47		44,46	72,88	YESO	DOL,Q	MIC,PALIG						
BS-2-24	40.47-42.78	2,31	10,41	54,80	YESO,DOL	-----	Q,MIC,PALIG.						
BS-2-25	42.78-44.68	1,90	36,28	64,79	Q	YESO,DOL	MIC,PALIG						

ARCILLAS BORDALBA

GRANULOMETRIAS MUESTRAS SUPERFICIE

BO-1 A BO-22

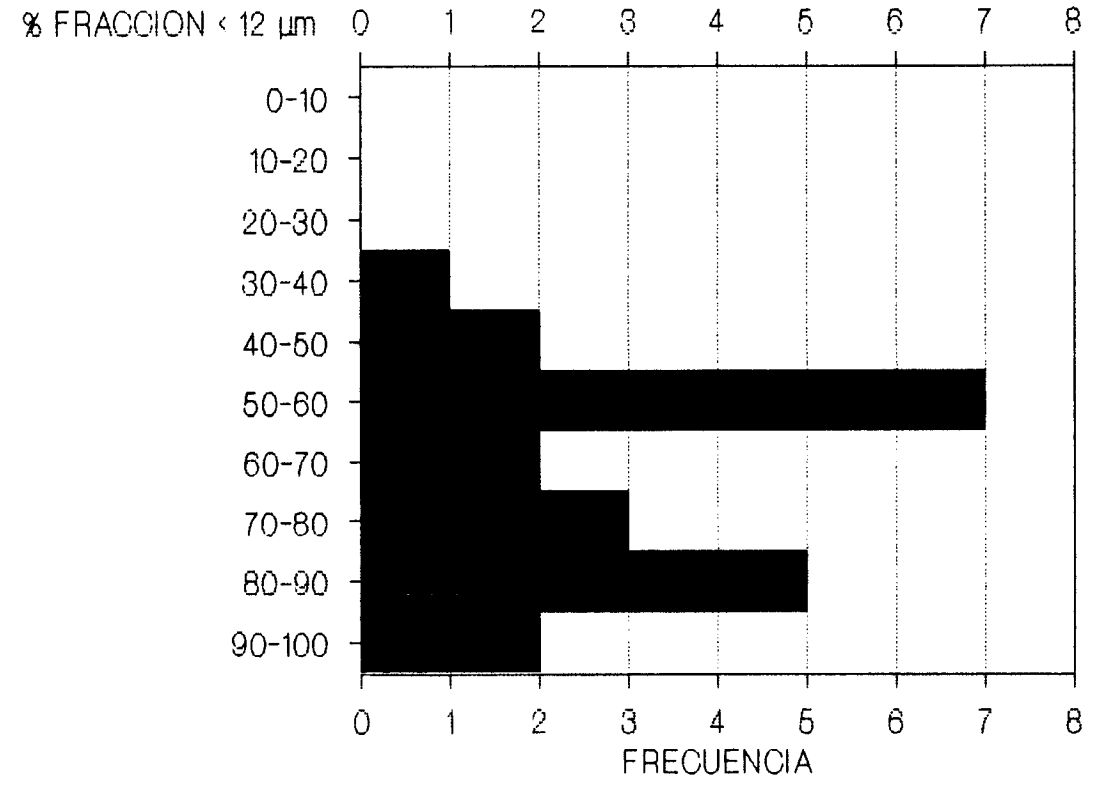


FIGURA 2

ARCILLAS BORDALBA

GRANULOMETRIAS SONDEO B0-2

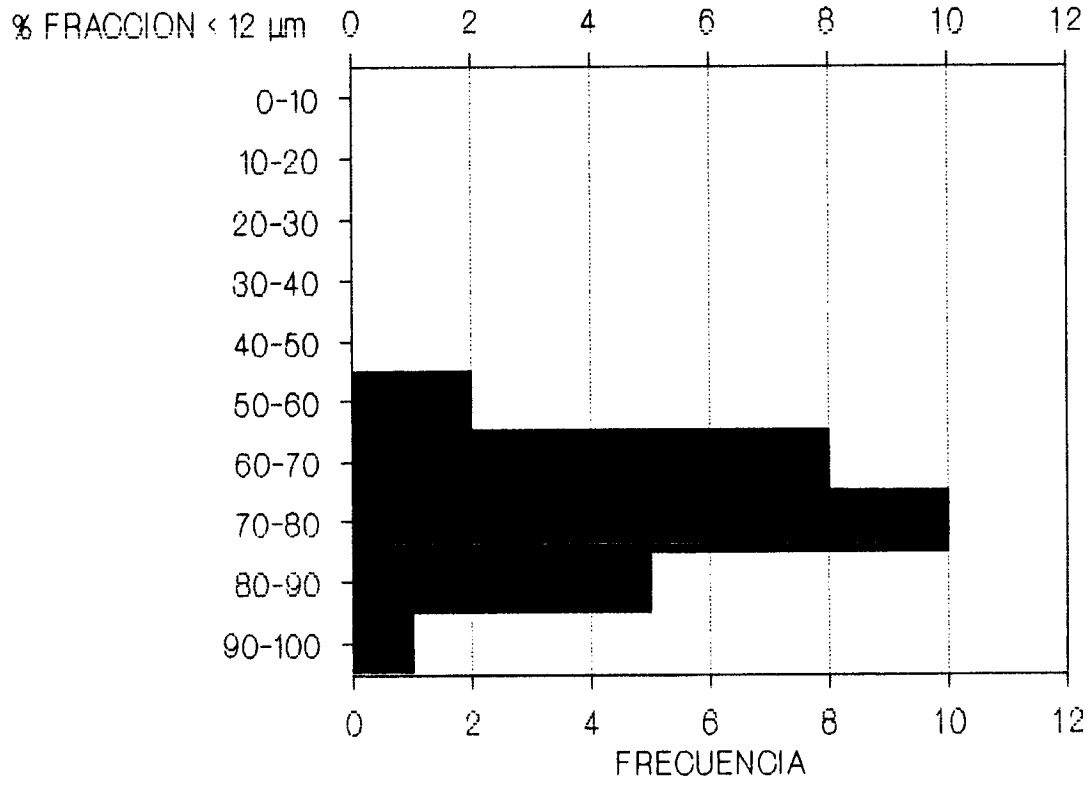


FIGURA 3

ARCILLAS BORDALBA

GRANULOMETRIAS SONDEO B0-1

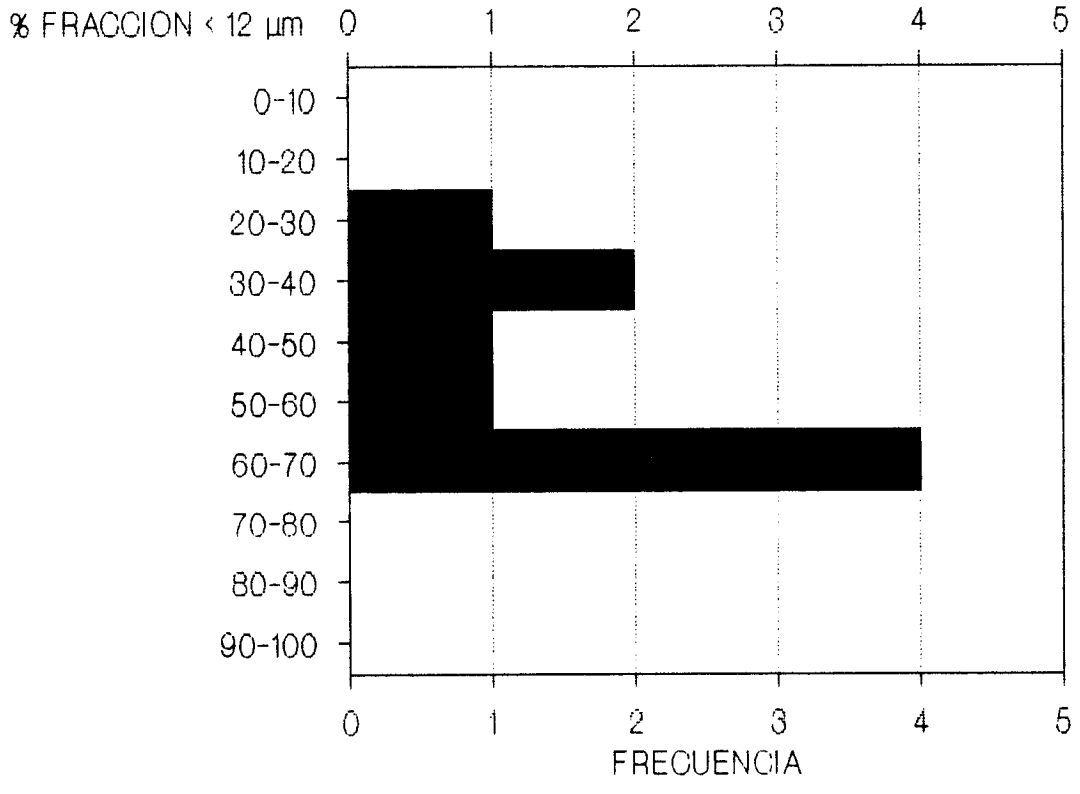


FIGURA 4

Haciendo la salvedad de que dado el escaso número de datos empleados las interpretaciones estadísticas son tan solo orientativas, se puede observar un máximo centrado en contenidos entre 70 y 80 % de partículas menores de 12 µm en el sondeo BO-2, que además presenta una distribución normal centrada en dicho máximo, entre 40 y 100 %.

El sondeo BO-1, sin embargo presenta un máximo en contenidos entre 60 y 70 %, tendiendo el resto de los contenidos a valores inferiores de hasta 20 y 30 %.

Las muestras de superficie presentan una distribución bimodal con dos máximos, uno centrado en contenidos del 50-60 % y otro en el 80-90 %.

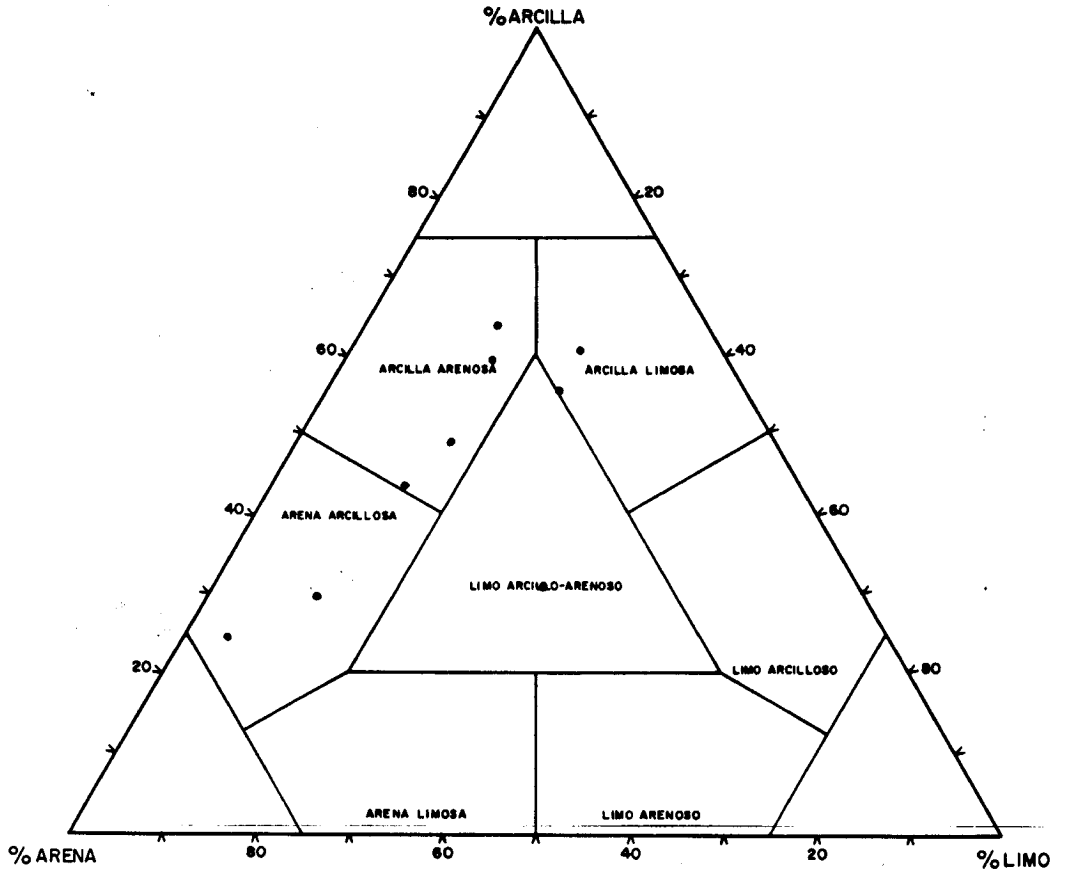
Las figuras nº 5, 6 y 7 (Pag.53 51 52) corresponden a la proyección en el diagrama triangular de Shepard (1954), de las muestras de superficie (Figura 5) y de los sondeos (Figuras 6 y 7). En la parte inferior de las figuras se representan los porcentajes de cada tipo litológico observados en cada conjunto de muestras. En la figura 8 se han representado juntos los sondeos BO-1 y BO-2.

Según estos gráficos, las muestras de los sondeos son fundamentalmente arcillas y arcillas limosas y arenosas (84 %) y presentan una distribución unimodal, mientras que las de superficie son arcillas (18%) y limos arcillo-limosos y arcillosos (55 %) en distribución bimodal.

Todas estas observaciones nos llevan a pensar en la existencia de dos fenómenos superpuestos, uno natural y otro artificial.

El primero es un proceso de disolución que afecta a las capas superficiales del terreno y elimina de dichos niveles los minerales solubles (yeso y posiblemente dolomita), que probablemente se encuentran en la fracción < 64 µm > 4 µm.

Dicha disolución se hace evidente al comparar la Fig 5 (Muestras de superficie) y la Fig 8 (Muestras de los sondeos. Las arcillas arenosas y limosas que en los sondeos


%ARCILLA
80
20
60
40
40
60
20
80
ARCILLA ARENOSA
ARCILLA LIMOSA
ARENA ARCILLOSA
LIMO ARCILLO-ARENOSO
LIMO ARCILLOSO
ARENA LIMOSA
LIMO ARENOSO
%ARENA
80
60
40
20
%LIMO

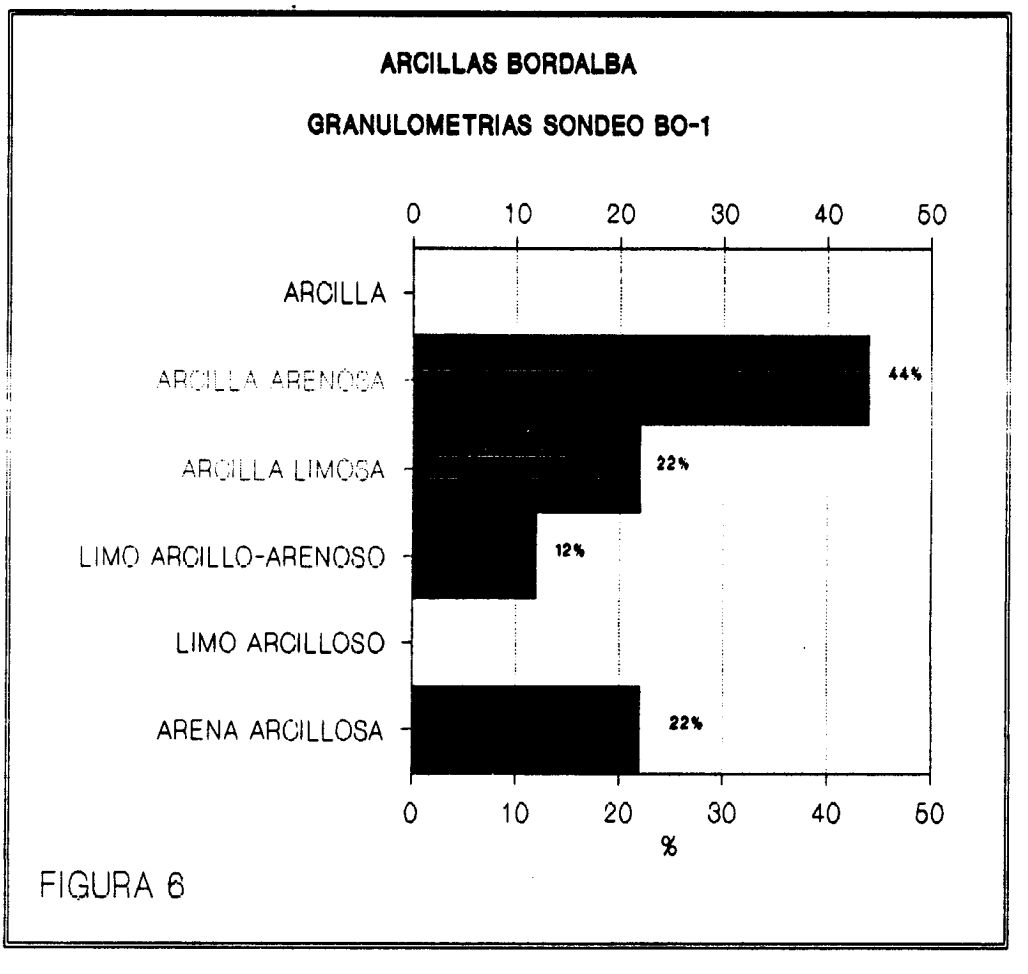
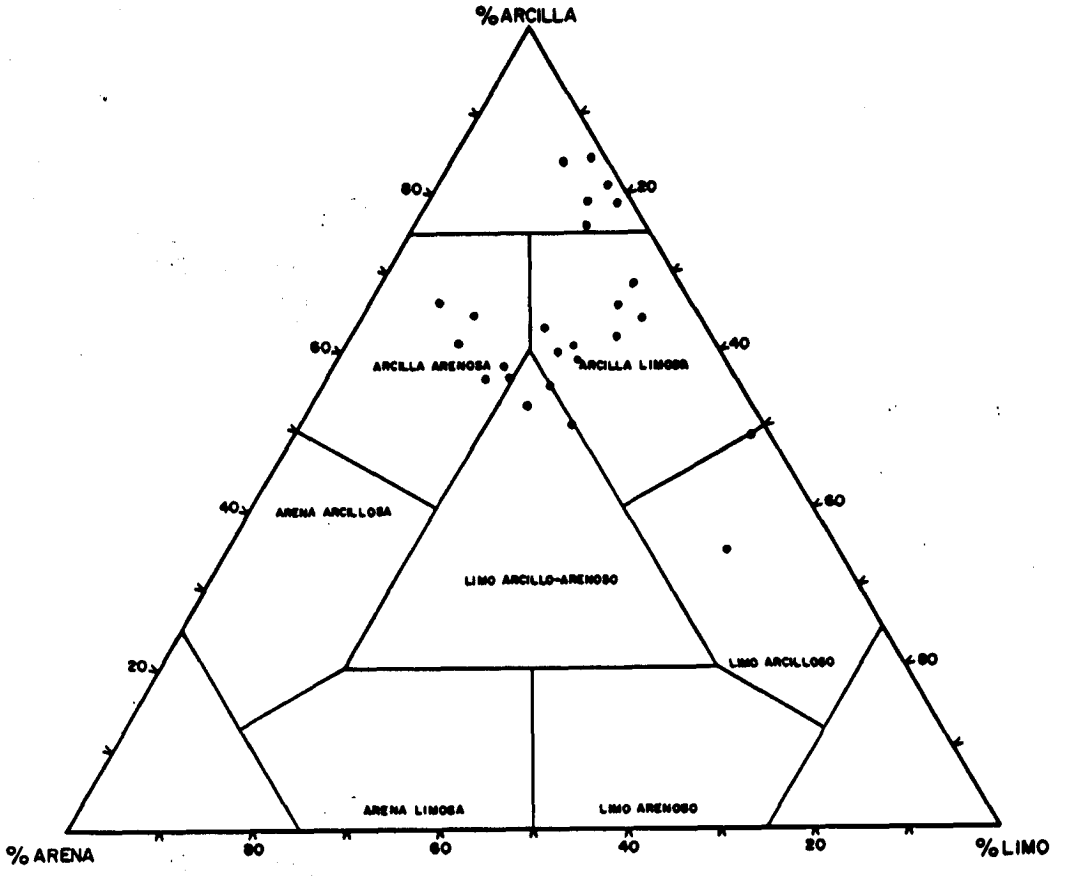

ARCILLAS BORDALBA
GRANULOMETRIAS SONDEO BO-1
0
10
20
30
40
50
ARCILLA
ARCILLA ARENOSA
ARCILLA LIMOSA
LIMO ARCILLO-ARENOSO
LIMO ARCILLOSO
ARENA ARCILLOSA
44%
22%
12%
22%
0
10
20
30
40
50
%

FIGURA 6


%ARCILLA
80
20
60
40
40
60
20
80
ARCILLA ARENOSA
ARCILLA LIMOSA
ARENA ARCILLOSA
LIMO ARCILLO-ARENOSO
LIMO ARCILLOSO
ARENA LIMOSA
LIMO ARENOSO
%ARENA
80
60
40
20
%LIMO

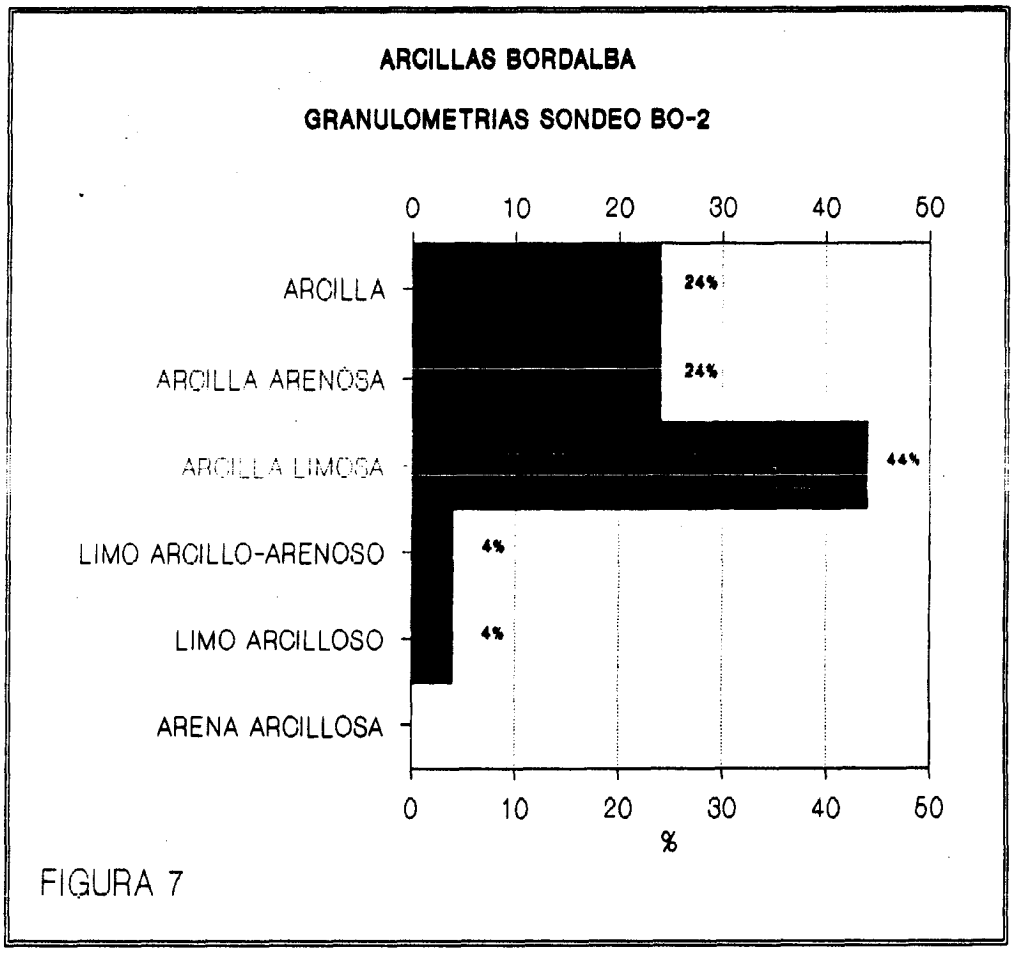
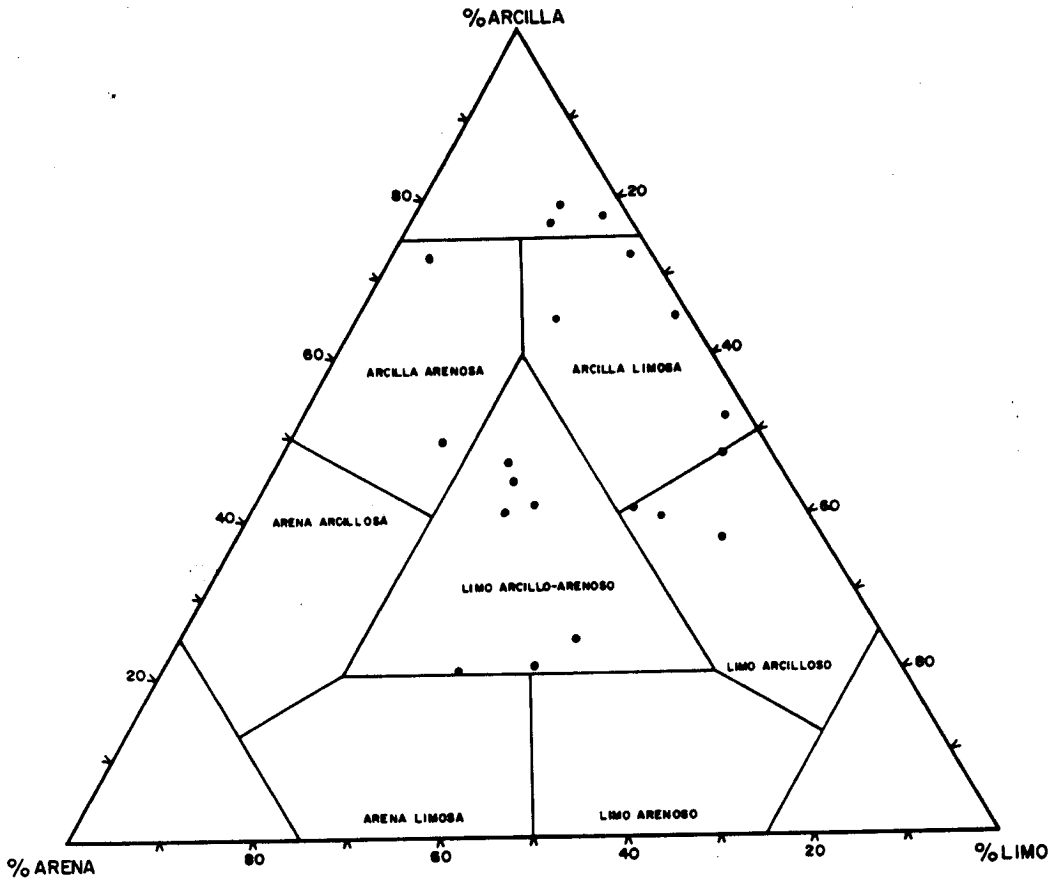

ARCILLAS BORDALBA
GRANULOMETRIAS SONDEO BO-2
0
10
20
30
40
50
ARCILLA
ARCILLA ARENOSA
ARCILLA LIMOSA
LIMO ARCILLO-ARENOSO
LIMO ARCILLOSO
ARENA ARCILLOSA
24%
24%
44%
4%
4%
%

FIGURA 7


%ARCILLA
%ARENA
%LIMO
ARCILLA ARENOSA
ARCILLA LIMOSA
ARENA ARCILLOSA
LIMO ARCILLO-ARENOSO
LIMO ARCILLOSO
ARENA LIMOSA
LIMO ARENOSO

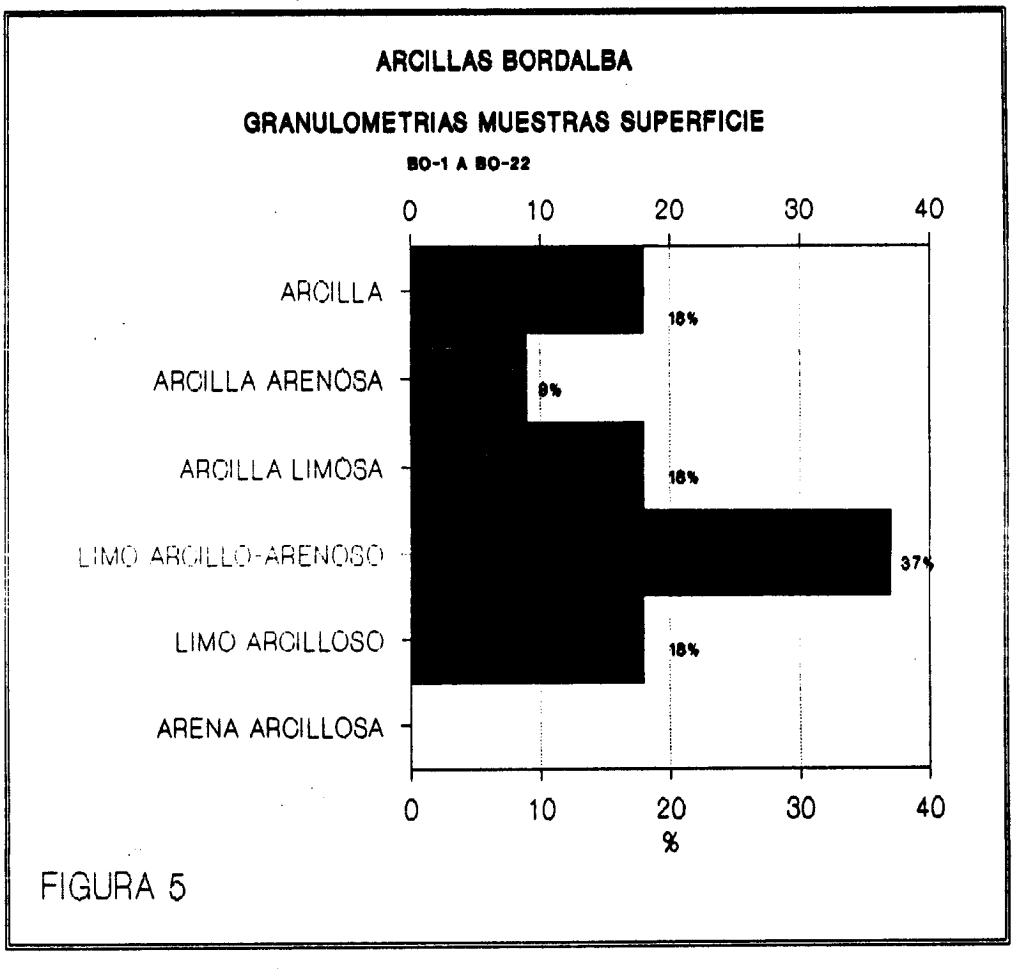
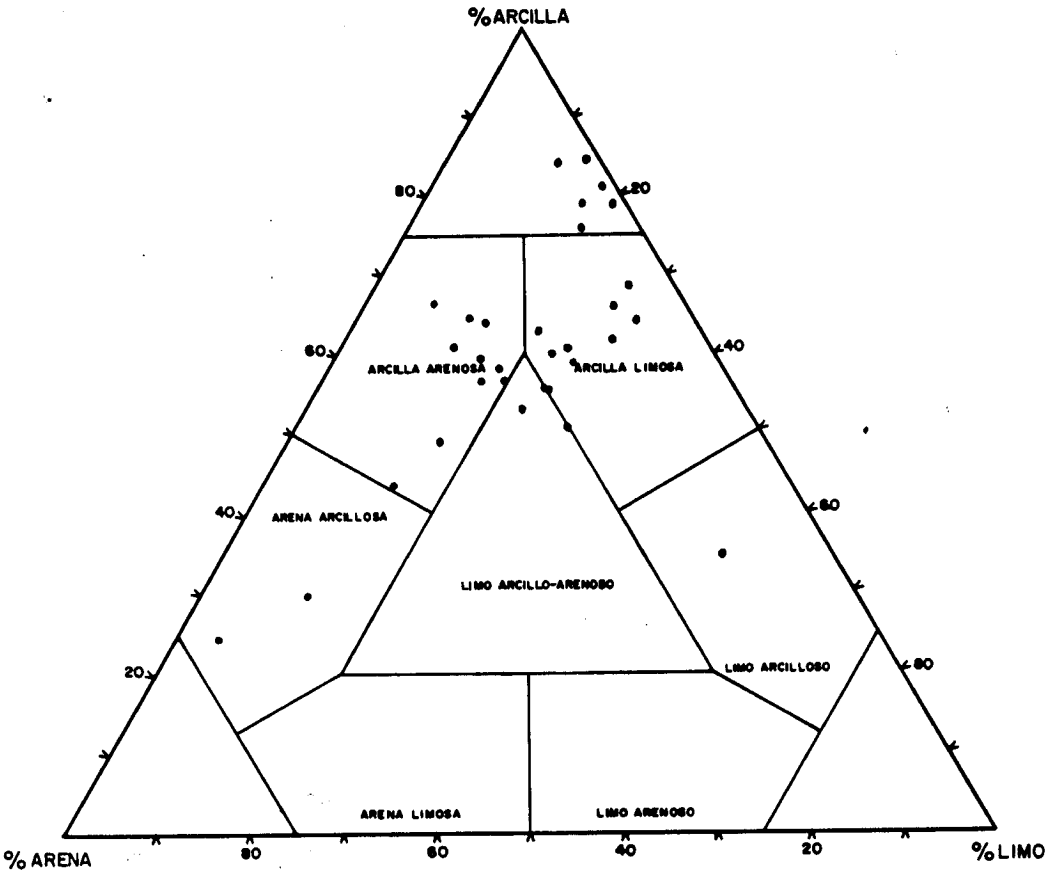

ARCILLAS BORDALBA
GRANULOMETRIAS MUESTRAS SUPERFICIE
BO-1 A BO-22
ARCILLA
ARCILLA ARENOSA
ARCILLA LIMOSA
LIMO ARCILLO-ARENOSO
LIMO ARCILLOSO
ARENA ARCILLOSA
18%
9%
18%
37%
18%
%

FIGURA 5


%ARCILLA
%ARENA
%LIMO
80
60
40
20
ARCILLA ARENOSA
ARCILLA LIMOSA
ARENA ARCILLOSA
LIMO ARCILLO-ARENOSO
LIMO ARCILLOSO
ARENA LIMOSA
LIMO ARENOSO

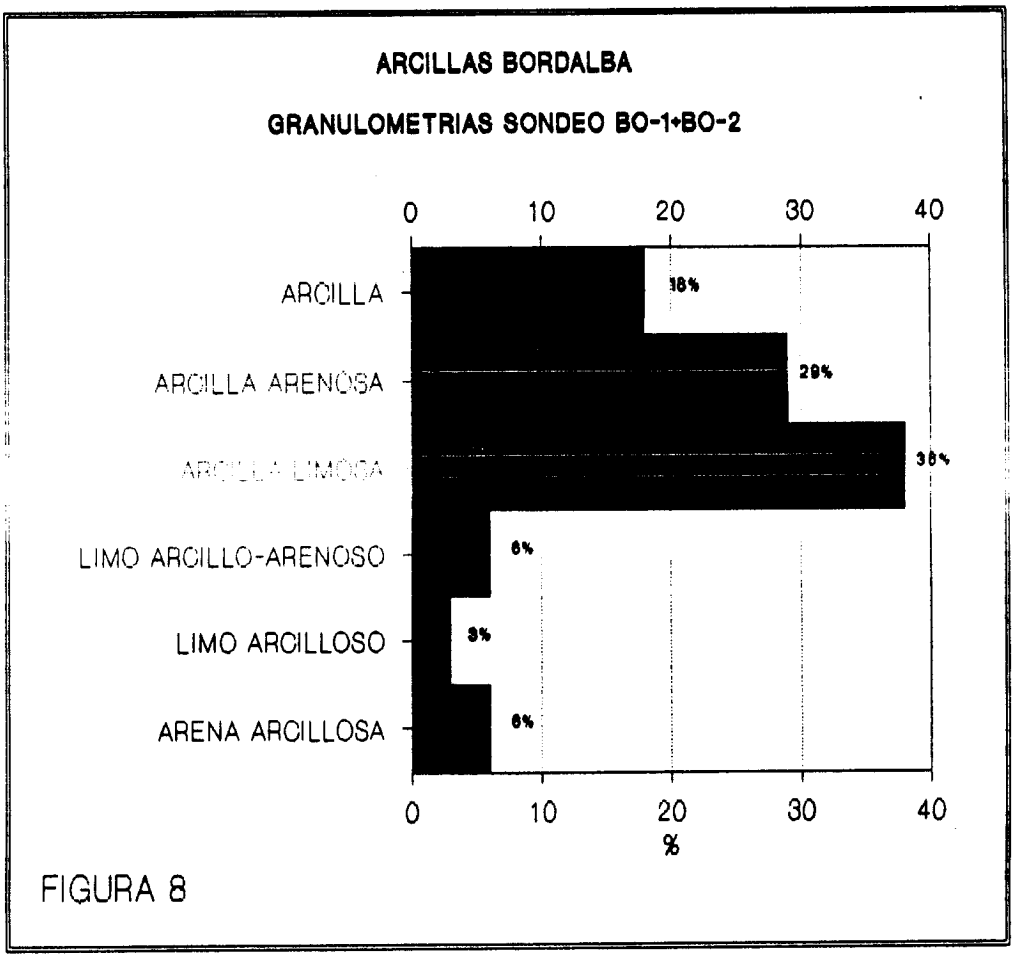

ARCILLAS BORDALBA
GRANULOMETRIAS SONDEO BO-1+BO-2
0
10
20
30
40
ARCILLA
ARCILLA ARENOSA
ARCILLA LIMOSA
LIMO ARCILLO-ARENOSO
LIMO ARCILLOSO
ARENA ARCILLOSA
18%
29%
38%
6%
3%
6%
%

FIGURA 8

representan el 67% de las muestras, en las muestras de superficie son tan solo el 27%. Este proceso produce un enriquecimiento relativo en fracción arcillosa, que tiene importancia al analizar los análisis mineralógicos, tal y como se comentará más adelante.

El segundo proceso está en relación con la toma de muestras en superficie. Dicha toma se realizó manualmente y no mediante rozas o catas, por lo que las muestras aunque visualmente podían parecer frescas, al estar muy cerca de la superficie, presentaban invariablemente una cierta contaminación por infiltración de material algo más grueso de la cobertera a través de grietecillas, raíces etc.

El resultado es un enriquecimiento en limos arcillo-arenosos (6% en los sondeos y 37% en las muestras de superficie) y limos arcillosos (3% en los sondeos y 18% en las muestras de superficie) en las muestras de superficie respecto a las de los sondeos.

Estos dos procesos tienen importancia a la hora de valorar el potencial de la zona investigada y se tendrán muy en cuenta en la evaluación final.

6.3.2 ANALISIS MINERALOGICOS

Los estudios mineralógicos fueron llevados a cabo mediante un difractómetro automático Philips modelo PW-1710/00, controlado por un ordenador PC-APD y con las siguientes condiciones experimentales: tubo de cobre, sin filtro de níquel, ya que el equipo lleva monocromador de grafito, excitado a 40 Kv y 40 mA.

La fracción arcilla fue separada mediante una suspensión acuosa en probetas, con la ayuda de una gotas de hexametafosfato sódico, obteniéndose a la vez agregados orientados. Estos se han sometido a las pruebas clásicas de hinchamiento, por tratamiento con etilen-glicol, y de colapsamiento, por calentamiento a 550 ºC durante una hora, cuando la identificación de la fase mineral arcillosa así lo requería.

Los difractogramas que se han realizado a la mayoría de las muestras han sido: todo-uno y fracción inferior a 12 µm.

Las preparaciones fueron sometidas a barridos desde 2º hasta 60º y la velocidad del goniómetro fue de 1º/min.

En todas las muestras analizadas, se señalan los minerales principales, los secundarios (en el sentido de contenido porcentual), y los accesorios y trazas, y en la fracción arcillosa se realiza una estimación semicuantitativa de las fases minerales presentes, por la medida de las áreas de los picos. Se considera contenido bajo al menor de 30%, contenido medio al comprendido entre el 30% y 50%, y contenido alto al superior al 50%.

*** DISCUSION DE LOS RESULTADOS**

Las Tablas 3, 4 y 5 (Pag 44 45 46) presentan los resultados de los análisis efectuados en las muestras del proyecto anterior (Tabla 3) y de los muestreos superficial (Tabla 4) y por sondeos (Tabla 5) efectuados durante la presente investigación. Los correspondientes informes del laboratorio se incluyen en el Anejo A.3.

Del análisis de los datos reflejados en dichas tablas se puede deducir un dato significativo que parece confirmar lo dicho anteriormente en el apartado de análisis granulométricos: Como mineral principal del Todo Uno de las muestras de los sondeos aparecen fundamentalmente el yeso y la dolomita y ocasionalmente el cuarzo, mientras que en la fracción <12µm, los minerales principales no arcillosos son la dolomita y el cuarzo, lo que demuestra que el yeso desaparece al someter a la muestra a un proceso de disolución en medio acuoso para obtener la fracción <12 µm.

Este efecto artificial conseguido en el laboratorio, parece haber tenido lugar de manera natural en la superficie del terreno, ya que en las muestras obtenidas por muestreo superficial, y que han cubierto la mayoría de los afloramientos de la Unidad Bordalba, el yeso no aparece como mineral principal mas que en 3 ocasiones.

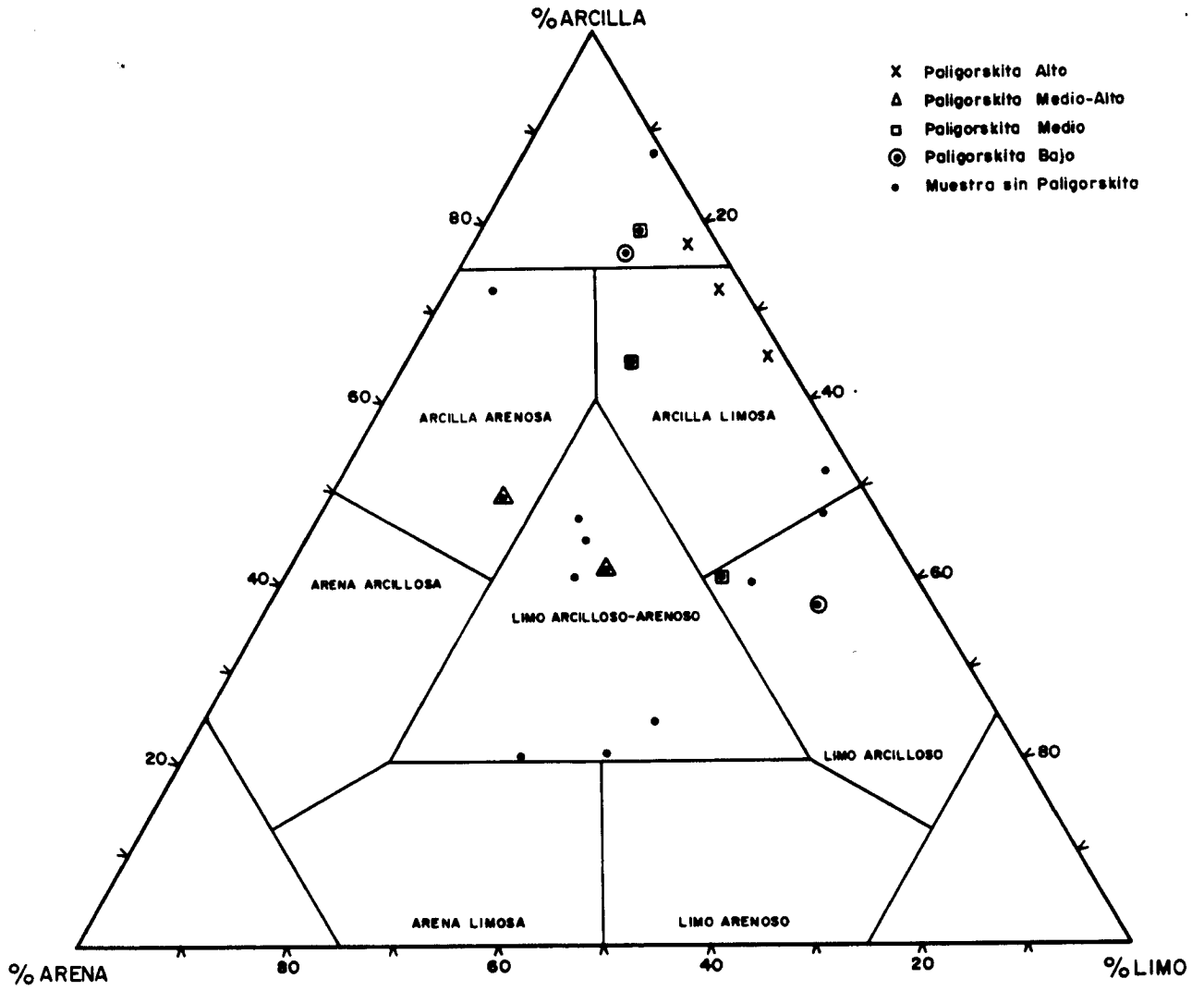
Por otra parte si analizamos los diagramas Shepard desde la perspectiva de los contenidos en Paligorskita (Figs 9 y 10) (Pag 58 59), se aprecia como en el caso de las muestras de los sondeos, las muestras con contenidos relevantes de Paligorskita se agrupan en las proximidades del punto que separa las zonas de arcilla limosa, arcilla arenosa y limo arcilloarenoso. Sin embargo en el caso de las muestras de superficie, las muestras con contenidos en Paligorskita, presentan un claro desplazamiento desde el mencionado punto triple, hacia la zona de la arcilla por un lado y hacia los limos arcillosos y las arenas arcillosas por el otro.

