

MAPA DE ROCAS Y MINERALES  
INDUSTRIALES, E. 1:200.000

HOJA N° 40 (DAROCA)

Instituto Tecnológico  
Geominero de España

MAPA DE ROCAS Y MINERALES  
INDUSTRIALES, E.1:200.000

HOJA N° 40 (7-5) DAROCA

Octubre, 1991

La presente hoja y memoria han sido realizadas por APLICACIONES GEOLOGICAS, S.A. (AGESA) como parte de la Unión Temporal de Empresas AGESA-CIECSA, en régimen de contratación con el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), y con la cofinanciación de la Diputación General de Aragón (DGA). Se han efectuado bajo normas, dirección y supervisión del ITGE, con la colaboración y supervisión del Servicio de Investigación Minera de la DGA.

Han intervenido en su realización los siguientes técnicos superiores :

SANTIAGO RIOS ARAGÜES (ITGE)

MANUEL REGUEIRO GONZALEZ BARROS (ITGE)

RODOLFO PORTAL NICOLAS (DGA)

JOAQUIN LAHOZ SIMENO (DGA)

JAVIER BURILLO PANIVINO (DGA)

JOSE V. NAVARRO GASCON (AGESA)

y los laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria y del ITGE.

Se agradece a la Delegación de Aragón de Ministerio de Obras Públicas y Transportes las facilidades dadas para incluir en las fichas de inventario algunos ensayos realizados por dicho organismo.

Igualmente se agradece la colaboración facilitada por las diferentes empresas mineras operantes en la hoja y, especialmente a MINERA SABATER, BARITOSA, EUROARCE y MYTA.

Muy especialmente queremos agradecer la colaboración de D. Marceliano Lago San José, profesor de la Facultad de Geología de la Universidad de Zaragoza, por la información facilitada en los apartados de rocas ígneas y sus posibles aplicaciones, así como a los profesores de dicho centro D. Francisco López Aguayo y D<sup>a</sup> Josefina Besteiro Rafeles.

La siguiente documentación complementaria se encuentra en el ITGE a disposición de los usuarios de las hojas :

- Fichas inventario de explotaciones e indicios
- Mapas E. 1:50.000 y fotografía aéreas E. 1:30.000 con la situación de explotaciones e indicios
- Informes de laboratorio
- Fotografías

## INDICE

1.- INTRODUCCION .....	1
1.1.- SITUACION GEOGRAFICA .....	2
1.2.- ANTECEDENTES .....	3
1.3.- METODOLOGIA .....	4
2.- SINTESIS GEOLOGICO-MINERA .....	6
2.1.- SITUACION GEOLOGICA .....	7
2.2.- ESTRATIGRAFIA .....	7
2.2.1.- Precámbrico .....	7
2.2.2.- Paleozoico .....	8
2.2.2.1.- Cámbrico .....	8
2.2.2.2.- Ordovicico .....	10
2.2.2.3.- Silúrico .....	13
2.2.2.4.- Devónico .....	14
2.2.2.5.- Carbonífero .....	16
2.2.2.6.- Pérmico .....	17
2.2.3.- Triásico .....	17
2.2.3.1.- Facies Buntsandstein .....	18
2.2.3.2.- Facies Muschelkalk .....	18
2.2.3.3.- Facies Keuper .....	19
2.2.4.- Jurásico .....	20
2.2.4.1.- Lias .....	20
2.2.4.2.- Dogger .....	21
2.2.4.3.- Malm .....	22
2.2.5.- Cretácico inferior .....	23
2.2.5.1.- Hauteriviense-Barremiense (facies Weald) .....	23
2.2.5.2.- Barremiense-Aptiense (facies Urgón) .....	24
2.2.5.3.- Fm Lignitos de Escucha (Aptiense superior-Albiense inferior) ...	26
2.2.6.- Cretácico superior .....	28
2.2.6.1.- Fm Arenas de Utrillas (Albiense inferior-Cenomaniense inferior) .	28
2.2.6.2.- Cenomaniense-Senoniense .....	29
2.2.7.- Terciario .....	32
2.2.7.1.- Paleógeno .....	33
2.2.7.2.- Mioceno .....	34
2.2.7.3.- Plioceno .....	35
2.2.7.4.- Pliocuaternario .....	36
2.2.8.- Cuaternario .....	36
2.3.- TECTONICA .....	36
2.3.1.- Ciclo Hercínico .....	37
2.3.1.1.- Principales estructuras .....	37
2.3.2.- Ciclo Alpino .....	39
2.3.2.1.- Dominios estructurales .....	39
2.4.- ROCAS IGNEAS .....	41
2.4.1.- Rocas intrusivas. Microgabro de Loscos .....	42
2.4.2.- Rocas volcánicas y subvolcánicas .....	42
2.4.3.- Manifestaciones explosivas .....	44

2.5.- MINERIA .....	44
2.5.1.- Minería metálica .....	45
2.5.2.- Minería energética .....	46
3.- DESCRIPCION DE EXPLOTACIONES E INDICIOS DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES .....	47
3.1.- ARCILLA COMUN .....	49
3.2.- ARCILLAS ESPECIALES .....	72
3.3.- ARENAS CAOLINIFERAS .....	75
3.3.1.- Caolin .....	75
3.3.2.- Arena silicea lavada .....	86
3.4.- ARENAS Y GRAVAS .....	89
3.4.1.- Arenas .....	89
3.4.2.- Gravas .....	91
3.5.- ARENISCA .....	95
3.6.- BARITA .....	96
3.7.- CALIZA Y DOLOMIA .....	100
3.8.- CUARCITA .....	106
3.9.- HALITA .....	108
3.10.- MAGNESITA .....	109
3.11.- OCRES DE HIERRO .....	113
3.12.- PIROLUSITA .....	117
3.13.- ROCAS IGNEAS .....	118
3.14.- YESO Y ALABASTRO .....	123
3.15.- OTRAS SUSTANCIAS .....	131
3.15.1.- Cuarzo .....	131
3.15.2.- Fosfatos .....	132
3.15.3.- Mullita .....	135
3.15.4.- Pizarra .....	136
3.15.5.- Sulfatos aluminicos .....	137
4.- IMPACTO AMBIENTAL .....	138
4.1.- VALORACION DEL IMPACTO AMBIENTAL .....	139
4.2.- RESTAURACION DE EXPLOTACIONES .....	141
4.3.- LEGISLACION APLICABLE .....	141
4.3.- ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS .....	141
5.- VALORACION MINERO INDUSTRIAL .....	144
5.1.- USOS Y DESTINO DE LA PRODUCCION .....	146
5.1.1.- Rocas ornamentales .....	146
5.1.2.- Rocas de construcción .....	146
5.1.3.- Aridos naturales .....	147
5.1.4.- Aridos de trituracion .....	148
5.1.5.- Cementos .....	150
5.1.6.- Cales .....	151
5.1.7.- Yesos y escayolas .....	151
5.1.8.- Ladrillos y tejas .....	152
5.1.9.- Pavimentos cerámicos .....	152
5.1.10.- Refractarios .....	153
5.1.11.- Lozas y porcelanas .....	154

5.1.12.- Vidrio y arenas de moldeo .....	154
5.1.13.- Pigmentos .....	155
5.1.13.- Abrasivos .....	155
5.1.13.- Cargas, filtros y absorbentes .....	155
5.1.13.- Usos decorativos .....	158
5.1.13.- Otros sectores industriales .....	158
5.2.- PRECIOS .....	160
5.2.1.- Precios de las sustancias explotadas .....	160
5.2.2.- Evolución de precios .....	161
6.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	165
6.1.- RESUMEN .....	166
6.2.- CONCLUSIONES .....	170
6.3.- RECOMENDACIONES .....	178
7.- BIBLIOGRAFIA .....	178
8.- ANEXOS .....	186
8.1.- LISTADO DE EXPLOTACIONES E INDICIOS .....	187
8.2.- DIRECTORIO DE EXPLOTACIONES .....	197
8.3.- DIRECTORIO DE CENTROS DE TRANSFORMACION .....	200
8.4.- ESPECIFICACIONES DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES .....	201
8.4.1.- Arcilla común .....	201
8.4.2.- Arcillas especiales .....	203
8.4.3.- Arcillas refractarias .....	208
8.4.4.- Arenas silíceas .....	209
8.4.5.- Arenas y gravas .....	210
8.4.6.- Barita y witherita .....	211
8.4.7.- Caliza .....	213
8.4.8.- Caolín .....	220
8.4.9.- Cuarzita y arenisca .....	224
8.4.10.- Dolomía .....	224
8.4.11.- Fosfatos y apatito .....	227
8.4.12.- Halita .....	230
8.4.13.- Magnesita .....	232
8.4.14.- Minerales de manganeso .....	234
8.4.15.- Oxidos de hierro .....	235
8.4.16.- Rocas volcánicas s.l. ....	236
8.4.17.- Yeso y anhidrita .....	236
8.5.- USOS Y SECTORES ECONOMICOS DE CONSUMO DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES .....	245
8.5.1.- Rocas ornamentales y de construcción .....	241
8.5.2.- Aridos naturales y de machaqueo .....	243
8.5.3.- Aridos ligeros .....	249
8.5.4.- Cementos, cales y yesos .....	249
8.5.4.1.- Cementos .....	249
8.5.4.2.- Cales .....	252
8.5.4.3.- Yesos .....	252
8.5.5.- Cerámica estructural .....	252
8.5.6.- Refractarios .....	253
8.5.7.- Lozas y porcelanas .....	257