Este doble desplazamiento parece demostrar de nuevo la influencia de los dos efectos antes mencionados, el lixiviado del yeso por procesos naturales, que produce un enriquecimiento relativo del contenido en arcilla de las muestras, y la contaminación por gruesos debida al muestreo superficial, que produce un aumento de las fracciones ligeramente más gruesas con el consiguiente desplazamiento hacia la parte inferior del diagrama de algunas muestras.

Por último cabe destacar de la observación de las columnas de los sondeos BO-1 y BO-2, una consideración de tipo mineralógico-sedimentaria que tiene importancia en la prospección del yacimiento que nos ocupa:

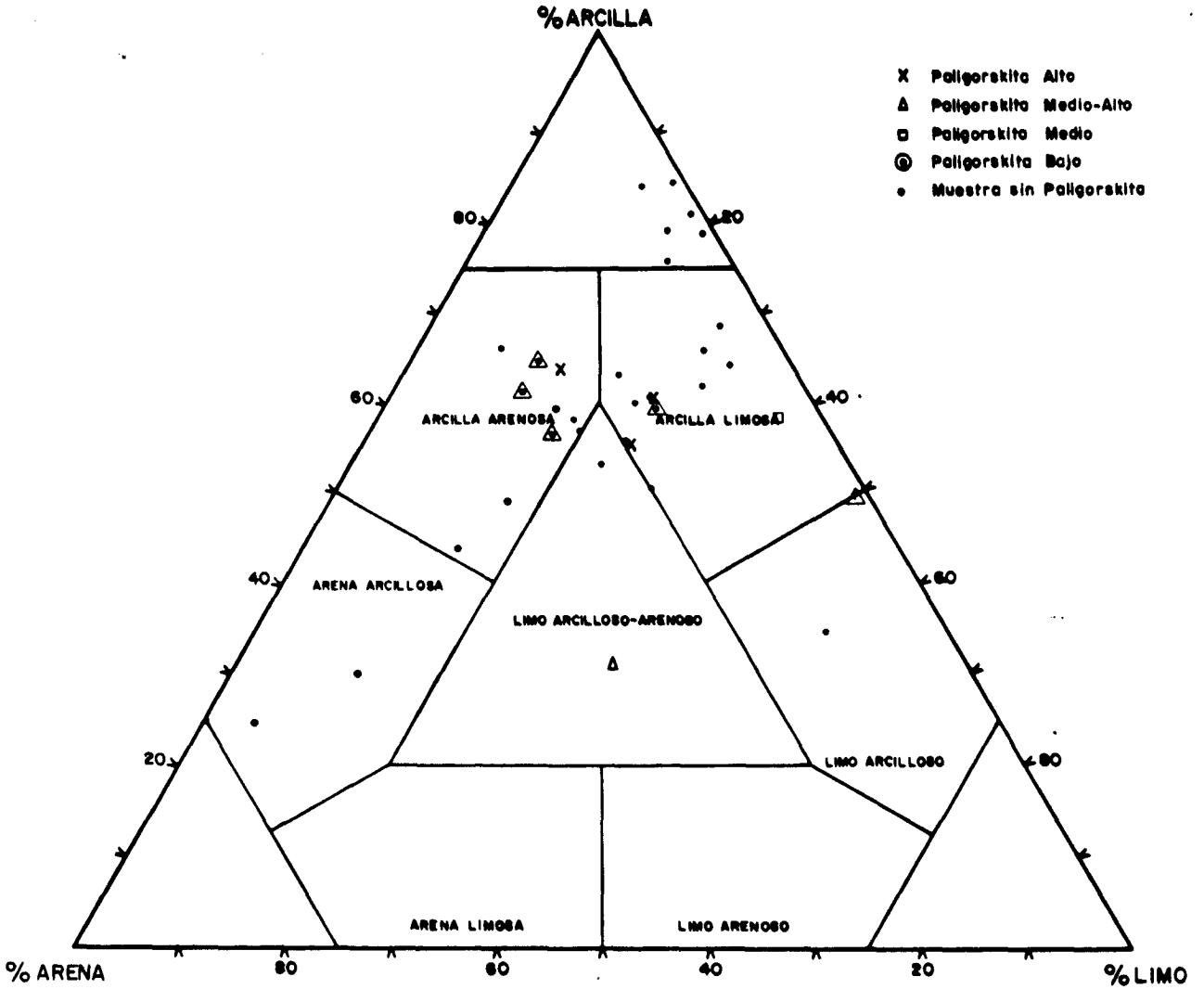
En el caso del sondeo BS-2, se observa como las muestras donde la paligorskita aparece como mineral secundario (en el sentido de contenido porcentual) en el todo uno, es decir por encima del 30% de la muestra, aparecen en el tránsito entre una sedimentación evaporítica (con yeso como mineral principal y dolomita y cuarzo como secundarios) y una sedimentación carbonatada (con dolomita, calcita y cuarzo como minerales principales y secundarios).

Dicho tránsito se caracteriza por la coexistencia de yeso y dolomita, yeso y cuarzo o yeso cuarzo y dolomita como minerales principales y corresponde al tramo comprendido desde la muestra BS-2-17 (20.93 m) a la muestra BS-2-8 (10.34 m), es decir un espesor de 10,59 m.



MUESTRAS DE SUPERFICIE

FIG 9



MUESTRAS DE SONDEOS

FIG 10

En el caso del sondeo BS-1, se aprecia una situación similar, apareciendo la paligorskita como secundaria en las muestras donde coexisten yeso y dolomita como minerales principales, es decir desde la muestra BS-1-11 (81.20 m) a la muestra BS-1-6 (73.50 m) , lo que representa 7,70 m.

Desde el punto de vista sedimentario, este tránsito en la vertical de una facies a otra, puede interpretarse como un aumento progresivo del espesor de lámina de agua, siendo precisamente el momento en el que se produce la sedimentación de la paligorskita coincidente con el aumento de la lámina de agua.

6.3.3 ANALISIS QUIMICOS

La metodología seguida para el análisis químico de las muestras fue la siguiente:

De las muestras tomadas durante la campaña de muestreo superficial que se consideró oportuno, se analizaron en algunos casos dos fracciones granulométricas (todo uno y fracción <12 µm) y en otros solo la fracción <12 µm.

Los elementos analizados fueron los siguientes: Si, Al, Fe, Ti, Ca, K, Mg, Na, Mn además de la Pérdida por calcinación (PPC). Con un total de 25 determinaciones analíticas.

Por fluorescencia de rayos X, se han analizado la mayoría de los elementos analizados salvo el Na, trabajando con un equipo Philipis PW-1450 ADP-48 en las siguientes condiciones: Tubo de rodio con una intensidad de 80 mA y un potencial de 30 Kv.

Las muestras a analizar en pastillas perladas mediante fusión, constaban de 0,5 gr de material junto con 5,5 gr de metaborato de litio ($LiBO_2$), siendo los cristales analizadores utilizados, LiF (200) para el Fe, Ca, Ti, Mn, y K, y TAP para Si y Al. Los patrones de calibrado que se emplearon pertenenecen al US Geological Survey, B.C.S, y N.B.S.

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

Na: Determinación por emisión (= 589 nm), con llama aire-acetileno y con la posición del mechero cruzada frente a la óptica del equipo.

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

La Tabla nº 6 (Pag 62) refleja los resultados obtenidos en los análisis químicos efectuados sobre las muestras de superficie. En el Anejo A.2 se incluyen los informes del laboratorio.

La Tabla nº 3 (Pag 44) presenta así mismo los resultados analíticos obtenidos en las muestras tomadas durante el proyecto "Posibilidades de arcillas especiales en Aragón".

*** DISCUSION DE LOS RESULTADOS**

En la Figura nº 11 (Pag 63) se han proyectado sobre un diagrama triangular de vértices SiO_2 + Al_2O_3, MgO y Resto de componentes, los puntos correspondientes a las muestras analizadas, tanto las de la Tabla 6 como las de la Tabla 3.

En dicho diagrama se ha marcado una zona que corresponde a las paligorskitas comerciales.

De la observación de dicho diagrama se desprende que no existe una gran diferencia composicional entre las muestras Todo Uno y su fracción < 12µm, lo que significa que existe una gran cantidad de minerales no arcillosos en la fracción < 12µm (dolomita, y cuarzo principalmente), al menos en las muestras en que se ha efectuado la comparación.

BORDALBA

TABLA 6. ANALISIS QUIMICOS MUESTRAS DE SUPERFICIE

MUESTRA	%SiO_2	%Al_2O_3	%Fe_2O_3	%CaO	%TiO_2	%MnO	%K_2O	%Na_2O	%MgO	%PPC
BO-1 Todo Uno.	20,37	4,87	1,747	21,764	0,200	0,036	1,137	0,297	15,250	34,94
BO-1 < 12 µm	20,34	5,22	1,911	20,168	0,175	0,036	1,099	0,216	16,944	35,00
BO-2 TU	7,38	1,80	0,624	33,831	0,087	0,018	0,380	0,297	13,910	41,70
BO-2 < 12 µm	9,28	2,35	0,865	27,174	0,089	0,023	0,438	0,135	18,490	41,35
BO-3 TU	38,29	12,49	4,114	18,487	0,537	0,065	2,842	0,297	2,580	20,35
BO-3 < 12 µm	40,12	15,13	5,082	13,371	0,567	0,060	3,392	0,162	3,125	19,00
BO-4 TU	30,12	6,35	2,164	18,656	0,328	0,059	1,797	0,270	12,010	28,68
BO-4 < 12 µm	21,16	7,26	2,536	20,014	0,289	0,065	1,852	0,135	14,320	33,04
BO-5 TU	21,98	4,51	1,323	32,655	0,184	0,020	1,053	0,202	4,820	33,40
BO-5 < 12 µm	27,43	7,36	2,444	20,855	0,278	0,023	1,483	0,135	9,908	30,36
BO-6 TU	43,32	6,80	2,018	24,150	0,366	0,028	1,240	0,283	0,480	33,40
BO-6 < 12 µm	28,49	9,94	2,648	29,108	0,437	0,034	1,683	0,108	0,850	26,72
BO-7 TU	11,07	3,80	1,301	25,307	0,137	0,031	0,961	0,270	17,600	40,10
BO-7 < 12 µm	13,38	4,75	1,647	24,389	0,168	0,031	1,163	0,094	16,470	38,27
BO-8 TU	26,31	9,26	2,115	29,297	0,294	0,017	1,960	0,216	2,100	28,50
BO-8 < 12 µm	28,83	10,76	2,527	26,506	0,331	0,018	2,251	0,135	2,250	26,45
BO-9 TU	5,92	1,64	0,540	32,000	0,080	0,033	0,437	0,202	11,680	33,37
BO-13 < 12 µm	42,53	15,90	5,784	7,677	0,650	0,069	3,538	0,162	6,293	17,63
BO-15 < 12 µm	50,81	19,92	7,691	0,675	0,734	0,027	4,856	0,283	4,413	10,65
BO-16 < 12 µm	37,54	9,11	3,395	8,755	0,340	0,056	2,241	0,283	14,596	24,52
BO-17 < 12 µm	13,58	3,06	0,866	23,329	0,122	0,066	0,701	0,121	19,710	39,00
BO-18 < 12 µm	43,34	17,98	6,972	3,609	0,597	0,036	4,547	0,162	7,151	15,82
BO-19 < 12 µm	49,74	17,04	9,543	0,784	0,564	0,019	3,988	0,162	4,916	13,40
BO-20 < 12 µm	42,85	16,09	5,961	5,498	0,563	0,023	4,290	0,162	7,246	17,60
BO-22 < 12 µm	20,57	6,47	2,499	19,741	0,244	0,052	1,471	0,108	15,668	33,95

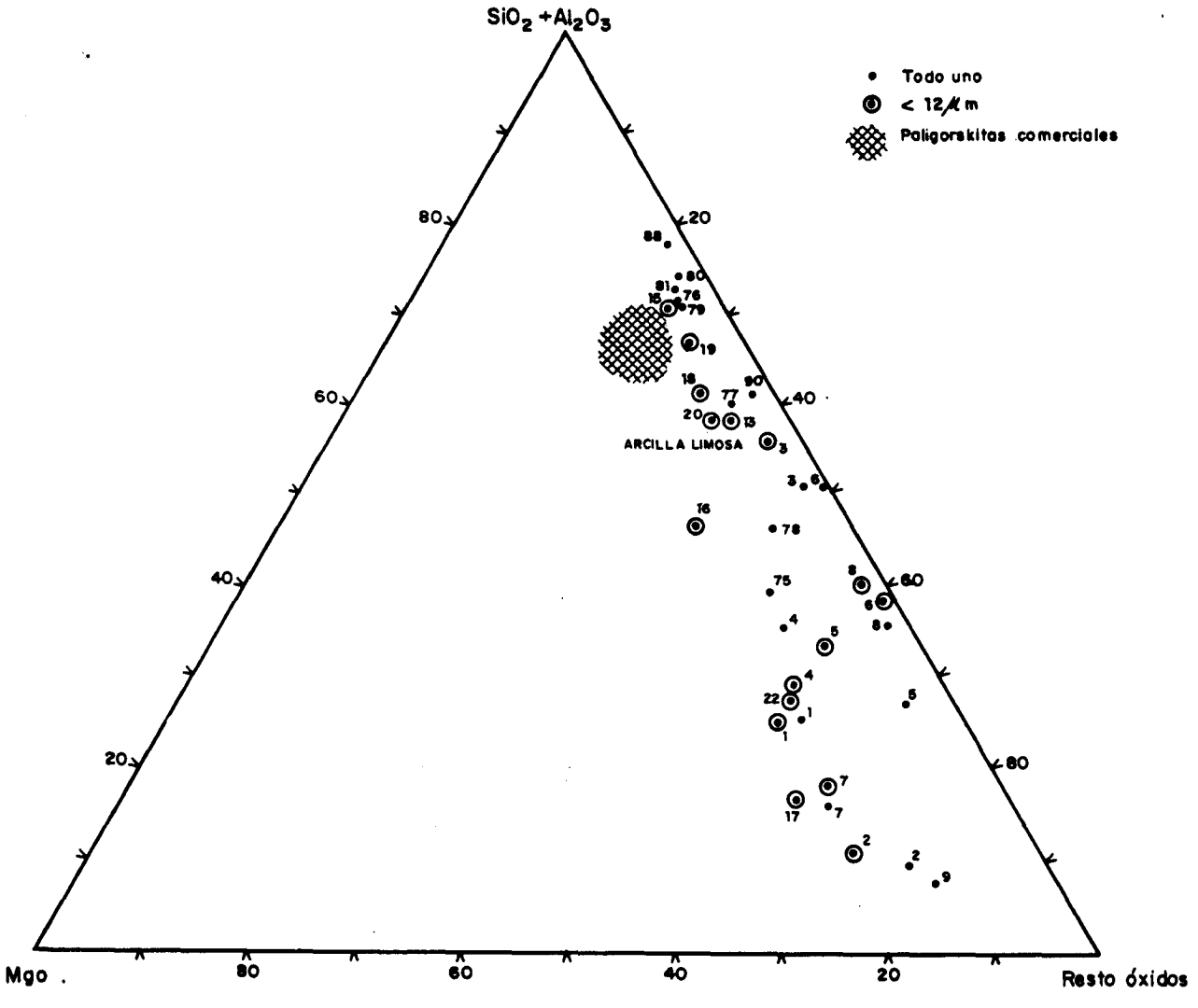

$SiO_2 + Al_2O_3$
Todo uno
< 12 µm
Paligorskitas comerciales
ARCILLA LIMOSA
Mgo
Resto óxidos
80
60
40
20

Figura nº 11

Por otra parte, mientras que un 64% de las muestras de superficie del presente proyecto se encuentran muy alejadas de las composiciones de las paligorskitas comerciales, siendo solo un 36% las que se acercan composicionalemente a dichos productos, en el caso de las muestras del proyecto "Posibilidades de Arcillas Especiales en Aragón", hay un 78% de muestras que presentan composiciones próximas a las de los productos comerciales y tan solo un 22% tienen composiciones muy diferentes.

Esto refleja por un lado la variabilidad en los contenidos en paligorskita que presenta la Unidad Bordalba, que durante el transcurso del presente proyecto se muestreó cubriendo la mayor parte de su superficie en le perímetro de la reserva estatal, mientras que en el anterior proyecto los puntos de muestreo fueron mas restringidos - la integración de estos datos fue el punto de partida para la posterior ubicación de los sondeos tácticos - y por otro lado, la persistencia en las fracciones inferiores a 12 µm de componentes no arcillosos que evidentemente hacen que la proyección de la composición de las muestras tienda hacia el vértice del Resto de Componentes lo que significa que las propiedades de los materiales analizados no sean las deseadas.

6.3.4 ENSAYOS TECNOLOGICOS

Durante la ejecución del proyecto "Posibilidades de Arcillas Especiales en Aragón", se realizaron diversos ensayos tecnológicos sobre algunas muestras seleccionadas de entre las que presentaron un mayor contenido en paligorskita.

En el transcurso del presente proyecto no se decidió ampliar esta información con nuevos ensayos, debido a los bajos contenidos en arcillas fibrosas encontrados en las muestras obtenidas.

A continuación se presentan los resultados de los ensayos realizados durante el proyecto arriba mencionado,

que pueden ser utilizados como referencia del previsible comportamiento tecnológico de las arcillas de la zona investigada.

6.3.4.1 ENSAYOS DE ABSORCION

Se seleccionaron para este ensayo, las muestras nº Z-76, Z-79, Z-80 y Z-85.

Las muestras fueron trituradas y tamizadas de acuerdo con la siguiente norma granulométrica, utilizada habitualmente en los controles de calidad de estos materiales (tamices de la serie ASTM):

- 4 mallas (4.76 mm) : Máximo 2%
- 6 mallas (3.36 mm) : 20%
- 12 mallas (1.68 mm) : 55%
- 16 mallas (1.19 mm) : 15%
- 35 mallas (0.50 mm) : < 4%
- 60 mallas (0.25 mm) : < 0.8%
- < 60 mallas : < 0.2%

Se procedió a su activación térmica mediante calentamiento a 110ºC durante dos horas, quedando el material con un contenido en humedad del 3-4%.

Se realizaron posteriormente las pruebas de absorción mediante adición de agua destilada y aceite para motores SAE-20, sobre 30 gr. de muestra, según norma Ford (en tubo graduado) y norma Westinghouse (en embudo con malla).

La respuesta general de estas muestras a la adición de líquidos es una rápida degradación del granulado y lodificación, formándose una pasta que impide la percolación en el tubo de ensayo, por lo que los resultados obtenidos según norma Ford son anormales y no pueden tenerse en cuenta.

Los resultados según norma Westinghouse son los siguientes:

Nº DE MUESTRA	Capacidad de Absorción %	
	Agua	Aceite
Z-76	73	62
Z-79	61	50
Z-80	74	66
Z-85	70	52.5

Estos resultados son inferiores en un 30% a la absorción de agua en paligorskitas comerciales, mientras que las absorciones de aceite son valores aceptables, presentando además una rápida degradación del granulado y lodificación.

Estos materiales podrían ser potencialmente aptos para su utilización como tierras decolorantes únicamente en procesos industriales de contacto, tras un molido muy fino de la arcilla. (i.e. en decoloración de aceites).

6.3.4.2. ENSAYOS REOLOGICOS

Se han realizado ensayos de reología en tres muestras seleccionadas en base a criterios de composición mineralógica y química.

El proceso seguido para los ensayos ha sido similar en las tres muestras:

1. Molienda hasta un tamaño inferior a 200 mallas (74 µm) y secado en un horno a temperatura de 50º para reducir la humedad a menos del 16%.

2. Preparación de suspensiones, en agua saturada en sal, debido a que el principal uso de la paligorskita en

lodos de perforación es en lodos de base salada. Las concentraciones utilizadas han sido 6% y 12% en peso.

Previamente a la realización de las medidas, la suspensión fue agitada durante 10 min. a 3000 rpm.

Las medidas reológicas se realizaron con un viscosímetro Fann V-G Meter de 6 velocidades de rotación (600, 300, 200, 100, 6 y 3 rpm).

Las viscosidades aparentes obtenidas, expresadas en centipoises (lectura a 600 rpm/2) fueron las siguientes:

Nº DE MUESTRA	Viscosidad Aparente cps	
	Concent. 6%	Concent. 12%
Z-76	6-7	10-11
Z-84	3-4	6- 7
Z-85	4-5	14

Los rendimientos obtenidos son muy inferiores a los exigidos por la norma A.P.I., para lodos de perforación (viscosidad aparente 15 cps con 5% de concentración) por lo que en principio hay que descartar su posible aplicación dentro de este campo.

6.3.4.3 CAPACIDADES DE CAMBIO

Como dato complementario, sa han calculado las capacidades de cambio en cinco de las muestras recogidas, obteniéndose los siguientes resultados:

Nº DE MUESTRA	Capacidad de Cambio
Z-76	39,20 meq/100 gr.
Z-78	16,54 meq/100 gr.
Z-79	14.85 meq/100 gr.
Z-80	13.36 meq/100 gr.
Z-81	13.38 meq/100 gr.

Los valores obtenidos pueden considerarse como normales dentro de los rangos en que se mueven estos minerales (Caillere et al 1982), estando evidentemente influenciados por los contenidos en ilita que presentan.

7. CONSIDERACIONES GENETICAS

No es el objetivo de este trabajo realizar una investigación detallada sobre la posible génesis del yacimiento estudiado, sin embargo de las observaciones realizadas, de los resultados de los ensayos efectuados y de la información bibliográfica recabada, se pueden hacer algunas consideraciones genéticas básicas.

Ya se ha mencionado que de las paragénesis minerales observadas dentro de los ciclos sedimentarios descritos se puede deducir que cada ciclo corresponde al tránsito desde una sedimentación fundamentalmente evaporítica, a otra de aporte de aguas carbonatadas y precipitación de dolomita y sedimentación de cuarzo preferentemente. Es en dicho tránsito cuando aparecen concentraciones relevantes de paligorskitas.

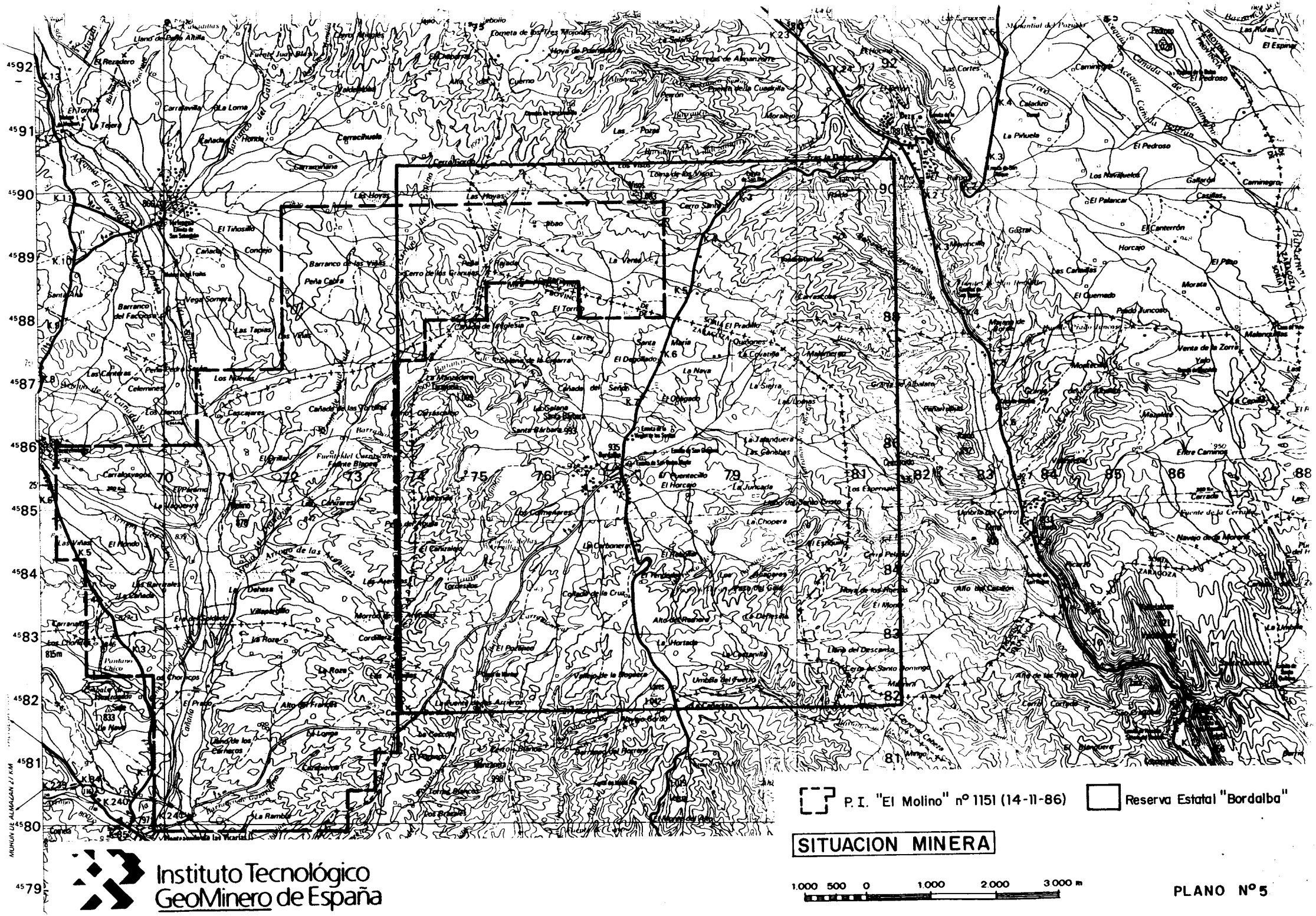
La génesis de dichas paligorskitas, si atendemos a la información paleoambiental de estos materiales y teniendo en cuanta la geología regional, pudo producirse trás un período de aridez que llevó a la cuasi colmatación de la cuenca lacustre, en una situación de clima más húmedo que dió acceso a la cuenca a aguas carbonatadas con aporte detrítico.

Es posible pues, que dichas arcillas se formaran por un mecanismo de disolución-precipitación a partir de illitas llegadas a la cuenca durante dicho período húmedo. (Galán E. 1986) (Leguey S. 1985) (Galán E. y Jones B.F. 1988).

8. SITUACION MINERA

Con el fin de conocer la situación minera del entorno de la reserva estatal, se ha realizado una visita a la Delegación Territorial de Soria de la Consejería de Industria Energía y Trabajo de la Junta de Castilla y León, obteniéndose los datos que refleja el plano adjunto (Plano nº 5).

El permiso de investigación "Molino" nº 1156, se solapa parcialmente con la reserva estatal "Bordalba".


P.I. "El Molino" nº 1151 (14-11-86)
Reserva Estatal "Bordalba"
SITUACION MINERA
1.000 500 0 1.000 2.000 3.000 m
PLANO Nº 5
Instituto Tecnológico GeoMinero de España

9. CONCLUSIONES

Del conjunto de trabajos realizados durante el presente proyecto se pueden deducir las siguientes conclusiones principales:

- Considerando globalmente el conjunto de muestras recogidas en el área de Bordalba y sobre la Unidad Bordalba del Paleógeno lacustre de la cuenca de Almazán, se observa la presencia constante de paligorskita, en proporciones muy variables.

- Se ha observado la existencia de un proceso natural de lixiviado del yeso en las zonas superficiales de la Unidad Bordalba, que se refleja en un aumento relativo de la fracción arcillosa de las muestras de superficie, debido a que dicho mineral presenta muy posiblemente tamaño limo. Dicho fenómeno no ocurre en las muestras procedentes de los sondeos, lo que hace que las calidades esperadas en función de los muestreos superficiales no se encuentren en profundidad.

- Se aprecia así mismo, una contaminación en fracciones ligeramente mas gruesas en las muestras de superficies respecto a las muestras de los sondeos, que se atribuye al mismo proceso de muestreo.

- Los dos sondeos realizados presentan sendos tramos de 10.59 m (BS-2) y 7.70 m (BS-1), donde la paligorskita aparece como mineral secundario (en el sentido de contenido porcentual), con contenidos medios del 40 % (BS-1) y 50% (BS-2) del total de la muestra.

- Dichos tramos corresponden a un tránsito de una sedimentación fundamentalmente evaporítica con yeso como mineral principal de las muestras, y dolomita y cuarzo como secundario, a una sedimentación fundamentalmente carbonatada, con dolomita o cuarzo como minerales principales.

- Los tramos de transición entre estas facies presentan yeso y dolomita o yeso y cuarzo como minerales principales, apareciendo la paligorskita como mineral secundario.

- Desde el punto de vista de medios sedimentarios, este tránsito se interpreta como un aumento progresivo y gradual del espesor de la lámina de agua que interrumpe la precipitación de yesos, dando paso a la de carbonatos.

- Es posible considerar que dichas arcillas se formaran por un mecanismo de disolución-precipitación a partir de illitas llegadas a la cuenca durante el período húmedo que produjo el aumento de la lámina de agua antes mencionado.

- Los datos de campo indican que este ciclo atravesado por los sondeos realizados se repite dentro de la Unidad Bordalba con relativa frecuencia en la vertical, por lo que la prospección en busca de niveles con contenidos más elevados de paligorskita deberá dirigirse precisamente hacia los tránsitos entre la Facies de Yesos o Facies de Arcillas yesíferas y la Facies de Margas Dolomíticas blancas.

- La presencia de yesos, carbonatos e ilita va en detrimento de las propiedades reológicas y absorbentes de estos materiales, que ensayados como lodos de perforación, proporcionan bajos rendimientos y poseen valores medios de absorción.

- Los valores de absorción de agua y aceite son de tipo medio, presentando una rápida degradación granulométrica en el curso de los ensayos, por lo que su uso quedaría restringido a decolorantes y absorbentes, de calidad media-baja, en procesos de contacto.

- Evidentemente tanto las propiedades reológicas como las de absorción podrían mejorar sensiblemente si el material es primero purificado, eliminando las impurezas no arcillosas, y despues tratado industrialmente (molienda, tratamiento térmico, extrusión).

- Los tratamientos antes mencionados, pueden producir importantes mejoras en las propiedades del material. Así una paligorskita extruida presenta un área superficial 10% más alta que la tierra natural y la viscosidad de las suspensiones con paligorskita extruida experimenta un incremento de hasta un 54%. Dicho proceso afecta también a la capacidad decolorante de la

arcilla aumentando el índice de clarificación en un 50% y el índice de fluidez en un 200%.

- Los resultados de la campaña realizada indican que en la zona investigada existen niveles relativamente potentes (7-10 m) con presencia constante de paligorskita, cuya explotabilidad desde el punto de vista de la extracción, parece sencilla teniendo en cuenta la disposición favorable tanto del relieve, como de las series estratigráficas.

-Sin embargo, estos niveles presentan altas proporciones de contaminantes no arcillosos (yeso y dolomita fundamentalmente), lo que hace que los contenidos en este mineral de dichos niveles (40-50%) sean excesivamente bajos para su empleo directo.

- Se haría necesario pues, un tratamiento industrial previo para eliminar dichas impurezas no arcillosas, lo cual evidentemente representará un elevado coste adicional que afectará muy directamente a la rentabilidad de la explotación.

- En consecuencia sería más razonable realizar una prospección más detallada de la Unidad Bordalba en toda su extensión (y no solo dentro del área de la Reserva Estatal) y localizar algún nivel de mayor pureza, que permitiera una explotación rentable sin necesidad de costosos procesos de mejora del material.

FIRMADO: Manuel Regueiro y Glez-Barros

MANUEL REGUEIRO Y GONZALEZ-BARROS
Sección de Rocas y Minerales Industriales

10. BIBLIOGRAFIA

* ALONSO, J.J., Y GALVAN,J. (1961)
Nota sobre la existencia de sepiolita en las cuencas del Duero y del Ebro.
BOL. R. SOC. ESP. HIST. NAT., 59, 167-172

* ALVAREZ, A. (1980)
Características tecnológicas y procesado de materiales absorbentes tipo bentonitas y minerales fibrosos.
CURSO SOBRE ROCAS INDUSTRIALES. SICUE. MADRID

* CAILLERE, S.; HENIN, S. Y RAUTUREAU, M. (1982)
Mineralogie des argiles.
MASSON.PARIS

* CALLEN, R.A. (1984)
Clays of the paligorskite-sepiolite group. Depositional enviroment, age and distribution.
A.SINGER AND GALAN EDS. PALIGORSKITE-SEPIOLITE. OCURRENCES, GENESIS AND USES. DEVELOPMENTS IN SEDIMENTOLOGY 37, ELSEVIER, AMSTERDAM 253-287.

* GALAN E. (1986)
Las arcillas como indicadores paleoambientales
BOLETIN SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MINERALOGIA 9, PP 11-22

* INDUSTRIAL MINERALS 1989
Industrial Clays
INDUSTRIAL MINERALS DIVISION OF METAL BULLETIN PLC. LONDON

* ITGE (1986)
Posibilidades de arcillas especiales en Aragón.Primera Fase.
SERVICIO DE DOCUMENTACION

* ITGE (1988)
Posibilidades de Rocas Arcillosas en Cantabria
SERVICIO DE DOCUMENTACION

* ITGE (1990)
Aprovechamiento induatrial de arcillas en Cantabria.

* ITGE (1990)
Mapa Geologico Nacional de España.E 1:50.000. Hoja nº 408 Torrijo de la Cañada.
Memoria Explicativa. Nov 1987
Informe complementario sobre el Paleógeno de la Cuenca de Almazán. Nov 1989
EN PRENSA

* GALAN, E. (1884)
Sepiolite-paligorskite in Spanish Tertiary basins: Genetical patterns in continental enviroments.
A.SINGER AND GALAN EDS. PALIGORSKITE-SEPIOLITE. OCURRENCES, GENESIS AND USES. DEVELOPMENTS IN SEDIMENTOLOGY 37, ELSEVIER, AMSTERDAM 253-287.

* GARCIA ROMERO, E.; MUÑOZ DE LA NAVA, P.; NAVARRO GASCON, J.V. Y PEREZ CUADRA, P. (1990)
Arcillas Industriales en Aragón.
BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO. VOL 101-1. (135-152)

* GRIM, R.E. (1962)
Applied Clay Mineralogy
MCGRAW-HILL, NEW YORK 422 PP.

* LEGUEY, S. (1983)
Mineralogía y génesis de arcillas especiales: Attapulgita, sepiolita y bentonita.
II CONGRESO DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES. SICUE. MADRID

* MARTIN VIVALDI, J.L. Y ROBERTSON R.H.S. (1971)
Paligorskite and sepiolite (The Hormites).
J.A GARD ED. ELECTRON-OPTICAL INVESTIGATIO OF CLAYS. MINERAL SOC., LONDON 255-276.

* MILLOT, G. (1964)
Geologie des Argiles.
MASSON AND CIE. PARIS. 510.

* NEWMAN, A.C.D. AND BROWN, G. (1987)

The chemical constitution of clays.
MINERALOGICAL SOCIETY.

* SHEPARD, F.P. (1954)
Nomenclature based on sand-silt-clay ratios.
JOURN. SEDIMENT. PETROL., 24, 151-158.

* TUCKER, M. (1988)
Techniques in Sedimentology
BLACKWELL SCIENTIFIC PUBLICATIONS.

ANEJOS

A.1 CARTOGRAFIAS (1/50.000 red. y 1/25.000)

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:100.000

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

TORRIJO DE LA CAÑADA 408 / 24-16

LEYENDA

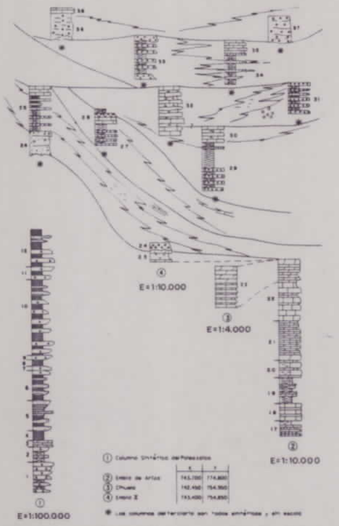
ESQUEMA TECTONICO

Escala 1:500.000

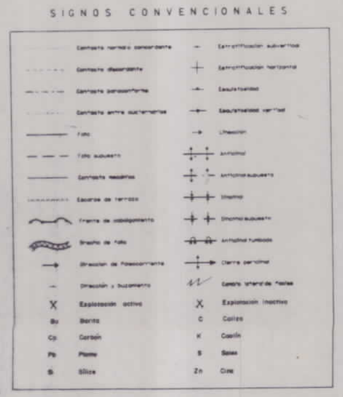
ESQUEMA GEOLOGICO

Escala 1:2.000.000

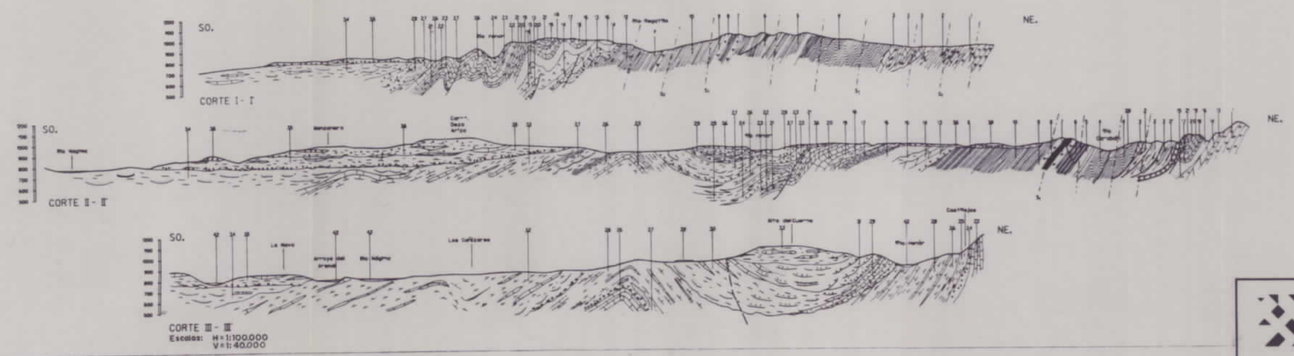
COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DE LAS PRINCIPALES UNIDADES O ZONAS



SIGNOS CONVENCIONALES



ESCALA 1:100.000



Instituto Tecnológico GeoMinero de España

PROYECTO					CLAVE
INVESTIGACION DE ARCILLAS ESPECIALES EN LA RESERVA ESTATAL "BORDALBA" (ZARAGOZA)					
CARTOGRAFIA GEOLOGICA (E.1:100.000)					PLANO N.º 2
DIBUJADO ITGE	FECHA	COMPROBADO ITGE	AUTOR	ESCALA 1:100.000	CONSULTOR

A.2 ANALISIS QUIMICOS

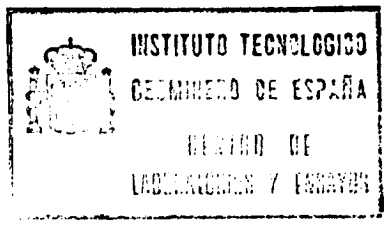
CENTRO DE LABORATORIOS Y ENSAYOS.ITGE.LABORATORIO DE RAYOS X

****

ANALISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Nombre del Informe.....SECC.ROCAS INDUSTRIALES. STL-3477

MUESTRA	%SIO2	%AL2O3	%FE2O3	%CAO	%TIO2	%MNO	%K2O	%NA2O	%MGO	%PPC
BO-1	20.34	5.22	1.911	20.168	0.175	0.036	1.099	0.216	16.944	35.00
BO-2	9.28	2.35	0.865	27.174	0.089	0.023	0.438	0.135	18.490	41.35
BO-3	40.12	15.13	5.082	13.371	0.567	0.060	3.392	0.162	3.125	19.00
BO-4	21.16	7.26	2.536	20.014	0.289	0.065	1.852	0.135	14.320	33.04
BO-5	27.43	7.36	2.444	20.855	0.278	0.023	1.483	0.135	9.908	30.36
BO-6	28.49	9.94	2.648	29.108	0.437	0.034	1.683	0.108	0.850	26.72
BO-7	13.38	4.75	1.647	24.389	0.168	0.031	1.163	0.094	16.470	38.27
BO-8	28.83	10.76	2.527	26.506	0.331	0.018	2.251	0.135	2.250	26.45
BO-13	42.53	15.90	5.784	7.677	0.650	0.069	3.538	0.162	6.293	17.63
BO-15	50.81	19.92	7.691	0.675	0.734	0.027	4.856	0.283	4.413	10.65
BO-16	37.54	9.11	3.395	8.755	0.340	0.056	2.241	0.283	14.596	24.52
BO-17	13.58	3.06	0.866	23.329	0.122	0.066	0.701	0.121	19.710	39.00
BO-18	43.34	17.98	6.972	3.609	0.597	0.036	4.547	0.162	7.151	15.82
BO-19	49.74	17.04	9.543	0.784	0.564	0.019	3.988	0.162	4.916	13.40
BO-20	42.85	16.09	5.961	5.498	0.563	0.023	4.290	0.162	7.246	17.60
BO-22	20.57	6.47	2.499	19.741	0.244	0.052	1.471	0.108	15.668	33.95
28	17.75	4.87	1.458	36.792	0.177	0.037	1.117	0.202	3.680	33.94
32	36.36	9.06	2.915	17.367	0.361	0.033	2.021	0.243	11.990	18.76



Instituto Tecnológico GeoMinero de España

ANALISIS POR DIFRACCION DE RAYOS X DE 18 MUESTRAS DE LA SECCION DE ROCAS INDUSTRIALES DEL ITGE.

MUESTRA	MINERAL PRINCIPAL	MINERALES SECUNDARIOS	ACCESORIOS Y TRAZAS
BO- 1	DOLOMITA	PALIGORSKITA	CUARZO,MICA
BO- 2	DOLOMITA	PALIGORSKITA	CUARZO,MICA
BO- 3	CUARZO,CALCITA	MICA,DOLOMITA,CAOLIN	----
BO- 4	DOLOMITA	CUARZO	MICA,PALIGORSKITA,CAOLIN.
BO- 5	CALCITA,DOLOMITA	PALIGORSKITA	CUARZO,MICA
BO- 6	CALCITA	CUARZO	MICA,CAOLIN
BO- 7	DOLOMITA	PALIGORSKITA	CUARZO,MICA
BO- 8	CALCITA	CUARZO,PALIGORSKITA,MICA	ESMECTITA,CAOLIN
BO-13	DOLOMITA,CUARZO	MICA,CAOLIN	PALIGORSKITA,FELDESP.
BO-15	CUARZO	ESMECTITA,MICA	CAOLIN,FELDESPATOS
BO-16	DOLOMITA	PALIGORSKITA,ESMECTITA	MICA,SEPIOLITA
BO-17	DOLOMITA	-------	SEPIOLITA,MICA
BO-18 ⊛	CUARZO,DOLOMITA	MICA,ESMECTITA,PALIGORSKITA.	FELDESPATOS
BO-19	PALIGORSKITA	CUARZO,MICA	CAOLIN,CLORITA,GOETITA
BO-20	PALIGORSKITA,DOLOMITA, CUARZO.	MICA	CAOLIN,CLORITA
BO-22	DOLOMITA	PALIGORSKITA	CUARZO
28	CALCITA	CUARZO,DOLOMITA	ESMECTITA,MICA,CAOLIN, PALIGORSKITA.
32	CALCITA,ESMECTITA	DOLOMITA	MICA,SEPIOLITA,PALIGORKITA,CLORITA.

Madrid, 28 de Septiembre de 1989

⊛ Muestra con baja cristalinidad

INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA
CENTRO DE LABORATORIOS Y ENSAYOS

Ríos Rosas, 23 - Tel. 441 65 00 - Fax 442 62 16 - Telex 48054 IGME E - 28003 MADRID

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

ANALISIS POR D.R.X DE DOCE MUESTRAS ENVIADAS POR ROCAS INDUSTRIALES (D.GREGORIO GOMEZ).

MUESTRA	M. PRINCIPAL	M.SECUNDARIOS	ACCESORIOS Y TRAZAS
68,70-69	YESO	ATAPULGITA	CUARZO,DOLOMITA
71,00-71,83	YESO,DOLOMITA	----	-------
72,50-73,00	YESO,DOLOMITA	----	ATAPULGITA,CUARZO
73,00-73,50	YESO,DOLOMITA	----	ATAPULGITA
73,50-74,28	YESO,DOLOMITA	ATAPULGITA	CUARZO
71,83-72,50	YESO,DOLOMITA	----	------
75,50-76,20	DOLOMITA	YESO,CUARZO,ATAPULGITA	MICA
78,00-78,56	YESO	ATAPULGITA,DOLOMITA	CUARZO,MICA
79,80-80,00	YESO	DOLOMITA	-----
80,00-80,78	YESO	DOLOMITA	ATAPULGITA
80,78-81,20	YESO,DOLOMITA	ATAPULGITA	CUARZO,MICA
81,20-82,50	YESO,DOLOMITA	-----	ATAPULGITA

Madrid, 23 de [illegible] 1990

INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA
CENTRO DE LABORATORIOS Y ENSAYOS

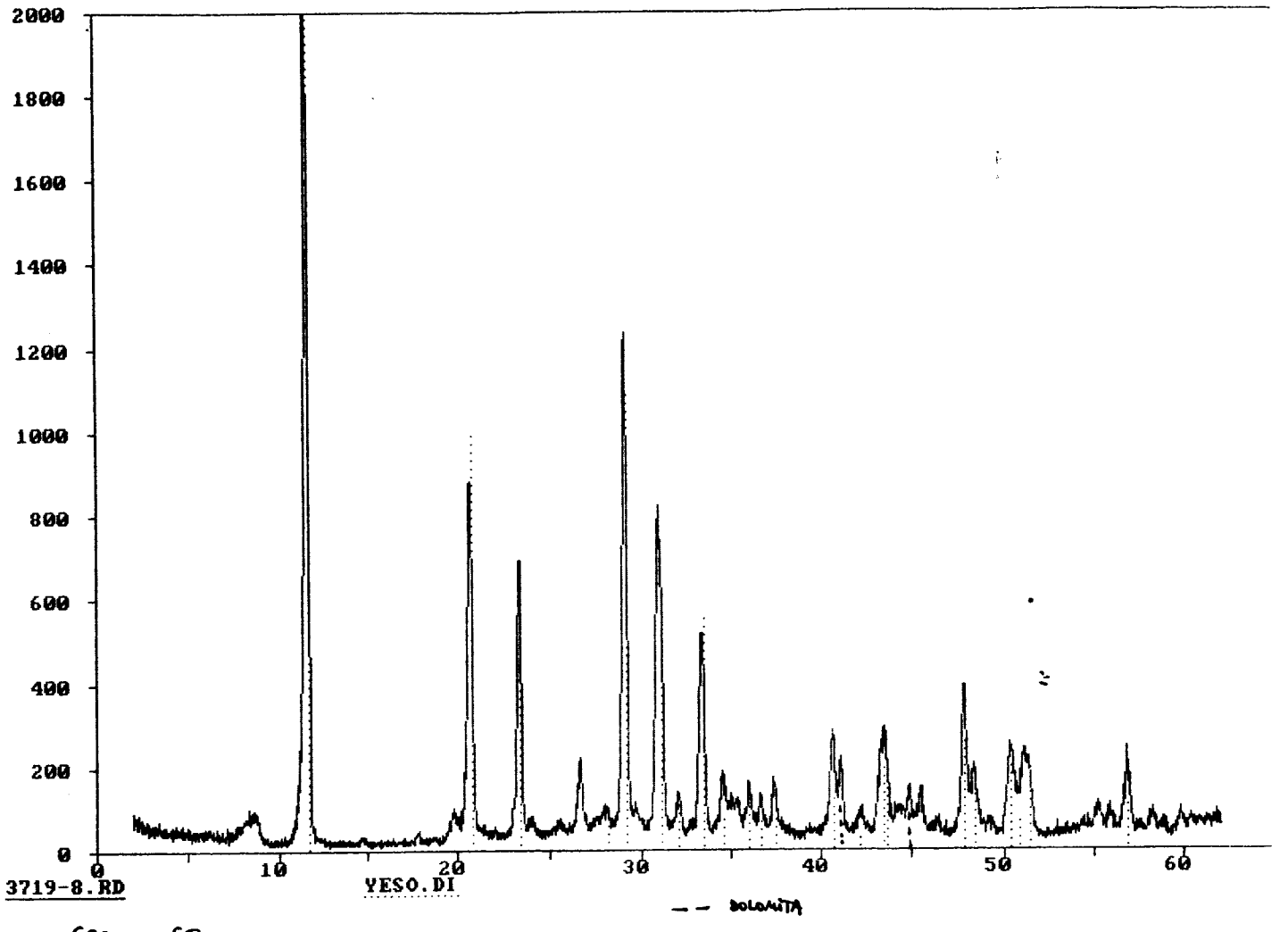
Se adjuntan los diagramas realizados con el nuevo equipo de Difracción, las muestras hechas con el anterior no se adjuntan los diagramas.

Ríos Rosas, 23 - Tel. 441 65 00 - Fax 442 62 16 - Telex 48054 IGME E - 28003 MADRID

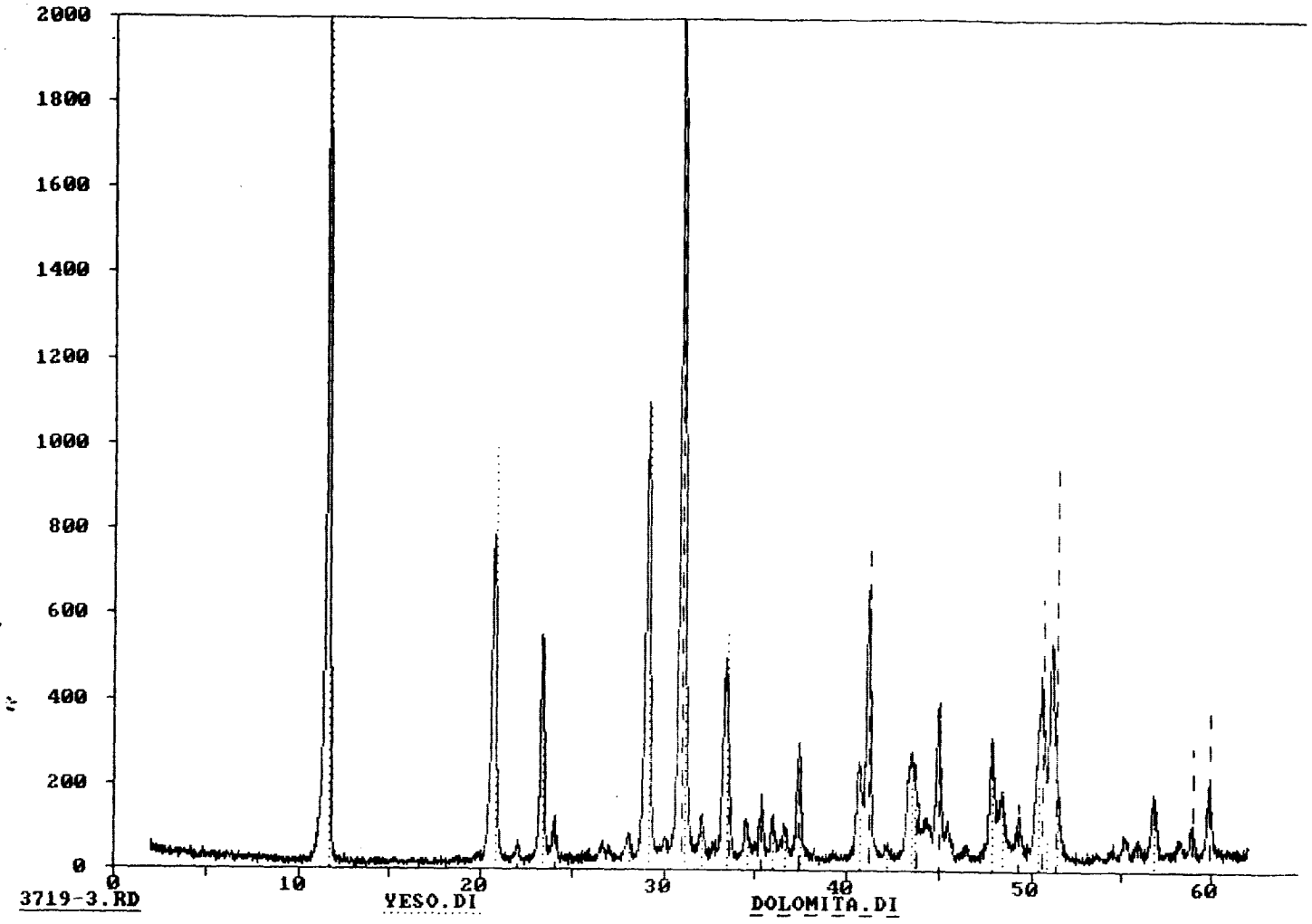
Instituto Tecnológico GeoMinero de España

				---------- FRACCION ARCILLA -----		
MUESTRA	MIN.PRINCIPAL	MIN.SECUNDARIOS	ACC.Y TRAZAS	CONTENIDO	MIN.PRINCIPAL	ACC.Y TRAZAS
78-78,50	YESO	----	DOLOMITA, CUARZO	MEDIO	PALIGORSKITA	----
78-78,50-12μ AG.ORIENTADO	CUARZO	----	DOLOMITA	ALTO	PALIGORSKITA	-- -
73,50-74,28	YESO,DOLOMITA	----	CUARZO	MEDIO	PALIGORSKITA	----
73,50-74,28-12μ AG.ORIENTADO	DOLOMITA	----	CUARZO	MESIO/ALTO	PALIGORSKITA	----
68,70-69	YESO	----	CUARZO	MEDIO	PALIGORSKITA	----
68,70-69-12 μ AG.ORIENTADO	CUARZO	----	-----	ALTO	PALIGORSKITA	----
75,50-76,20	YESO,DOLOMITA	----	CUARZO	MEDIO	PALIGORSKITA	MICA
75,50-76,20-12μ AG.ORIENTADO	DOLOMITA	----	CUARZO	ALTO	PALIGORSKITA	MICA
80,70-81,20	YESO,DOLOMITA	----	CUARZO	MEDIO	PALIGORSKITA	MICA
80,70-81,20-12μ AG.ORIENTADO	DOLOMITA	----	CUARZO	ALTO	PALIGORSKITA	MICA

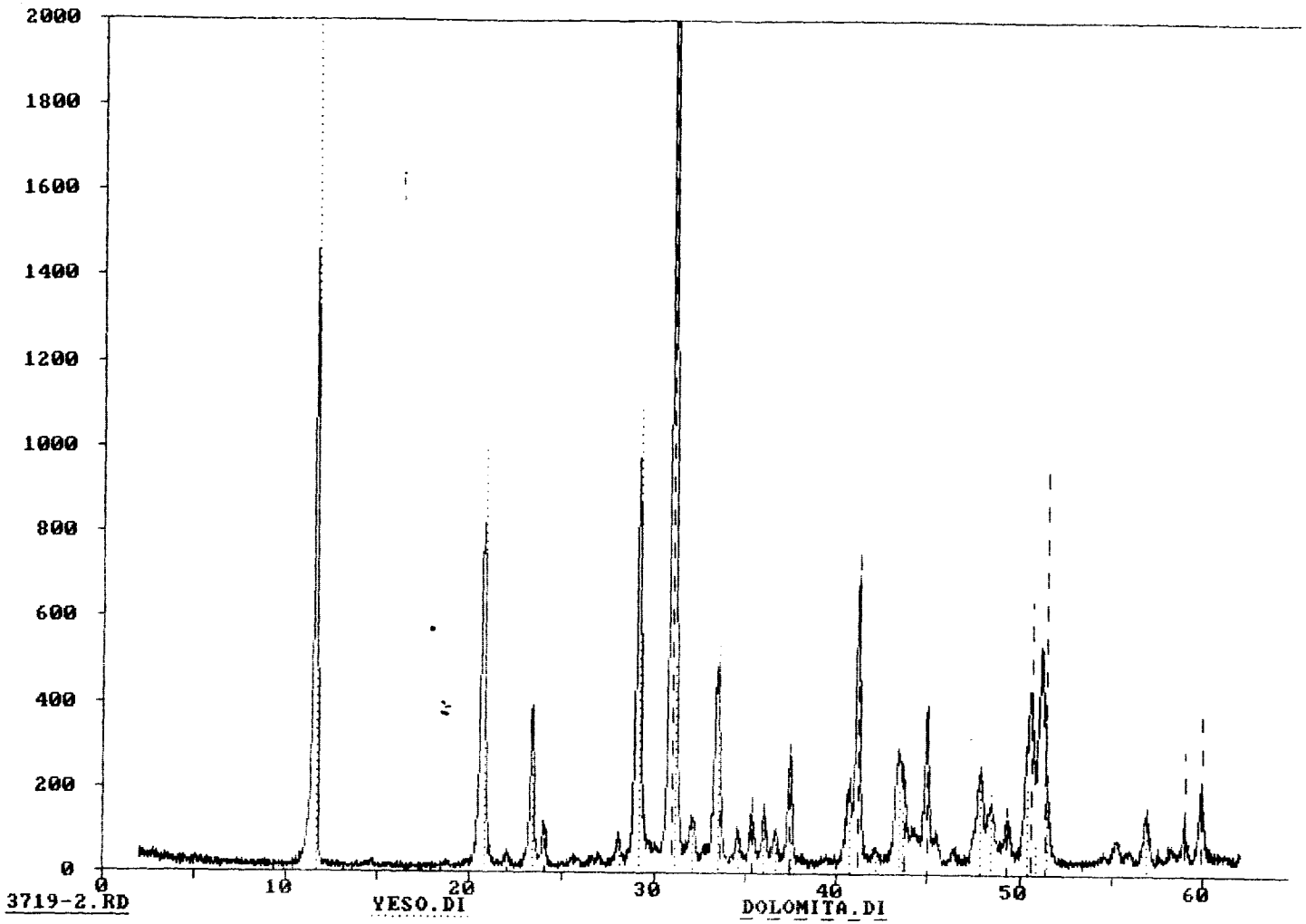
Madrid,25 de Junio de 1990


2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
3719-8.RD
YESO.DI
DOLOMITA

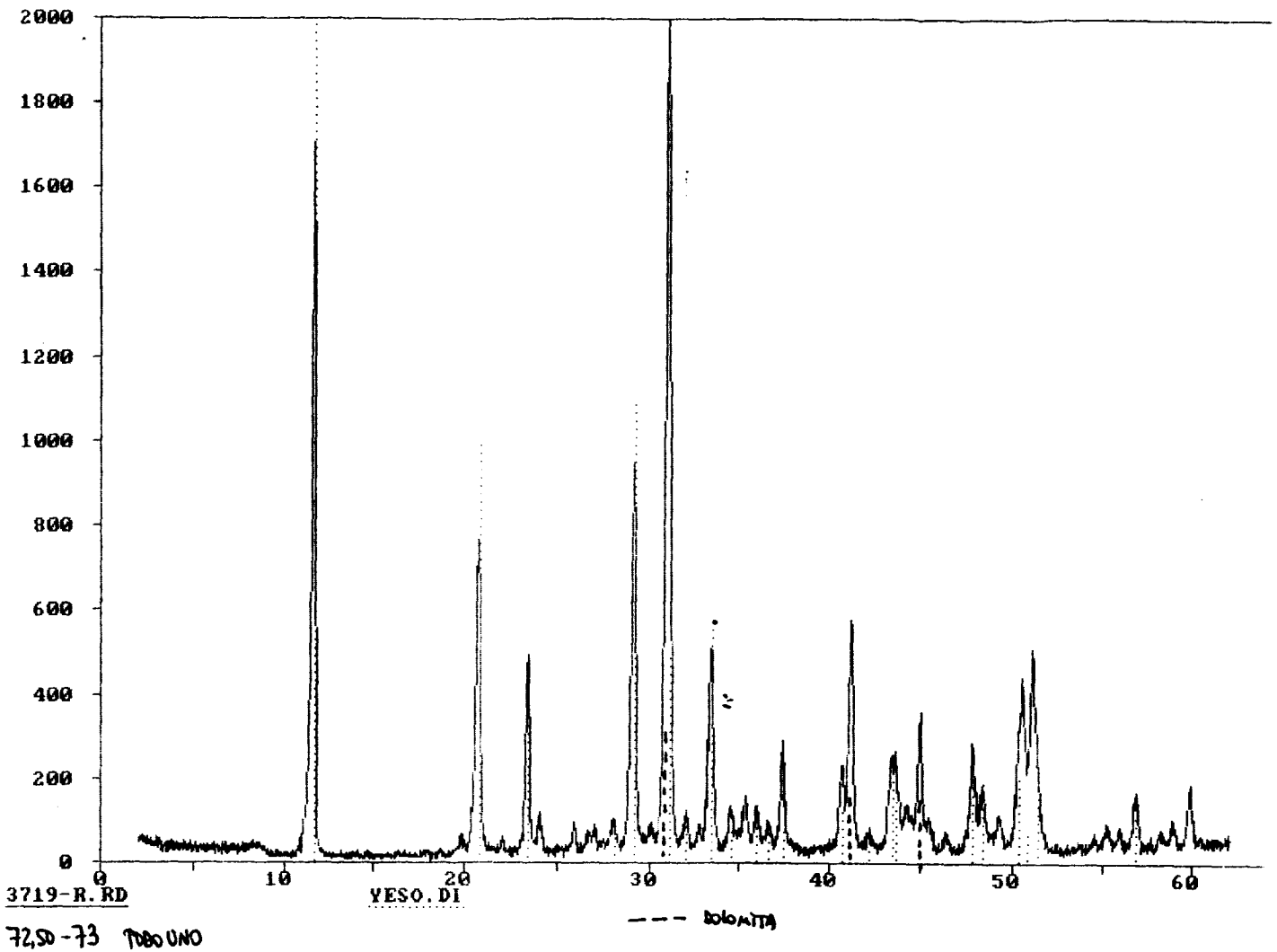
68,70 - 69,00


2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
3719-3.RD
YESO.DI
DOLOMITA.DI

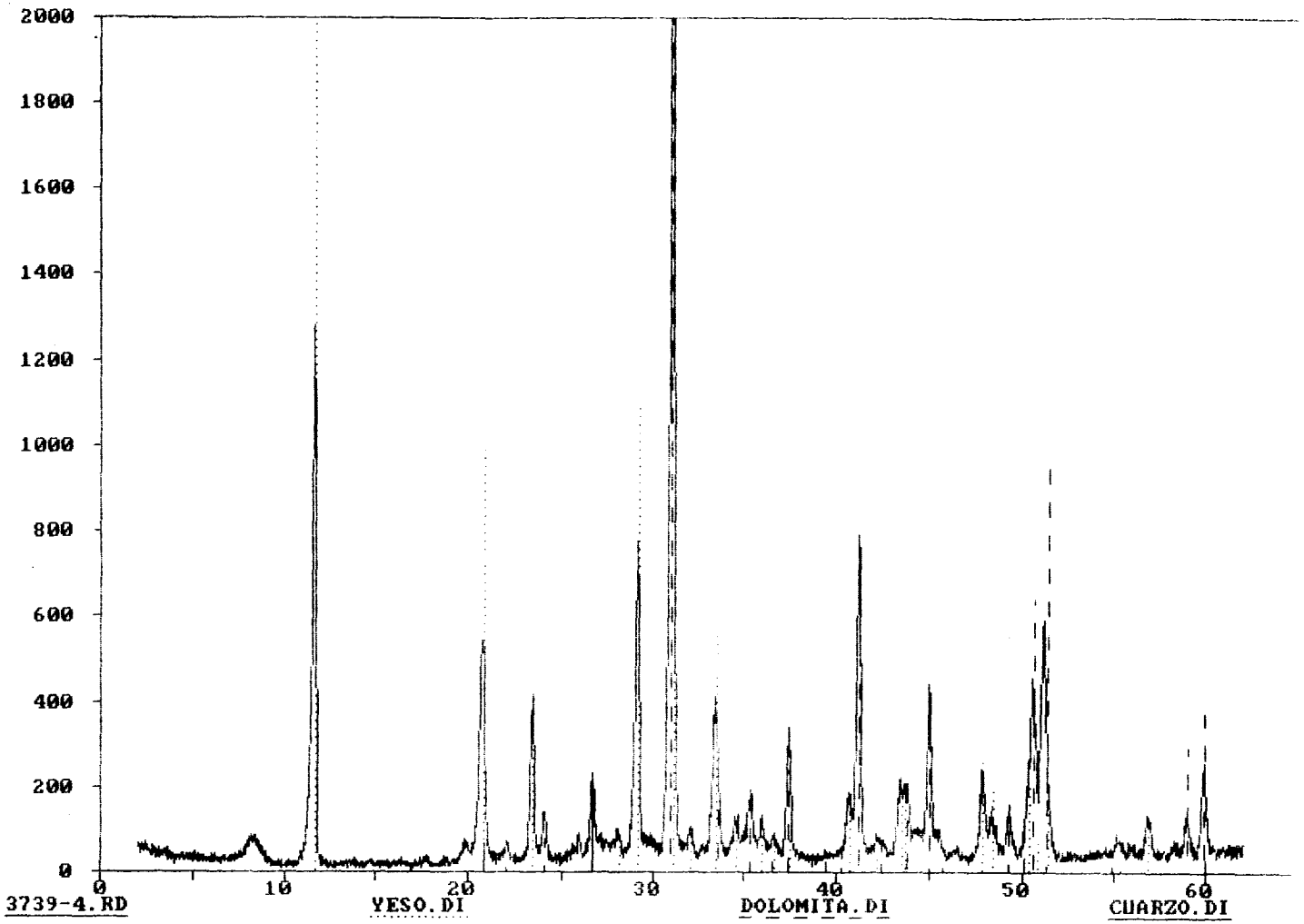
A - 71.83


2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
3719-2.RD
YESO.DI
DOLOMITA.DI

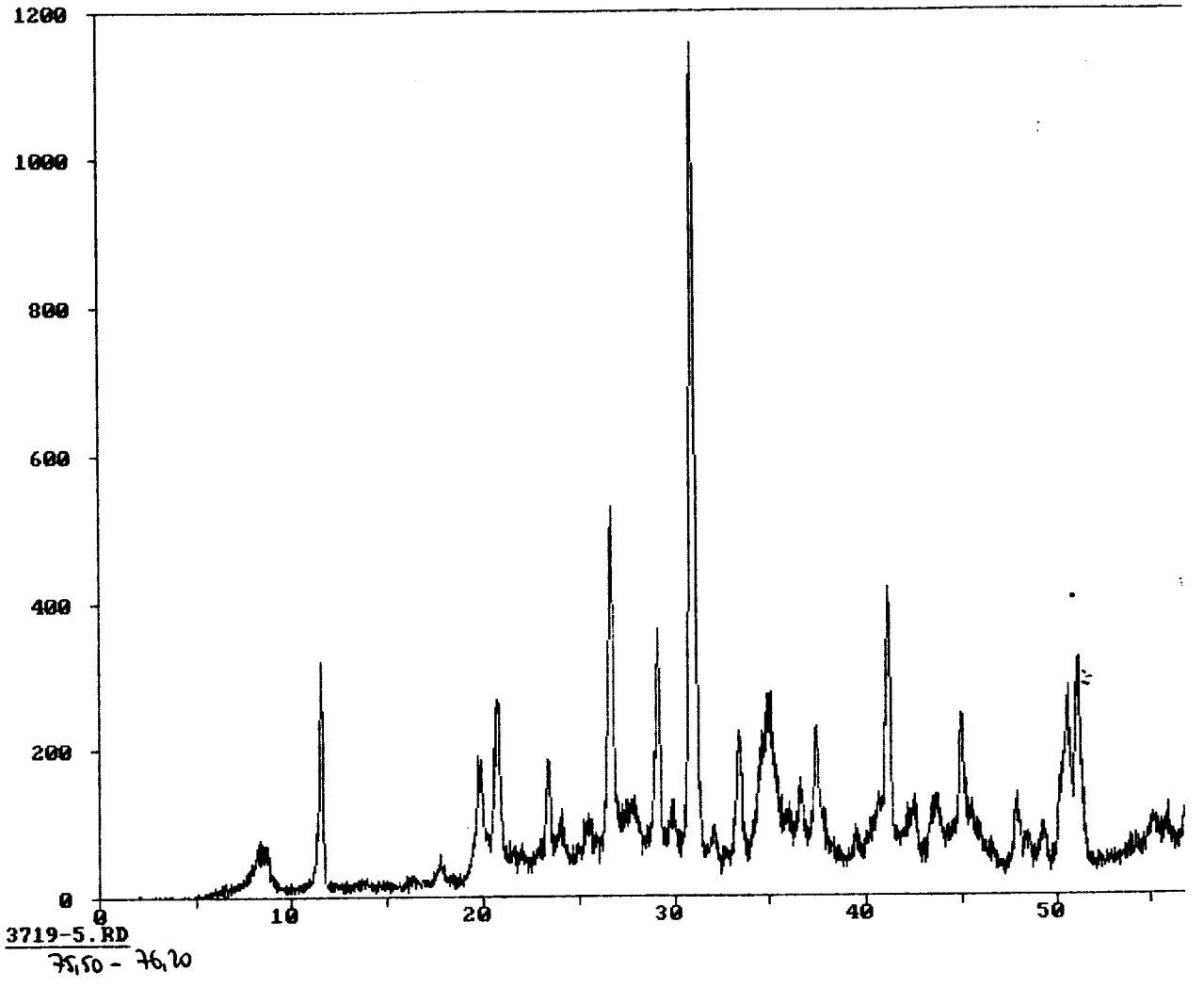
71,83 - 72,60

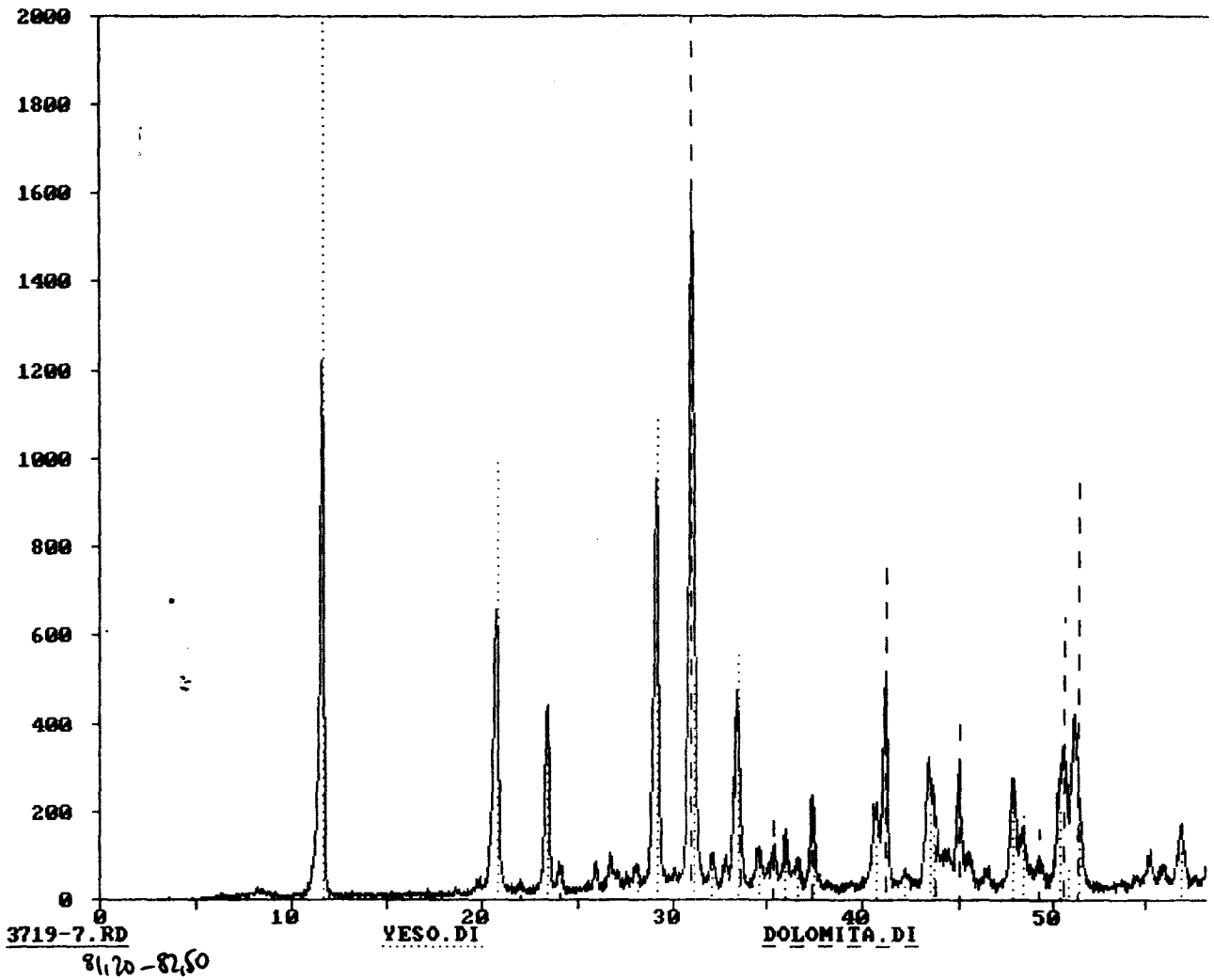


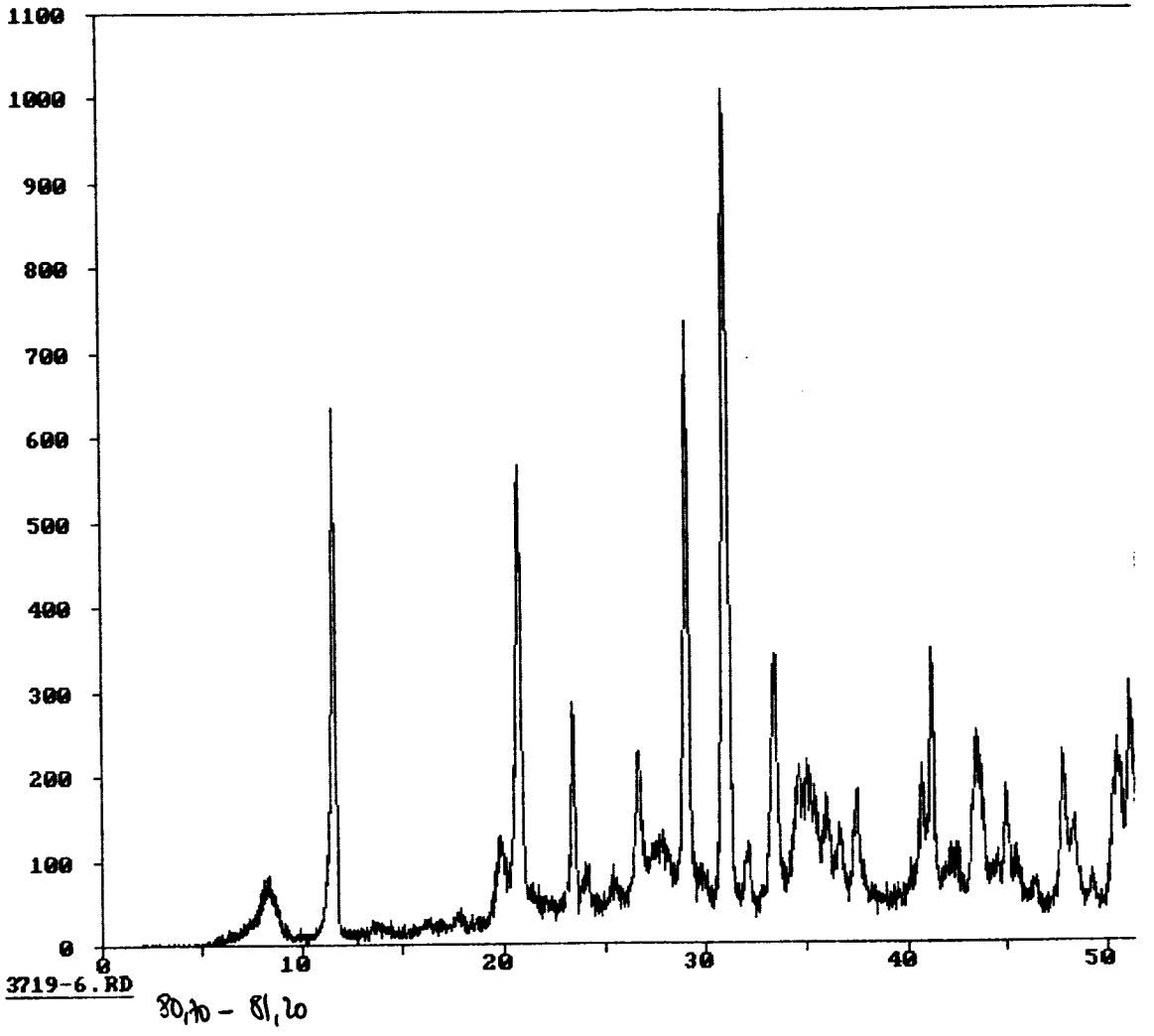
72,50 - 73 TUBO UNO

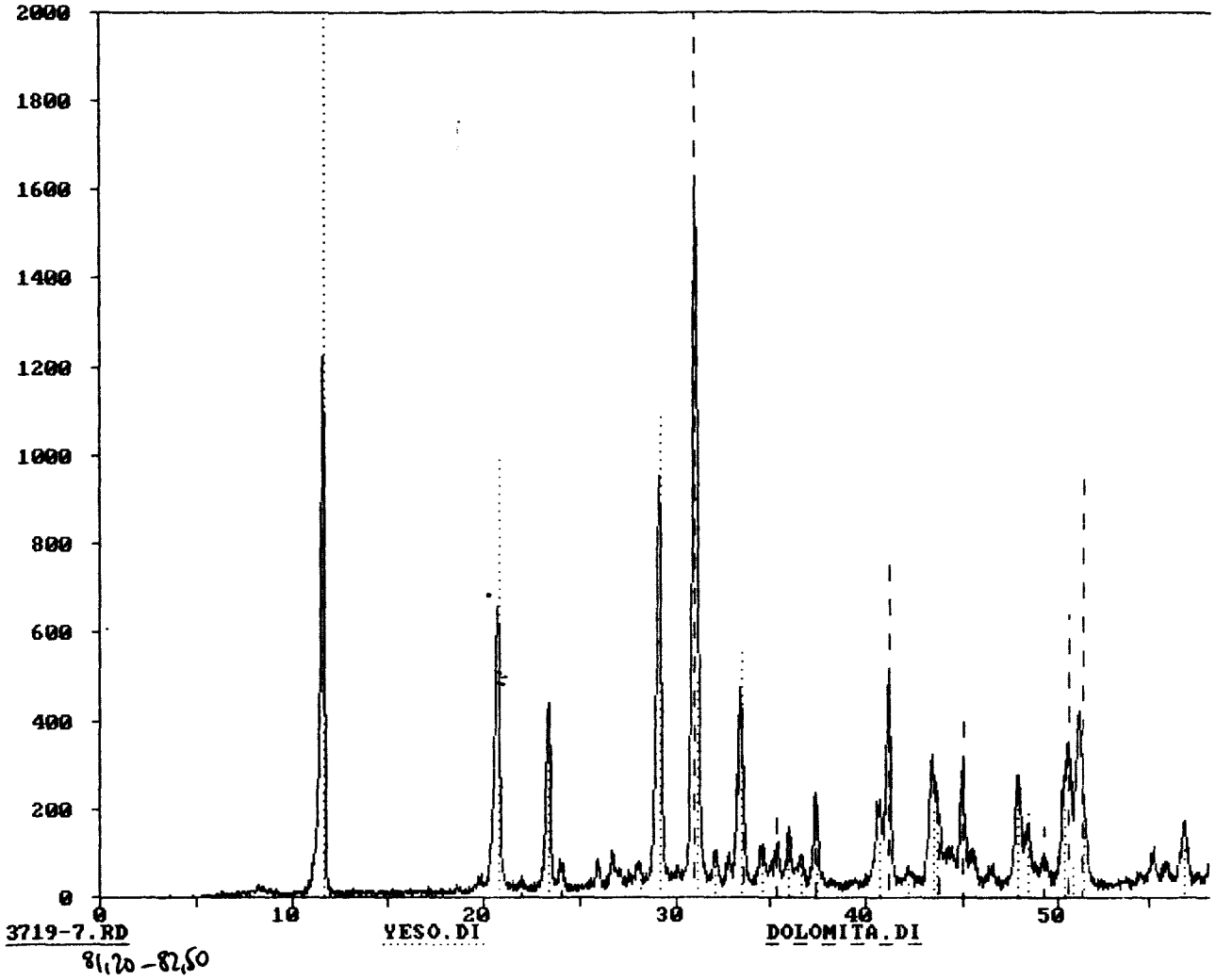

2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
3739-4.RD
YESO.DI
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI

73.50 – 74.28


1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
3719-5.RD
75,50 - 76,70


2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
3719-7.RD
YESO.DI
DOLOMITA.DI
81,20-82,50


1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
3719-6.RD
80,20 - 81,20


2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
3719-7.RD
YESO.DI
DOLOMITA.DI
81,20 - 82,50

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

ANALISIS POR DIFRACCION DE RAYOS X DE 13 MUESTRAS PRESENTADAS POR ROCAS Y M.INDUSTRIALES (VICENTE CALDERON).

MUESTRA	MINERAL PRINCIPAL	MIN.SECUNDARIOS	ACCESORIOS Y TRAZAS
BS-2-01	DOLOMITA	----	CALCITA,CUARZO,PALIGORSKITA
BS-2-02	DOLOMITA	CUARZO,CALCITA	MICA,PALIGORSKITA,FELDESP.
BS-2-03	CUARZO	CALCITA,DOLOMITA	MICA,CAOLIN,PALIGORSKITA, FELDESPATOS.
BS-2-04	DOLOMITA	CUARZO,CALCITA	MICA,CAOLIN
BS-2-05	CUARZO	DOLOMITA	CALCITA,MICA,PALIGORSKITA, CAOLIN,FELDESPATOS.
BS-2-06	CUARZO	DOLOMITA	CALCITA,MICA,PALIGORSKITA, CAOLIN,FELDESPATOS.
BS-2-07	DOLOMITA	CALCITA	CUARZO,MICA,PALIGORSKITA
BS-2-08	YESO,DOLOMITA	CUARZO,PALIGORSKITA	MICA
BS-2-09	DOLOMITA	----	CUARZO,MICA,VERMICULITA(?)
BS-2-10	YESO,DOLOMITA	----	CUARZO
BS-2-11	YESO,DOLOMITA	CUARZO,PALIGORSKITA	MICA
BS-2-12	YESO,DOLOMITA	CUARZO,PALIGORSKITA	MICA
BS-2-13	YESO,DOLOMITA	CUARZO	MICA,PALIGORSKITA

Madrid, 12 de Junio de 1990

INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA
CENTRO DE LABORATORIOS Y ENSAYOS

Ríos Rosas, 23 · Tel 441 65 00 Fax 442 62 16 · Telex 48054 ITGE E · 28003 MADRID

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

ANALISIS POR DIFRACCION DE RAYOS X DE 13 MUESTRAS PRESENTADAS POR ROCAS Y M.INDUSTRIALES (VICENTE CALDERON).

MUESTRA	MINERAL PRINCIPAL	MIN.SECUNDARIOS	ACCESORIOS Y TRAZAS
BS-2-01	DOLOMITA	----	CALCITA,CUARZO,PALIGORSKITA
BS-2-02	DOLOMITA	CUARZO,CALCITA	MICA,PALIGORSKITA,FELDESP.
BS-2-03	CUARZO	CALCITA,DOLOMITA	MICA,CAOLIN,PALIGORSKITA, FELDESPATOS.
BS-2-04	DOLOMITA	CUARZO,CALCITA	MICA,CAOLIN
BS-2-05	CUARZO	DOLOMITA	CALCITA,MICA,PALIGORSKITA, CAOLIN,FELDESPATOS.
BS-2-06	CUARZO	DOLOMITA	CALCITA,MICA,PALIGORSKITA, CAOLIN,FELDESPATOS.
BS-2-07	DOLOMITA	CALCITA	CUARZO,MICA,PALIGORSKITA
BS-2-08	YESO,DOLOMITA	CUARZO,PALIGORSKITA	MICA
BS-2-09	DOLOMITA	----	CUARZO,MICA,VERMICULITA(?)
BS-2-10	YESO,DOLOMITA	----	CUARZO
BS-2-11	YESO,DOLOMITA	CUARZO,PALIGORSKITA	MICA
BS-2-12	YESO,DOLOMITA	CUARZO,PALIGORSKITA	MICA
BS-2-13	YESO,DOLOMITA	CUARZO	MICA,PALIGORSKITA

Madrid, 12 de Junio de 1990

INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA
CENTRO DE LABORATORIOS Y ENSAYOS

Ríos Rosas, 23 · Tel 441 65 00 · Fax 442 62 16 · Telex 48054 ITGE E · 28003 MADRID

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

ANALISIS POR DIFRACCION DE RAYOS X DE 13 MUESTRAS PRESENTADAS POR ROCAS Y M.INDUSTRIALES (VICENTE - CALDERON).