8.5.8.- Vidrio .....	258
8.5.9.- Pigmentos minerales naturales .....	261
8.5.10.- Industria química .....	264
8.5.11.- Abrasivos .....	266
8.5.12.- Cargas, filtros y absorbentes .....	268
8.5.13.- Usos agrícolas .....	270
8.5.14.- Fundentes .....	271
8.5.15.- Arenas de moldeo .....	272



## 1.- INTRODUCCION

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1. SITUACION GEOGRAFICA

La hoja n°40 (7-5) DAROCA del Mapa Topográfico Nacional E. 1:200.000 se encuentra situada en el sector nororiental de la Península Ibérica, abarcando parte de las provincias de Guadalajara, Teruel y Zaragoza, si bien la mayor parte de la superficie corresponde a estas dos últimas, ocupando la de Guadalajara el vértice suroccidental de la hoja.

La división de la misma en hojas 1:50.000 es la siguiente (Figura 1):

437 (25-17) ATECA	438 (26-17) PANIZA	439 (27-17) AZUARA	440 (28-17) BELCHITE
464 (25-18) USED	465 (26-18) DAROCA	466 (27-18) MOYUELA	467 (28-18) MUNTESA
490 (25-19) ODON	491 (26-19) CALAMOCHA	492 (27-19) SEGURA DE LOS BAÑOS	493 (28-19) OLIETE
515 (25-20) EL POBO DE DUEÑAS	516 (26-20) MONREAL DEL CAMPO	517 (27-20) ARGENTE	518 (28-20) MONTALBAN

FIG. 1 : Distribución en hojas 1:50.000 según el mapa nacional y militar.

La orografía de la región es accidentada, estando encuadrada dentro del sector centro-oriental de la Cordillera Ibérica, destacando las Sierras de Caldereros y Menera en el SO, con alturas superiores a 1.500 m y máxima cota en la hoja (1538 m. en el vértice Lobo) Pardos y Santa Cruz en el ángulo NO, con

alturas superiores a 1.400 m, Vicort, Espigar y Modorra en el N, con alturas de 1.300 m, Cucalón y Oriche en la zona central con cotas próximas a 1.480 m, y Lidón y San Just, al Sur, con cotas que se aproximan a 1.530 m. Las Zonas con menor relieve corresponden al sector Calamocha-Monreal de la Depresión de Calatayud-Teruel, vía natural de comunicaciones, y al área endorreica de la Laguna de Gallocanta.

El vértice Nororiental pertenece, por último, a la depresión del Ebro.

La red hidrográfica pertenece a las cuencas del Tajo (río Gallo) y Ebro (ríos Jalón y Piedra, Jiloca, Huerva, Aguasvivas, Martín,...); sobre los mismos se asientan diversos embalses: Moneva (río Moyuela), Cueva Foradada (río Martín), Las Torcas (río Huerva) y La Tranquera (río Piedra).

Igualmente es necesario destacar la presencia de una importante zona húmeda natural: Lagunas de Gallocanta y La Zaida en las hojas 490-491 y 464, respectivamente.

La red viaria aparece fuertemente condicionada por la orografía de las hojas, siendo las principales vías de comunicación las carreteras N-234 (Sagunto-Burgos), N-330 (Murcia y Alicante a Francia por Zaragoza), N-211 (Guadalajara a Alcañiz), N-420 (Córdoba a Tarragona, por Cuenca), C-222 (Vivel del Río a Zaragoza por Belchite) y C-211 (Molina de Aragón a Daroca); el vértice NO se encuentra atravesado por la autovía de la N-II (Madrid-Francia por Barcelona).

No existen grandes asentamientos urbanos, siendo las principales localidades Daroca, Calamocha, Ateca, Monreal,... y Utrillas, Escucha y Montalbán (en la cuenca minera). Fuera de la hoja, en sus proximidades, se localizan centros de mayor importancia: Calatayud, Molina de Aragón, Cariñena, Andorra,...

## 1.2.- ANTECEDENTES

La hoja 1:200.000 de Daroca cuenta con una cobertura total por el Mapa Geológico Nacional E. 1:50.000. Igualmente hay que citar la reciente realización del Mapa Geológico E. 1:200.000 (IGME, 1991), utilizado como base para el Mapa de Recursos de Rocas y Minerales Industriales, así como para el capítulo de síntesis geológico-minera de esta Memoria.

Dentro del sector de las rocas y minerales industriales merece destacarse la anterior serie del Mapa de Rocas Industriales (IGME, 1974-b), el Mapa Metalogenético E. 1:200.000 (IGME, 1974-a), así como numerosos estudios sectoriales sobre arcillas (González Peña, 1967; González Peña et al, 1970; Alvarez Estrada et al, 1970; García Romero et al, 1990; IGME, 1980-a-b-c-d-e-f, 1983-h y 1985-a), arcillas especiales (IGME, 1985-a; Arauzo et al, 1989), caolines (Martín Vivaldi, 1968; Galán Huertos, 1972; IGME, 1977-c-d), materiales mullíticos (López Aguayo et al, 1973, 1974; Bastida et al, 1984), alabastro y yeso (Collantes et al, 1982; IGME, 1985-b, 1989-d), barita (IGME, 1959; Osácar Soriano et al, 1984, 1986; Osácar Soriano, 1989), magnesita (IGME, 1978), fosfatos (IGME, 1981-e, 1988), óxidos de hierro (Debón Gómez, 1981; Fernández Nieto et al, 1981), áridos (MOPU, 1976; Torres Martín, 1987), etc ... La distribución geográfica de estos estudios aparece reflejada, a escala 1:200.000, en el Mapa de Investigaciones Realizadas.

Hay que señalar, igualmente, la existencia de diversos documentos relacionados con la planificación de la minería en la Comunidad Autónoma de Aragón (D.G.A., 1990; LAHOZ GIMENO, 1990), así como el PLAN ESTRATEGICO DE ARAGON (en fase de debate parlamentario).

Existe también una importante base documental en las diferentes compañías mineras que operan en la hoja y, especialmente, las relacionadas con la minería del carbón.

### 1.3.- METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología de trabajo empleada en el presente Proyecto sigue las normas descritas en el Manual de Metodología para la realización de los Mapas de Rocas y Minerales Industriales, escala 1:200.000 (ITGE, 1988-b). Un esquema del mismo aparece reseñado en la figura 2.