MUESTRA	MINERAL PRINCIPAL	MIN.SECUNDARIOS	ACCESORIOS Y TRAZAS
BS-2-14	YESO	CUARZO,DOLOMITA,PALIGORSKITA.	MICA
BS-2-15	CUARZO,YESO	MICA,PALIGORSKITA,DOLOMITA.	FELDESPATOS
BS-2-16	YESO,DOLOMITA	CUARZO	PALIGORSKITA,MICA.
BS-2-17	CUARZO,YESO	MICA,PALIGORSKITA,DOLOMITA.	CAOLIN
BS-2-18	DOLOMITA,CUARZO,YESO.	-----	MICA,PALIGORSKITA
BS-2-19	DOLOMITA,CUARZO,YESO	-----	MICA,PALIGORSKITA,CAOLIN
BS-2-20	DOLOMITA,CUARZO,YESO	-----	PALIGORSKITA,CAOLIN,MICA
BS-2-21	YESO	DOLOMITA,CUARZO	MICA,PALIGORSKITA
BS-2-22	YESO	DOLOMITA,CUARZO	MICA,PALIGORSKITA
BS-2-23-A	YESO	DOLOMITA,CUARZO	MICA,PALIGORSKITA
BS-2-23-B	YESO	DOLOMITA,CUARZO	MICA,PALIGORSKITA
BS-2-24	YESO,DOLOMITA	----	CUARZO,MICA,PALIGORSKITA.
BS-2-25	CUARZO	YESO,DOLOMITA	MICA,PALIGORSKITA

Madrid, 12 de Junio de 1990

INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA
CENTRO DE LABORATORIOS Y ENSAYOS

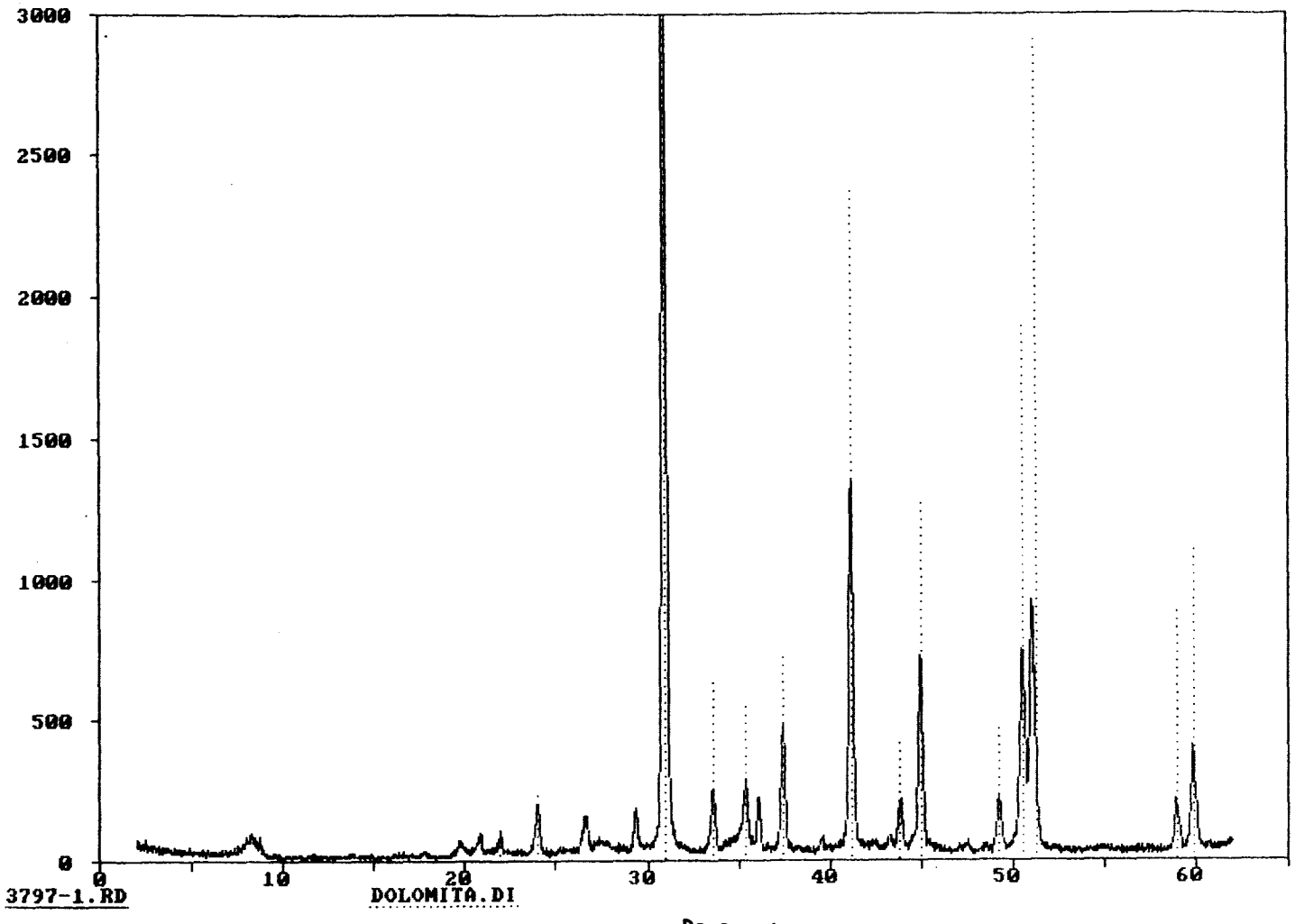
Ríos Rosas, 23 Tel 441 65 00 Fax 442 62 16 Telex 48054 I T G E E 28003 MADRID

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

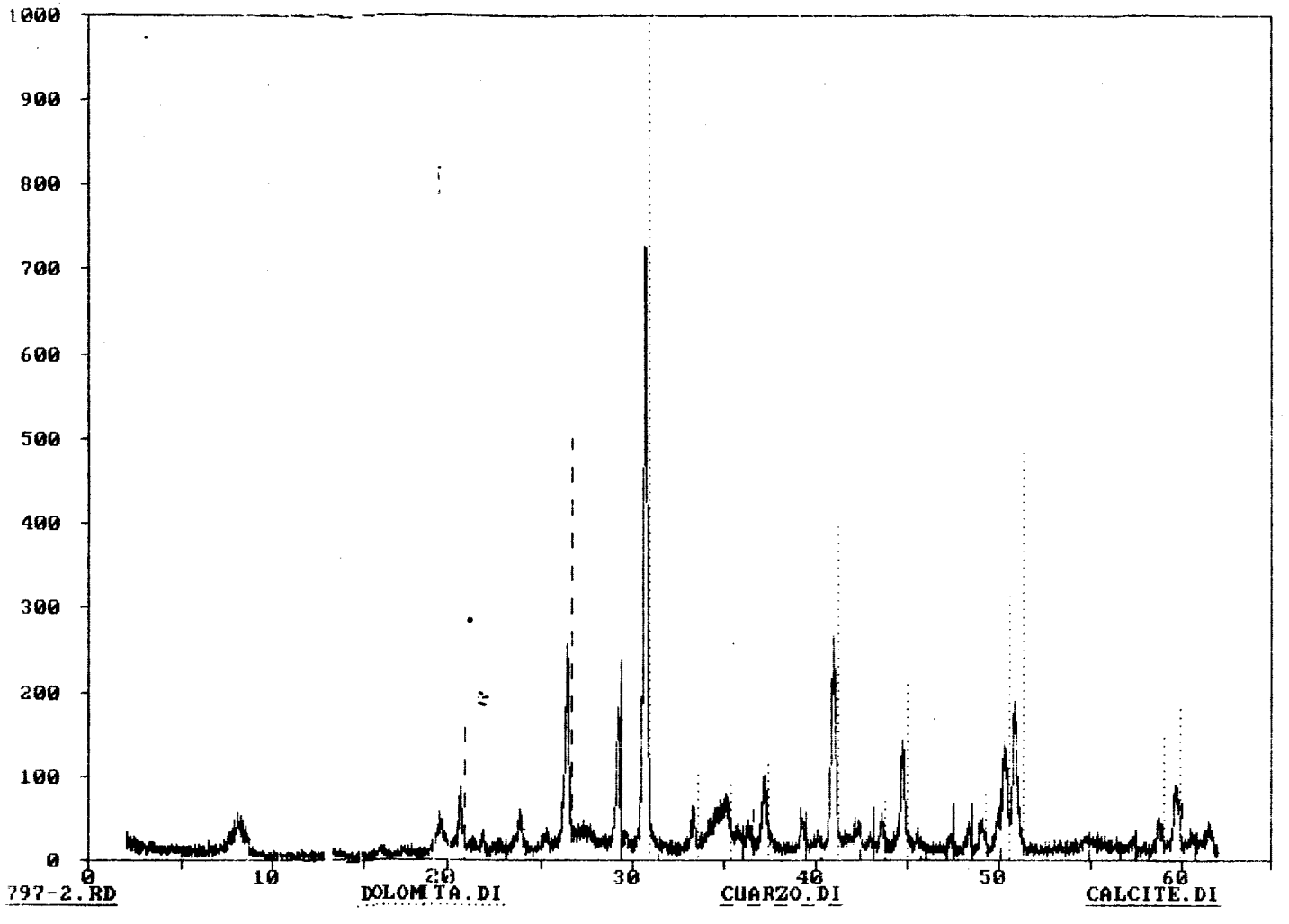
-------- FRACCION ARCILLA < 2µ ----------

MUESTRA	MIN.PRINCIPAL	MIN.SECUNDARIOS	ACC.Y TRAZAS	CONTENIDO	MIN= PRINCIPAL	ACC.Y TRAZAS
BS-2-08	YESO,DOLOMITA	CUARZO	----	MEDIO	PALIGORSKITA	MICA
BS-2-08-12µ AG.ORIENTADO	DOLOMITA	------	CUARZO	MEDIO/ALTO	PALIGORSKITA	MICA
BS-2-11	YESO,DOLOMITA	CUARZO	-----	MEDIO	PALIGORSKITA	MICA
BS-2-11-12µ AG.ORIENTADO	DOLOMITA	------	CUARZO	MEDIO/ALTO	PALIGORSKITA	MICA
BS-2-12	YESO,DOLOMITA	------	CUARZO	MEDIO	PALIGORSKITA	MICA
BS-2-12-12µ AG.ORIENTADO	DOLOMITA	------	CUARZO	MEDIO/ALTO	PALIGORSKITA	MICA
BS-2-14	YESO	CUARZO,DOLOMITA	-----	MEDIO	PALIGORSKITA	MICA
BS-2-14-12µ AG.ORIENTADO	DOLOMITA	------	CUARZO	MEDIO/ALTO	PALIGORSKITA	MICA
BS-2-15	CUARZO,YESO	D OLOMITA	FELDESPATOS	MEDIO	PALIGORSKITA/MICA	----
BS-2-15-12µ AG.ORIENTADO	CUARZO	------	DOLOMITA	MEDIO	PALIGORSKITA/MICA	----
BS-2-17	CUARZO,YESO	DOLOMITA	------	MEDIO	PALIGORSKITA,MICA	CAOLIN
BS-2-17-12µ AG.ORIENTADO	CUARZO	------	DOLOMITA	MEDIO/ALTO	PALIGORSKITA,MICA	CAOLIN

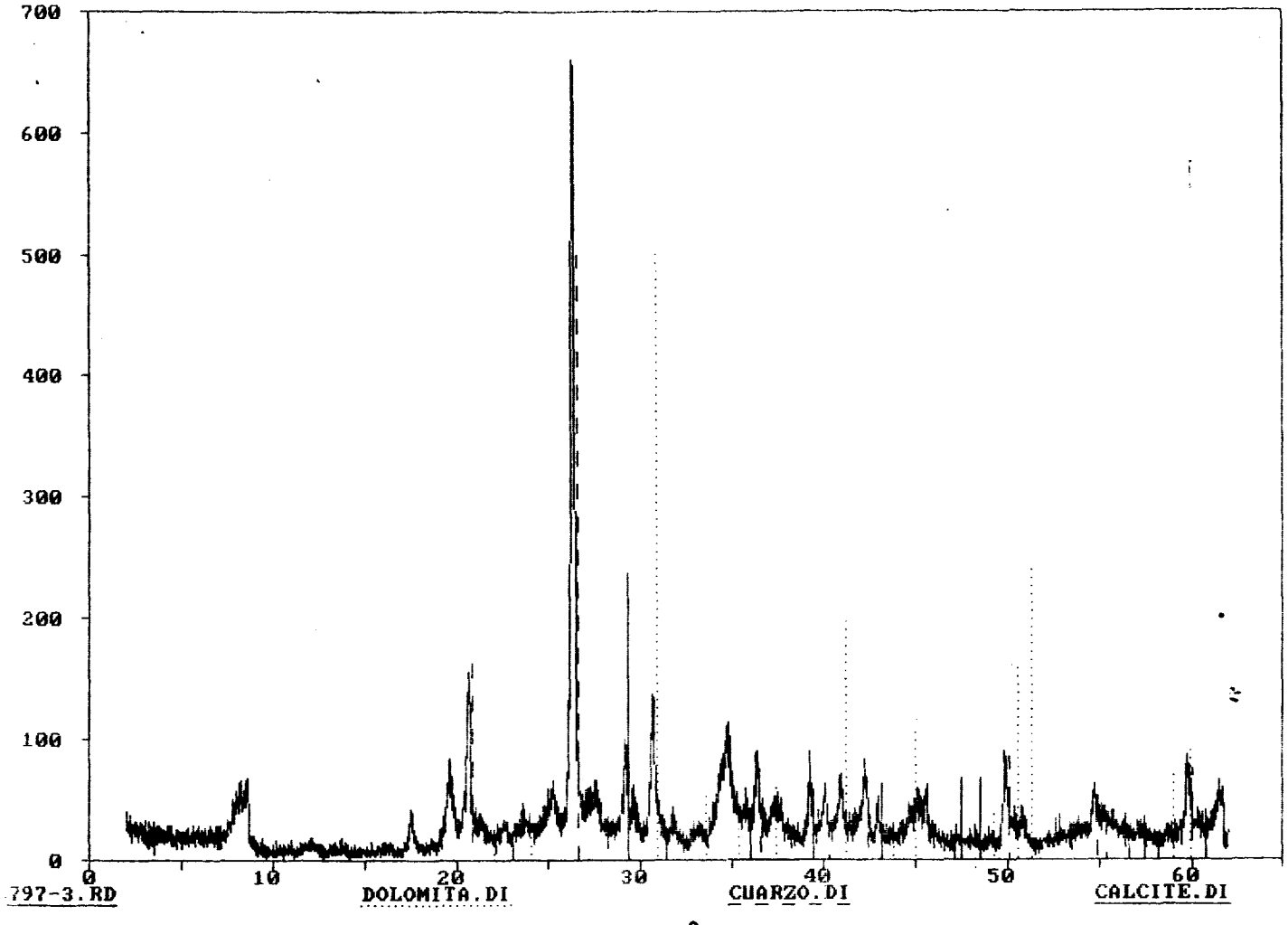
Madrid,25 de Junio de 1990


3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
3797-1.RD
DOLOMITA.DI

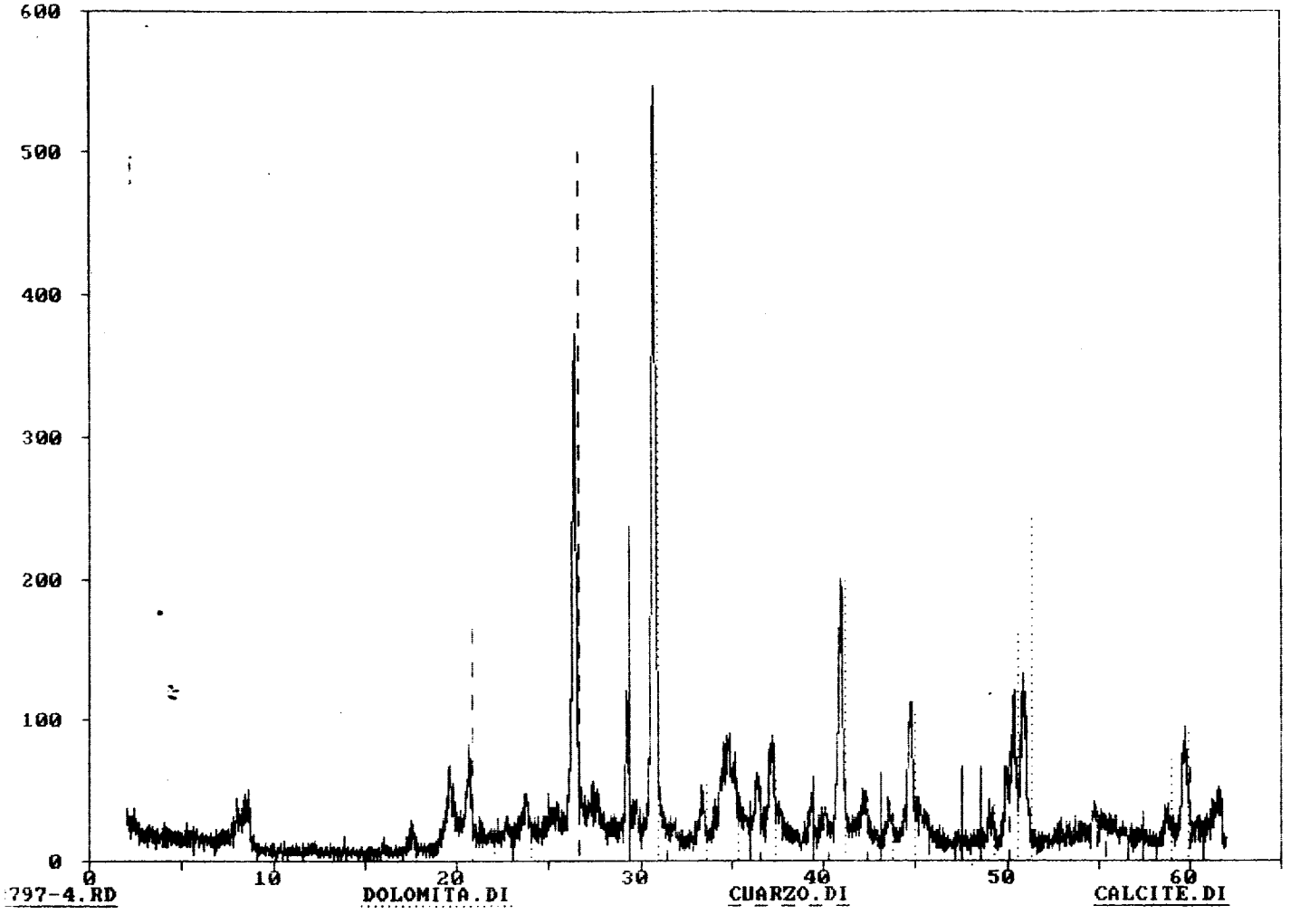
BS-2-01


1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
797-2.RD
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI
CALCITE.DI

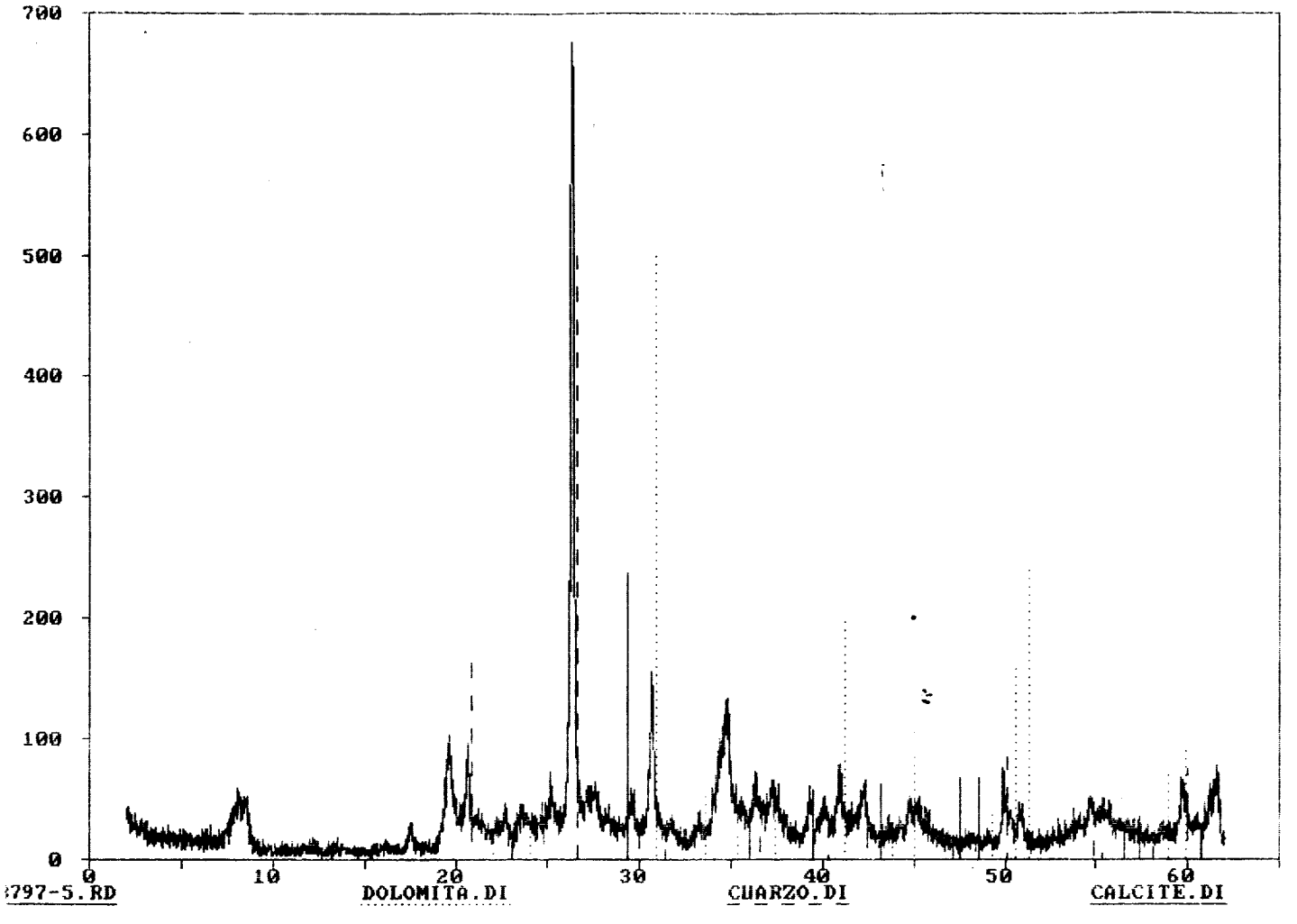
BS-2-02

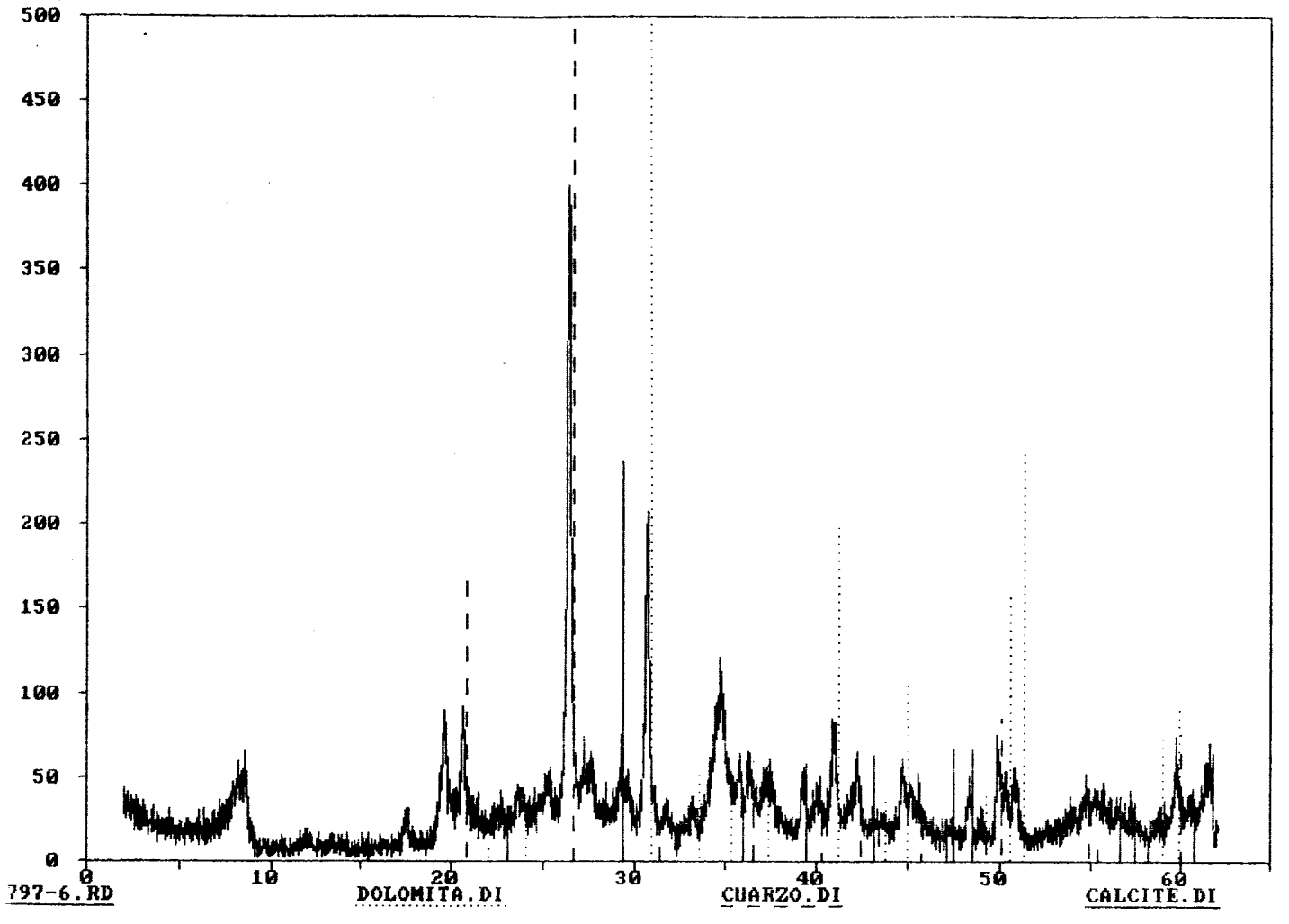

700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
797-3.RD
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI
CALCITE.DI

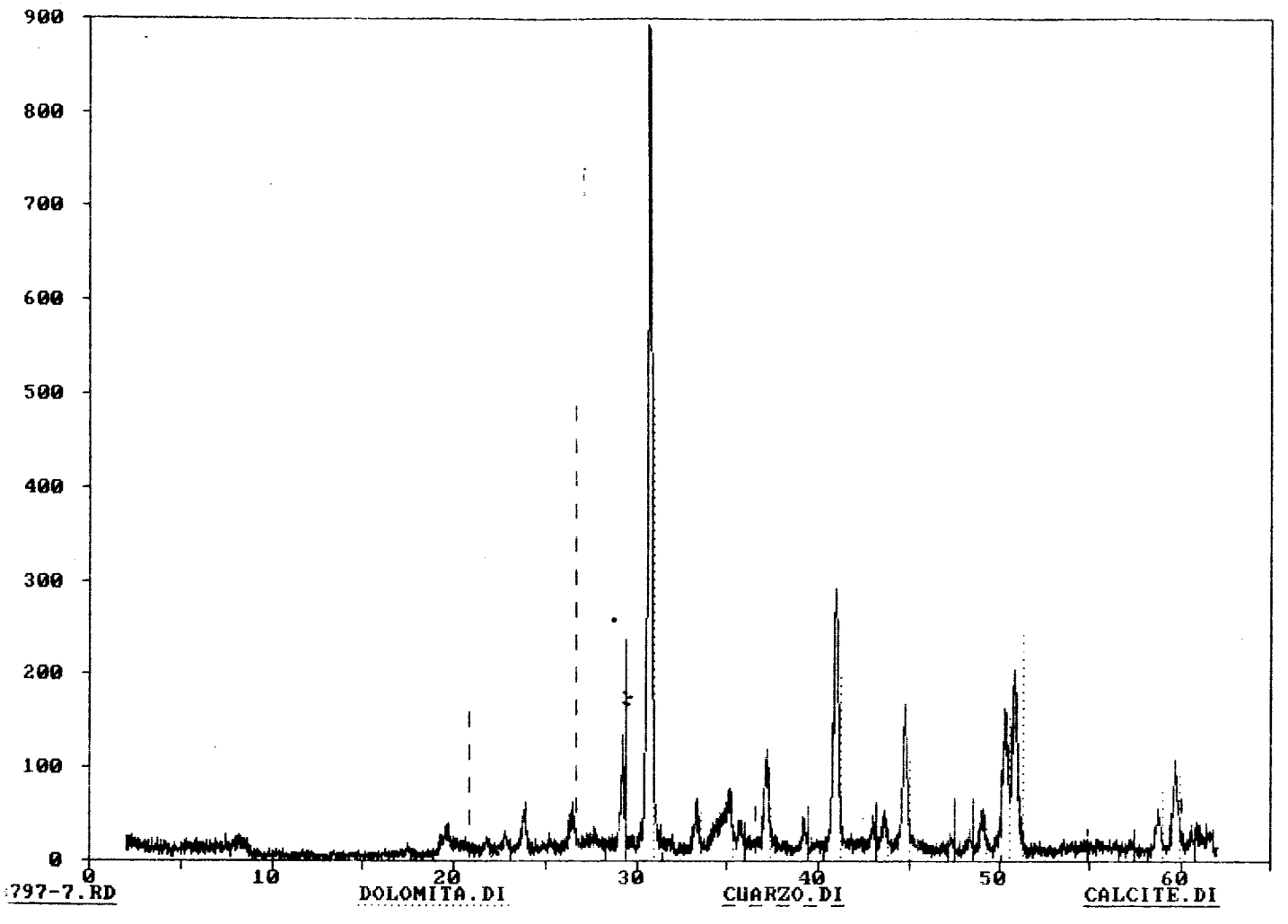
BS-2-03


600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
797-4.RD
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI
CALCITE.DI

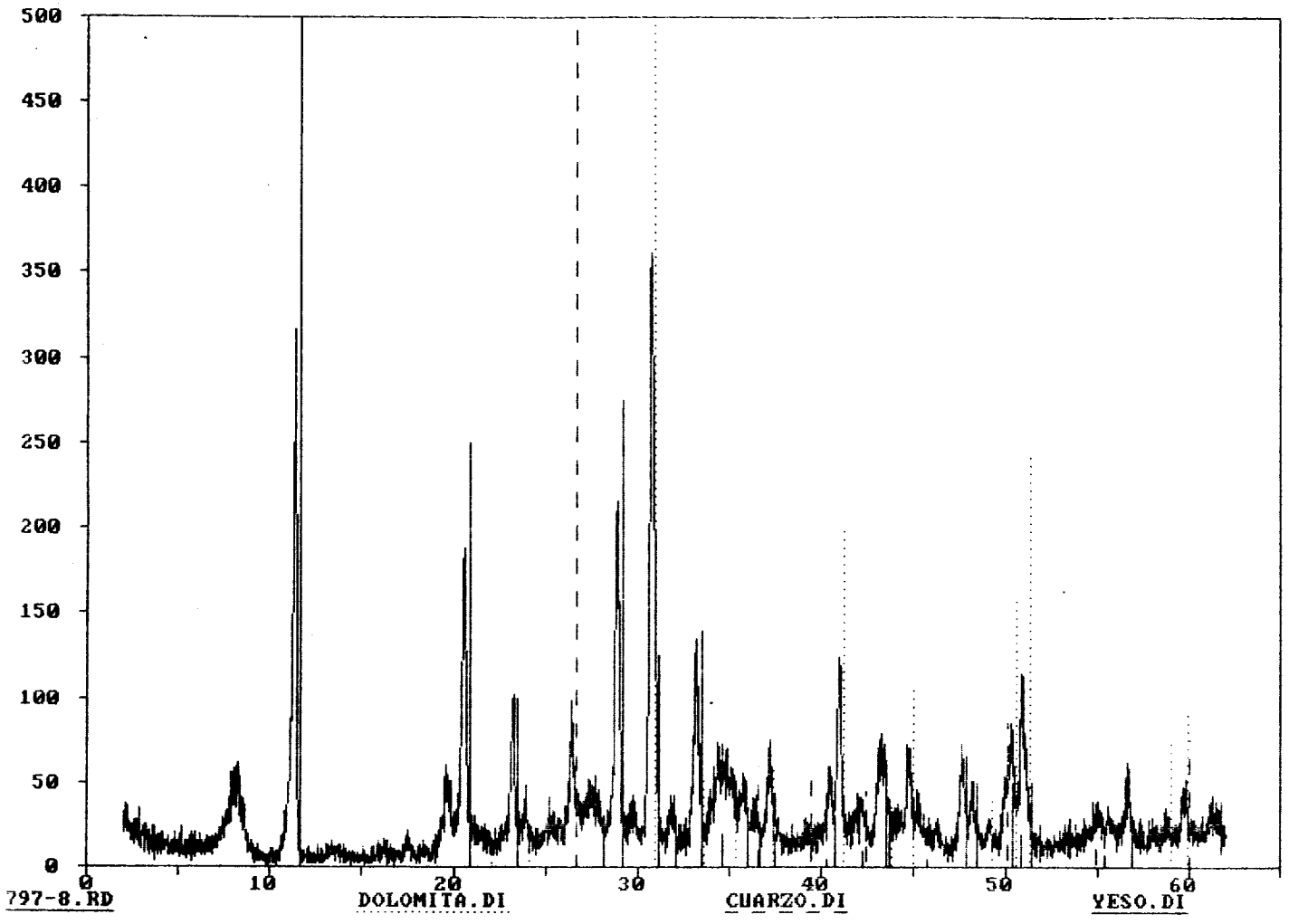
BS-2-04


700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
797-5.RD
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI
CALCITE.DI

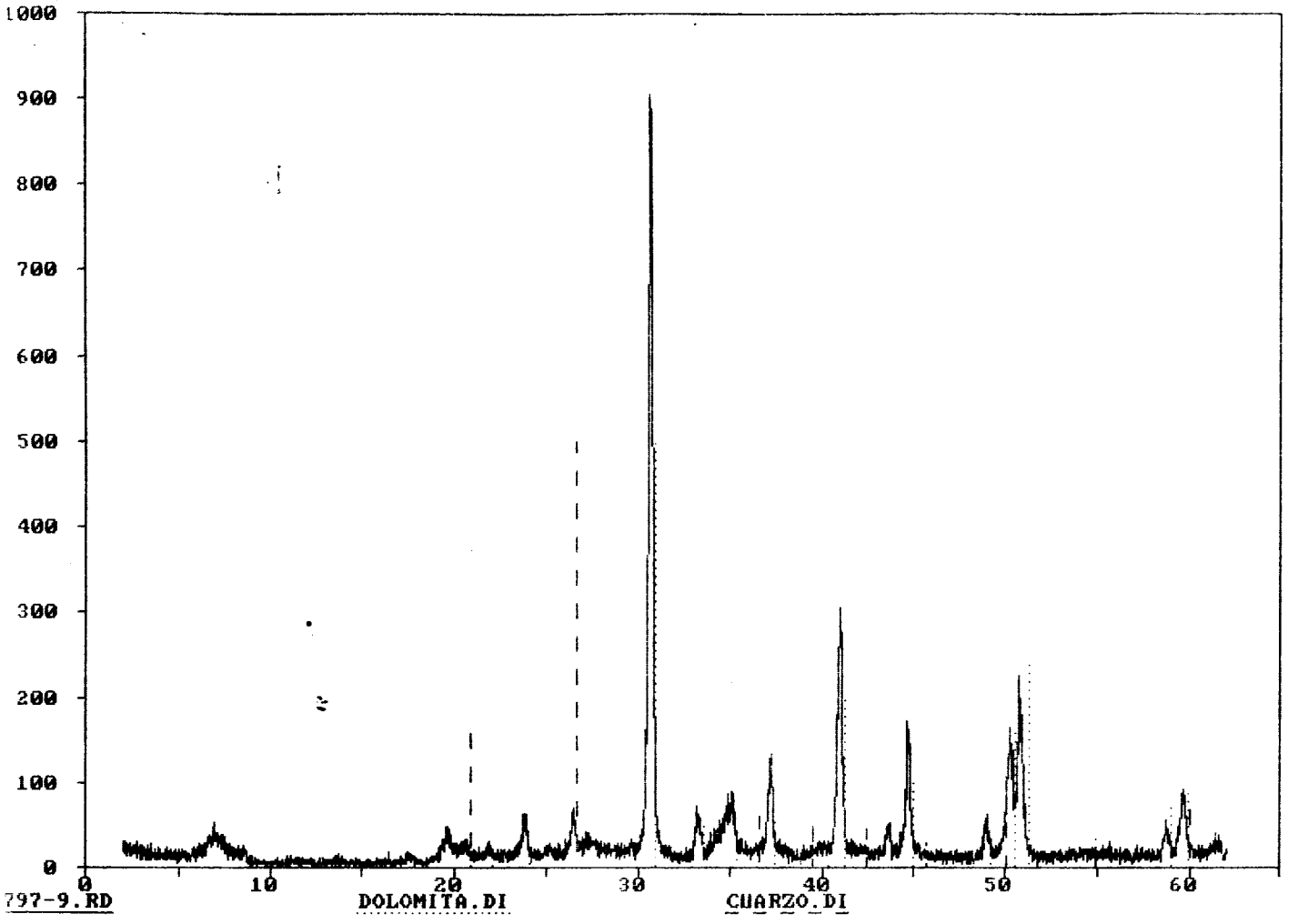

500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
10
20
30
40
50
60
797-6.RD
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI
CALCITE.DI


900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
797-7.RD
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI
CALCITE.DI

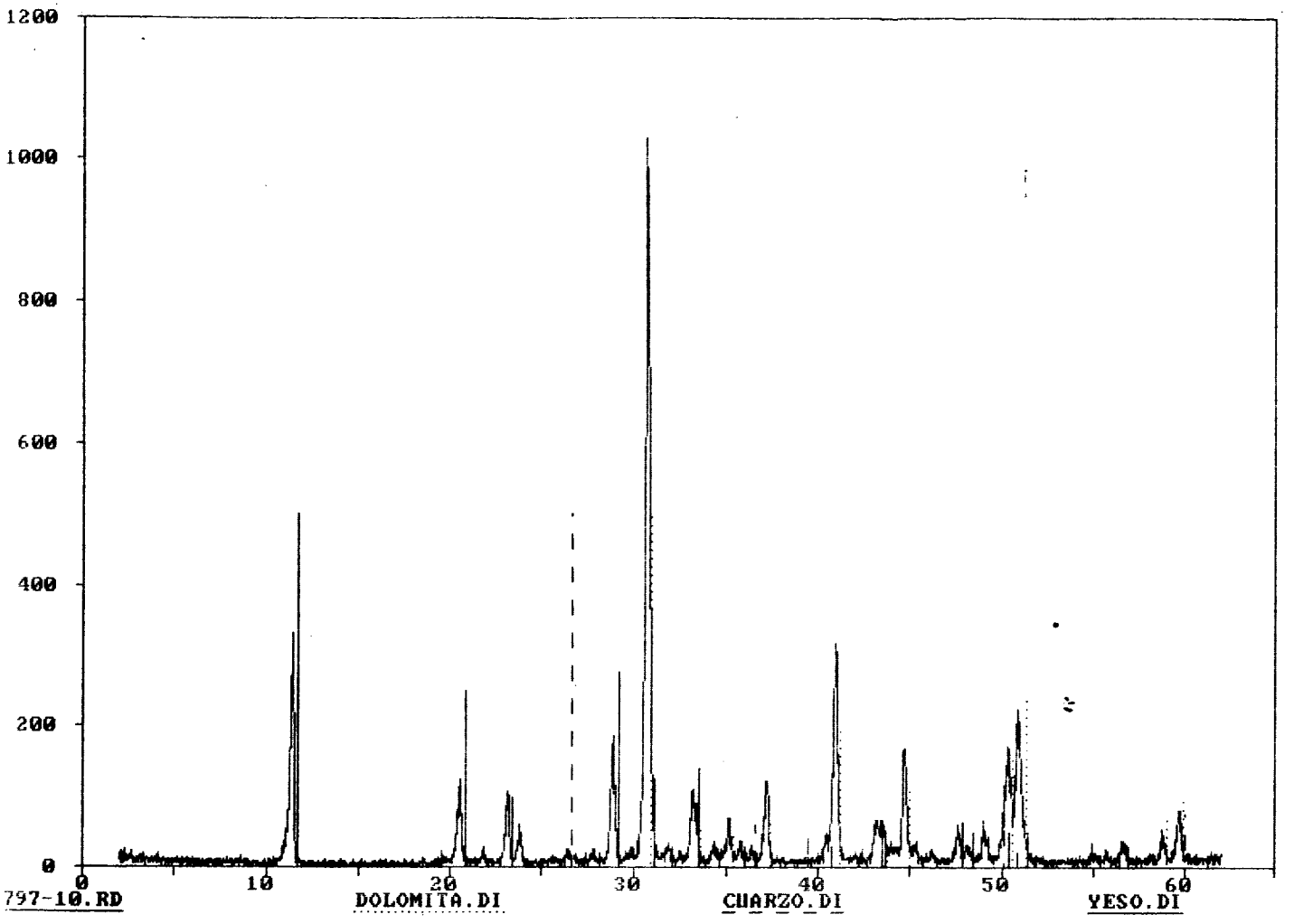
- BS-2-07 -


500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
10
20
30
40
50
60
797-8.RD
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI
YESO.DI

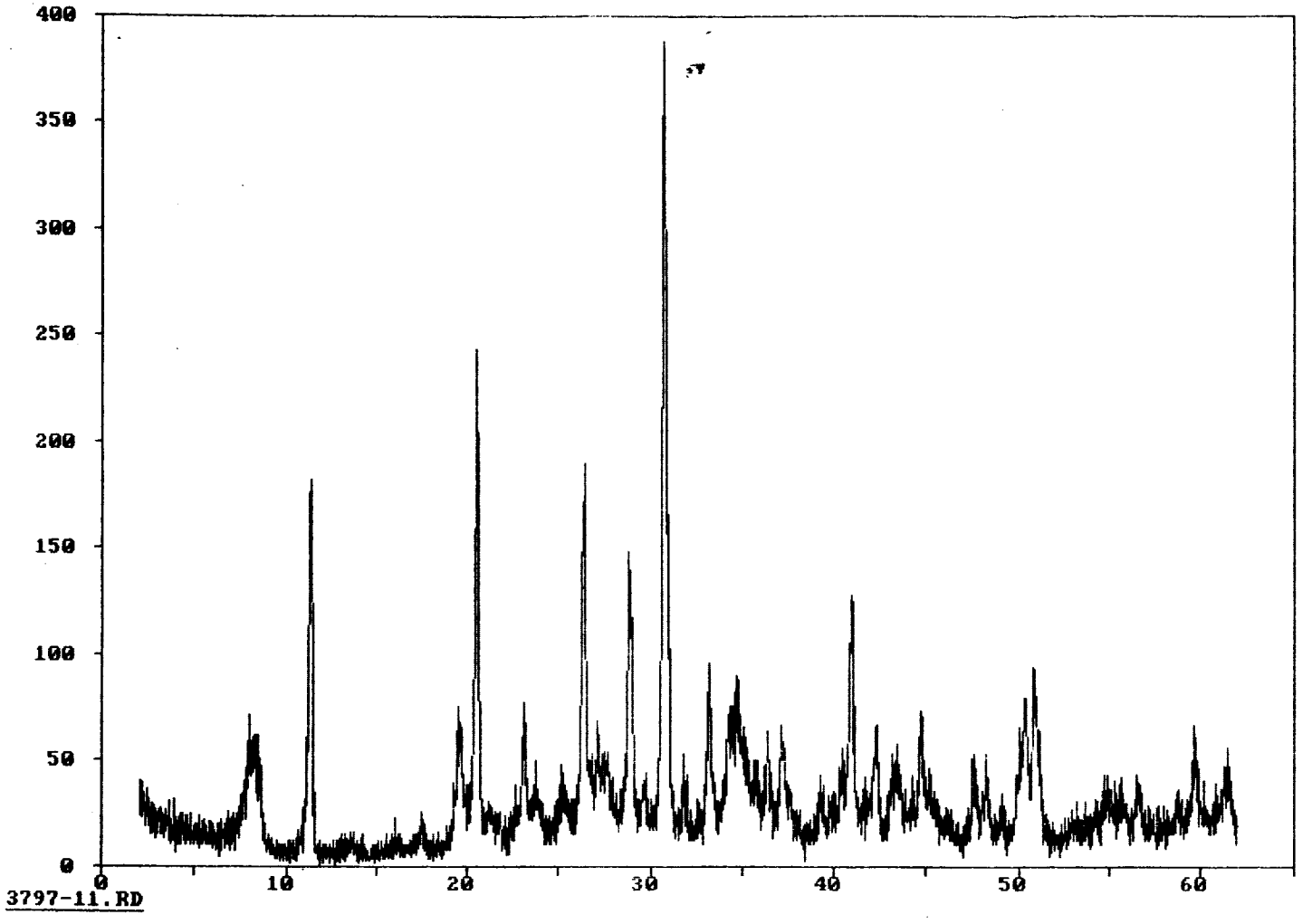
BS-2-08


1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
797-9.RD
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI

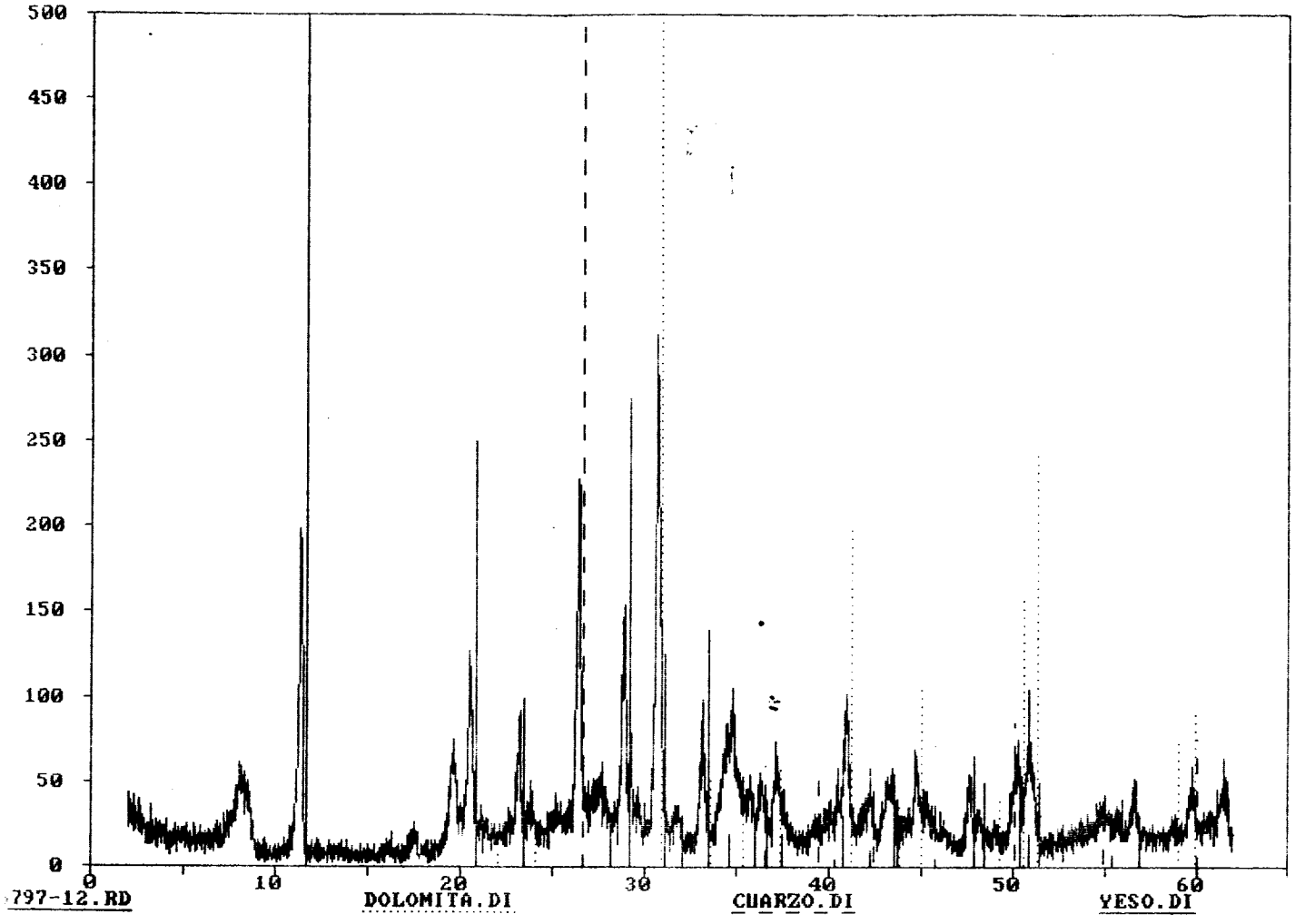
BS-2-09


1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
797-10.RD
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI
YESO.DI

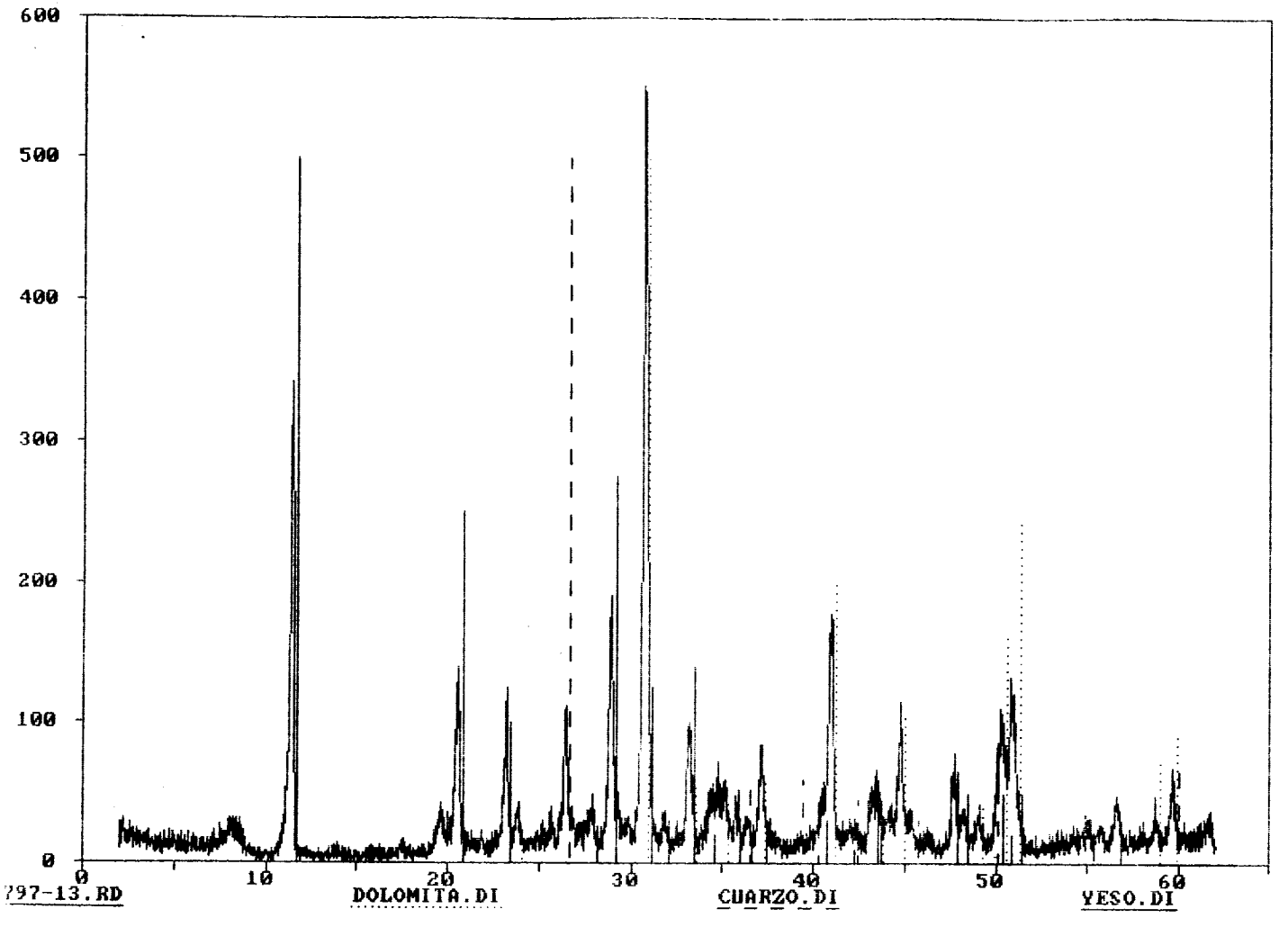
BS-2-10

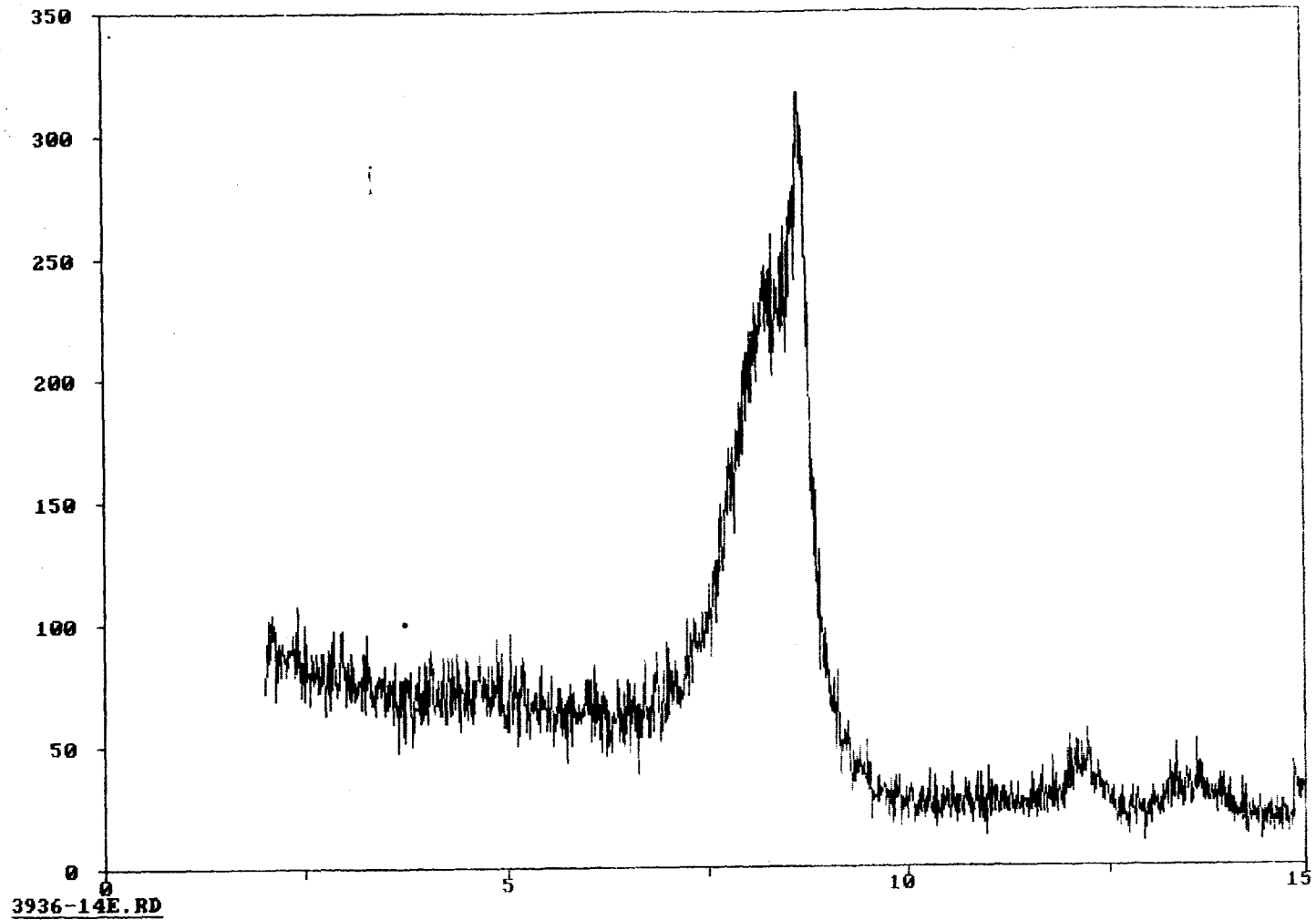


BS-2-11

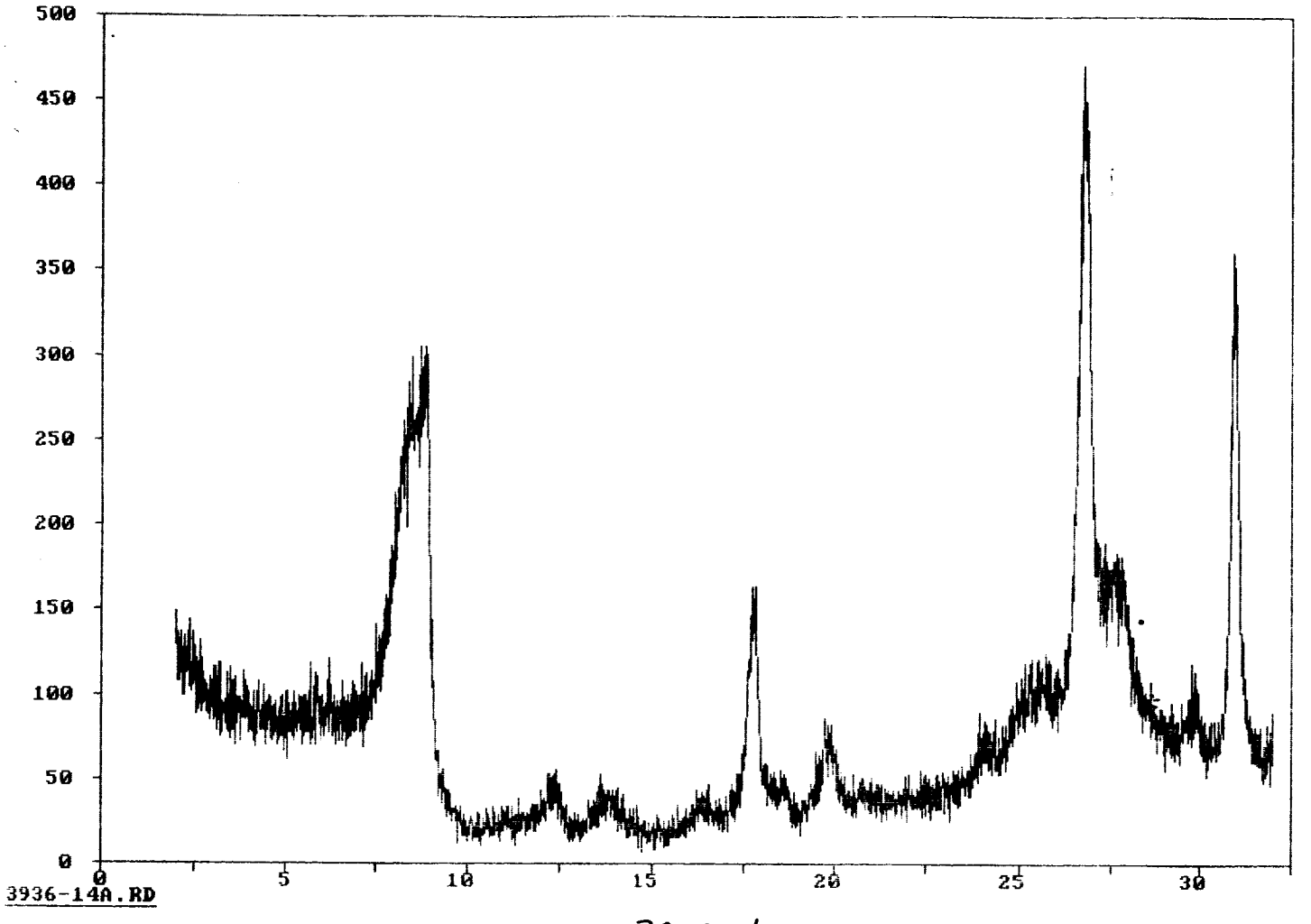

500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
10
20
30
40
50
60
797-12.RD
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI
YESO.DI

BS-2-12

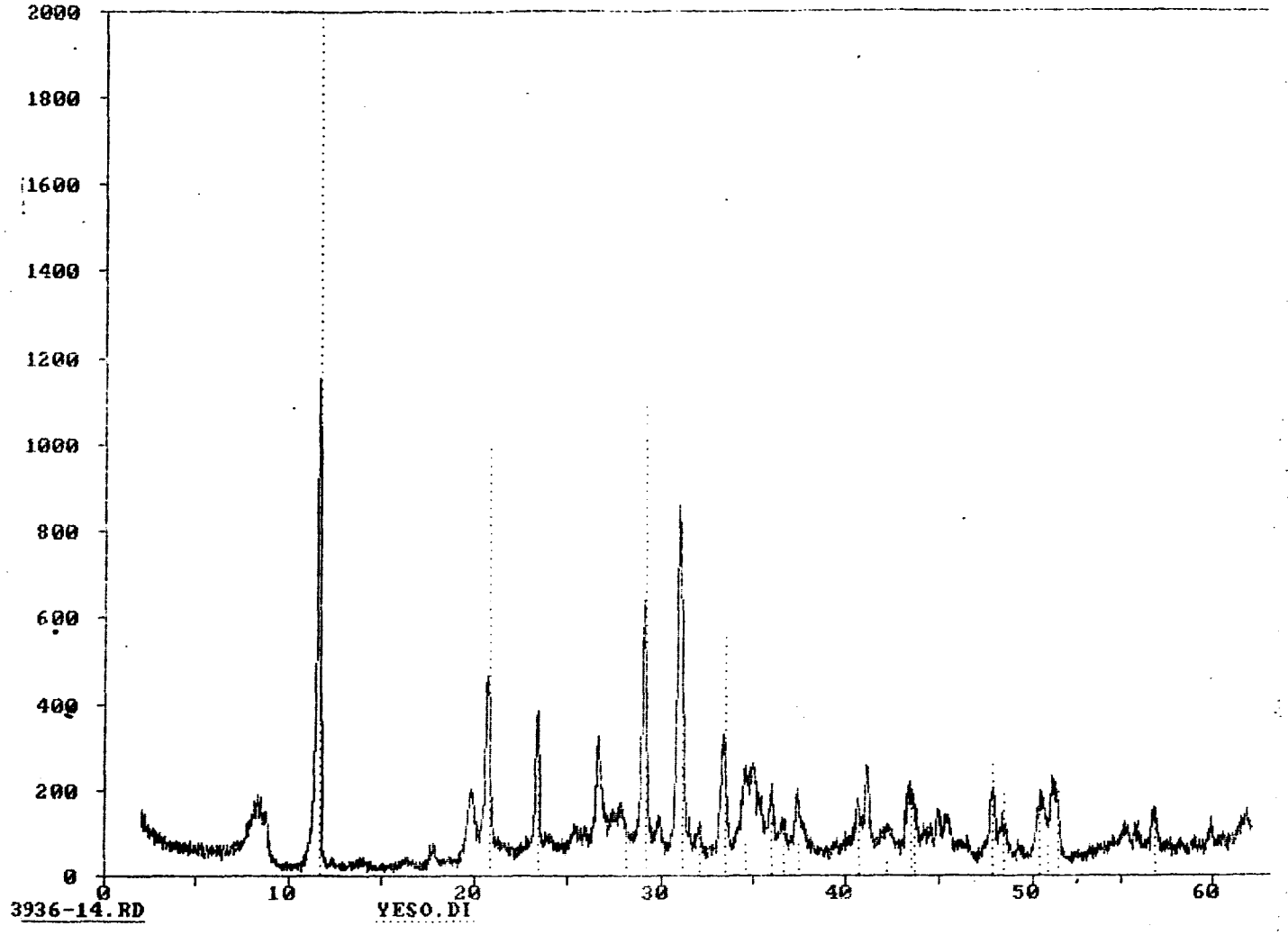

600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
797-13.RD
DOLOMITA.DI
CUARZO.DI
YESO.DI



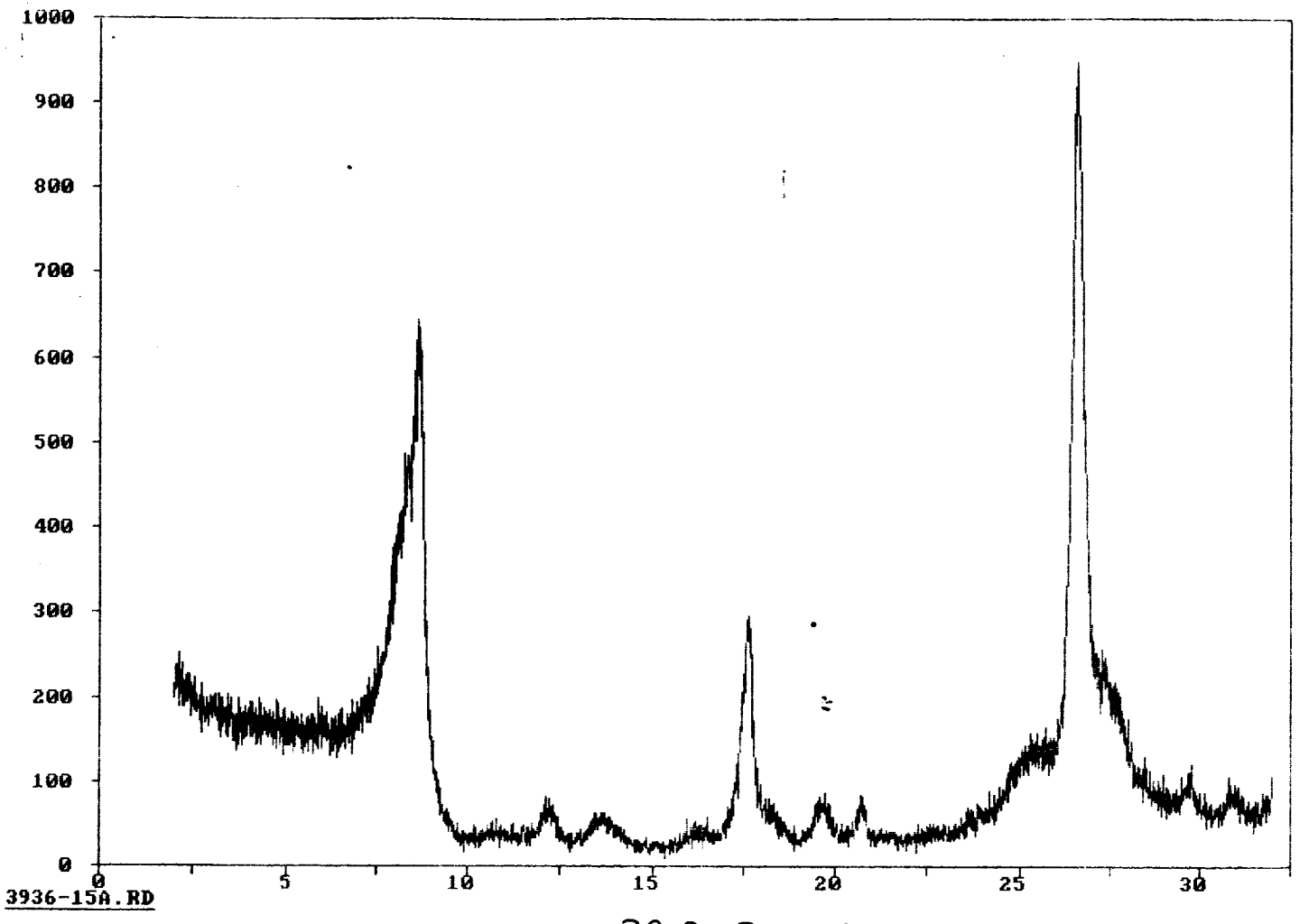
BS-2-14 -12 µ


500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
5
10
15
20
25
30
3936-14A.RD

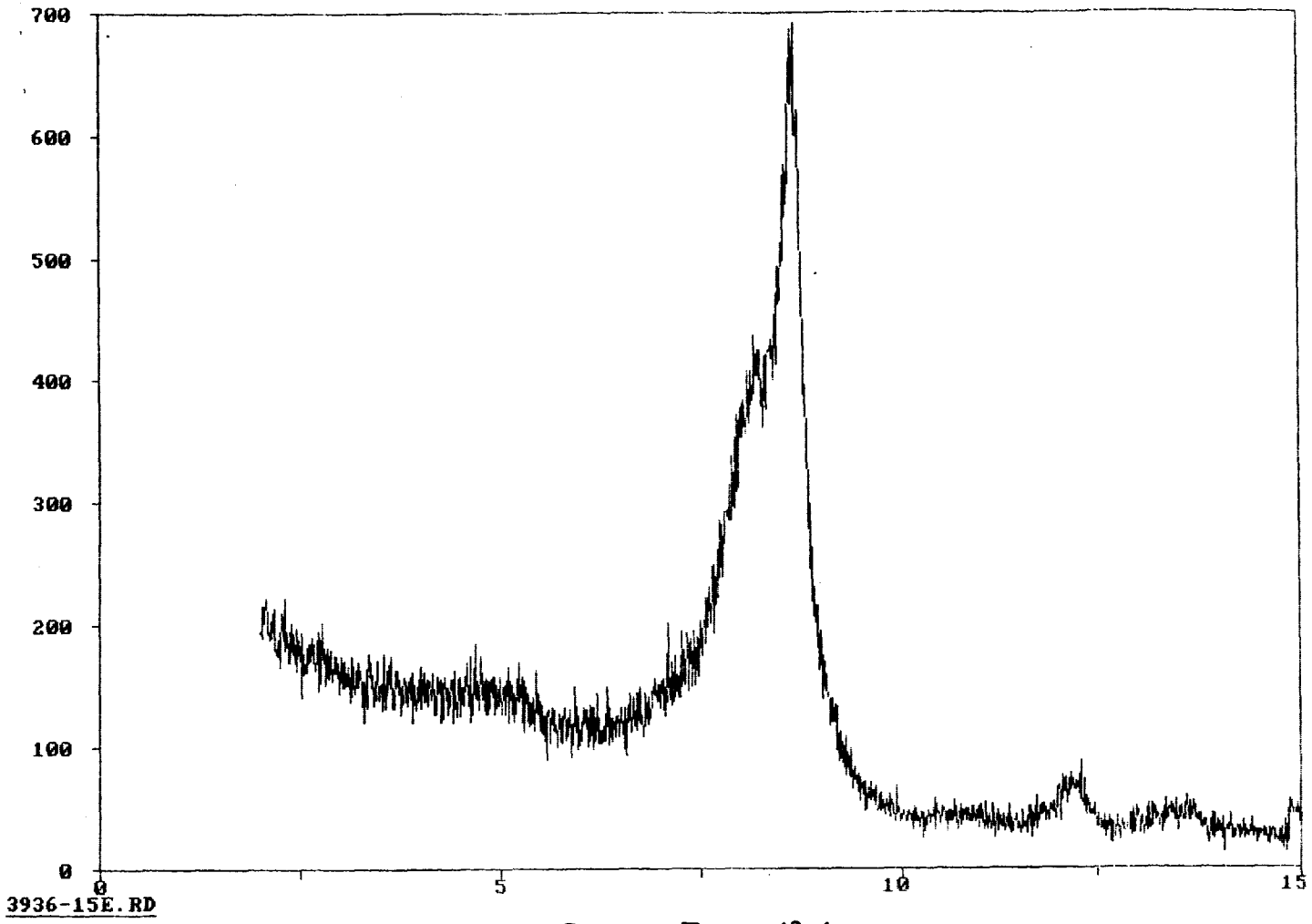
BS-2-14 -124



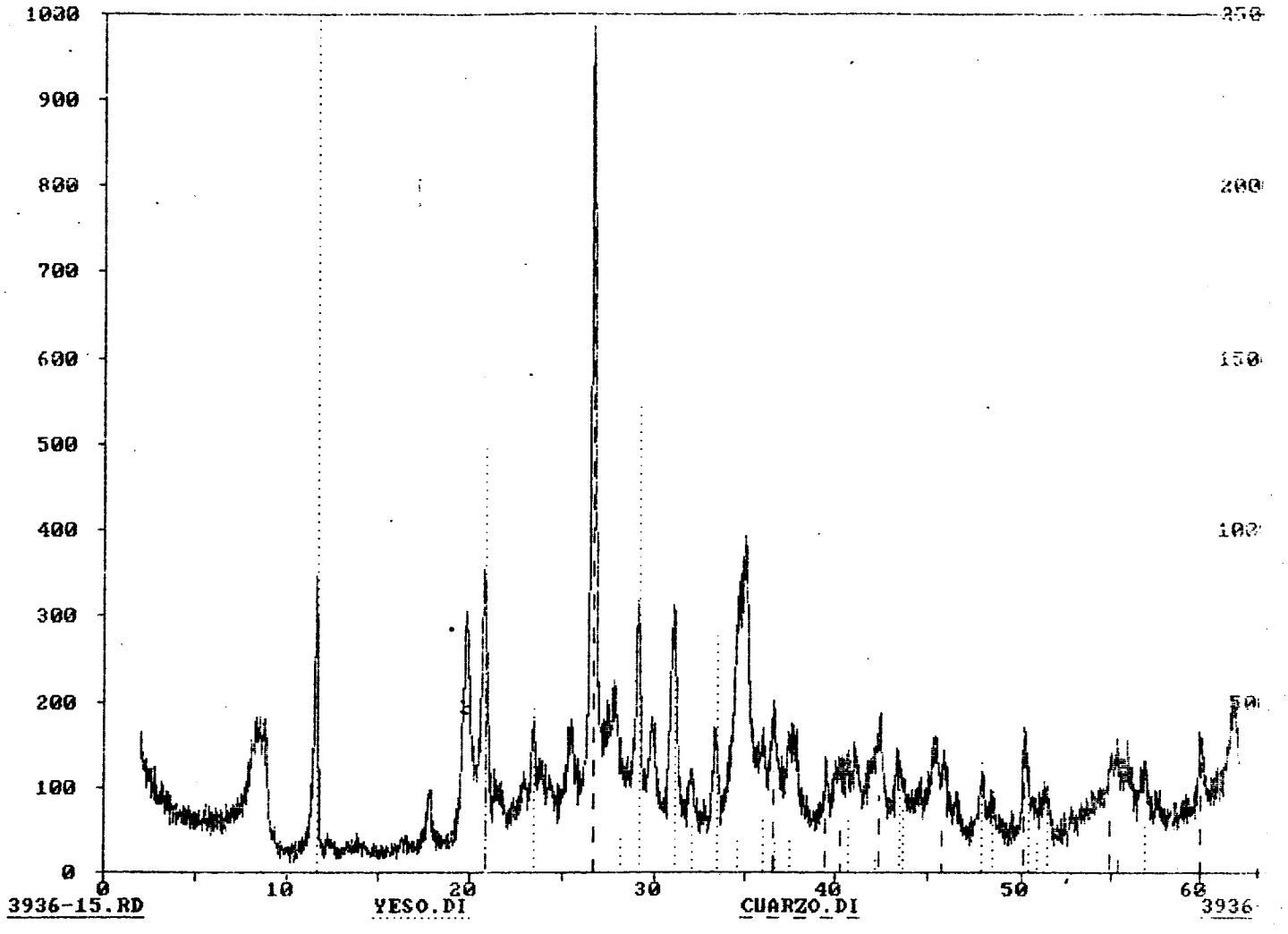
BS-2-14 - TODO UNO


1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
5
10
15
20
25
30
3936-15A.RD