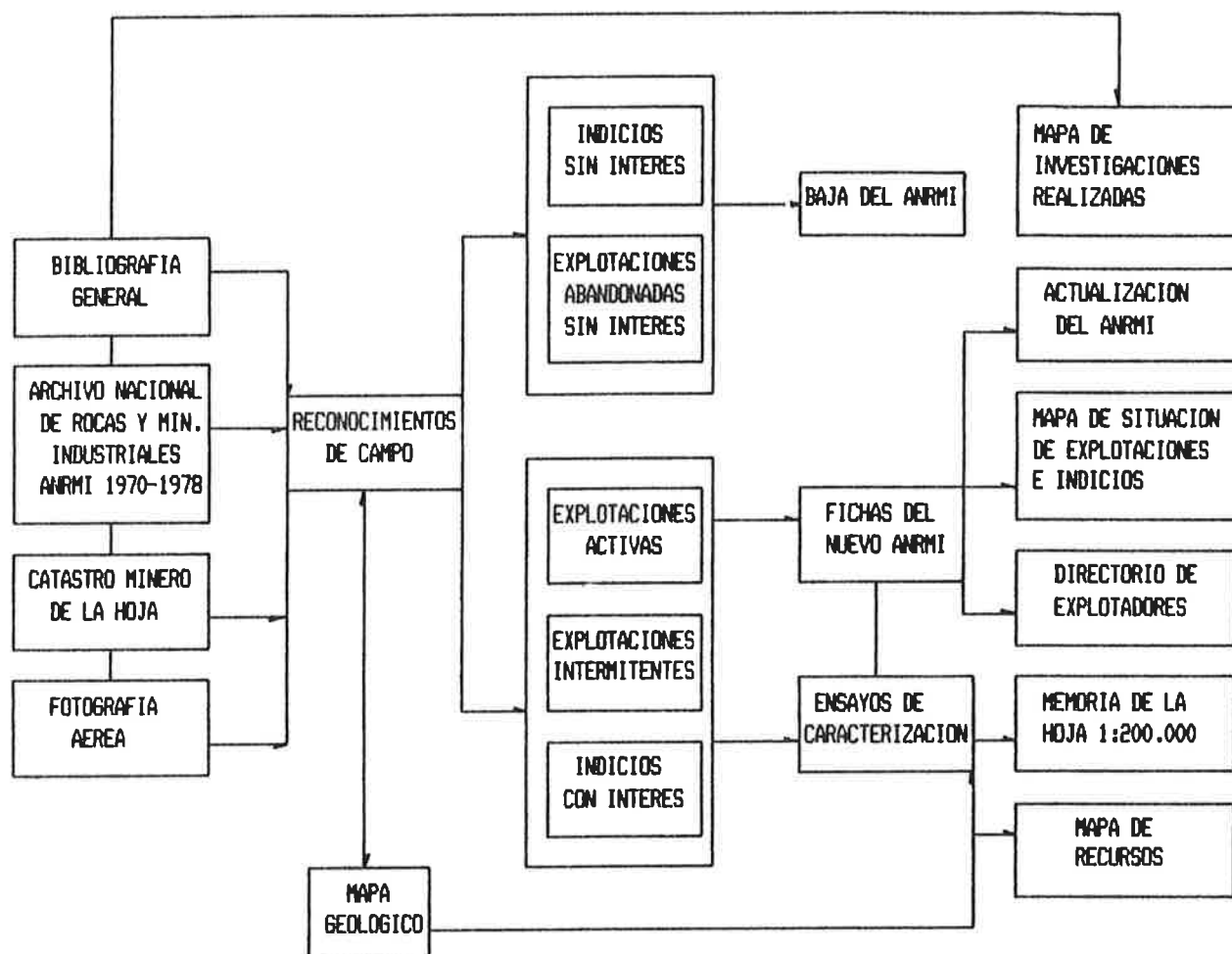


FIGURA 2.- METODOLOGIA DE REALIZACION DE LOS MAPAS DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES E. 1:200.000

## 2.- SINTESIS GEOLOGICO-MINERA

## 2.- SINTESIS GEOLOGICO-MINERA

### 2.1.- SITUACION GEOLOGICA

La hoja nº 40 (Daroca) se encuentra situada en el sector Centro-Oriental de la Cordillera Ibérica, abarcando parte de sus Ramas Castellana y Aragonesa, las depresiones de Calatayud-Montalbán y del Jiloca y parte del borde meridional de la Depresión del Ebro.

Desde un punto de vista geológico la Cordillera Ibérica está constituida por un zócalo formado por materiales del Precámbrico y Paleozoico (considerados como prolongación hacia el SE de la zona Astur-Occidental Leonesa del Macizo Hespérico), deformados por la orogenia hercínica, sobre los que se depositan, discordantes, materiales del Pérmico, Mesozoico y Terciario, afectados (junto con el Precámbrico y Paleozoico) por los movimientos de la orogenia alpina, con directriz NO-SE (Directriz Ibérica), con vergencias hacia el SO en la parte occidental (Rama Castellana) y N y NE en la oriental (Rama Aragonesa).

La evolución sedimentológica y tectónica, a partir del Pérmico, se ajusta al modelo propuesto por Alvaro et al (1978), según el cual correspondería a un aulacógeno posteriormente comprimido y deformado por las facies alpinas.

### 2.2.- ESTRATIGRAFIA

#### 2.2.1.- Precámbrico (4)

Los materiales precámbricos están representados en la hoja de Daroca por los tramos superiores de la Fm Pizarras de Paracuellos, la cual aflora exigüamente en las proximidades de Codos (Hoja 1:50.000 nº 438). Esta está constituida por una sucesión de pizarras gris-verdosas con delgados niveles cuarcíticos. Intercalado en la serie aparece un nivel carbonatado, de 6,5 m de potencia, con indicios de fosfatos (ITGE, 1.988).

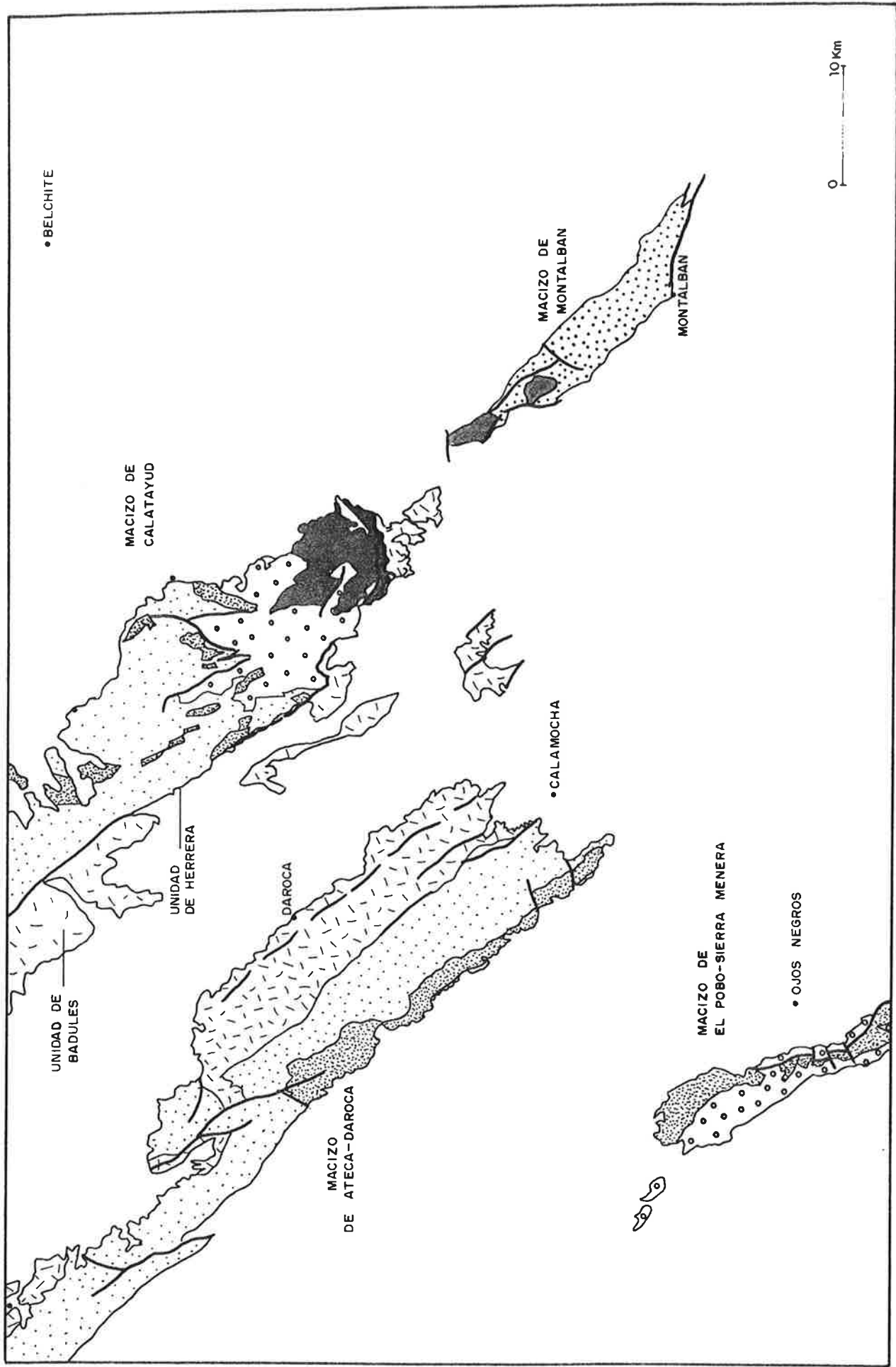


FIGURA 3.- Esquema estructural de los terrenos paleozoicos



### 2.2.2.- Paleozoico

Los materiales paleozoicos del ciclo hercínico afloran en 3 bandas dispuestas en dirección NO-SE, correspondientes a los macizos de Sierra Menera-El Pobo, Ateca-Daroca y Calatayud-Montalbán (figura 3).

El Macizo de Sierra Menera-El Pobo se localiza en el extremo suroccidental de la hoja estando constituido por materiales del Silúrico y Ordovícico, siendo la Cuarcita Armoricana el nivel más antiguo aflorante.

El Macizo de Ateca-Daroca corresponde a los afloramientos paleozoicos centrales, con límite oriental en la Depresión de Calatayud. La serie presente abarca desde el Cámbrico inferior al Ordovícico. Los niveles cámbricos afloran principalmente en el sector de Daroca; en la parte meridional del borde SO afloran la cuarcita armoricana y algún retazo del Ordovícico medio-superior. El resto está constituido por los materiales de la Serie Ibérica (Tremadoc).