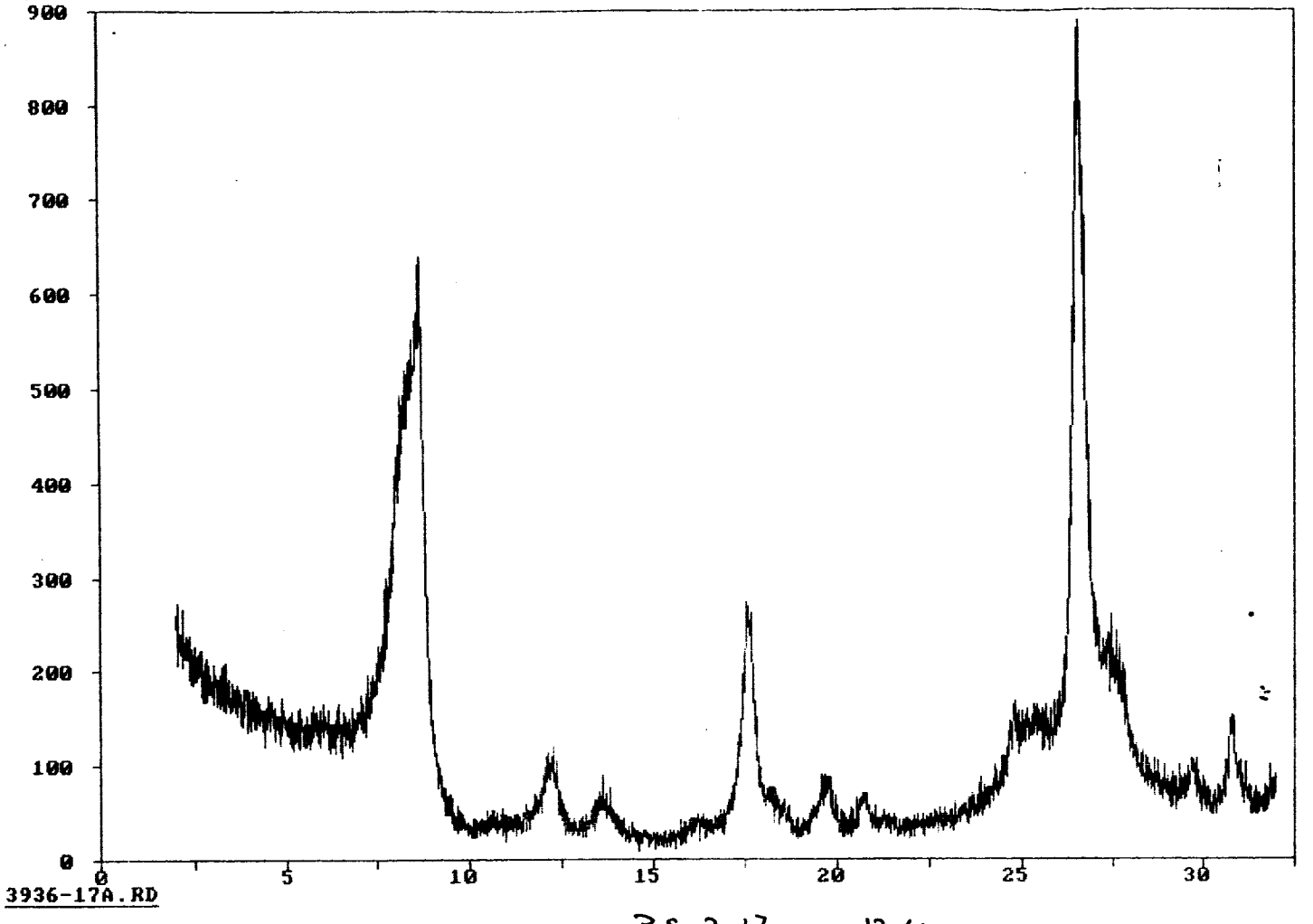
BS-2-15 -12 4



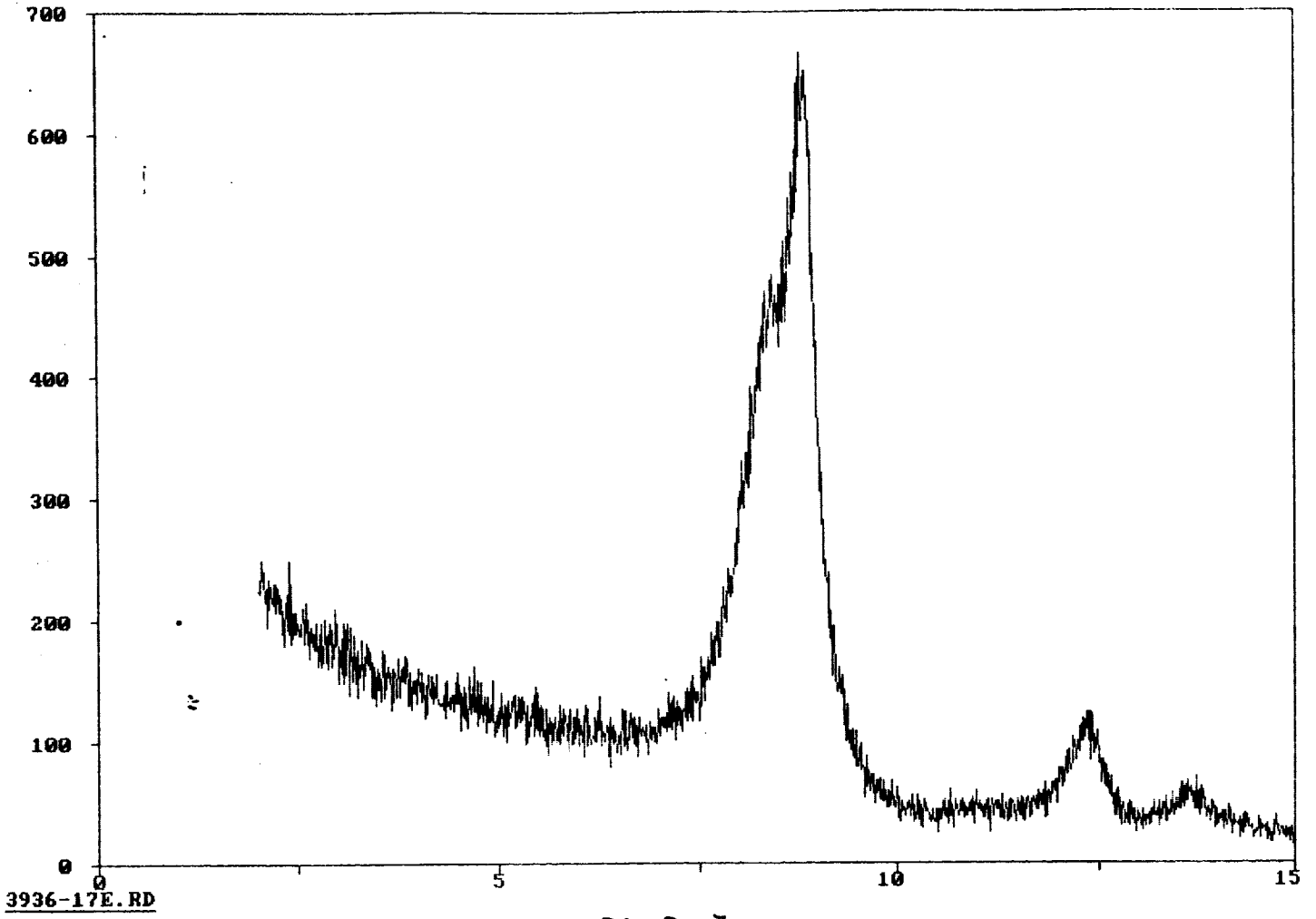
BS-2-15 -124



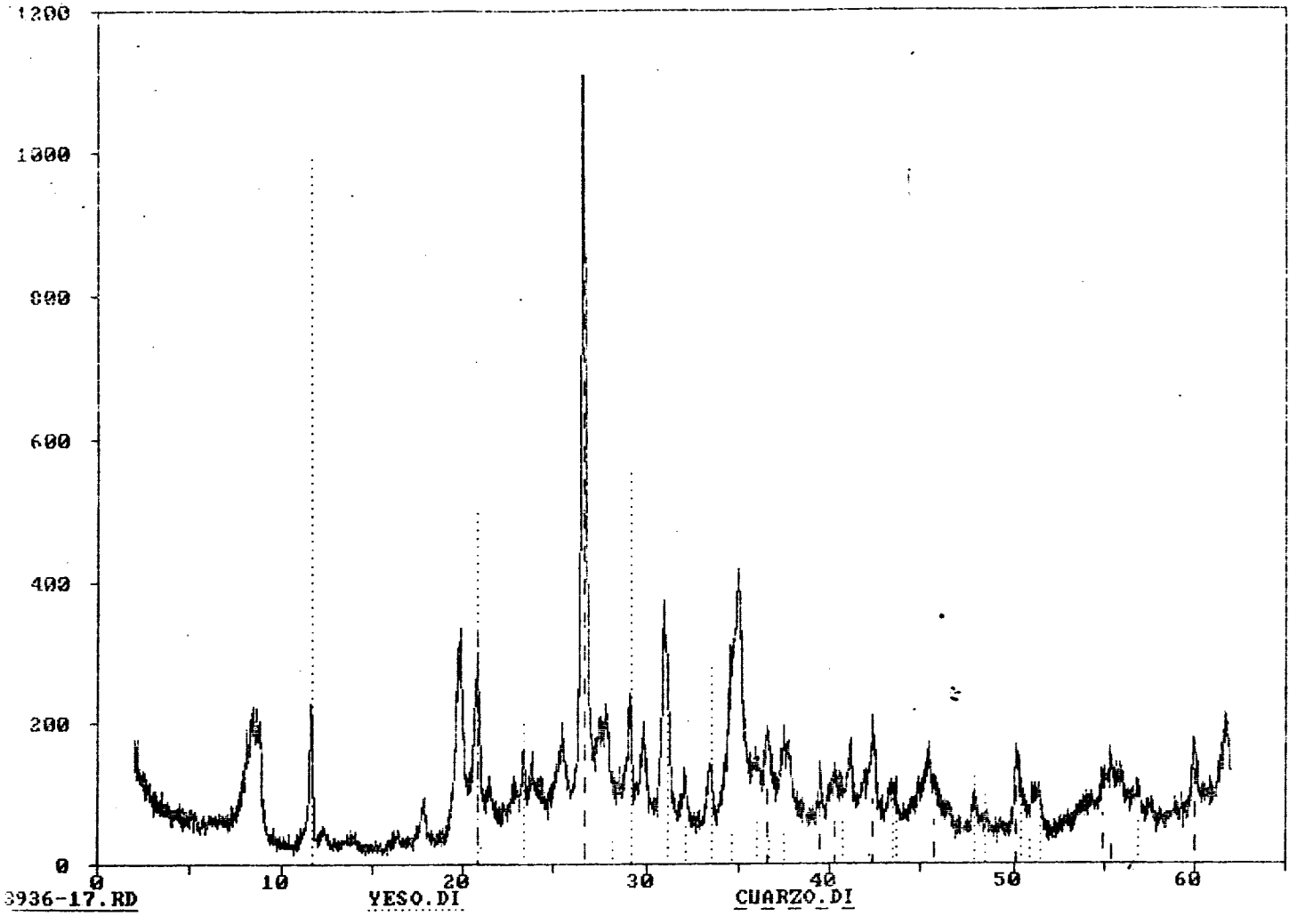
BS-2-15 - TODO UNO



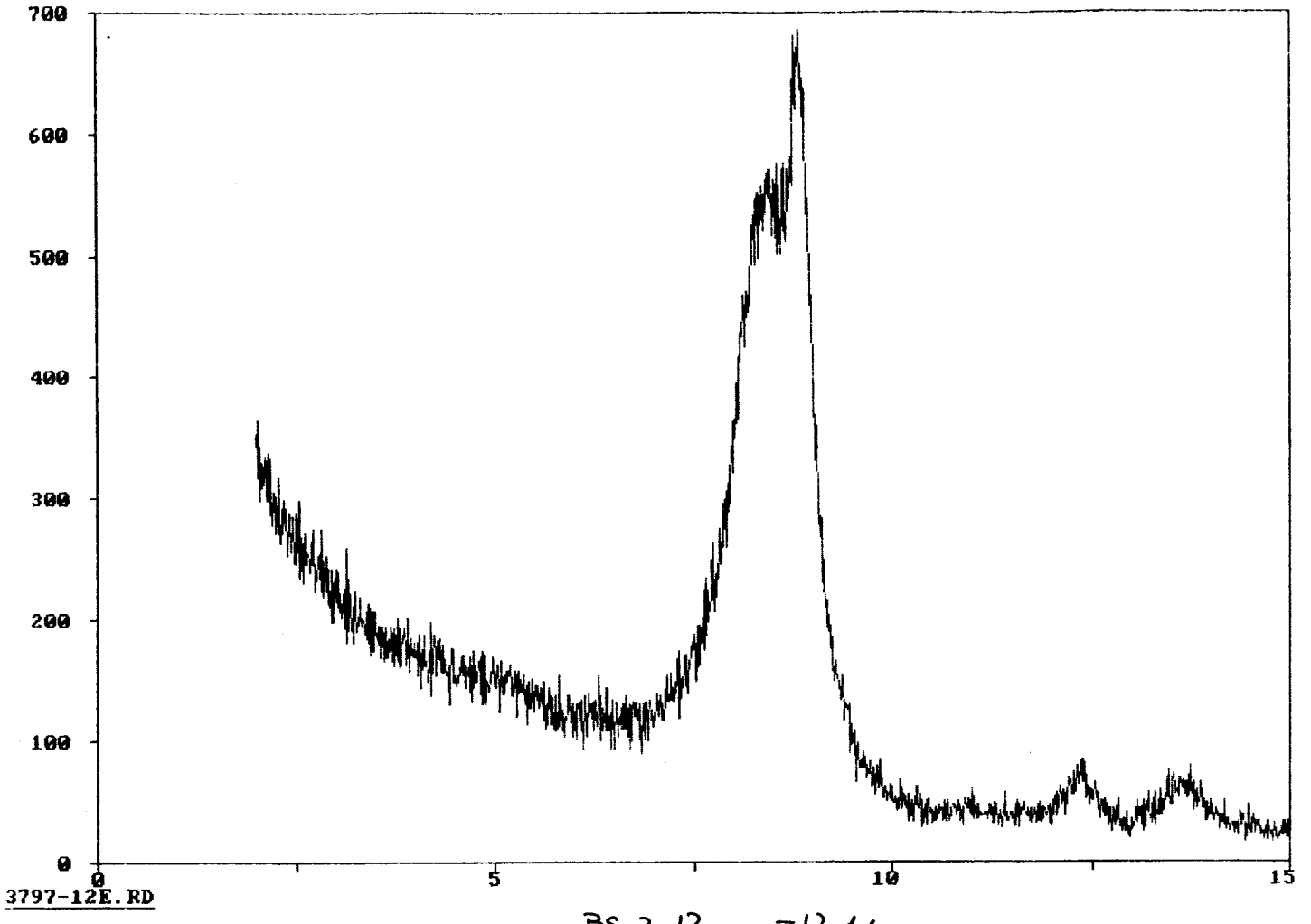
BS-2-17 -124



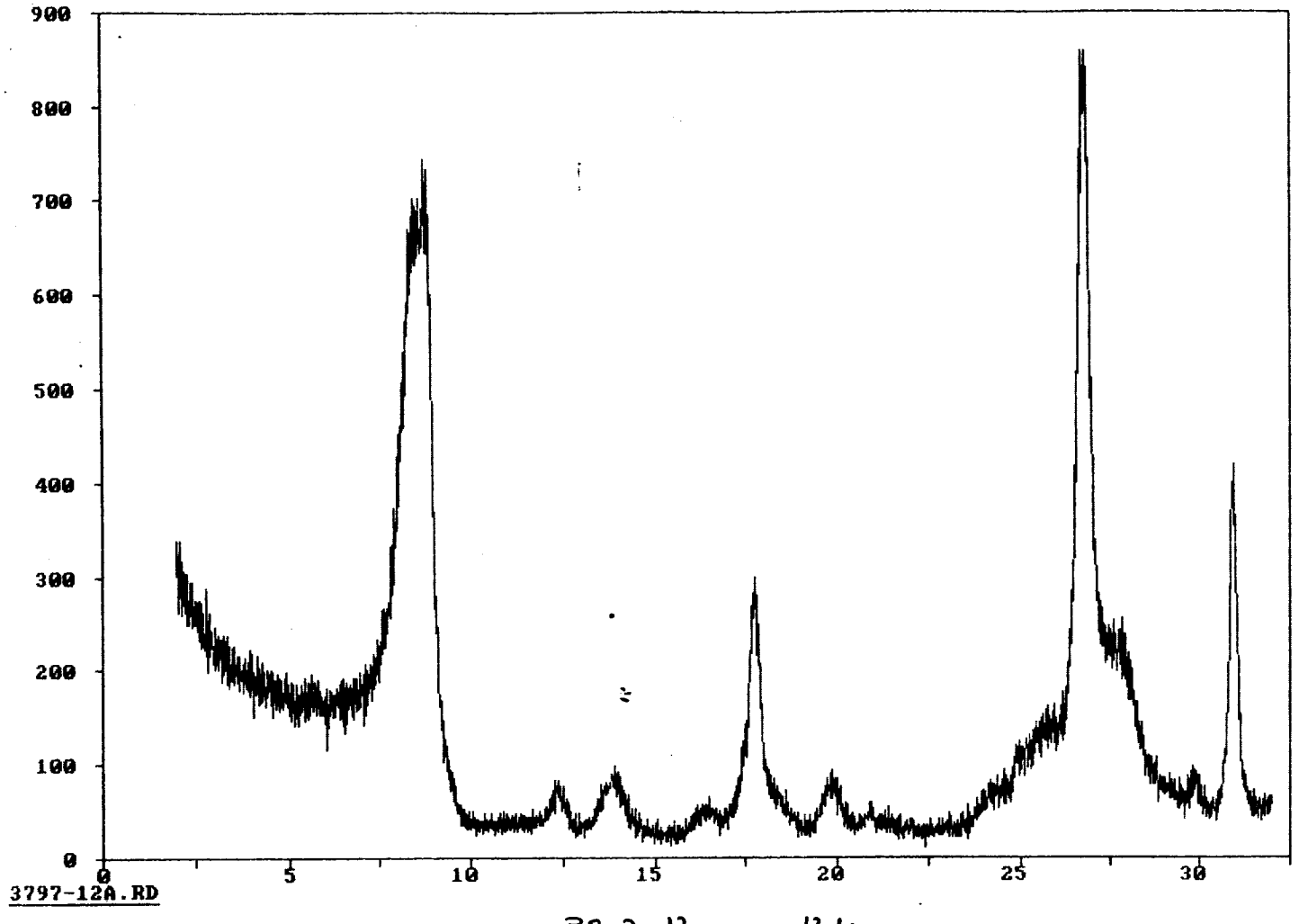
BS-2-17 -124



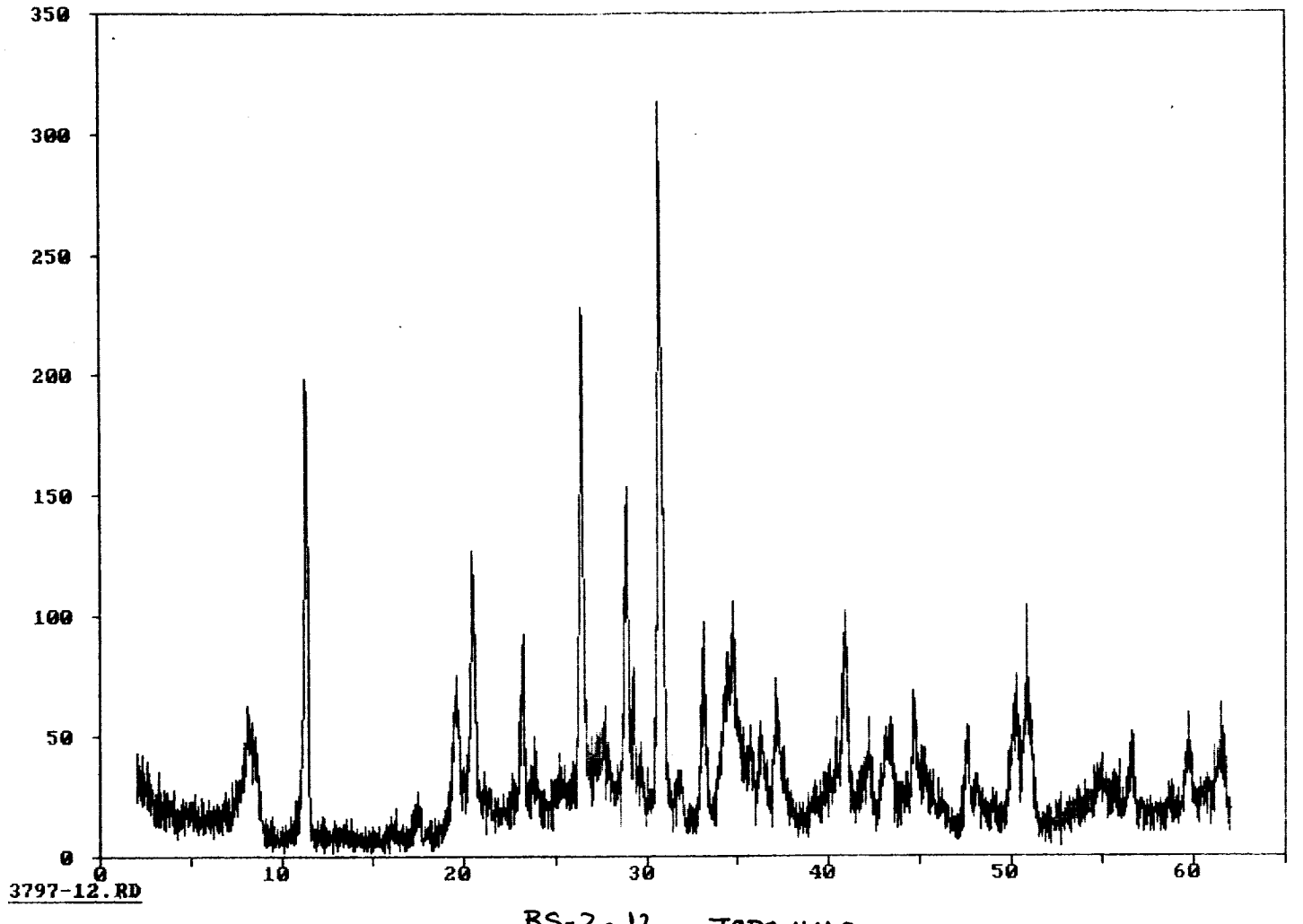
BS-2-17 - TODO UNO



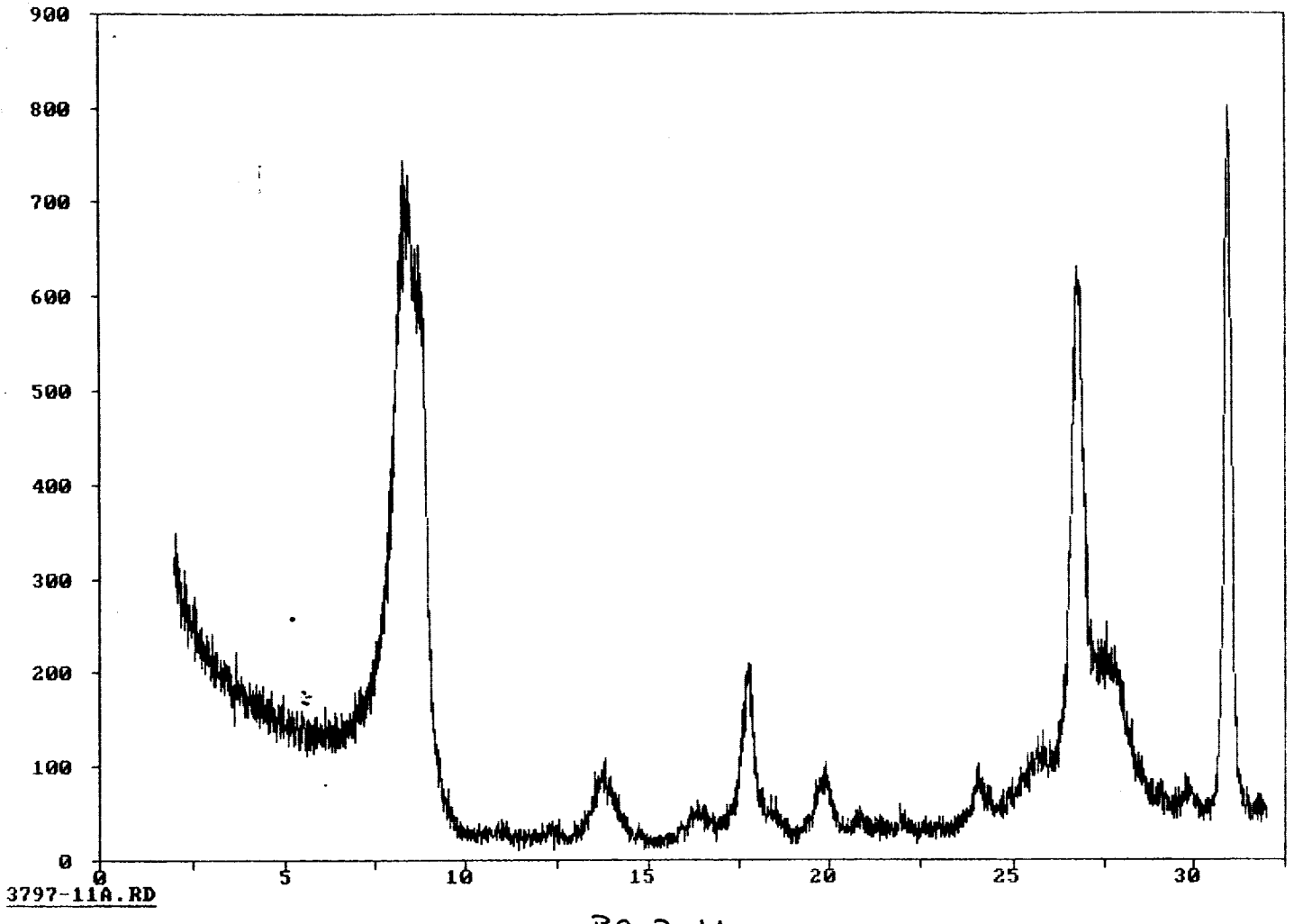
BS-2-12 -12 4



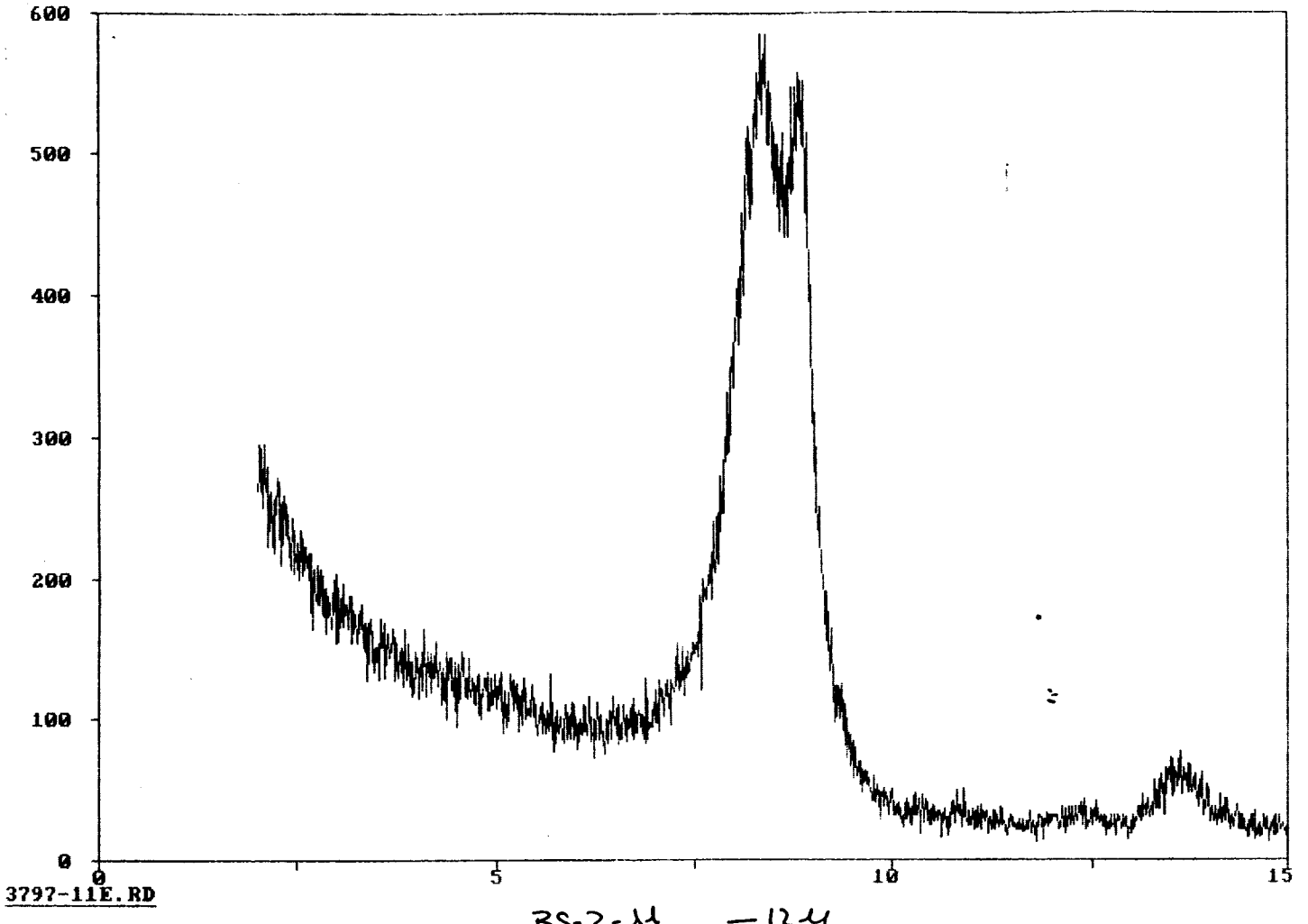
89-2-12 -124



BS-2-J2 TODO UNO

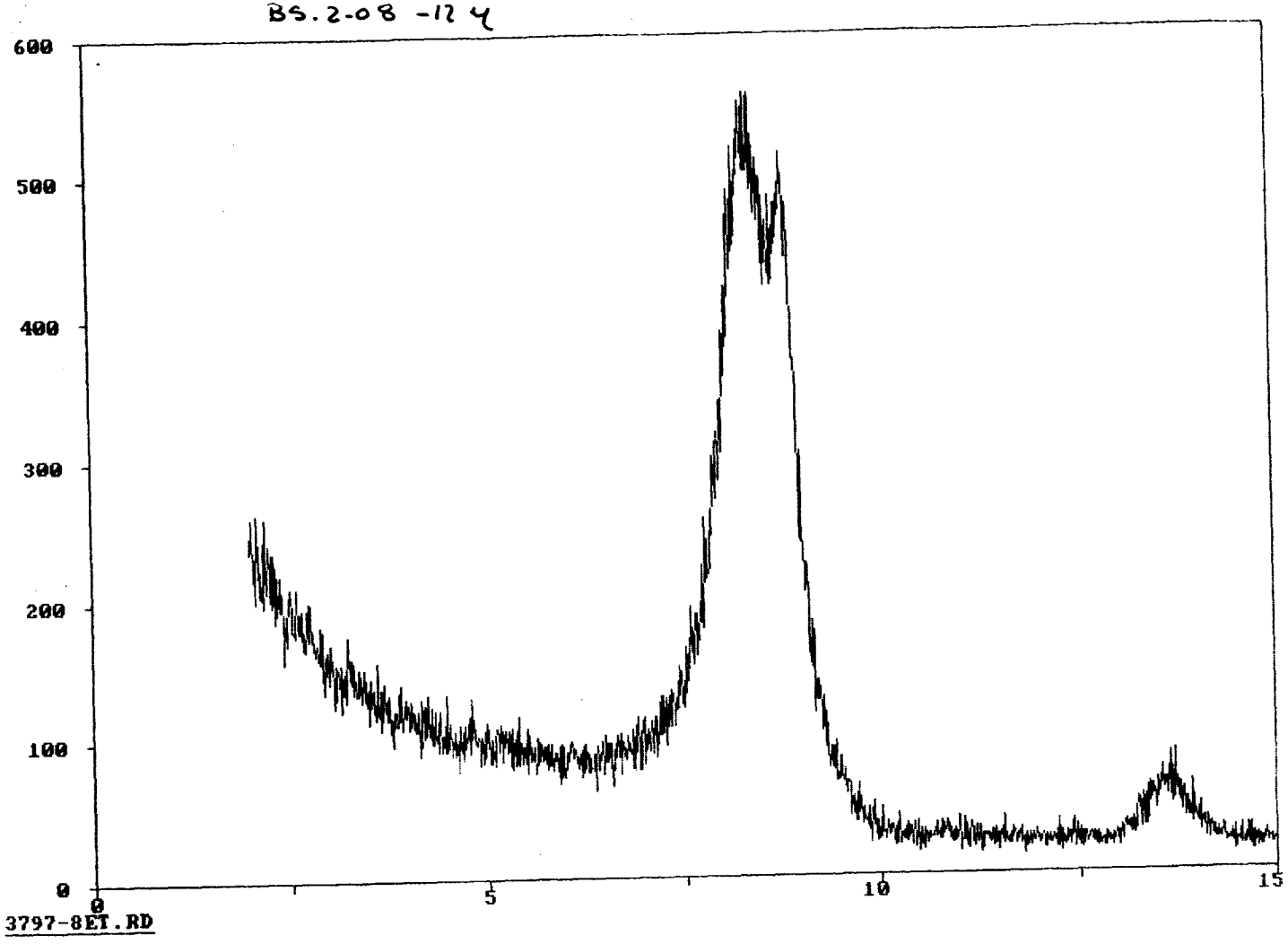


BS-2.11 -12µ

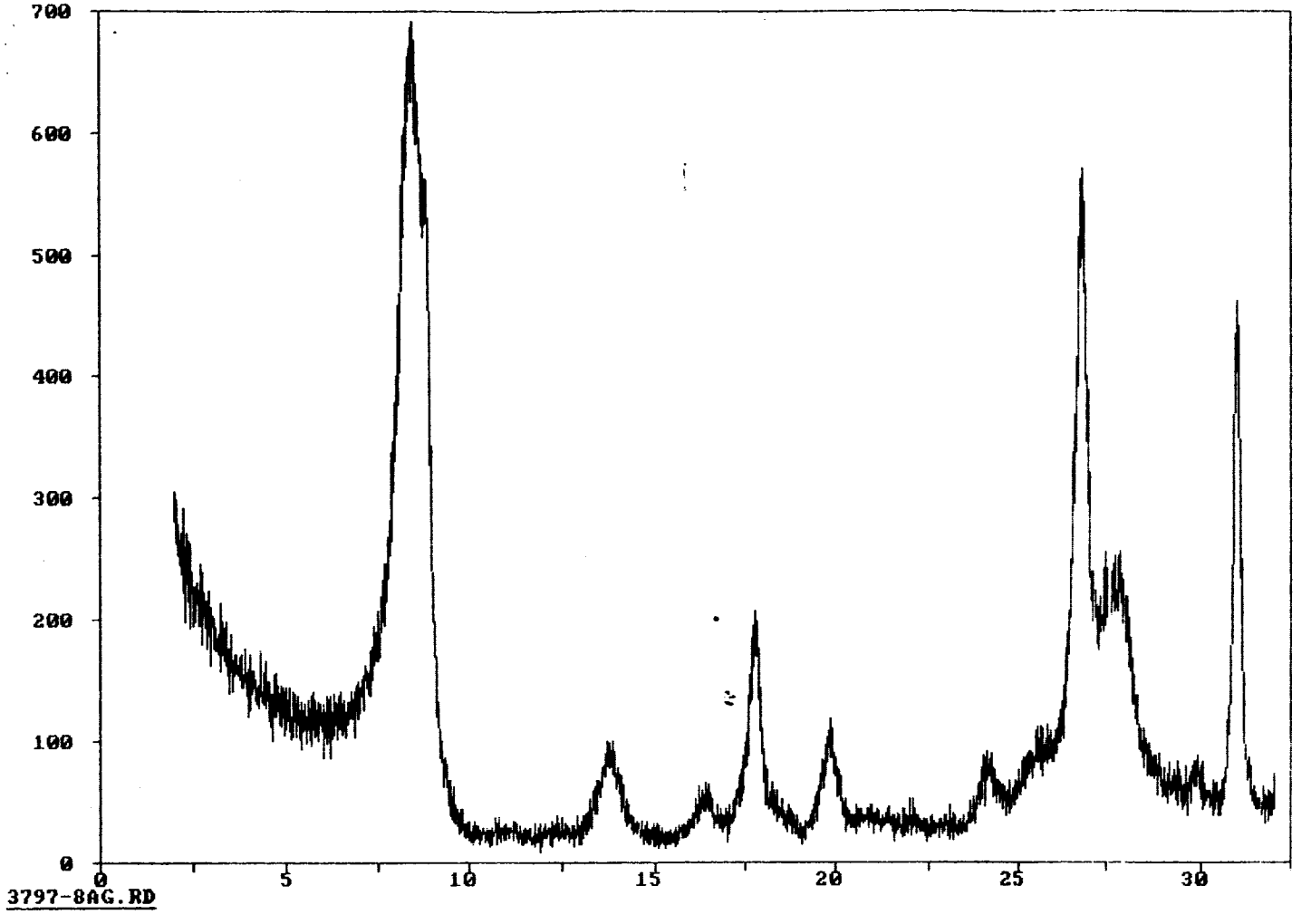


BS-2-11 — 124

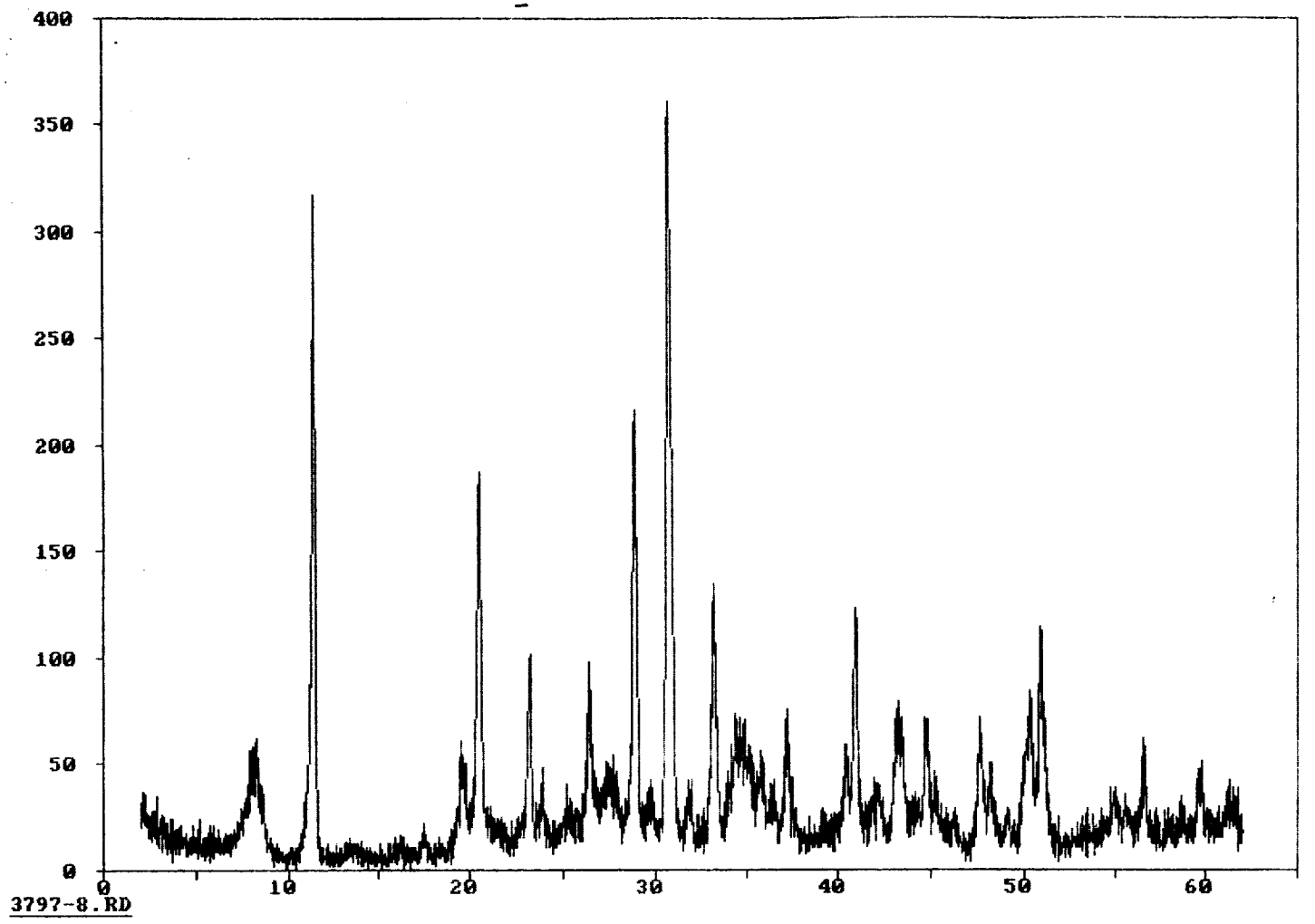
BS.2-08 -12 4

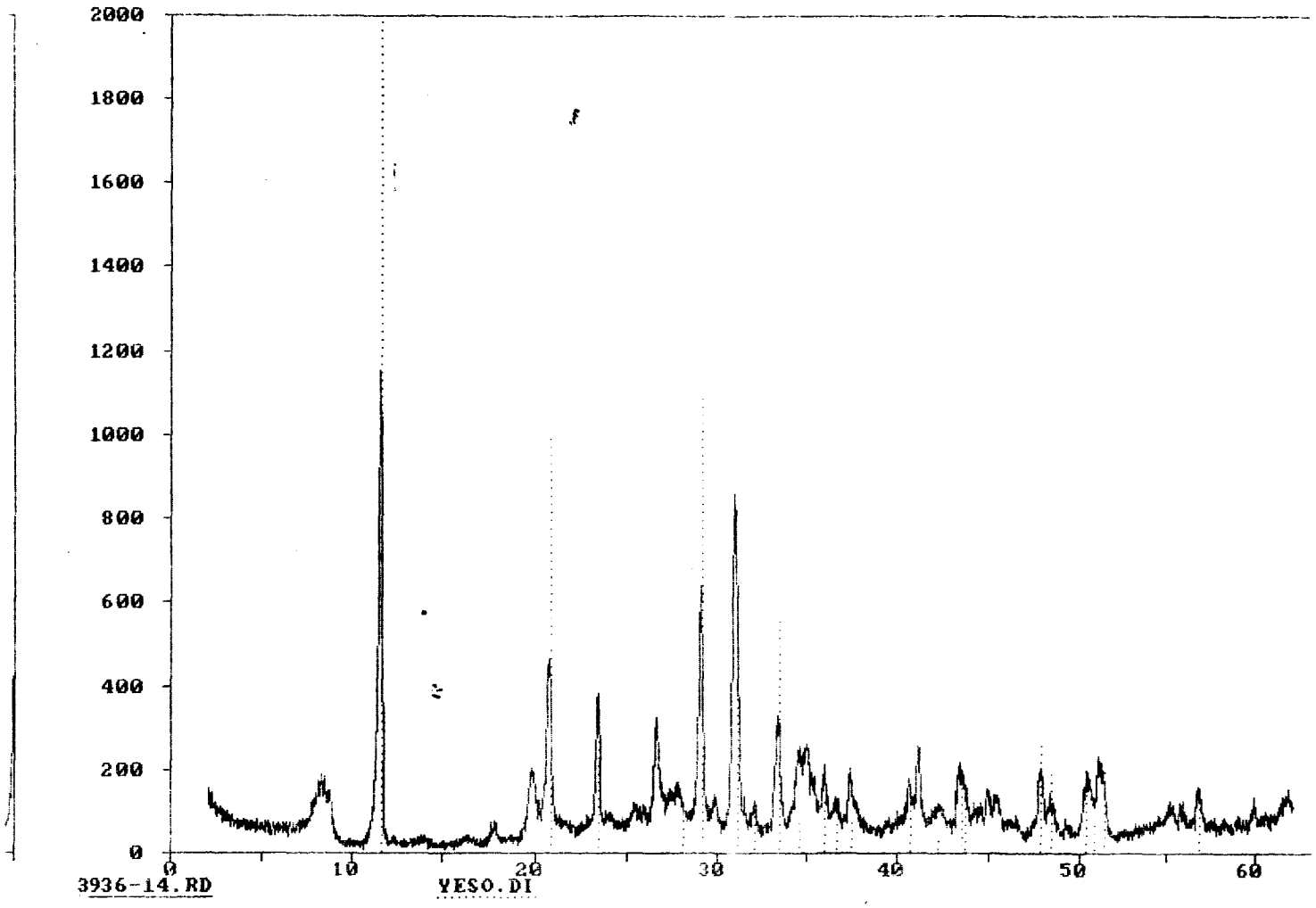


BS-2-08 - 124

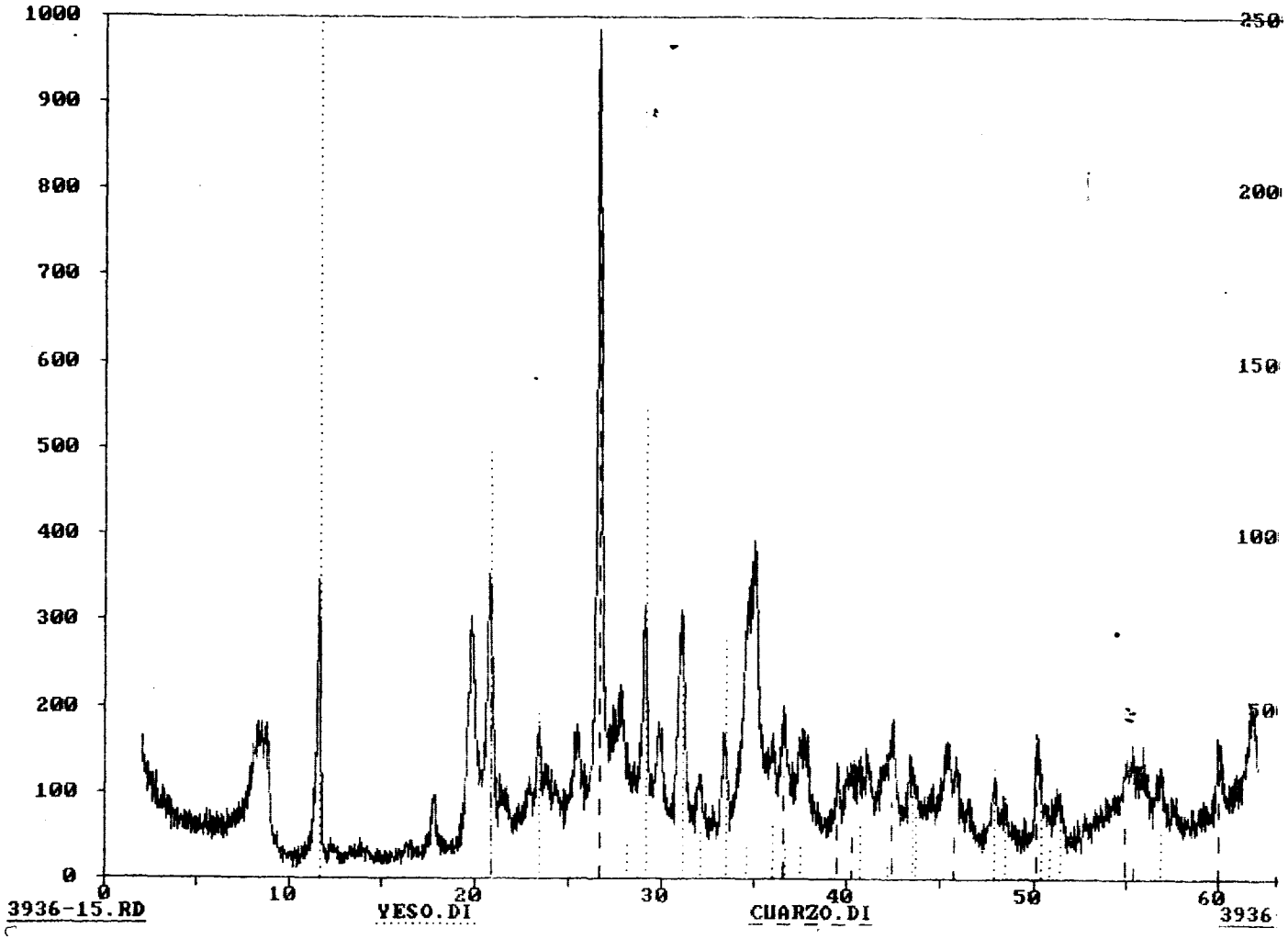


BS-2-08 - TODO UNO

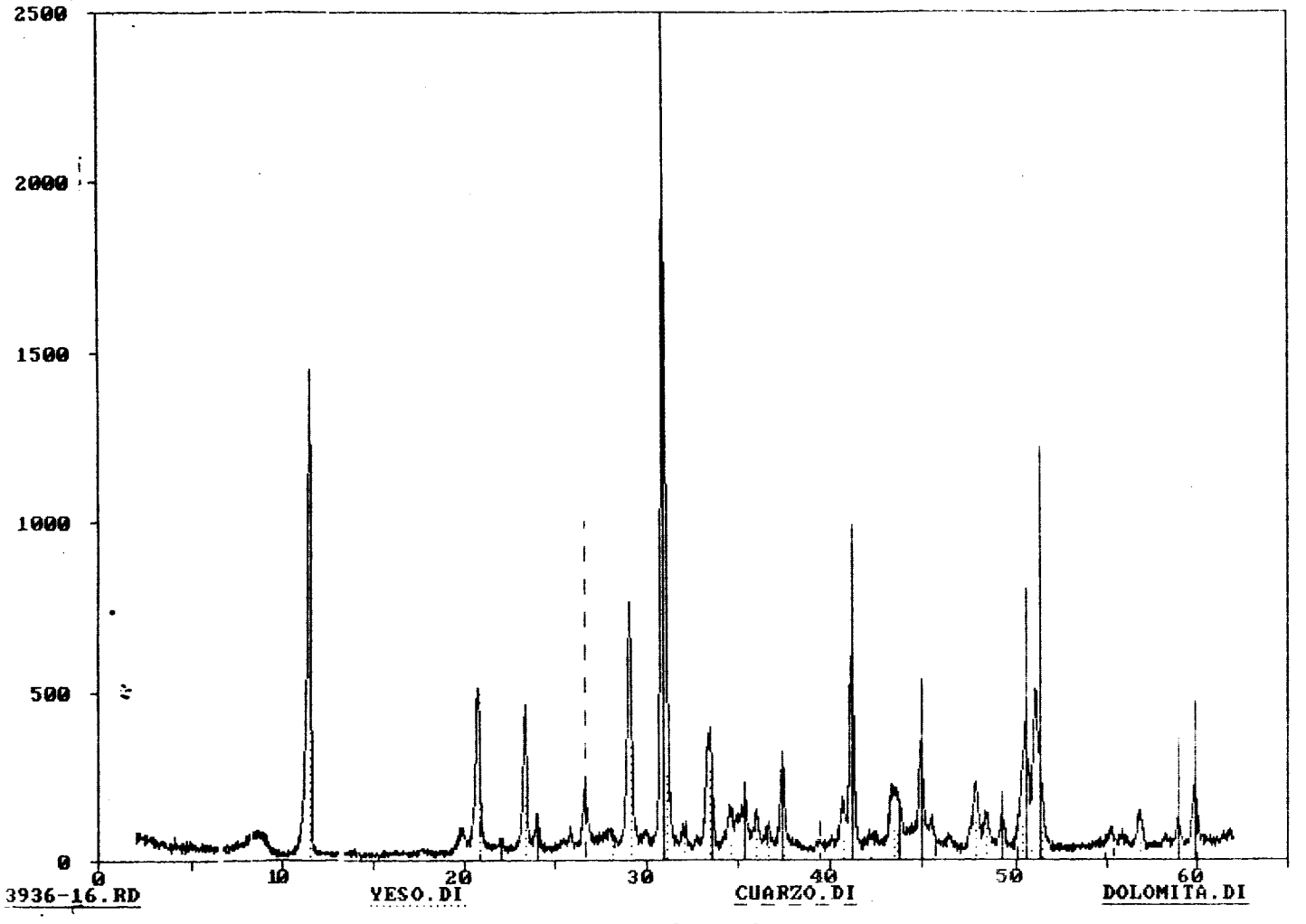



2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-14.RD
YESO.DI

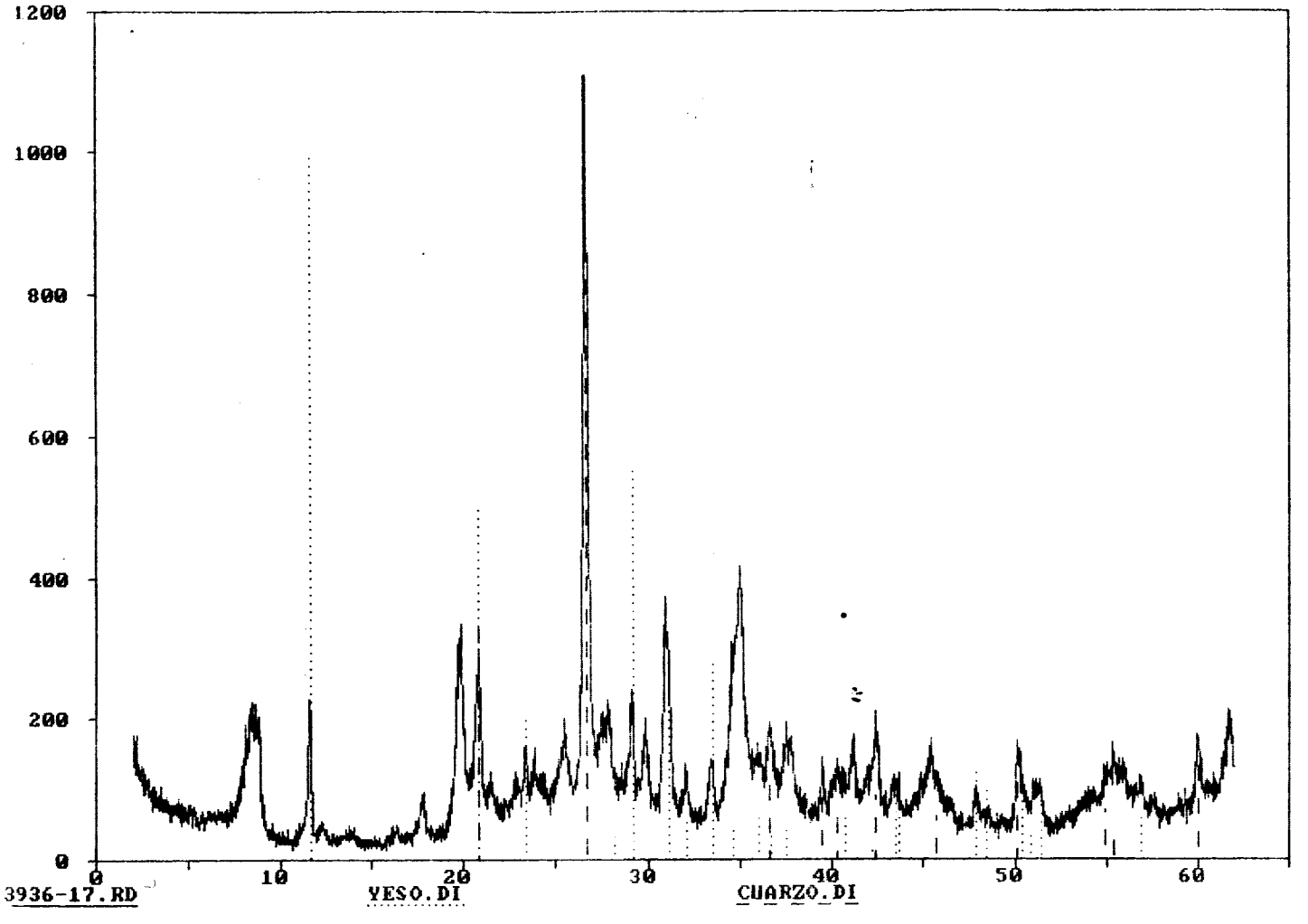
BS-2_14


1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
250
200
150
100
50
0
10
20
30
40
50
60
3936-15.RD
YESO.DI
CUARZO.DI
3936

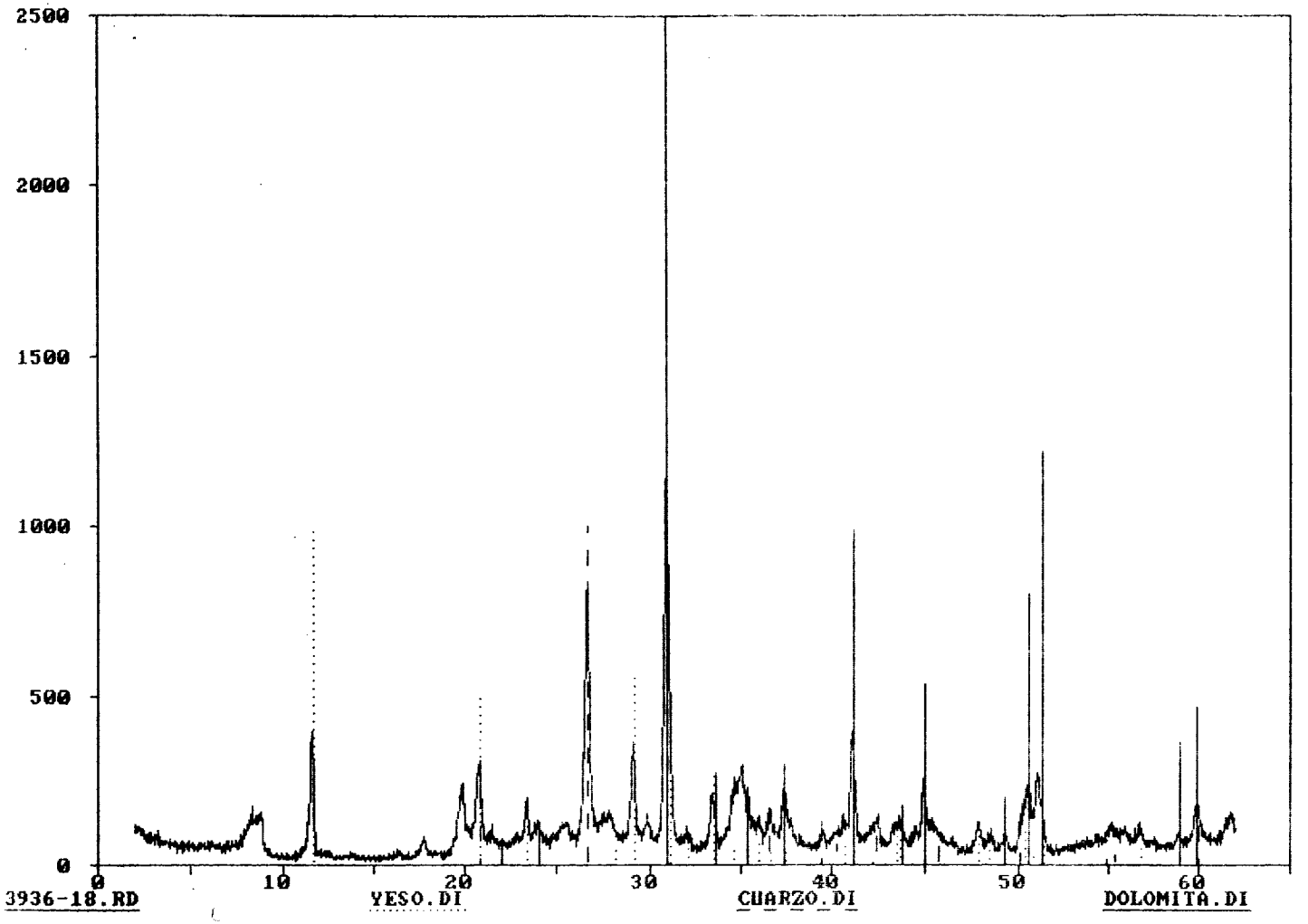
BS-2-15


2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-16.RD
YESO.DI
CUARZO.DI
DOLOMITA.DI

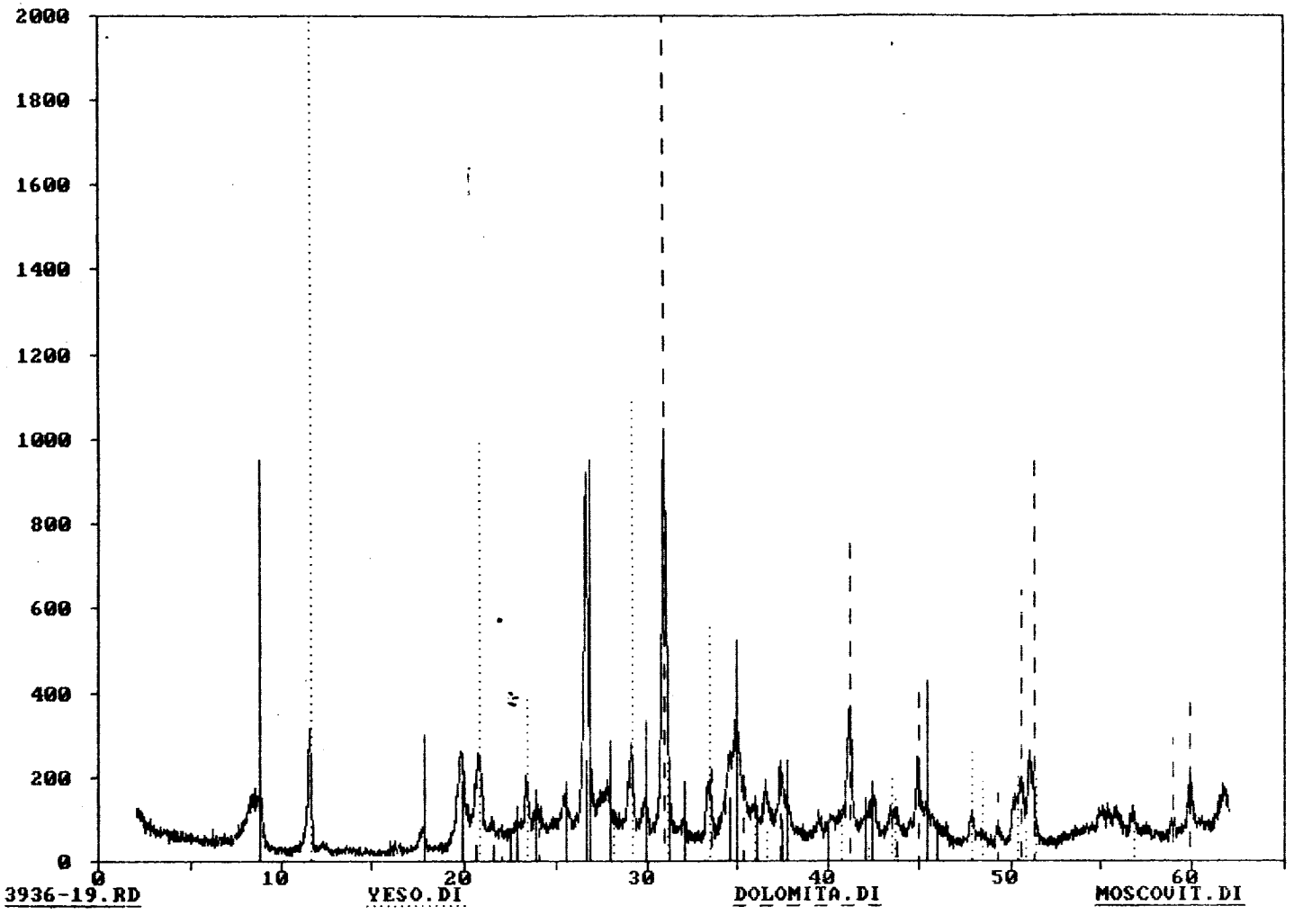
BS-2-16


1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-17.RD
YESO.DI
CUARZO.DI

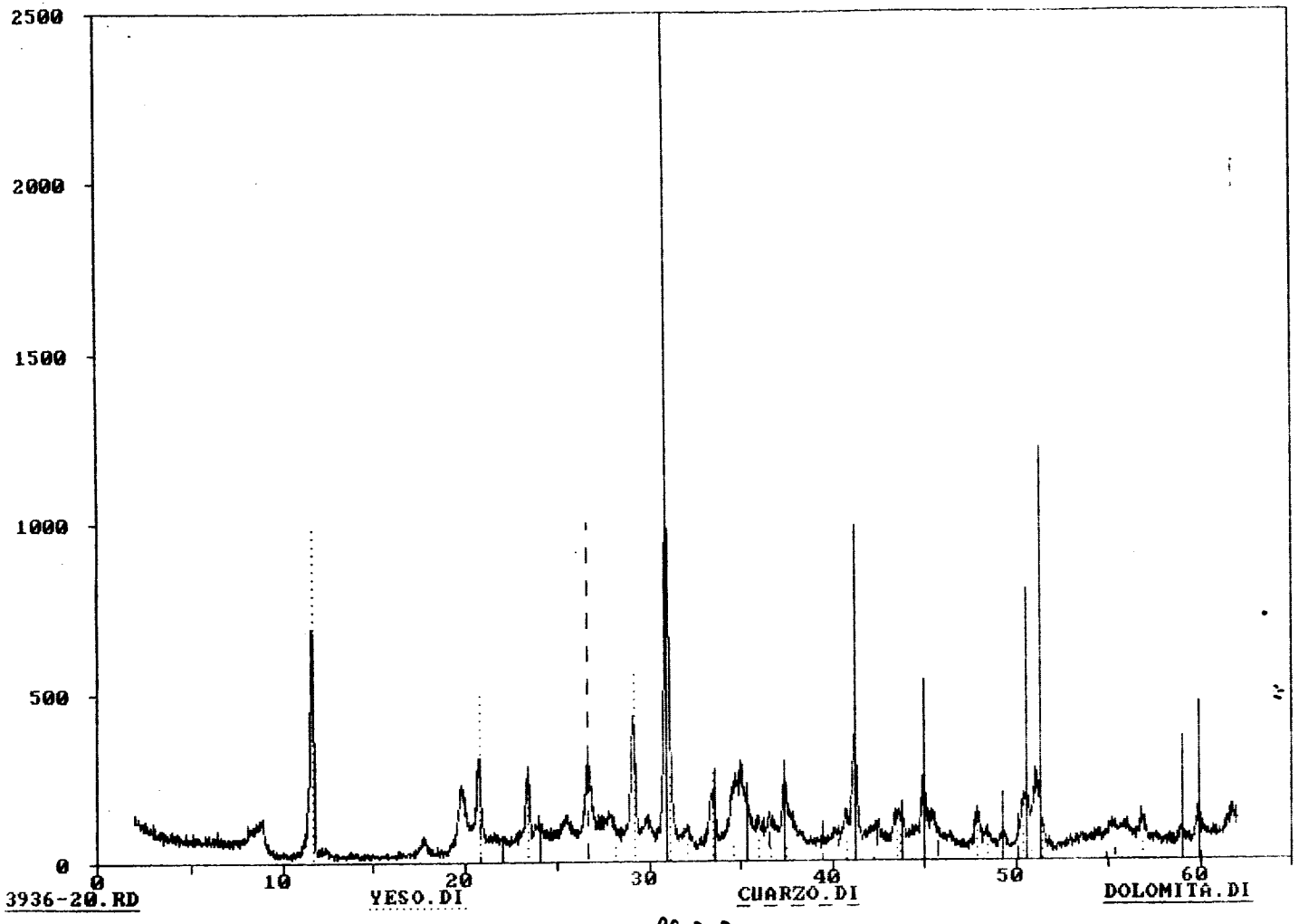
BS-2-17


2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-18.RD
YESO.DI
CUARZO.DI
DOLOMITA.DI

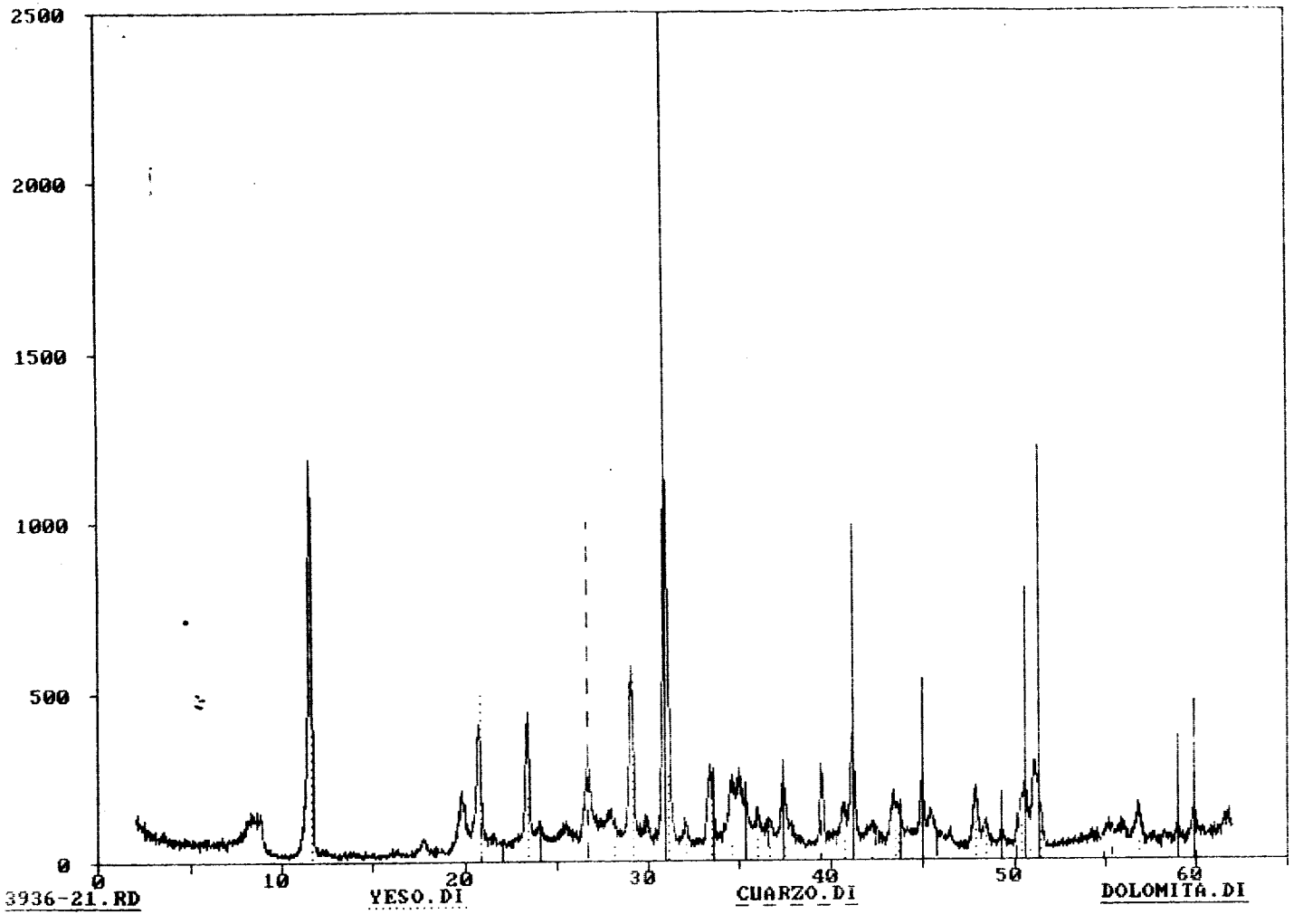
BS-2-18


2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-19.RD
YESO.DI
DOLOMITA.DI
MOSCOVIT.DI

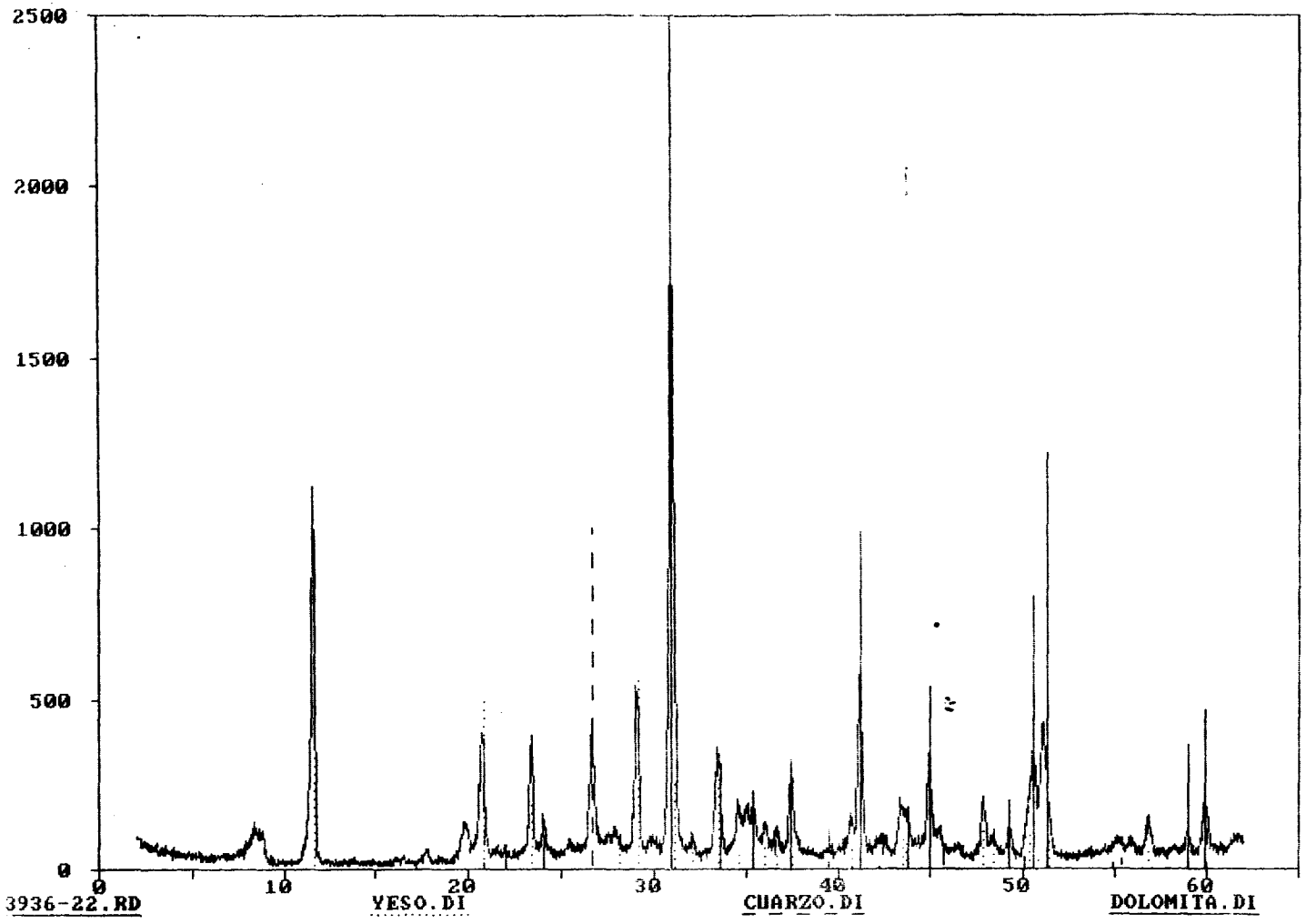
BS-2-19


2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-20.RD
YESO.DI
CUARZO.DI
DOLOMITA.DI

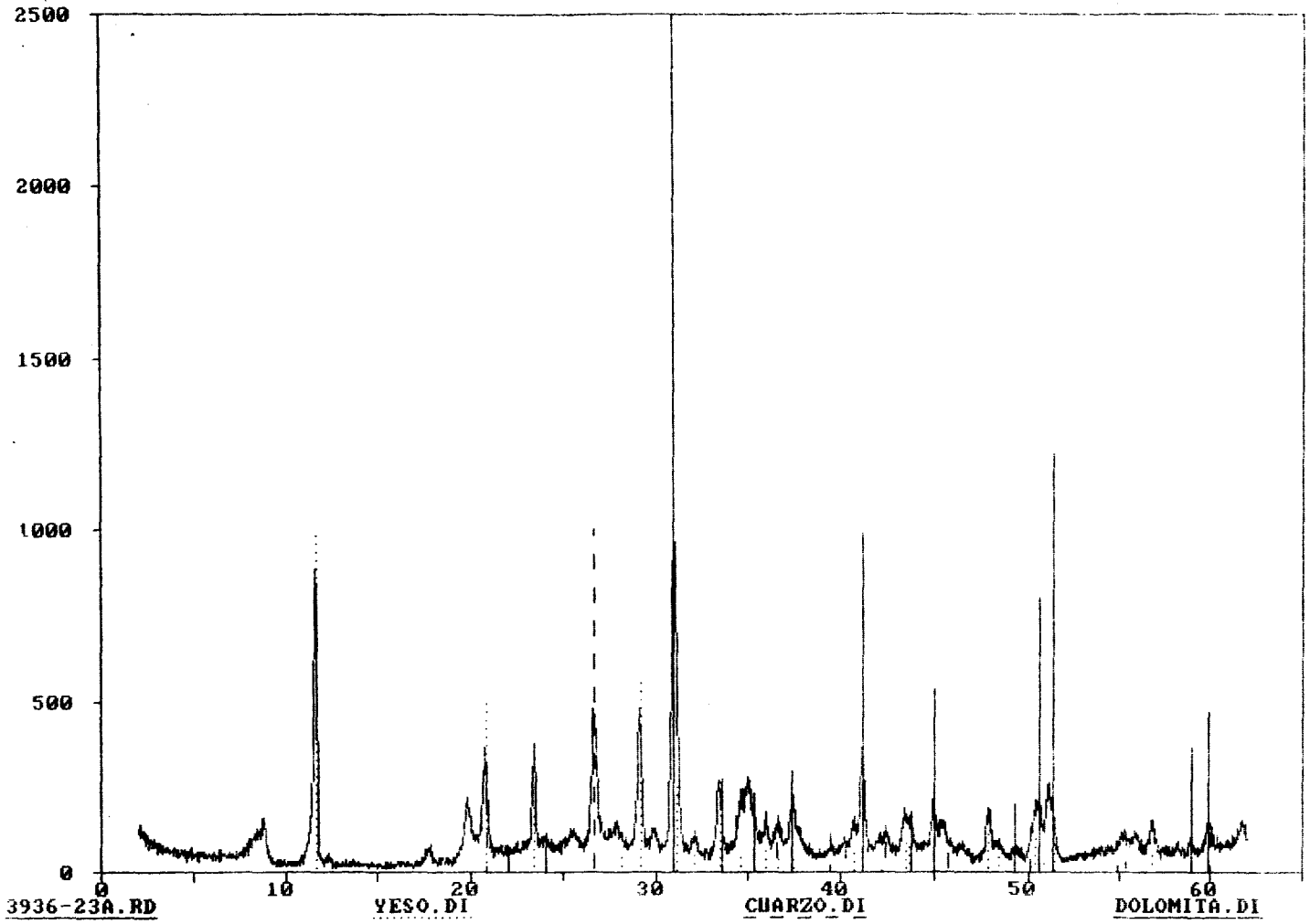
BS-2-20


2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-21.RD
YESO.DI
CUARZO.DI
DOLOMITA.DI

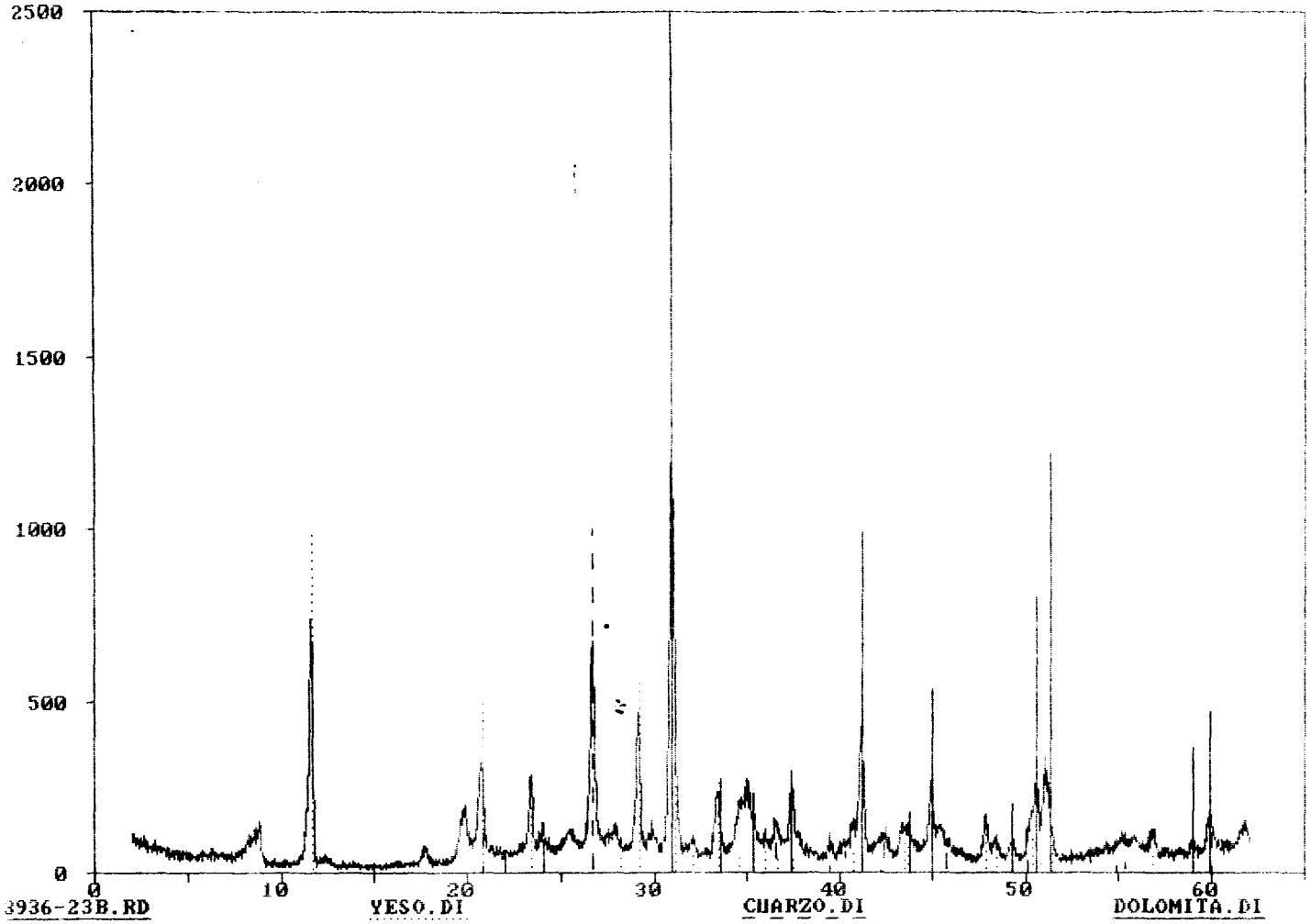
- BS-2-21 -


2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-22.RD
YESO.DI
CUARZO.DI
DOLOMITA.DI

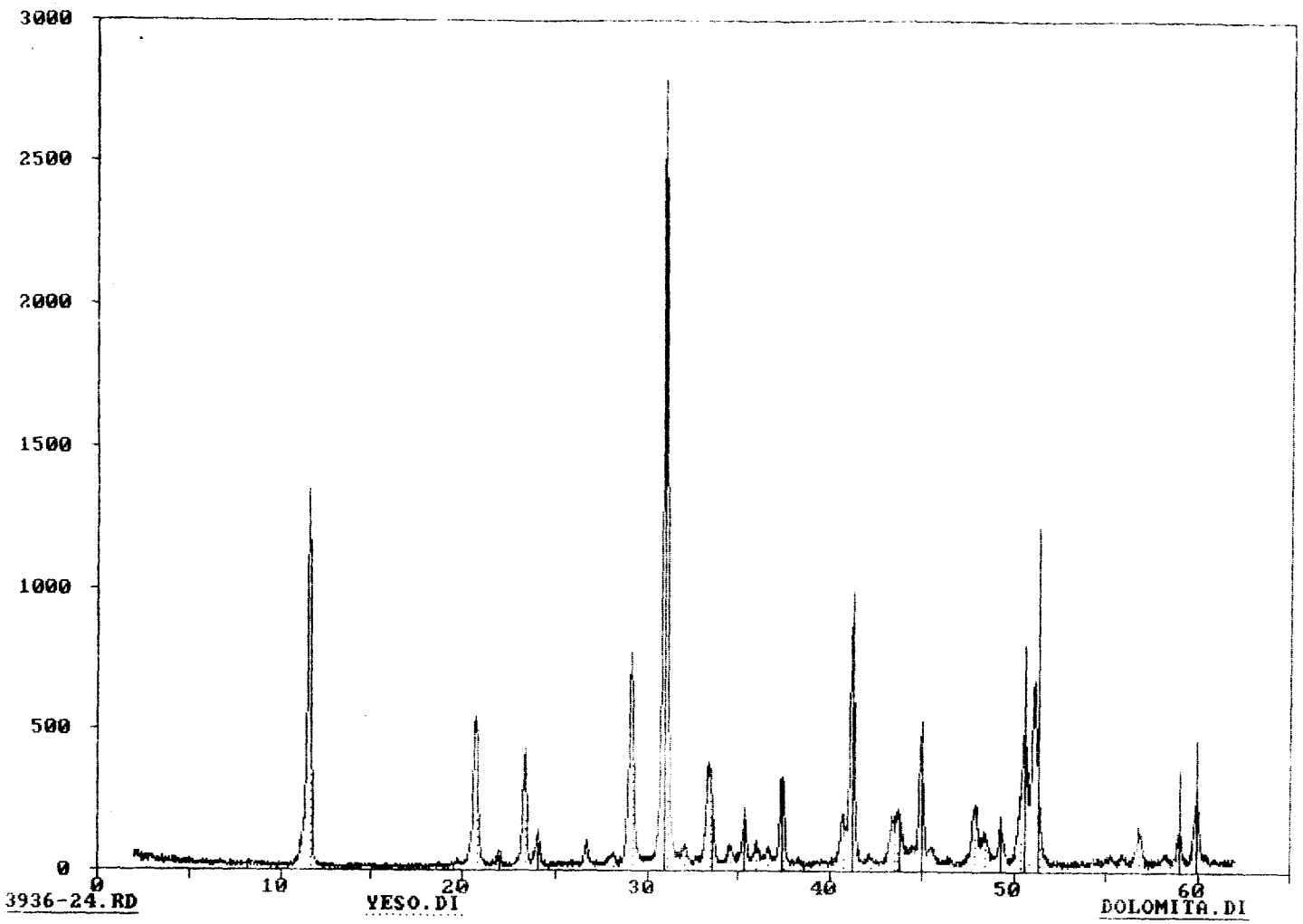
RS-2-22


2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-23A.RD
YESO.DI
CUARZO.DI
DOLOMITA.DI

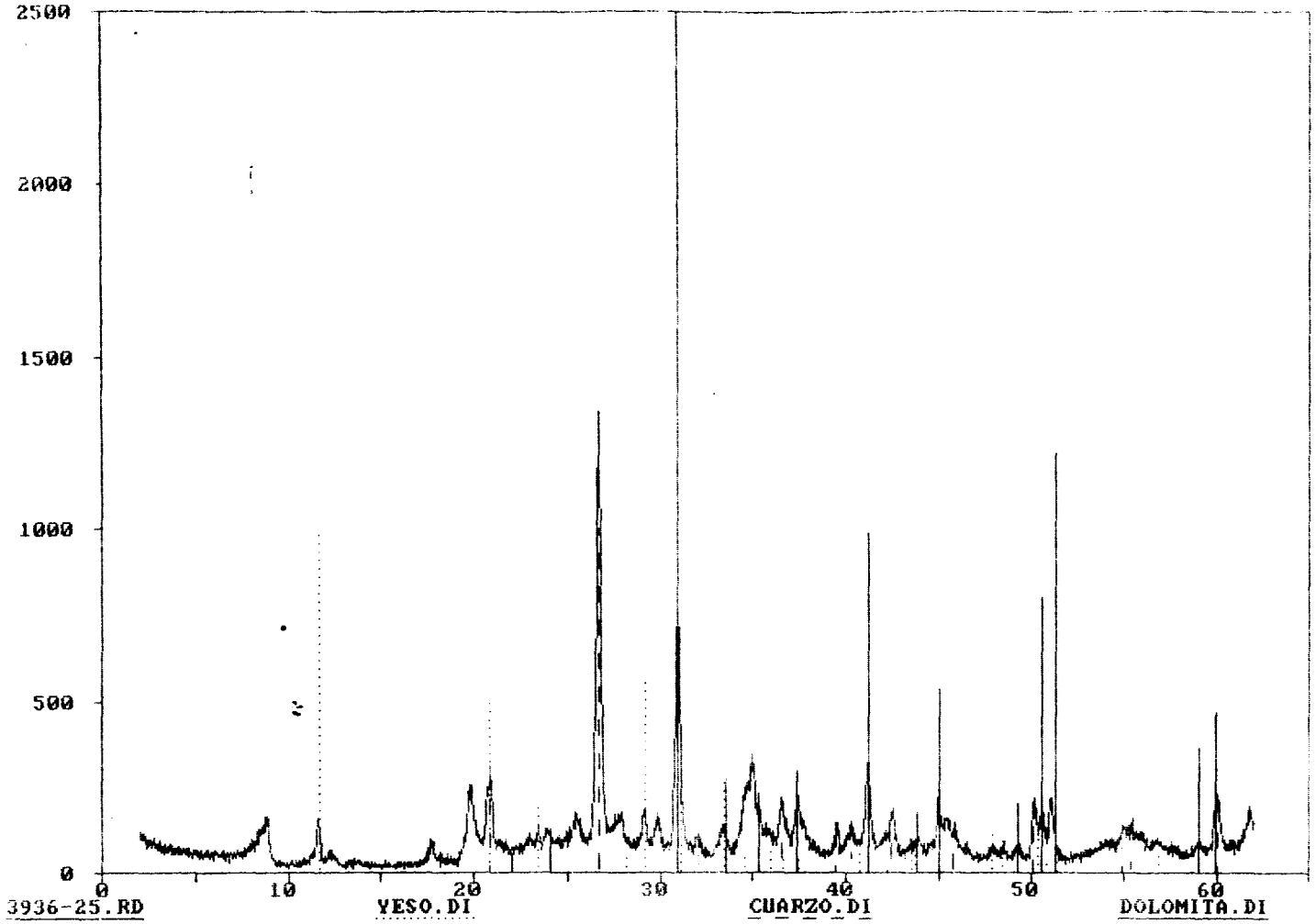
- BS-23-A -


2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-23B.RD
YESO.DI
CUARZO.DI
DOLOMITA.DI

BS-23-B


3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-24.RD
YESO.DI
DOLOMITA.DI

QS-2-24


2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
3936-25.RD
YESO.DI
CUARZO.DI
DOLOMITA.DI

BS-2-25

A.4 GRANULOMETRIAS

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SECCION DE MINERALURGIA

FECHA: Mayo-1989

PROYECTO: RELACION CON UNA RESERVA DEL ESTADO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO, CYCLOSIZER Y SEDIGRAPH

TAMAÑOS EN MICRAS	REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS							
	B0-1	B0-2	B0-3	B0-4	B0-5	B0-6	B0-7	B0-8
+ 8.000	--	--	--	--	---	--	--	--
+ 4.000	--	2,76	--	0,19	0,51	7,05	--	--
+ 2.000	0,07	10,46	0,03	0,24	3,69	14,64	5,47	2,45
+ 1.000	0,03	7,07	0,04	0,30	1,43	4,00	6,05	3,34
+ 500	0,03	4,82	0,17	1,03	1,03	3,16	5,01	2,82
+ 250	1,20	4,36	0,51	2,98	2,04	3,88	5,20	2,53
+ 125	4,09	3,66	0,58	3,80	5,53	8,33	5,58	3,06
+ 62	0,60	1,25	0,97	2,76	3,88	7,16	2,55	1,51
+ 42	0,94	0,66	1,95	0,89	0,41	3,11	1,40	0,84
+ 32	0,94	0,66	1,95	0,89	2,05	2,07	1,40	0,84
+ 23	0,94	1,97	2,93	1,77	5,73	3,11	3,51	0,84
+ 16	0,94	1,97	4,89	2,66	7,37	4,14	2,81	0,84
+ 12	0,94	1,97	5,86	5,32	6,55	3,11	4,21	1,69
+ 8	0,94	2,62	9,77	15,08	7,37	6,21	5,61	3,37
+ 4	9,40	7,87	18,56	25,72	12,28	10,35	11,22	13,49
+ 2	33,83	10,50	13,68	10,65	11,47	4,66	9,12	20,23
- 2	45,11	37,40	38,11	25,72	28,66	15,02	30,86	42,15
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
PESO (g)	2.750	2.670	3.845	1.805	2.420	2.205	1.470	2.400
HUMEDAD %	16,11	12,70	9,83	9,33	16,56	9,09	4,16	12,10
DENSIDAD g/cm3	2,65	2,63	2,56	2,71	2,54	2,60	2,67	2,52

OBSERVACIONES:

EL JEFE DE LA SECCION DE MINERALURGIA

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SECCION DE MINERALURGIA

FECHA: Mayo-1989

PROYECTO: RELACION CON UNA RESERVA DEL ESTADO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO, CYCLOSIZER Y SEDIGRAPH

TAMAÑOS EN MICRAS	REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS							
	BO-9	28	32					
+ 8.000	---	---	---					
+ 4.000	---	---	---					
+ 2.000	---	0,99	0,79					
+ 1.000	4,63	2,08	2,37					
+ 500	6,40	0,70	5,76					
+ 250	6,80	3,66	5,69					
+ 125	10,66	4,21	5,78					
+ 62	4,05	1,91	1,90					
+ 42	0,67	2,59	0,39					
+ 32	0,34	2,59	0,39					
+ 23	0,34	3,46	1,55					
+ 16	1,35	5,19	3,11					
+ 12	1,35	6,05	3,88					
+ 8	3,37	10,38	6,22					
+ 4	20,91	23,34	17,10					
+ 2	19,89	19,02	13,99					
- 2	20,24	13,83	31,08					
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

PESO (g)	2.025	1,210	2.100					
HUMEDAD %	7.96	3.85	7.10					
DENSIDAD g/cm3	2,73	2,61	2,62					

OBSERVACIONES:

EL JEFE DE LA SECCION DE MINERALURGIA

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SECCION DE MINERALURGIA

FECHA: Junio 1989

PROYECTO: RELACION CON UNA RESERVA DEL ESTADO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO, CYCLOSIZER Y SEDIGRAPH

TAMAÑOS EN MICRAS	REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS							
	B0-10	B0-11	B0-12	B0-13	B0-14	B0-15	B0-16	B0 17
+ 8.000	--	--	- -	--	--	--	--	--
+ 4.000	5,77	7,69	11,82	0,37	5,94	--	--	--
+ 2.000	7,69	9,28	13,42	0,80	8,93	--	--	--
+ 1.000	3,09	3,51	5,40	0,45	5,49	0,06	0,27	--
+ 500	1,93	1,99	2,43	0,40	3,36	0,07	0,67	--
+ 250	2,82	2,09	1,74	0,91	2,28	1,08	2,19	--
+ 125	3,25	4,03	1,93	5,31	2,39	2,08	3,70	0,02
+ 62	3,74	4,41	2,57	8,30	2,01	1,84	2,38	0,04
+ 42	1,43	3,35	1,82	2,51	1,05	3,79	0,45	0,25
+ 32	1,43	2,68	1,82	4,17	0,35	2,85	0,45	0,25
+ 23	4,30	4,69	3,03	6,68	2,78	6,64	0,91	0,25
+ 16	5,02	6,70	4,86	7,51	3,48	7,59	3,63	0,25
+ 12	4,30	4,69	5,46	5,84	4,18	5,69	2,73	1,00
+ 8	5,74	7,37	9,10	7,51	3,48	7,59	3,63	1,00
+ 4	10,04	12,73	14,57	9,18	10,44	16,13	5,45	9,99
+ 2	8,61	8,04	7,28	5,84	9,74	14,23	5,45	28,98
- 2	30,84	16,75	12,75	34,22	34,10	30,36	68,09	57,97
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
PESO (g)	820	810	430	1.780	1.300	1.230	1.805	1.400
HUMEDAD %	9,57	11,64	8,06	12,99	13,07	11,09	24,72	7,72
DENSIDAD g/cm3	2,81	2,79	2,79	2,84	2,74	2,72	2,57	2,75

OBSERVACIONES:

EL JEFE DE LA SECCION DE MINERALURGIA

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SECCION DE MINERALURGIA

FECHA: Junio 1989

PROYECTO: RELACION CON UNA RESERVA DEL ESTADO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO, CYCLOSIZER Y SEDIGRAPH

TAMAÑOS EN MICRAS	REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS							
	B0-18	B0-19	B0-20	B0-21	B0-22			
+ 8.000	--	--	--	1,22	--			
+ 4.000	--	--	--	0,84	--			
+ 2.000	--	--	--	2,59	--			
+ 1.000	0,27	--	0,03	1,56	0,06			
+ 500	1,47	--	0,16	1,77	0,07			
+ 250	6,46	0,21	0,33	5,35	0,19			
+ 125	14,34	0,96	0,75	7,86	0,55			
+ 62	6,45	0,98	0,42	2,92	0,49			
+ 42	1,42	2,93	0,98	0,19	0,49			
+ 32	0,71	0,98	0,98	0,19	0,24			
+ 23	3,55	1,96	1,97	0,19	0,24			
+ 16	3,55	2,93	2,95	0,19	0,99			
+ 12	2,84	0,98	1,97	0,38	1,97			
+ 8	4,26	2,93	4,91	0,38	4,93			
+ 4	10,65	7,83	12,78	2,27	24,66			
+ 2	10,65	9,79	14,75	9,11	18,74			
- 2	33,38	67,52	57,02	62,99	46,38			
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
PESO (g)	635	2.245	1,370	1.135	2.450			
HUMEDAD %	8,25	28,98	24,44	12,49	20,75			
DENSIDAD g/cm3	2,69	2,60	2,80	2,88	2,69			

OBSERVACIONES:

EL JEFE DE LA SECCION DE MINERALURGIA

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SECCION DE MINERALURGIA

FECHA: 20-12-89

PROYECTO: ROCAS INDUSTRIALES Y MINERALES

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO, CYCLOSIZER Y SEDIGRAPH

TAMAÑOS EN MICRAS	REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS q							
	79,80 80,00							
+ 8.000	---							
+ 4.000	5,79							
+ 2.000	21,89							
+ 1.000	11,72							
+ 500	6,05							
+ 250	5,97							
+ 125	10,18							
+ 62	9,69							
+ 42	0,14							
+ 32	0,42							
+ 23	0,88							
+ 16	1,30							
+ 12	1,13							
+ 8	0,50							
+ 4	0,74							
+ 2	2,48							
− 2	21,12							
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
PESO (g)	400							
HUMEDAD %	19,22							
DENSIDAD g/cm3	2,67							

OBSERVACIONES:

EL JEFE DE LA SECCION DE MINERALURGIA

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SECCION DE MINERALURGIA

FECHA: 20-12-89

PROYECTO: ROCAS INDUSTRIALES Y MINERALES

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO, CYCLOSIZER Y SEDIGRAPH

TAMAÑOS EN MICRAS	REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS 6	8	10	11	12	6	3	7
	73,00 73,50	78,00 78,56	80,00 80,78	80,78 81,20	81,20 82,50	73,50 74,28	71,83 72,50	75,50 76,20
+ 8.000	---	---	---	---	---	---	---	---
+ 4.000	0,19	0,06	0,97	4,64	4,46	1,51	9,68	1,22
+ 2.000	1,25	0,10	6,87	2,40	9,63	4,86	19,83	3,25
+ 1.000	1,51	0,77	4,90	2,47	5,19	3,56	9,42	2,27
+ 500	1,25	2,63	3,91	2,00	3,12	3,12	6,13	2,30
+ 250	4,66	5,96	7,03	2,97	3,53	3,85	4,42	2,45
+ 125	9,51	7,06	9,04	4,64	7,73	7,72	5,39	2,85
+ 62	6,93	3,74	4,80	4,44	8,57	6,99	4,58	1,75
+ 42	0,61	1,21	1,17	0,81	0,69	3,02	0,15	1,41
+ 32	1,28	2,64	2,97	0,58	1,07	6,00	0,28	3,68
+ 23	1,52	3,30	3,46	1,15	1,75	7,54	0,29	5,79
+ 16	1,64	4,74	3,46	1,96	2,44	8,36	0,35	6,02
+ 12	1,22	2,75	2,63	2,66	1,83	7,02	0,28	2,04
+ 8	6,16	7,92	0,97	2,77	5,00	3,28	3,92	1,95
+ 4	2,74	3,96	1,46	3,46	3,00	1,82	6,27	3,24
+ 2	4,10	7,27	5,86	4,85	5,00	3,64	11,37	5,20
− 2	55,43	46,89	40,50	58,20	36,99	27,71	17,64	54,58
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
PESO (g)	530	575	800	370	730	800	610	725
HUMEDAD %	15,46	20,17	19,81	23,73	9,45	13,69	11,94	21,30
DENSIDAD g/cm3	2,76	2,75	2,75	2,74	2,75	2,68	2,70	2,72

OBSERVACIONES:

EL JEFE DE LA SECCION DE MINERALURGIA

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SECCION DE MINERALURGIA

FECHA: 15-3-90

PROYECTO: ROCAS INDUSTRIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO, CYCLOSIZER Y SEDIGRAPH

TAMAÑOS EN MICRAS	REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS							
	BS-2-01	BS-2-02	BS-2-03	BS-2-04	BS-2-05	BS-2-06	BS-2-07	BS-2-08
+ 8.000	--	--	--	--	--	--	--	--
+ 4.000	--	--	--	--	--	--	--	--
+ 2.000	0.08	--	0.02	0.05	0.11	0.39	0.26	0.32
+ 1.000	0.09	0.02	0.03	0.03	0.02	0.35	0.18	0.40
+ 500	0.13	0.08	0.04	0.02	0.02	0.33	0.19	0.76
+ 250	0.92	1.15	0.68	0.08	0.06	0.56	0.69	5.59
+ 125	1.88	2.82	1.97	0.55	0.59	1.29	1.78	10.58
+ 62	1.09	3.00	2.47	0.79	0.48	1.39	3.23	6.18
+ 42	0.61	2.56	2.64	0.86	0.57	0.88	4.29	0.46
+ 32	1.18	3.20	4.09	1.59	2.24	1.46	5.67	0.82
+ 23	1.62	3.30	5.77	3.04	4.78	2.93	5.28	2.33
+ 16	1.79	3.40	6.95	4.11	5.84	4.09	4.74	3.15
+ 12	1.19	2.56	5.64	3.42	4.57	3.23	3.19	2.61
+ 8	1.79	0.78	0.70	1.71	0.81	0.83	2.12	0.67
+ 4	2.68	2.34	1.39	3.42	1.61	4.15	4.23	1.33
+ 2	3.58	3.11	9.06	5.98	8.07	6.65	5.64	7.35
- 2	81.37	71.68	58.55	74.35	70.23	71.47	58.51	57.45
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
PESO (g)	925	930	1.190	525	2.575	940	1.175	1.395
HUMEDAD %	13.18	16.73	14.90	16.36	15.00	16.39	24.67	12.83
DENSIDAD g/cm3	2.73	2.75	2.64	2.61	2.68	2.56	2.75	2.75

OBSERVACIONES:

EL JEFE DE LA SECCION DE MINERALURGIA

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SECCION DE MINERALURGIA

FECHA: 15-3-90

PROYECTO: ROCAS INDUSTRIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO, CYCLOSIZER Y SEDIGRAPH

TAMAÑOS EN MICRAS	REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS							
	BS-2-09	BS-2-10	BS-2-11	BS-2-12	BS-2-13			
+ 8.000	--	--	--	--	--			
+ 4.000	--	4.61	--	--	--			
+ 2.000	0.11	5.24	0.39	0.37	--			
+ 1.000	0.04	4.51	0.56	0.53	3.38			
+ 500	0.06	0.99	11.11	1.05	3.66			
+ 250	0.14	1.12	7.19	6.79	5.72			
+ 125	0.58	5.52	12.26	11.57	7.29			
+ 62	0.57	4.90	6.50	6.14	3.00			
+ 42	0.59	0.11	0.45	0.66	0.38			
+ 32	0.87	0.85	1.56	2.68	1.18			
+ 23	1.73	1.45	2.93	4.57	2.14			
+ 16	1.98	2.72	3.30	4.84	2.62			
+ 12	1.57	1.34	2.40	3.57	2.18			
+ 8	2.75	0.33	1.23	0.56	2.53			
+ 4	4.59	0.33	2.45	0.57	1.90			
+ 2	4.59	0.66	3.68	3.44	3.79			
- 2	79.83	64.32	53.99	52.66	54.98			
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
PESO (g)	460	650	350	690	1.165			
HUMEDAD %	29.90	15.97	22.40	17.84	19.94			
DENSIDAD g/cm3	2.76	2.81	2.75	2.74	2.73			

OBSERVACIONES:

EL JEFE DE LA SECCION DE MINERALURGIA

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SECCION DE MINERALURGIA

FECHA: 10-5-90

PROYECTO: ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO, CYCLOSIZER Y SEDIGRAPH