El Macizo de Calatayud-Montalbán es el más oriental y de mayores dimensiones de los tres, abarcando la serie estratigráfica desde el Precámbrico hasta el Carbonífero. El afloramiento más meridional (macizo de Montalbán) está constituido por materiales devónicos y carboníferos, mientras que en el sector occidental del Macizo de Calatayud (Unidad de Badules) aparece el Cámbrico y en el oriental (Unidad de Herrera) afloran materiales ordovícicos, silúricos y devónicos.

Hay que señalar, por último, la existencia de una serie de afloramientos pérmicos localizados en la zona de El Pobo de Dueñas y Unidad de Herrera, así como numerosas manifestaciones volcánicas de edad Stephaniense-Pérmico.

#### 2.2.2.1.- Cámbrico (5)

##### Cámbrico inferior

Está representado en las Sierras de Algairén y Vicort (Hoja 1:50.000 n° 438) y Santa Cruz (Hoja 1:50.000 n° 465). Aflora asimismo, con mucho recubrimiento, en la zona de Olalla (Hoja 1:50.000 n° 492). Presenta las siguientes formaciones:

- ✦ Fm Cuarcita de Bámbola: Aflora en el perfil de Codos (Hoja 1:50.000 n° 438). Está formada por más de 100 m de areniscas cuarcíticas y cuarcitas microconglomeráticas.
- ✦ Fm Capas de Embid: Aflora en la Rama Aragonesa, con un espesor de 250-280 m. Está constituida por una alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras en tránsito continuo desde la Fm Cuarcitas de Bámbola, con pérdida progresiva de la fracción arena.
- ✦ Fm Capas de Jalón: Está representada tanto en la Rama Aragonesa (Hojas 1:50.000 n° 438 y 466) como en la Castellana (Hoja 1:50.000 n° 465), en afloramientos muy incompletos. Está constituida por 200 m de limolitas ligeramente arenosas, de colores abigarrados, rojo-violáceos, con intercalaciones de niveles dolomíticos a techo.
- ✦ Fm Dolomías de Ribota: Aflora en ambas ramas con una potencia aproximada de 125 m. Está constituida por dolomías tableadas y masivas, a veces brechoides, de colores ocre en superficie y gris oscuro en fractura fresca, con algunas intercalaciones de calizas margosas y margas arenosas. Petrográficamente pueden describirse como un mosaico heterogranular de grano medio y grueso de cristales de dolomita. Hay geodas rellenas de calcita, cuarzo y óxido de hierro.
- ✦ Fm Pizarras de Huérmeda: Aflora en diversos puntos tanto de la Rama Castellana como Aragonesa en afloramientos muy incompletos, por causas tectónicas. Está constituida por pizarras verdes y grises, arcillosas que, hacia el techo, intercalan capas de areniscas cuarcíticas. La potencia regional reconocida es de 100 m.
- ✦ Fm Areniscas de Daroca: Los afloramientos de esta formación, muy reducidos, aparecen en las hojas 1:50.000 n° 465, 491, 438 y 466. Está constituida por 50-100 m de areniscas de tonos blanquecinos y amarillentos, de aspecto masivo, poco cementadas, en capas de 0,3-0,6 m con intercalaciones de pizarras verdosas.

#### Cámbrico inferior-medio

- ✦ Fm Capas de Valdemiedes. Presenta una distribución regional similar a las Areniscas de Daroca, con una potencia que puede alcanzar 1.400 m. La mitad inferior está constituida por margas y margas limolíticas, de tonos grises y con nódulos calcáreos. La mitad superior está formada por una alternancia de areniscas de grano fino, en capas de 5-30 cm y margas limolíticas con nódulos dolomíticos y de pirita.

- \* Fm Capas de Murero. Presenta una potencia de 110 m, aflorando de forma similar a la anterior formación. Está constituida por una alternancia de areniscas de grano fino, en capas de pocos centímetros, y pizarras y limolitas, de tonalidades grisáceas.

### Cámbrico medio-superior

- \* Fm Almunia: Aflora en una franja paralela al río Jiloca en la Rama Castellana, así como en la zona de Olalla y en el extremo Sur de los afloramientos paleozoicos de la Rama Aragonesa. Está constituida por una sucesión de pizarras y cuarcitas, con desigual distribución en la columna estratigráfica. La potencia total estimada para los 5 miembros en que se subdivide es de 1.275 m.

### 2.2.2.2.- Ordovícico

#### ORDOVICIO INFERIOR

##### Tremadoc (6)

Los materiales del Ordovícico inferior, constituyentes de la denominada "Serie Ibérica", afloran con gran continuidad en el borde oriental del Macizo de Aleca-Daroca, así como en la Sierra de Algairén, en el Macizo de Calatayud. Las formaciones presentes son:

- \* Fm Valconchán. Presenta una potencia aproximada de 500 m en el área del Pantano de la Tranquera. Está constituida por una alternancia de pizarras negruzcas, areniscas y cuarcitas, en proporciones variables, predominando los tramos arenosos en la mitad inferior y las pizarras en la mitad superior.
- \* Fm Borrachón. Está constituida fundamentalmente por pizarras y limolitas negruzcas, con niveles intercalados de areniscas que se concentran mayoritariamente hacia la base y techo de la unidad. Su potencia alcanza los 750-900 m.
- \* Fm Deré. También conocida como "Cuarcita de Scolithus", presenta una potencia de 600 m estando constituida por cuarcitas de tonos blanquecinos y amarillentos con niveles de pizarras intercaladas.

- \* Fm Santed. 600 m de alternancias de areniscas pardo-amarillentas y limolitas pizarrosas negruzcas; en el área de Santed presenta intercalaciones conglomeráticas con anomalías fosfatadas.

### Arenig (7)

- \* Fm Cuarcita Armórica. Se distribuye por las Sierras Menera y Santa Cruz, en la Rama Castellana y Sierras de Algairén, Peco y Herrera en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. Está formada por ortocuarcitas de grano fino a medio de color claro y blanco, con intercalaciones de pizarras más o menos arenosas con lechos finos de cuarcitas. Las intercalaciones pizarrosas permiten separar 3 miembros:

- Miembro inferior: Formado por bancos de hasta 3 m de cuarcita, con intercalaciones pizarrosas, y una potencia de 155-220 m.
- Miembro medio: Pizarras arenosas grises, areniscas en bancos finos y escasos niveles ortocuarcíticos. Su potencia es del orden de 130 m.
- Miembro superior: Ortocuarcitas en bancos de 2-4 m y una potencia de 270 m (Sierra de Herrera).

Por su carácter eminentemente cuarcítico esta formación origina importantes resaltes morfológicos, característicos de la misma.

## ORDOVICIO MEDIO-SUPERIOR

### Llanvirn Superior-Caradoc superior (8)

- \* Fm Castillejo: Está mejor representada en la Rama Aragonesa que en la Castellana, donde aparece en reducidos afloramientos. Presenta 3 miembros con características propias, de más antiguo a más moderno:
- Miembro Marité. Definido en la mina del mismo nombre, ubicada en las proximidades de Luesma (Hoja 1:50.000 nº 439). Se trata de pizarras con oolitos ferruginosos intercalados con pizarras limolíticas arcillosas de color verdoso. El nivel ferruginoso más importante alcanza una potencia de 3,5 m. Existen otros dos niveles mineralizados con potencias, respectivamente, de 2 y 3 m.

- Miembro Alpartir. Está constituido por pizarras arcillosas en las que se intercala, a 25 m de la base, un paquete de areniscas cuarcíticas.

- Miembro Sierra. Está compuesto por 200 m de una alternancia de pizarras arenosas con bancos de areniscas más o menos cuarcíticas.

\* Fm Fombuena. Presenta 2 miembros:

- Miembro Piedra del Torro, en la parte inferior : 3-8 m de oolitos ferruginosos.

- Miembro Huerva, superior : 50-100 m de alternancia de areniscas más o menos arcillosas, con pizarras arcillosas ligeramente arenosas.

#### Caradoc medio-Ashgillense medio (9)

\* Fm Calizas de Cistideos. Aflora tanto en la Rama Castellana (Macizo de Sierra Menera) como en la Aragonesa de la Cordillera Ibérica. Está formada en la base por margas pizarrosas, presentando hacia techo calizas margosas, calizas masivas grises y niveles dolomíticos pardoamarillentos cuya potencia aumenta hacia la parte superior de la unidad

En el Macizo de Sierra Menera la base está constituida por margo-calizas de tonos violáceos y blanco-amarillentos, con variaciones laterales de facies hacia arcillas verdosas y dolomías. A este conjunto se superpone un tramo de calizas dolomíticas y dolomías masivas de tonos pardos a pardo-ferruginosos con desarrollo local de magnesitas y frecuentes términos intermedios de la serie magnesita-siderita. La potencia del conjunto oscila entre 50-150 m. A techo, preferentemente, de la serie aparecen importantes bolsadas de óxidos de hierro objeto de explotación hasta fecha reciente (Minas de Ojos Negros). Una información más detallada acerca de esta formación en esta zona puede encontrarse en los apartados 3.10 (Magnesita) y 3.11 (Óxidos de hierro) de esta memoria.