TAMAÑOS EN MICRAS	REFERENCIA DE LAS MUESTRAS				
	BS-2-14	BS-2-15	BS-2-16	BS-2-17	BS-2-18
+ 8.000	--	--	--	--	--
+ 4.000	--	--	--	--	--
+ 2.000	--	--	--	--	0.20
+ 1.000	--	--	0.21	0.23	0.42
+ 500	0.14	0.13	1.76	0.27	0.82
+ 250	3.20	1.30	4.27	0.65	1.94
+ 125	8.31	2.93	9.50	1.42	4.38
+ 62	5.67	1.33	6.18	0.91	2.40
+ 42	0.70	0.43	0.26	0.64	0.72
+ 32	1.06	1.32	0.43	2.14	1.62
+ 23	3.42	3.22	1.07	4.42	2.78
+ 16	4.65	4.48	1.50	5.42	3.28
+ 12	3.42	4.38	1.37	4.28	2.92
+ 8	6.94	10.46	3.67	19.91	7.85
+ 4	5.55	12.88	14.69	13.53	10.21
+ 2	19.45	12.07	16.16	12.74	14.13
- 2	37.49	45.07	38.93	33.44	46.33
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

PESO (g)	520	330	505	495	1.150
HUMEDAD(%)	13.14	21.50	15.80	16.29	9.67
DENSIDAD (g/cm^3)	2.69	2.71	2.68	2.67	2.70

OBSERVACIONES:

El Jefe de Servicio de Mineralurgia y Ensayos

Ríos Rosas, 23 - Tel. 441 65 00 - Fax 442 62 16 - Telex 48054 IGME E - 28003 MADRID

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SECCION DE MINERALURGIA

FECHA: 10-5-90

PROYECTO: ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO, CYCLOSIZER Y SEDIGRAPH

TAMAÑOS EN MICRAS	REFERENCIA DE LAS MUESTRAS				
	BS-2-19	BS-2-20	BS-2-21	BS-2-22	BS-2-23 A
+ 8.000	--	--	--	--	--
+ 4.000	--	--	--	--	--
+ 2.000	--	--	--	--	6.24
+ 1.000	0.47	0.59	0.52	0.07	2.77
+ 500	1.59	3.26	1.85	0.09	1.60
+ 250	2.29	4.59	5.35	3.50	4.48
+ 125	2.93	5.54	8.17	9.33	6.57
+ 62	1.39	2.20	3.97	5.60	2.76
+ 42	0.58	0.32	0.44	0.27	0.23
+ 32	2.27	0.67	0.57	0.81	0.54
+ 23	3.29	1.77	1.59	1.81	1.34
+ 16	4.08	2.45	2.51	2.48	2.02
+ 12	2.97	2.09	2.15	2.12	2.04
+ 8	3.12	6.12	9.47	5.17	5.55
+ 4	10.16	10.70	8.02	7.39	9.02
+ 2	14.85	15.31	13.85	14.05	13.19
- 2	50.01	44.39	41.54	47.31	41.65
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

PESO (g)	1.440	680	1.360	2.130	1.165
HUMEDAD(%)	5.92	6.42	8.82	7.39	15.93
DENSIDAD (g/cm^3)	2.72	2.68	2.69	2.70	2.68

OBSERVACIONES:

El Jefe de Servicio de Mineralurgia y Ensayos

Ríos Rosas, 23 - Tel. 441 65 00 - Fax 442 62 16 - Telex 48054 IGME E - 28003 MADRID

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

SECCION DE MINERALURGIA

FECHA: 10-5-90

PROYECTO: ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO, CYCLOSIZER Y SEDIGRAPH

TAMAÑOS EN MICRAS	REFERENCIA DE LAS MUESTRAS				
	BS-2-23 B	BS-2-24	BS-2-25		
+ 8.000	--	--	--		
+ 4.000	--	--	--		
+ 2.000	0.07	3.04	3.20		
+ 1.000	0.50	1.27	7.09		
+ 500	1.75	1.58	3.53		
+ 250	6.08	3.16	3.54		
+ 125	7.26	2.34	4.54		
+ 62	2.90	0.90	2.37		
+ 42	0.35	2.33	0.36		
+ 32	1.07	7.05.	1.11		
+ 23	1.92	8.75	2.65		
+ 16	2.71	8.44	3.80		
+ 12	2.51	6.34	3.02		
+ 8	5.83	6.03	3.89		
+ 4	9.47	18.63	11.01		
+ 2	13.12	19.73	13.61		
- 2	44.46	10.41	36.28		
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

PESO (g)	980	210	720		
HUMEDAD(%)	7.39	15.93	10.34		
DENSIDAD (g/cm^3)	2.72	2.69	2.71		

OBSERVACIONES:

El Jefe de Servicio de Mineralurgia y Ensayos

Ríos Rosas, 23 - Tel. 441 65 00 - Fax 442 62 16 - Telex 48054 IGME E - 28003 MADRID

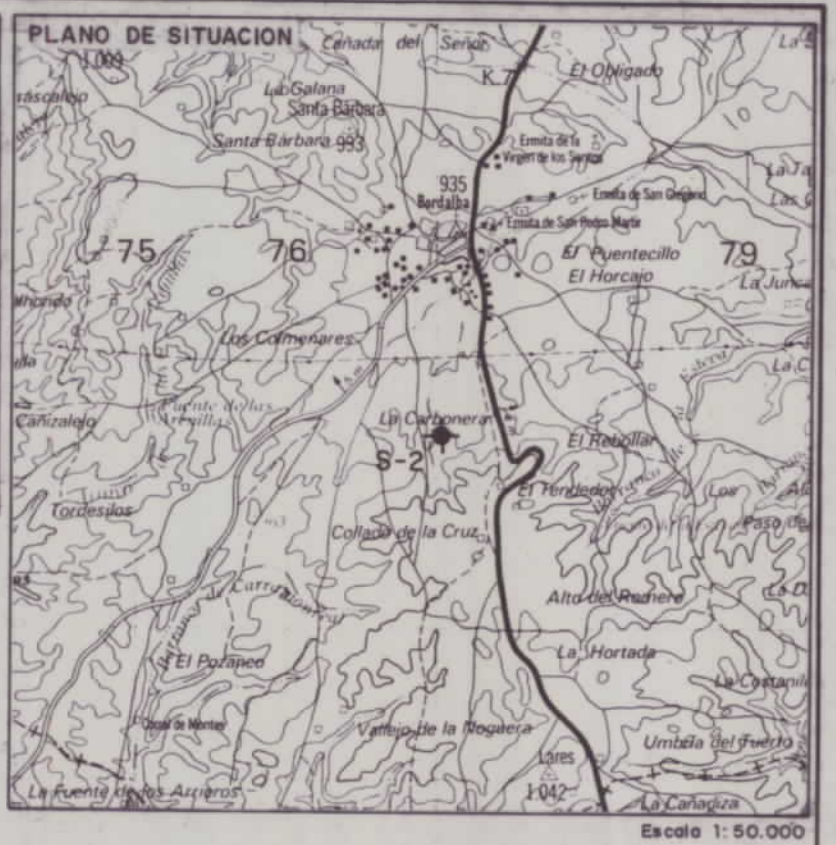
A.5 COLUMNAS DE LOS SONDEOS

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

PROYECTO	CLAVE
INVESTIGACION DE ARCILLAS ESPECIALES EN LA RESERVA ESTATAL "BORDALBA" (ZARAGOZA)	
SONDEO 2	PLANO N.º

DIBUJADO	FECHA	COMPROBADO	AUTOR	ESCALA	CONSULTOR
F. P. M.	Octubre 1990	M. Regueiro	V. Calderón	1:100	

PLANO DE SITUACION



Escala 1: 50.000

DATOS TECNICOS:

Dirección:

Inclinación:

Profundidad: 44,68 m

COORDENADAS UTM (E. 1/50.000)

X: 577050

Y: 4584300

Cota: 935 m

M.T.N. Nº408 "TORRIJO DE LA CAÑADA"

SIMBOLOS LITOLOGICOS

- Conglomerados
- Areniscas
- Limolitas arcillosas/ arenoso-arcillosas
- Arcillas
- Margas
- Calizas margosas
- Margas dolomíticas
- Dolomías arenosas
- Yesos

SIMBOLOS DRX

Dolomita:.....DO
Paligorskita:.....PA
Calcita:.....CA
Cuarzo:.....Q
Mica:.....MI
Yeso:.....YE
Vermiculita.....VE
Caolin:.....KA
Feldespato:.....FE
Esmectita:.....ES
Goetita:.....GO
Clorita:.....CL
Sepiolita:.....SE

OTROS SIMBOLOS

ESTRATIFICACION CRUZADA PLANAR
- Media escala
- Gran escala

ESTRATIFICACION CRUZADA EN SURCO
- Media escala
- Gran escala
- Estratificación flaser
- Estratificación lenticular
- Laminación ondulada
- Lamina cruzada
- Huella de carga
- Nódulos
- Fe — Costras ferruginosas
- Granoclasificación
- Cantos blandos
- Intraclastos
- Corales
- Crinoideos
- Gasterópodos
- Lamelibranquios
- Fauna en general
- Briznas carbonosas (escasas)
- Troncos o vegetales carbonizados

PROFUNDIDAD EN METROS	TRAMOS	RECUPERACION % (0 25 50 75 100)	COLUMNA LITOLOGICA	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS, FAUNA Y FLORA	DESCRIPCION LITOLOGICA	UNIDAD CRONOESTRATIGRAFICA	Nº DE MUESTRA	GRANULOMETRIA <2,4m	GRANULOMETRIA <12,4m	DIFRACCION DE RAYOS X TODO-UNO Principal	TODO-UNO Secund.	TODO-UNO Accesor.	<12,4m FRACCION NOARCILLOSA Principal	FRACCION NOARCILLOSA Secund.	FRACCION NOARCILLOSA Accesor.	<12,4m FRACCION ARCILLOSA Principal	FRACCION ARCILLOSA Accesor.	Contenid. B I M I A
	1,06			A	Margas dolomíticas blancas con detríticos a muro		1 1,06	81,37	89,42	DO		CaQPA						
	1,86			A	Margas dolomíticas verdes con crist.yeso a techo		2 1,86	71,68	77,91	DO	Q,CA	MIPAFE						
	3,98				Arcillas rojas con tonos verdes a techo y niveles blancos dolomíticos a muro		3 3,98	58,55	69,70	Q	CA,DO	MI,KA PA,FE						
5	7,62				Arcillas rojas y verdes con predominio de tonos rojos y mateado blanco a muro		4 7,62	74,35	85,46	DO	Q,CA	MI,KA						
	8,42				Margas blancas versicolores		5 8,42	70,23	80,72	Q	DO	CAMIPA KAFE						
	9,32				Margas blancas dolomíticas		6 9,32	71,47	83,10	Q	DO	CAMIPA KAFE						
10	10,34				Margo-Dolomías blanco grisáceas		7 10,34	58,51	70,50	DO	CA	Q,MI, PA						
	12,40			A	Margas dolomíticas verdes con microcristales de Yeso.		8 12,40	57,45	66,80	YE,DO	Q,PA	MI	DO	--	Q	PA	MI	
	12,87				Margas dolomíticas blanco-verdosas muy plást.		9 12,87	79,83	91,76	DO	--	QMIVE						
	13,37			A A	Margas dolomíticas blancas con yeso abundant.		10 13,37	61,32	65,64	YE,DO	--	Q						
	13,97			A A	Margas yesíferas verdes dolomíticas		11 13,97	53,99	61,35	YE,DO	Q,PA	MI	DO	--	Q	PA	MI	
15	16,88			A	Margas rosáceas dolomíticas con abundantes cristales yesíferos		12 15,52	52,66	57,23	YE,DO	Q,PA	MI	DO	--	Q	PA	MI	
							13 16,88	54,98	63,20	YE,DO	Q	MIPA						
	19,67			A A A A A	Arcillas verdes yesíferas con abundante yeso a muro		14 17,48	57,49	69,43	YE	QDO PA MI	--	DO	--	Q	PA	MI	
20	20,93				Margas dolomíticas yesíferas blancas y verdes muy plásticas		15 19,67	45,07	80,48	QYE	MI PA DO	KA	Q	--	DO	PA	MI	
							16 20,27	58,93	73,45	YEDO	Q	PAMI						
	22,48			A	Dolomitas margosas rosáceas con cristales de yeso milimétricos		17 20,93	63,44	79,69	Q,YE	MIPADO	KA	Q	--	DO	PA	KA	
	24,43			A	Margas dolomíticas verdosas con yeso		18 22,48	46,33	78,57	DO,Q,YE	--	MI PA						
25	25,23			A	Costra yesífera		19 24,43	50,01	78,14	DO Q YE	--	MI PA KA						
	26,23				Margas dolomíticas blanco verdosas con yeso		20 25,23	L										
	27,27			A	Margas con abundante yeso		26,23	44,39	76,52	DO,Q YE	--	PA,KA MI						
	27,94			A	Arcilla gris verdosa con yeso a muro		27,27											
30	32,77			A A A A A A	Yesos arcilloso-dolomíticos blancos y verdes	PALEOGENO "UNIDAD BORDALBA"	21 27,94	41,54	72,68	YE	DO,Q	MI PA						
							22 32,77	47,31	73,92	YE	DO,Q	MI PA						
	33,95			A	Yeos arcilloso -dolomíticos con tonos verdes		23A 33,95	41,65	69,41	YE	DO,Q	MI PA						
35	37,47				Yesos arcilloso-dolomíticos		23B 37,47	44,46	72,88	YE	DO,Q	MI,PA						
	40,47				Arcillas verdes y blancas a techo Nódulos blancos y abundantes Cristales yesíferos en todo el tramo		40,47											
	42,78				Margas yesíferas blancas a muro Nivel amarillento de yeso microcristalino		24 42,78	10,41	54,80	YE,DO	--	Q,MI PA						
40	44,68			A	Arcillas rojas con nivel centimétrico de color blanco a muro.Cristales de yeso bien visibles		25 44,68	36,28	54,79	Q	YE,DO	MI,PA						
45																		

A.6 COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS

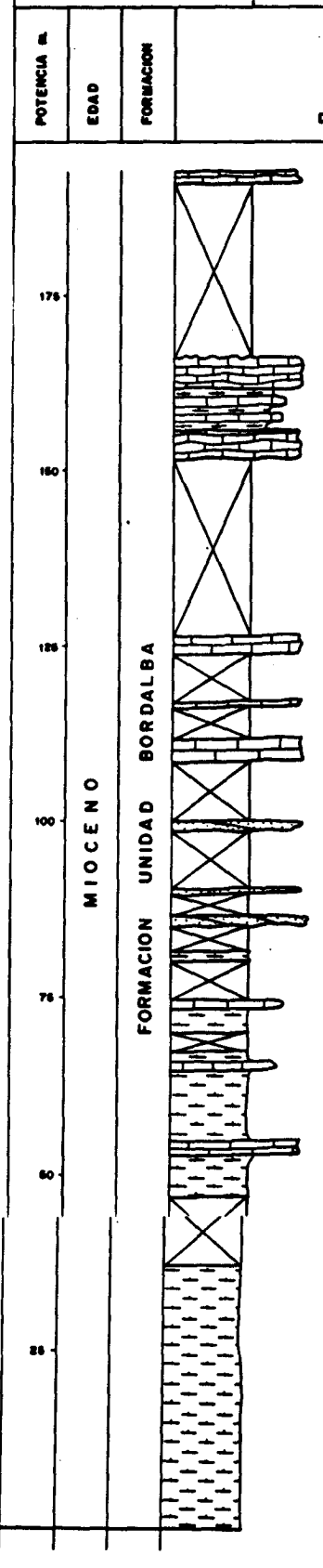
POSIBILIDADES DE ARCILLAS ESPECIALES EN ARAGON 1ª FASE

COLUMNA Nº 10 - 2

BORDALBA (ZARAGOZA)

FORMACION UNIDAD BORDALBA

SITUACION	COORDENADAS			
Subida al Monte Torreyuela desde el Barranco de La Manzadera	TECHO	x 732.000	MURO	x 732.200
		y 759.600		y 760.050
		z 1009 m.		z 816 m.



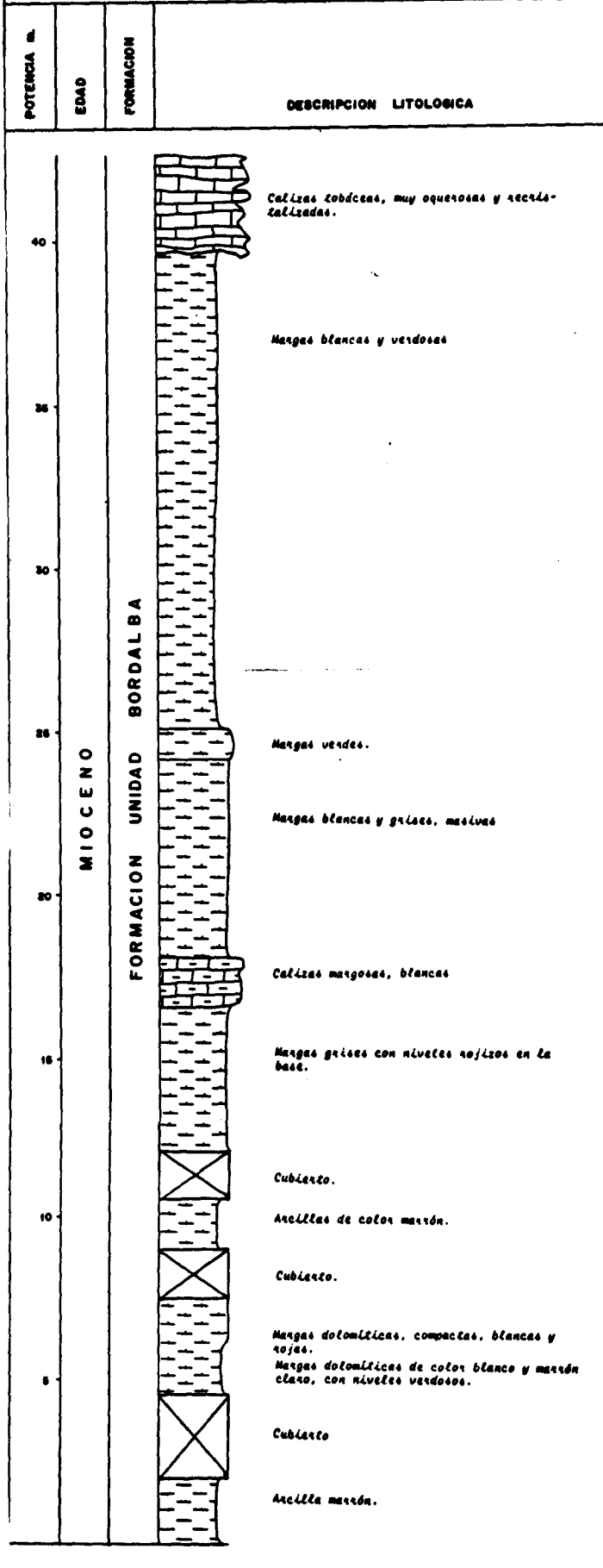
POSIBILIDADES DE ARCILLAS ESPECIALES EN ARAGON. 1ª FASE

COLUMNA Nº 10 - 3

BORDALBA (ZARAGOZA)

FORMACION UNIDAD BORDALBA

SITUACION	COORDENADAS			
Paraje Los Colmenares, 1 km al oeste de Bordalba.	TECHO	x 733.300	MURO	x 733.400
		y 756.300		y 756.460
		z 980 m.		z 940 m.



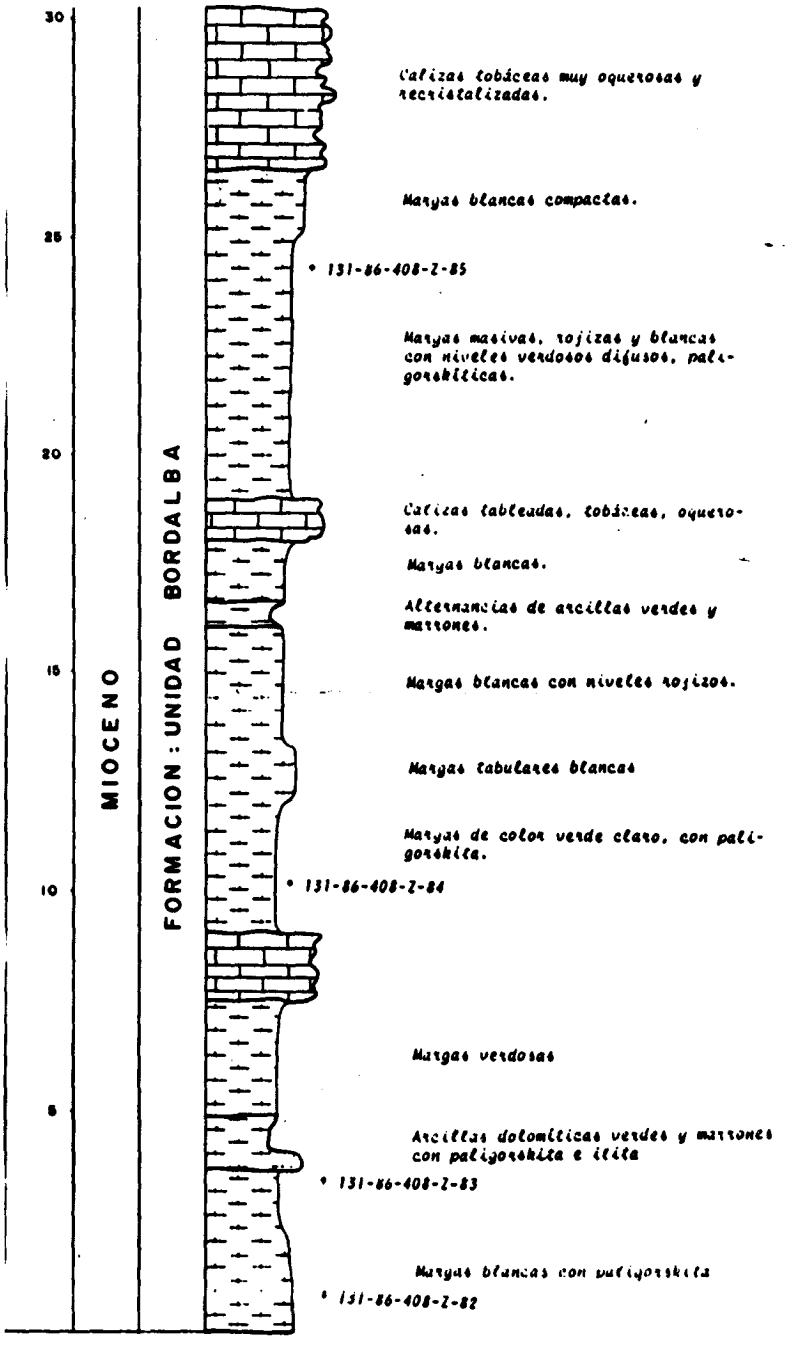
POSIBILIDADES DE ARCILLAS ESPECIALES EN ARAGON. 1ª FASE

COLUMNA Nº 10 - 4

BORDALBA (ZARAGOZA)

FORMACION : UNIDAD BORDALBA

SITUACION	COORDENADAS			
Paraje de Los Colmenares, 1 km al oeste de Bordalba	TECHO	x 733.300	MURO	x 733.400
		y 758.300		y 758.300
		z 970 m.		z 940 m.



POSIBILIDADES DE ARCILLAS ESPECIALES EN ARAGON. 1ª FASE

COLUMNA Nº 10 - 5

BORDALBA (ZARAGOZA)

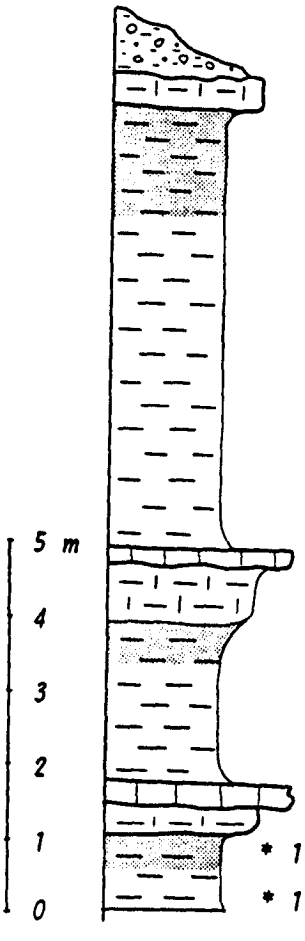
FORMACION : UNIDAD BORDALBA

SITUACION	COORDENADAS			
Bordalba, barranco en el paraje de La Carbonera	TECHO	x 734.300	MURO	x 734.300
		y 757.300		y 757.600
		z 950 m		z 930 m.

POTENCIA m.	EDAD	FORMACION	DESCRIPCION LITOLOGICA
20	MIOCENO	FORMACION : UNIDAD BORDALBA	Arcillas color verde oliva Calizas tobáceas, oquerosas
15			* 131-86-408-2-81 Arcillas margosas verdes, con paligorskita. Alternancias de arcillas margosas rojas y verdes
			Calizas margosas blancas, pulverulentas
10			* 131-86-408-2-80 Arcillas margosas verdes, paligorskíticas con margas blancas en la base
			Alternancias de calizas tobáceas, muy oquerosas y margas blancas y verdosas.
5			* 131-86-408-2-79 Arcillas margosas color verde oliva, con paligorskita.
			* 131-86-408-2-78 Margas arcillosas color verde claro y marrón en la base.

Columna 10-6

	Muro	Techo
x	734,700	734,700
y	757,650	757,550
z	930 m	940 m



Margas blancas, pulverulentas

Arcillas color verde oliva

Arcillas marrones

Calizas tobáceas, muy oquerosas

Margas blancas

Arcillas verdes, paligorskíticas

Arcillas marrones

* 131-86-408-Z-76

* 131-86-408-Z-77

Scale 1:50

COLUMNA Nº 10-7

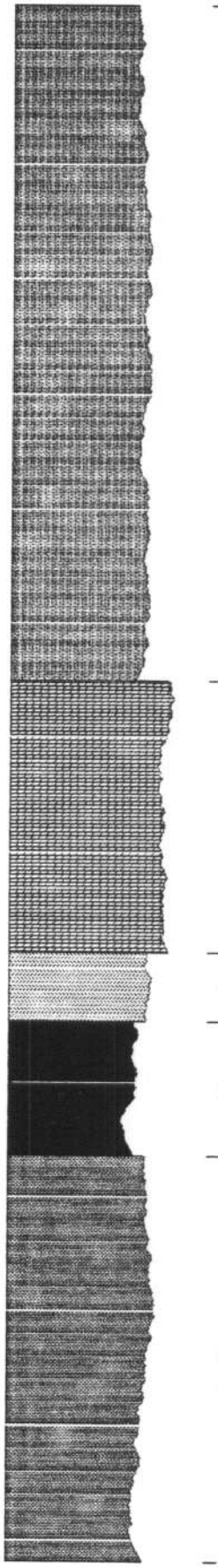
BORDALBA (ZARAGOZA)

FORMACION: UNIDAD BORDALBA

SITUACION: NE DE BORDALBA. PARAJE LA TARANQUERA

COLUMNA 10-7

Meters



ARCILLA VERSICOLOR YESIFERA

MUESTRA BO-18

DOLOMIAS BLANCAS RECRISTALIZADAS

ARCILLAS DOLOMITICAS BLANCAS

MUESTRA BO-17

ARCILLAS VERDES COMPACTAS

MUESTRA BO-16

ARCILLAS ROJAS CON MOTEADO VERDE

MUESTRA BO-15

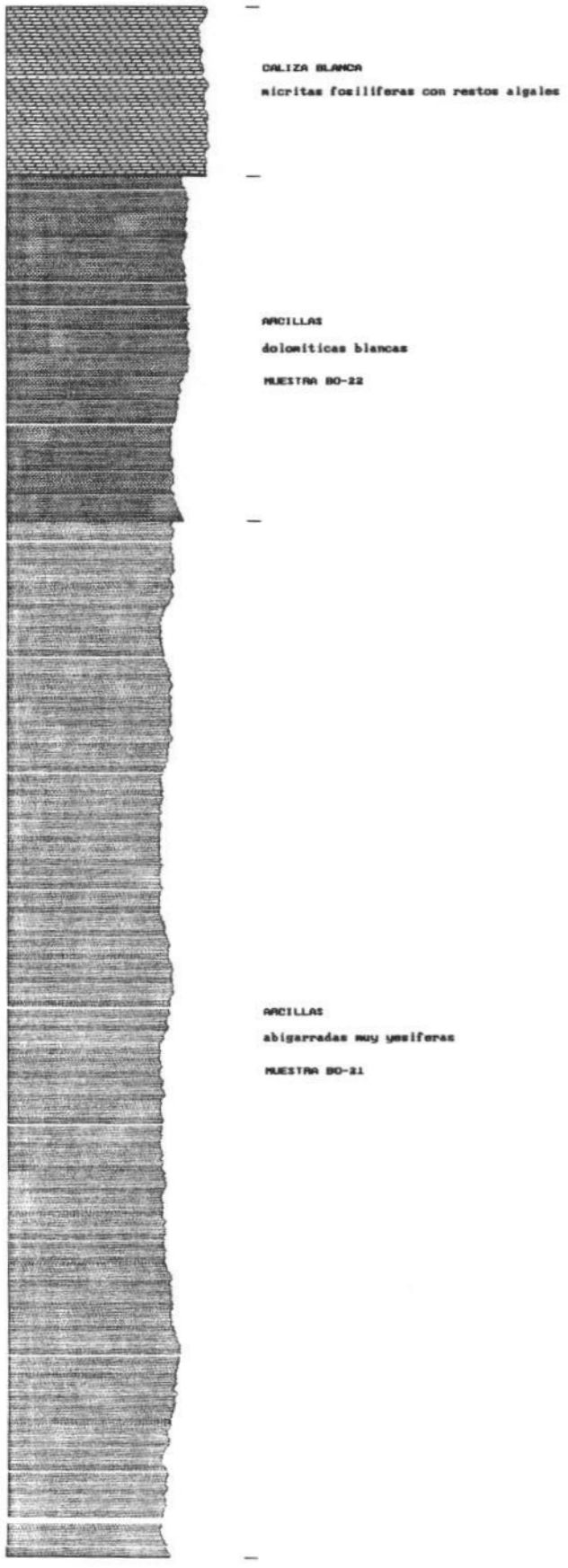
SECCION DE ROCAS INDUSTRIALES. ITGE

Scale 1:200

NVESTIGACION DE LA RESERVA ESTATAL "BORDALBA"
COLUMNA 10-8. NO DE BORDALBA (ZARAGOZA). PARAJE: CARRASCALEJO
UTOR: M. REGUEIRO

Meters

10-8

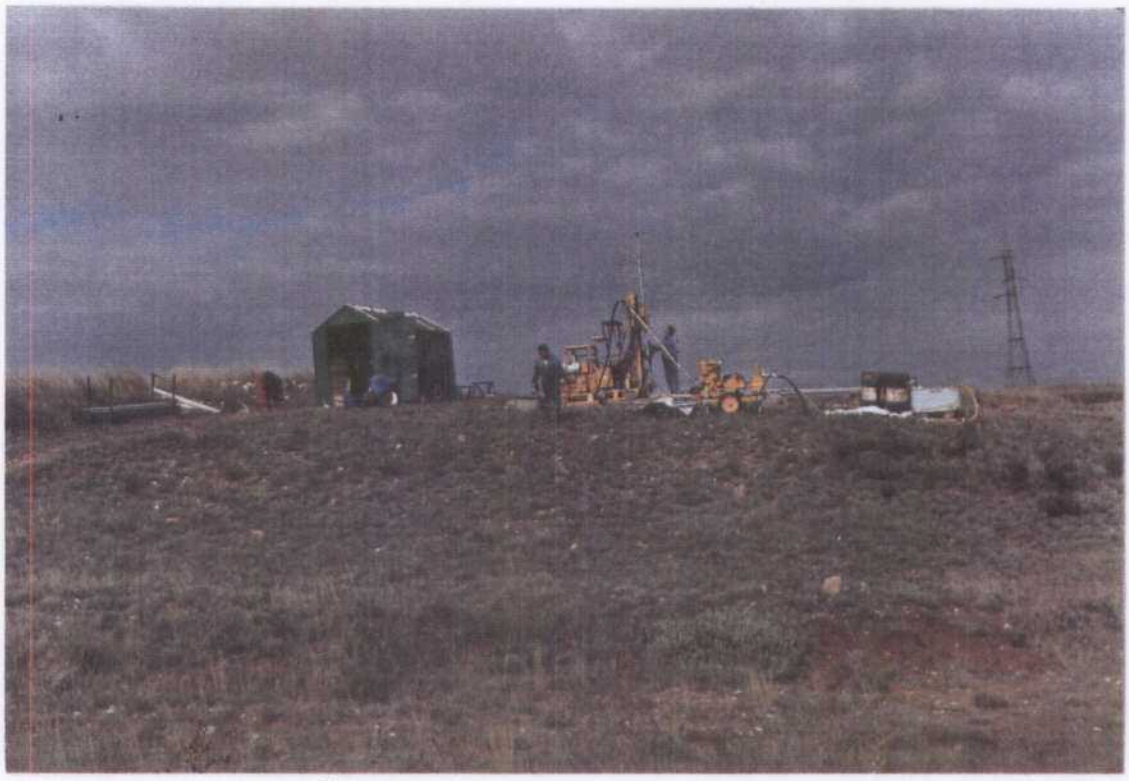


A.7 FOTOGRAFIAS

PANORAMICA DE LA ZONA INVESTIGADA

A LA DERECHA ASPECTO TIPICO DE LAS

FACIES BORDALBA

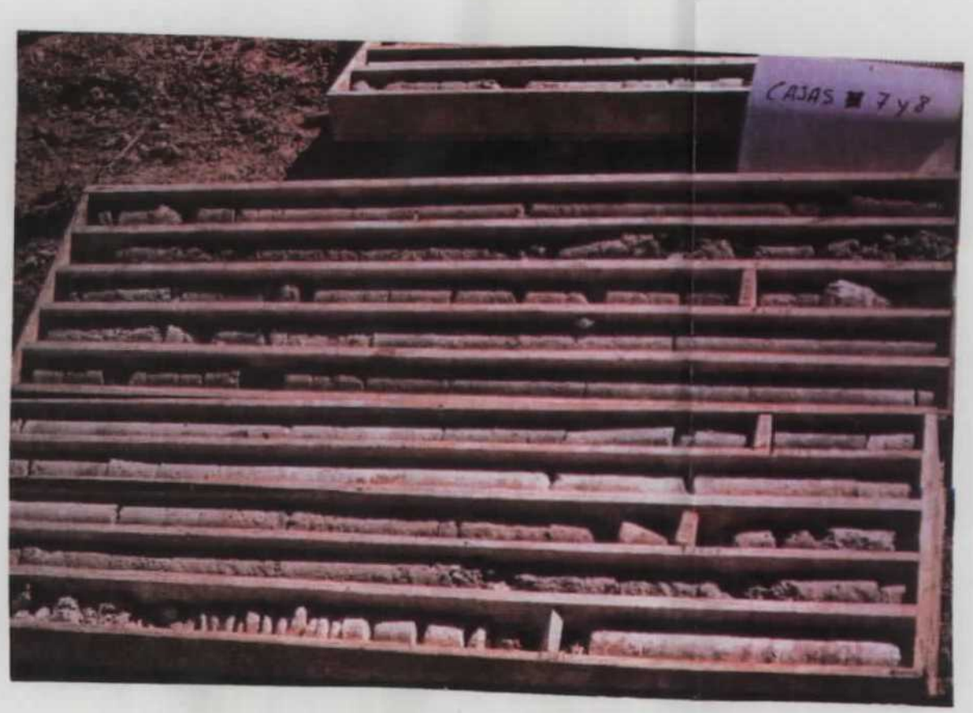


SONDEO Nº 1

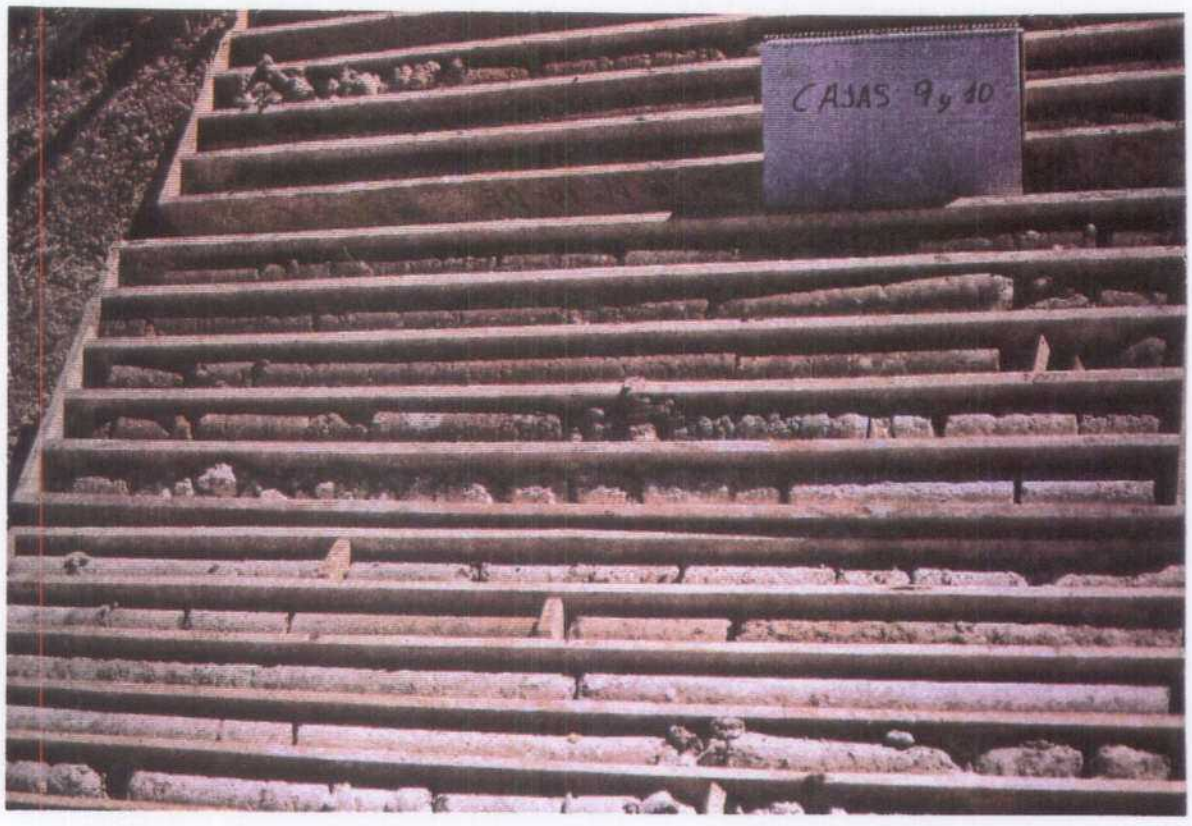
VISTA GENERAL DE LA ZONA DEL SONDEO Nº 1

SONDEO Nº 2

VISTA GENERAL DE LA ZONA DEL SONDEO Nº 2



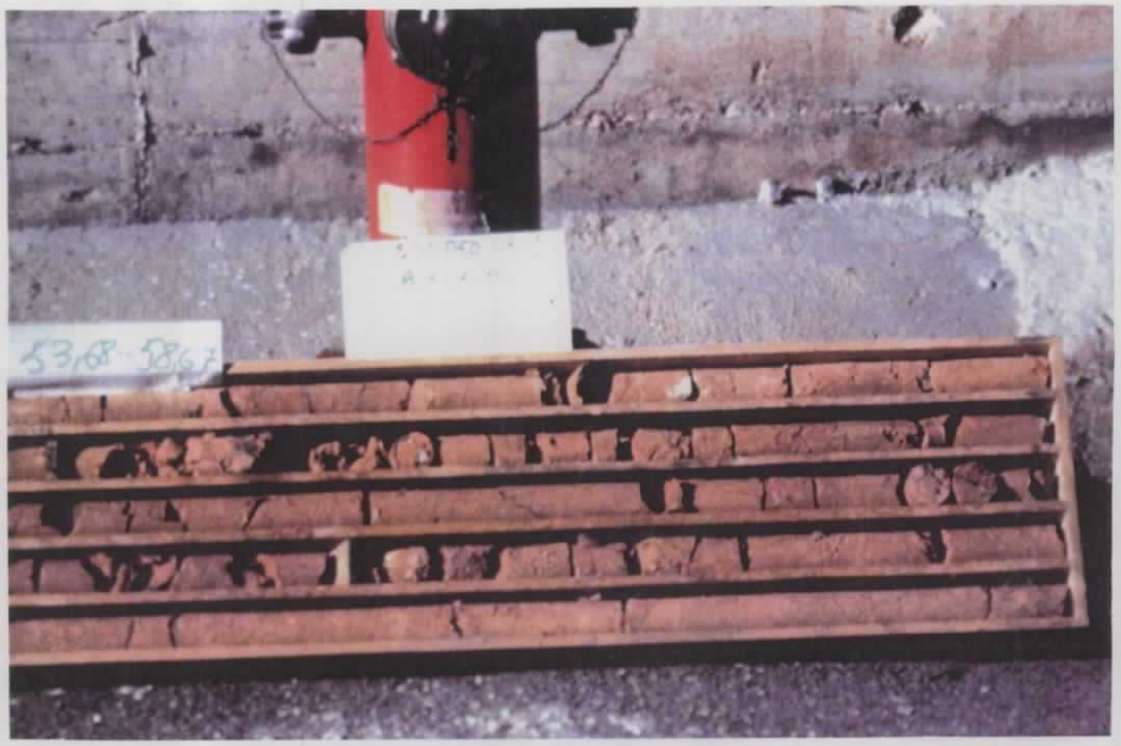
TESTIGOS DEL SONDEO Nº 1. CAJAS 1 A 8

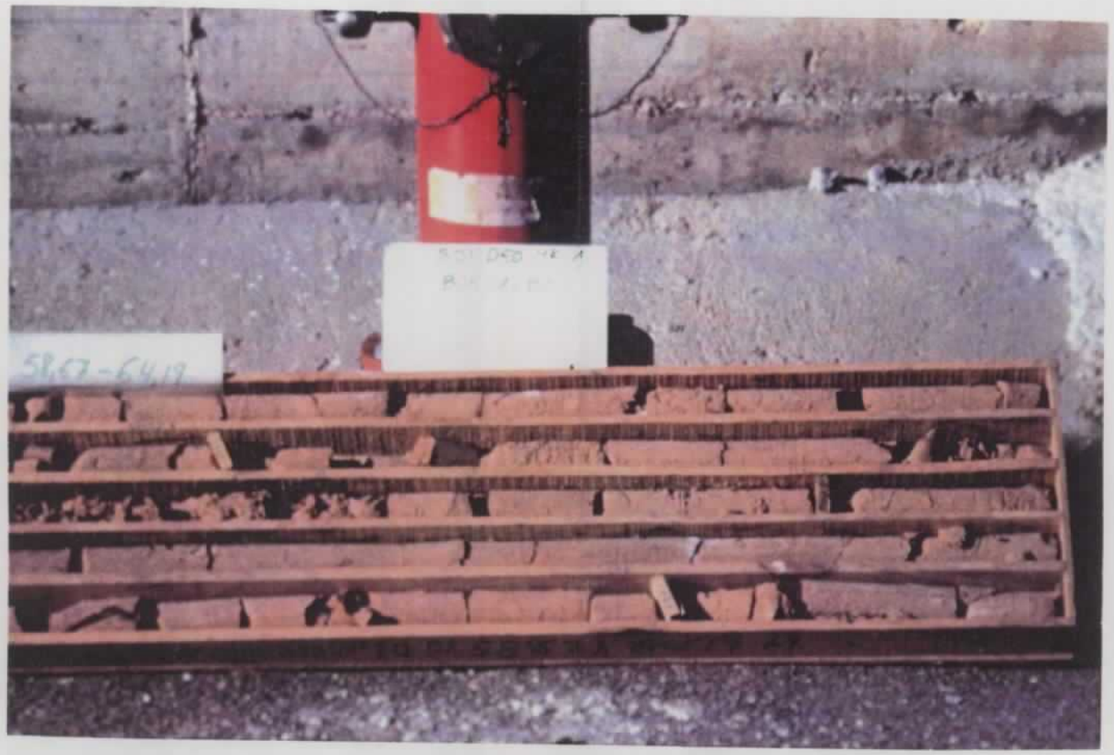


TESTIGOS DEL SONDEO Nº 1. CAJAS 9 A 11

TESTIGOS DEL SONDEO Nº1.CAJAS 1 A 4

TESTIGOS DEL SONDEO Nº1.CAJAS 5 A 8





TESTIGOS DEL SONDEO Nº1.CAJAS 9 A 12

TESTIGOS DEL SONDEO Nº1.CAJA 13