En la Rama Aragonesa esta formación presenta mineralizaciones de calcopirita, explotadas durante el siglo pasado en la Mina del Hocino, Luesma (hoja 1:50.000 nº 466).

### 2.2.2.3.- Silúrico

#### Silúrico inferior (10)

- \* Fm Orea: 22 m de areniscas lajeadas, en la base, de tonos grises y verdosos, y, a techo, pizarras verdosas. En algunos puntos la formación se inicia con un tramo de cuarcitas blancas.
- \* Fm Cuarcita Blanca: constituida por ortocuarzitas recristalizadas blancas de grano fino a medio, ocasionalmente teñidas por óxidos de hierro.

En la Rama Castellana presentan una potencia que oscila desde 60-75 m en la Sierra de El Pobo a 30-35 m en Sierra Menera (hoja 1:50.000 nº 515), en capas de 10-50 cm de espesor con niveles métricos esporádicos. En esta zona presentan textura granoblástica con cuarzo, sericita y plagioclasa, como minerales principales, y opacos, circón, moscovita y rutilo, como accesorios.

La potencia de esta formación en la Unidad de Herrera (Rama Aragonesa) es de 16-25 m.

Ambas formaciones se presentan en estrechas bandas acompañantes a la Fm Cuarcita Armoricana sobre la que reposan discordantemente.

#### Llandovery superior-Ludlow inferior (11)

- \* Fm Bâdenas. Está extensamente representada en la hoja 1:50.000 nº 466 y alrededores (Unidad de Herrera) (figura 4). En el resto de la hoja únicamente se localizan pequeños afloramientos en Sierra Menera.

En la hoja 466 presenta una potencia de 900-1400 m, estando constituida por una sucesión monótona de pizarras arcillosas, pardo-negruczas, con abundantes intercalaciones limolíticas, arenosas, niveles lentejonares de conglomerados y alternancias de limolitas y cuarcitas entre ampelitas. Localmente, y en puntos muy dispersos de la formación, se desarrollan bolsadas de arcillas blanquecinas, de composición ilitico-caolinitico-pirofilitica, muy plásticas, producto de alteración de las pizarras.

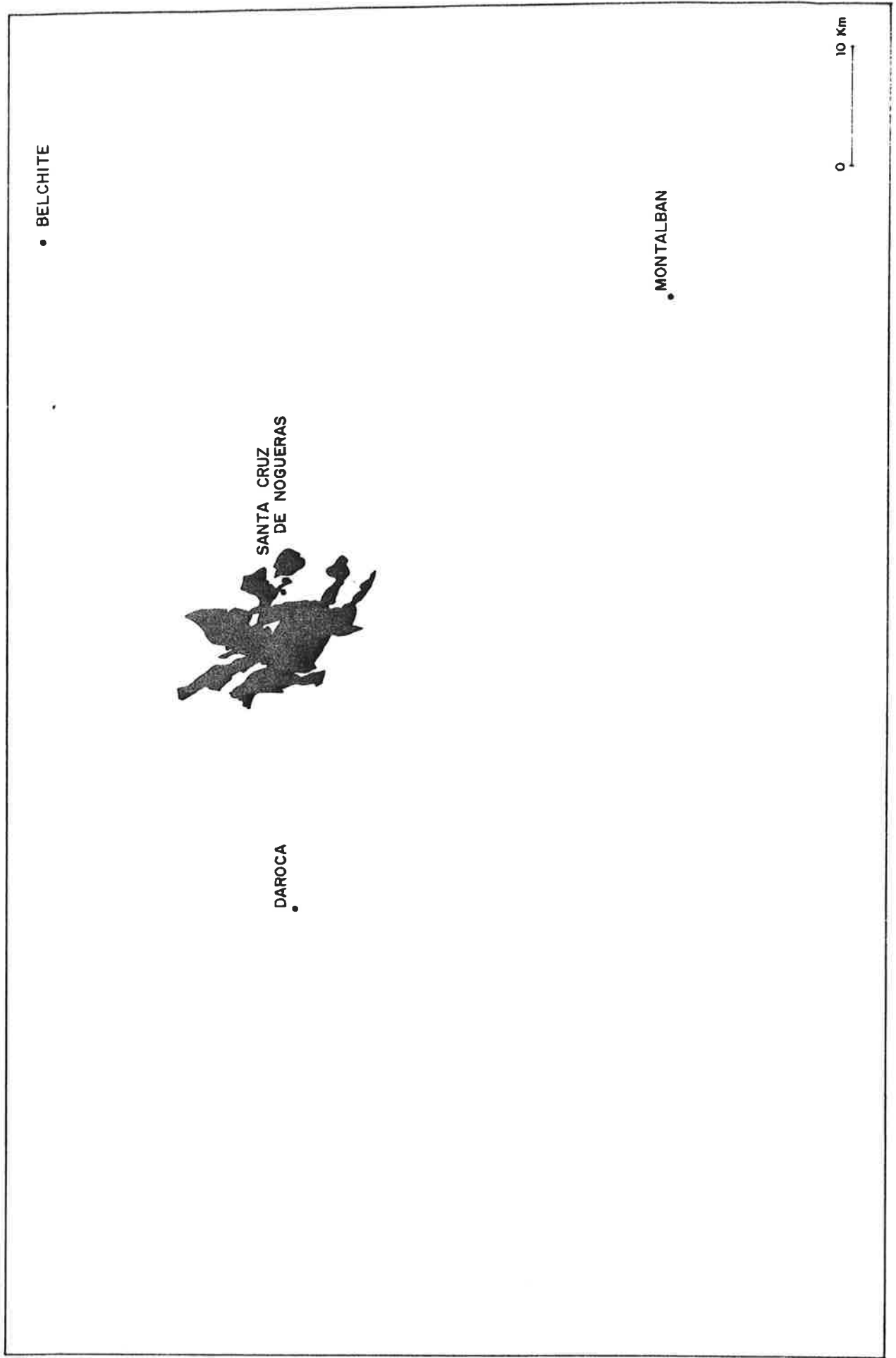


FIGURA 4.- Principales afloramientos de la Fm Badenas

#### 2.2.2.4.- Devónico (12)

Las formaciones devónicas en la hoja de Daroca se concentran en la Depresión del Cámaras, hoja 1:50.000 nº 466, existiendo algunos afloramientos en el Macizo de Montalbán.

##### Pridoliense-Gediniense inferior

¶ Fm Luesma: Su potencia es de 225 m, estando constituida por una serie alternante de cuarcitas y pizarras. Se subdivide en miembros que siempre comienzan litológicamente por ortocuarcitas blancas; los paquetes superiores suelen ser alternancias de cuarcitas con pizarras, con ocasionales lechos microconglomeráticos, a los que se asocian cantos de fosforita gris o negra. Existen también, con carácter persistente, dos niveles de oolitos ferruginosos de 1 m de potencia. La Fm Luesma marca el paso Silúrico-Devónico.

##### Gediniense inferior - Siegeniense superior

¶ Fm Nogueras. Tiene una potencia de 140 m, estando constituida por una sucesión pizarrosa en la base, en la que se intercalan 3 niveles de oolitos ferruginosos. La mitad superior son una alternancia de bancos calcáreos con pizarras.

¶ Fm Santa Cruz. Con una potencia ligeramente inferior a 300 m está formada por bancos alternantes de areniscas, calcarenitas, calizas lumaquéllicas, pizarras margosas y pizarras negruzcas, en bancos de 1 m de potencia media.

##### Siegeniense superior - Emsiense superior

¶ Fm Mariposas. Está constituida por una sucesión de pizarras negruzcas, areniscas, margas y calizas. Las calizas, de tonalidades grisáceas, suelen ser arenosas y lumaquéllicas, contienen abundantes fragmentos de corales y suelen presentar estratificación nodulosa. A techo de los bancos de caliza suelen destacar pequeños cantos negros de fosfato.

¶ Fm Castellar. Con una potencia de 150 m, está formada por pizarras con niveles intercalados de areniscas, margas y calizas lumaquéllicas.



- \* Fm Raablar. Está formada por 40 m de pizarras con intercalaciones arcillosas, calizas lumaquéticas, margas y calizas.
- \* Fm Loscos. Presenta una potencia de 80 m, estando formada por pizarras arenosas y alternancias de éstas con bancos centimétricos de areniscas.
- \* Fm Peña Negra. Está constituida por tramos métricos de pizarras arcillosas y limolíticas en las que se intercalan bancos de areniscas y calizas. Su espesor se estima en unos 60 m.
- \* Fm Molino. Su potencia estimada es de 30-35 m, estando constituida por pizarras parduzcas, en las que se intercalan numerosos lechos centimétricos margosos y ferruginosos. Se presentan algunos bancos de niveles de caliza ferroolítica.

#### Eifeliense — Givetiense

- \* Fm Monforte. Está formada por 60 m de pizarras arcillosas, a veces micáceas, que intercalan algunos niveles margosos. En el techo y en la base hay calizas.
- \* Fm Moyuela. 30 m de pizarras oscuras de textura fina que intercalan delgados niveles margosos.
- \* Fm Recutanda. Está constituida por una alternancia de pizarras negras y areniscas finas, con una potencia de 125 m.
- \* Fm Barreras. 100 m de pizarras arcillosas negras con intercalaciones regularmente distribuidas de areniscas finas micáceas. En el tercio inferior se localiza un nivel calcáreo.
- \* Fm Salobral. Consta de un tramo inferior pizarroso, de 40 m de espesor con concrecciones ferruginosas y silíceas, al que siguen 115 m de pizarras arenosas y areniscas. Hacia techo aparecen algunos niveles lumaquéticos.
- \* Fm Cabezo Agudo. Con una potencia de 250 m está formada por pizarras con intercalaciones de areniscas. En la base aparecen algunos tramos calcáreos.

### Frasniense inferior — Fameniense

- \* Fm Huesa. Conjunto monótono de pizarras negras que alternan con areniscas más o menos cuarcíticas en bancos delgados. Su espesor se evalúa en unos 600 m.
- \* Fm Bandera. Está formada por pizarras arcillosas, algo micáceas, de tonos grises y pardos. En la base presenta niveles de caliza nodulosa que, en el área de Segura de Los Baños (Hoja 1:50.000 nº 492), presentan indicios fosfatados. La potencia de la formación en este sector supera los 800 m.
- \* Fm Fuepudrida. Aflora exclusivamente en el Macizo de Montalbán y consta de una serie de 150 m de pizarras arcillosas, a veces algo margosas, que finaliza con 50 m de areniscas cuarcíticas micáceas.

### 2.2.2.5.- Carbonífero (13)

Los materiales carboníferos se circunscriben exclusivamente al Macizo de Montalbán, en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, donde la serie presenta una potencia de 1500 m.

#### Namuriense

- \* Fm Segura. 200 m de cuarcitas y areniscas, en bancos gruesos, masivos, con algunas intercalaciones pizarrosas.
- \* Fm la Hoz. Está formada por pizarras negras con intercalaciones de capas de areniscas. La potencia del tramo oscila entre 400-450 m.

#### Westfaliense

- \* Fms Armillas y Peñarroya. Constituyen ambas un conjunto alternante de pizarras y areniscas, en ocasiones de grano grueso a conglomeráticas, de tonalidades amarillentas y pardas. La potencia total de ambas formaciones es de 200 m.
- \* Fms Montalbán y Torre. Están formadas por una alternancia rítmica de capas de areniscas y pizarras negruzcas, con una potencia total aproximada de 500 m.

#### 2.2.2.6.- Pérmico (14)

El Pérmico en la hoja de Daroca está representado por formaciones híbridas (sedimentario-piroclásticas), así como por numerosas manifestaciones magmáticas. Estas últimas son descritas en capítulo aparte (2.4.).

Los principales afloramientos de rocas sedimentarias de este sistema se localizan en el extremo occidental de la hoja (Hoja 1:50.000 nº 490), en pobres afloramientos.

\* Fm Ermita (Autuniense). La serie, definida en Rillo de Gallo, próxima al borde occidental de la hoja de Daroca, describe 50 m de areniscas de grano grueso o medio con intercalación de conglomerados de cantos de cuarcitas, pizarras, rocas volcánicas y limos, al que siguen 50 m de lutitas versicolores con intercalaciones de arenas y tobas volcánicas masivas. Finaliza con 100 m de pizarras negras y areniscas.

\* Fm Montesorro (Saxoniense). Se apoya discordante sobre la Fm Ermita. Está constituida por lutitas rojo oscuro con intercalaciones de materiales detríticos, tamaño arena, formadas por rocas volcánicas ácidas y fragmentos de plagioclasas, cuarzo y biotitas. Hay también niveles de dolomías nodulosas e intercalaciones métricas de depósitos fragmentarios. El espesor varía entre 20-100 m.

En las proximidades de El Pobo de Dueñas (Hoja 1:50.000 nº515) aparecen varios afloramientos pérmicos, de muy reducidas dimensiones, constituidos por lutitas, conglomerados cuarcíticos, cementados, con alto contenido en óxidos de hierro. Ocasionalmente se localizan anomalías de uranio.

#### 2.2.3.- Triásico

El Triásico se presenta en la hoja de Daroca, como en el resto de la Cordillera Ibérica, en facies germánicas: Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper.

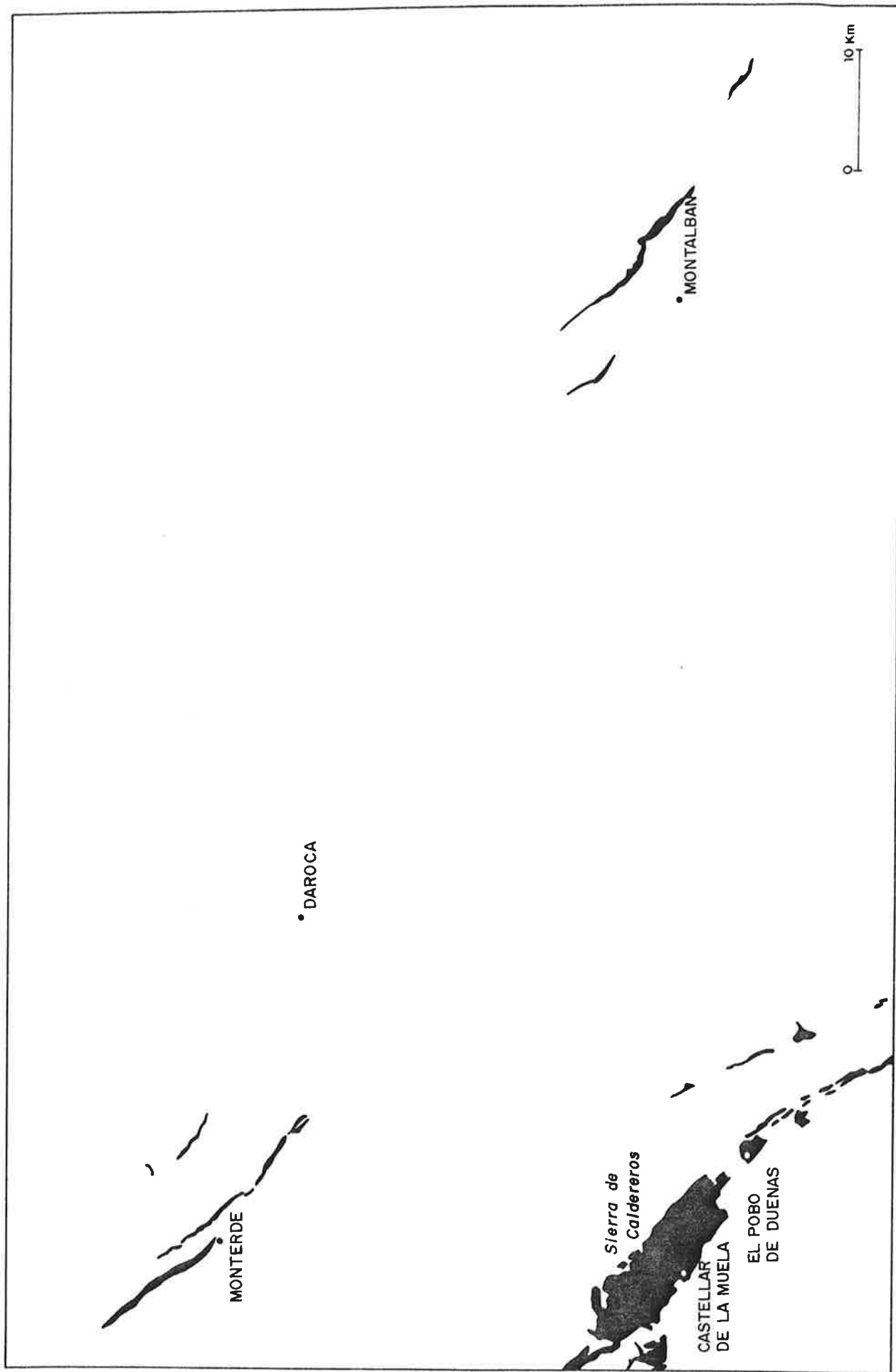


FIGURA 5.- Principales afloramientos de las facies Buntsandstein

### 2.2.3.1.- Facies Buntsandstein (15)

El área con mayor extensión de afloramientos aparece en la Sierra de Caldereros-Sierra Menera (Hojas 1:50.000 n° 490-515) (figura 5). En esta zona presenta tres tramos: Un primer tramo, basal, eminentemente conglomerático, constituido por conglomerados subredondeados-redondeados que intercalan niveles decimétricos de areniscas rojas; un segundo tramo constituido por alternancias de areniscas rojas, lutitas y areniscas de tonos violáceos y areniscas rojas con clastos angulosos de cuarcita y un último tramo constituido por lutitas rojo-vinosas y areniscas. La potencia total se aproxima a 400 m.

En el área de Monterde-Alhama de Aragón (Hoja 1:50.000 n° 437), los afloramientos se sitúan en ambas vertientes de las Sierras de Pardos y Santa Cruz. En esta zona presenta un tramo basal, constituido por limolitas y arcillas con intercalaciones de areniscas y conglomerados de tonalidad rojiza. El segundo tramo reconocible está formado por conglomerados y areniscas en menor proporción, con pequeñas intercalaciones de lutitas. El siguiente tramo diferenciable corresponde a lutitas rojas con intercalaciones de limolitas y areniscas verdosas y amarillas a rojizas. A techo, esta unidad suele presentar un tramo arenoso de espesor variable con abundantes cantos blandos. La potencia presenta notables variaciones de un punto a otro (60-250 m).

En la Rama Aragonesa los principales afloramientos se sitúan a ambos lados del anticlinal devónico-carbonífero de Montalbán. En esta zona aparece un tramo basal constituido por conglomerados cuarcíticos subangulosos-subredondeados con lentejones de areniscas de grano medio-grueso y color rojo-vino. Un segundo tramo está constituido por alternancias de areniscas de grano medio a grueso y niveles de cantos de tonalidades rojizas que intercalan pequeños lentejones de arcillas rojo vinosas. Un tercer paquete, heterolítico, está constituido por alternancias de areniscas, limolitas y lutitas. Por último, un grueso paquete constituido por alternancias de arcillas rojo-vinosas y areniscas de grano grueso a fino. Las mayores potencias se presenta en Torre Las Arcas (160 m), disminuyendo notablemente en otros puntos.

### 2.2.3.2.- Facies Muschelkalk (16)

El conjunto de los materiales del Muschelkalk presenta tres miembros con desigual representación geográfica en la hoja:

- Miembro inferior. Se presenta en la mitad oriental y en una estrecha franja situada entre Monreal del Campo y El Pobo de Dueñas. Está constituido por dolomías de grano fino, bien estratificadas o tableadas. De manera ocasional se intercalan niveles masivos, tramos de brechas en la base o techo e intercalaciones de margas rojas y dolomías margosas.
- Miembro medio. Se presenta en el borde Sur como una sucesión de arcillas rojas y verdes, con delgadas intercalaciones de dolomías tableadas y laminadas, limos y areniscas. En la mitad oriental se presenta como una sucesión arcillosa verde y roja con intercalaciones de yesos similares a los del Keuper. La potencia de este tramo oscila entre 10-50 m.
- Miembro superior. Está presente en todo el área de estudio. Está constituido por una sucesión dolomítica estratificada y espesor variable (25-40 m).

### 2.2.3.3.- Facies Keuper (17)

Los materiales de las facies Keuper afloran en toda la hoja en franjas de dirección NO-SE, en los núcleos de los anticlinales jurásicos. En ocasiones forman estructuras diapíricas.

Litológicamente está compuesta por un conjunto de arcillas, a veces margosas, de colores verdosos y grises. Intercala gran cantidad de yesos estratificados, nodulares o fibrosos.

Las unidades litoestratigráficas definidas para el Keuper levantino son reconocibles en la hoja, si bien no siempre están presentes :

- Fm Arcillas y yesos de Jarafuel ( $K_1$ ). Está formada por arcillas de tonos grises y verdosos que intercalan capas de yeso, generalmente laminado, de color gris y negro.
- Fm Areniscas de Manuel ( $K_2$ ). Está poco desarrollada; se ha detectado en las hojas 1:50.000 nº 466, 518 y 437. Son areniscas de tonos rojos dispuestas en capas métricas, incluidas en arcillas rojas.
- Fm Arcillas de Cofrentes ( $K_3$ ). Está formada por arcillas rojas con intercalaciones de arcillas verdes.

- Fm Arcillas yesíferas de Quesa (K<sub>4</sub>). Está constituida por una masa arcillosa roja en la que los yesos son de tipo nodular, laminados o con estructura reticulada.

## 2.2.4.-Jurásico

### 2.2.4.1.- Lías

#### Rethiense - Pliensbachense (18)

- \* Tramo de transición: 2,6 m de dolomías vacuolares, mal estratificadas, de colores beige a rojizos y marrones. Es una unidad fuertemente diagenetizada y difícilmente observable en campo.
- \* Fm Dolomías tableadas de Imón. Está presente en ambas ramas de la Cordillera Ibérica. Está formada por 30 m de dolomías cristalinas, grises a beige, ocasionalmente rojizas, bien estratificadas en capas medias a finas, con intercalaciones de capas gruesas. En algunas secciones se encuentran intercalaciones margosas.
- \* Fm Carniolas de Cortes de Tajuña. Está constituida por un conjunto carbonatado y, alternativamente, de evaporitas con intercalaciones dolomíticas. Su espesor oscila entre 75-150 m. Dentro del conjunto pueden distinguirse 3 litofacies principales: litofacies de brechas dolomíticas, litofacies de dolomías cristalinas y litofacies de evaporitas con intercalaciones dolomíticas. Esta última solo es observable al NE de Ventas de Muniesa (Hoja 1:50.000 nº 467).
- \* Fm Calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas. Pueden distinguirse dos unidades de rango menor. La unidad inferior está constituida por calizas y dolomías, estando presente en toda la hoja. Su espesor presenta notables variaciones (20-200 m). La unidad superior está formada por calizas micríticas con aspecto noduloso, alcanzando su máxima representación en la Rama Aragonesa, con potencias de 36-79 m.
- \* Unidad Calizas y margas de Almonacid de La Cuba. Está constituida por dos litofacies que alternan regular o irregularmente: Una litofacies de calizas micríticas, bioclásticas en ocasiones, grises o

beiges, en capas de 10-15 cm y una litofacies margosa constituida por margas grises a gris-azuladas y margocalizas amarillentas a blanquecinas. La potencia del conjunto oscila entre 20-50 m.

#### Pliensbachiense-Toarciense (19)

- \* Fm Margas grises del Cerro del Pez. Presenta un espesor reducido (15 m) estando formada por margas y margocalizas de colores grises, beiges y amarillentos y calizas micríticas grises a beiges.
- \* Fm Calizas bioclásticas de Barahona. Aflora en toda la hoja con espesores que oscilan entre 6-30 m. Está constituida por calizas bioclásticas, a veces biodetríticas, de color gris o beige con tonos amarillentos.
- \* Fm Alternancia de margas y calizas de Turmiel. Presenta dos litofacies: una margosa, dominante, formada por margas grises a verdosas y otra constituida por calizas micríticas, grises a beiges y rojizas. Ambas litofacies forman alternancias ritmicas. Su máximo espesor, al Este de Muniesa, es de 75 metros.

#### 2.2.4.2.- Dogger (20)

- \* Fm Carbonatada de Chelva. Presenta una serie de unidades de rango menor:
  - Mb Calizas nodulosas de Casinos: Unidad constituida por 0,5-12 m de calizas en capas de 10-30 cm con marcado aspecto noduloso.
  - Parte media (Unidad informal). Presenta dos litofacies: Facies de calizas micríticas, ocasionalmente con intercalaciones margocalizas, de colores grises, beiges y amarillentas, o de calizas dolomíticas y dolomías y facies de calizas oolíticas con oolitos y/o bioclastos de color gris claro o blanquecinos. Estas últimas se intercalan localmente en las micritas. Los mayores espesores se localizan en el vértice suroccidental de la hoja (280 m).
  - Capa de oolitos ferruginosos de Arroyofrío. Está constituida por calizas con oolitos ferruginosos (0,5-5 mm de diámetro) dispersos en la matriz o localmente concentrados. El espesor no supera 1 m.



- Mb Calizas con esponjas de Yátova. Está constituido por calizas de tonos beige y amarillentos, en capas de 10-70 cm, que en ocasiones presentan aspecto noduloso. Intercalan niveles margosos, más frecuentes a techo de la unidad que localmente pueden contener glauconita. El espesor oscila entre 0,3 y 10 m.

#### 2.2.4.3.- Malm

##### Oxfordiense - Portlandiense (21)

- \* Fm Margas de Sot de Chera. Está constituida por una sucesión de margas grises, micáceas, lajosas u hojosas, a veces con tonos azulados, beige y pardogrisáceos a gris-amarillentos en superficie. Puede contener nódulos y tubos piriticos y con frecuencia se intercalan niveles de calizas margosas en capas de 10-30 cm. En la zona sur y suroeste se encuentran intercalaciones de areniscas y calizas arenosas. Su espesor es muy variable: 60 m (Aguatón) a 0,2 m, pudiendo estar ausente.
- \* Fm Ritmita calcárea de Loriguilla. Se presenta como una alternancia rítmica de calizas micriticas grises y amarillentas y margocalizas lajosas, dispuestas en ritmos de 10-30 cm de espesor, con un aspecto muy característico. La potencia es muy variable, 107 m al Norte y Sureste, disminuyendo notablemente hacia el Oeste y Suroeste.
- \* Fm Calizas con oncolitos de Higuieruelas. Constituye el tramo más superior del Jurásico en facies carbonatadas; sólo ha quedado preservada de la erosión pre-intracretácica en el angulo NE de la hoja y a lo largo del borde Sur de la misma.

Presenta una gran diversidad de facies carbonatadas así como facies mixtas carbonatadas-terrágenas: mudstone a wackstone bioclásticas y de pellets, grainstone a packstone oolíticas, montículos arrecifales constituidos por calizas wackstone a mudstone con corales, etc.... Las facies mixtas aparecen en la zona suroeste de la hoja y están compuestas por areniscas de grano medio-fino, limos y arcillas limosas grises a verdosas. El espesor, por encontrarse erosionada por los depósitos de las facies Weald, Fm Lignitos de Escucha o Arenas de Utrillas, es muy variable, desde 54 a 94 m.

### Facies Purbeck (Portlandiense) (22)

Únicamente afloran en la hoja 1:50.000 n° 517, donde forman una extensa planicie cultivada. Se trata de areniscas arcósicas micáceas, gris-verdosas, en niveles decimétricos, alternando con limolitas de color rojo-granate y algún pequeño horizonte de conglomerados. El espesor estimado es de 50 m. Pueden ser asignadas a los niveles inferiores de la Fm Calizas, areniscas y arcillas de Villar del Arzobispo.

### 2.2.5.- Cretacico - Inferior

#### 2.2.5.1.- Hauteriviense-Barremiense (facies Weald) (23)

Los materiales del Crétacico inferior se encuentran bien representados en la mitad oriental de la hoja en dos cuencas diferenciadas: Oliete y Aliaga, situadas la primera al Norte de la segunda, separadas entre sí por el Umbral de Montalbán y separadas del Maestrazgo Central por el Umbral de Ejulve-Molinos. La Cuenca de Aliaga se integra, a su vez, en otra aún mayor que se extiende hacia el Sur, fuera de la hoja (Cuenca de Mora de Rubielos).

Hay que señalar asimismo la presencia en el borde suroccidental de la hoja de un pequeño ápice correspondiente al Surco Ibérico Suroccidental.

#### Maestrazgo: Cuencas de Aliaga y Oliete.

\* Formación Margas y Calizas de Blesa. Aflora en la Cuenca de Oliete. En su conjunto se trata de una sucesión terrígeno-carbonatada constituida, de base a techo, por arcillas, calizas y areniscas. Se distinguen tres miembros:

- Mb Arcillas de Cabezo Gordo. Presenta su máximo espesor en el área de Villanueva de Huerva (límite N de la hoja 1:50.000 n° 439), donde alcanza 150 m en una sucesión alternante de areniscas, limos y arcillas. El espesor disminuye notablemente hacia el SE, donde está escasamente representado.

- Mb Calizas de Morenillo. Está constituido por una sucesión calcárea de micritas y biomicritas, con una potencia de 120 m en el área de Villanueva de Huerva, 100 m en el área de Blesa (Hoja 1:50.000 nº 466) y una reducción notable de espesor hacia el Oeste.
- Mb Areniscas de Valdejunco. Está compuesto por un conjunto de areniscas y lutitas que en Blesa alcanza 20 m de potencia, llegando a desaparecer lateralmente hacia el Sur.
- \* Fm Areniscas de Camarillas. Esta formación, que constituye las clásicas facies Weald, está muy bien definida fuera de la hoja de Daroca, al S y SE de la misma, en Galve (Teruel). En la hoja de Daroca aflora en las hojas 1:50.000 nº 517 y 518 ocupando una posición marginal dentro de la Cuenca de Aliaga por lo que las potencias aparecen muy reducidas y con gran heterogeneidad de materiales. La observación es difícil por estar los materiales muy recubiertos. En las partes centrales de la cuenca tiende a formar dos conjuntos: uno inferior, de litología variada (arcillas, margas, calizas y areniscas) y otro superior predominantemente terrígeno (arcillas, areniscas y conglomerados).

#### Surco Ibérico Suroccidental

Está separado de las otras zonas por el Umbral de Javalambre. En la hoja de Daroca sólo aflora un pequeño ápice en el vertice suroccidental (Hoja 1:50.000 nº 515), extendiéndose hacia el sur en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica.

- \* Fm Calizas de la Huerquina. Consta de cuatro tramos litológicos constituidos, de muro a techo, por margas gris-amarillentas con intercalaciones de areniscas (15 m), calizas blanco-amarillentas masivas (8 m), areniscas de grano grueso, silíceas (10 m) y 5 m de calizas gris-blanquecinas. Hacia el Sur esta formación alcanza 500 m de espesor.

#### 2.2.5.2.- Barremiense-Aptiense (facies Urgón) (24)

Los materiales marinos (facies Urgón) del conjunto superior del Cretácico inferior quedan restringidos en el ámbito de la hoja al tercio suroriental donde se presentan, en las cuencas de Oliete y Utrillas-Aliaga bajo facies fundamentalmente carbonatadas aunque con importantes episodios detríticos.

## Cuenca de Oliete

- \* Fm Calizas de Alacón. Esta formación caracteriza la parte inferior de las facies Urgón en la Cuenca de Oliete. Presenta un aspecto característico constituido por una alternancia de calizas y margas en tonos ocres y rojizos con abundantes restos bioclásticos.
- \* Fm Margas de Forcall. Es una unidad característica tanto de la cubeta de Oliete como de la Cuenca de Mora de Rubielos y del Maestrazgo Central. Se caracteriza por una sucesión de margas verdes con tonalidades grises y beige, en las que se intercalan delgados niveles de calizas irregulares o nodulosas. En algún caso los niveles calcáreos contienen una importante fracción de arenas finas. La potencia de la formación es bastante homogénea, entre 30-50 m tendiendo a disminuir hacia el Este de la cubeta.
- \* Fm Calizas de Oliete. Constituye el tramo calcáreo superior de las facies Urgón en la cubeta de Oliete. Está constituida por una sucesión de margas y calizas, dominando las margas en la base. Ocasionalmente aparecen niveles arenosos o de calizas arenosas de escasa continuidad lateral. Las margas son de tonos ocres, laminadas y bioturbadas. Las calizas, generalmente arcillosas o margosas presentan estratificación irregular o nodulosa. Presentan bioturbación intensa. Las potencias oscilan entre 40-100 m.

## Cubeta de Utrillas-Aliaga

- \* Fm Calizas y margas de Ares del Maestre. Fuera de la hoja se presenta como una sucesión calco-margosa de 100 m de potencia disminuyendo rápidamente hacia el N y NE (hoja de Daroca) donde presenta pobres afloramientos y una composición más terrígena.
- \* Fm Arcillas de Morella. La extensión e importancia de esta formación es mayor hacia el Sur y Este, fuera de la hoja. En esta sólo se reconoce en la mitad oriental de la cubeta. Litológicamente está constituida por arcillas y limos, a veces margosos, de tonos grises a verdosos, rojos y violáceos, de aspecto masivo o con laminación paralela ocasional. Su potencia, en el área de Aliaga es de 60 m.
- \* Fm Margas de Forcall. Esta formación, con gran continuidad lateral aparece con características similares a las descritas en la Cubeta de Oliete, aflorando esencialmente en el sector centro-occidental.

\* Fm Calizas de Villarroya de los Pinares. Es la formación de mayor extensión dentro de la cubeta de Aliaga constituyendo el techo de la sedimentación marina del Cretácico inferior. Está constituida por calizas con estratificación irregular a nodulosa, cuya característica fundamental es la abundante presencia de rudistas, que alternan con niveles de margas calcáreas. En la base pueden aparecer areniscas en gruesos bancos que a veces se intercalan entre los niveles calcáreos con rudistas.

### 2.2.5.3.- Fm Lignitos de Escucha (Aptiense superior-Albiense inferior) (25)

Esta formación está constituida por un conjunto de materiales detríticos, en facies muy heterogéneas, como consecuencia de la diversidad de ambientes sedimentarios (ambientes de plataforma a mareal, palustre, llanura aluvial,...) en un medio deposicional transicional. Entre los distintos materiales presentes destacan por su interés económico los lignitos, y por su potencial futuro, las arcillas caoliníferas o ilítico-caoliníferas.

Aunque en la literatura minera se hace referencia a diversas cuencas lignitíferas (Utrillas, Rillo, Andorra, Estercuel, ...), los mapas de isopacas de la formación ponen de manifiesto dos cuencas diferenciadas: Aliaga-Utrillas y Estercuel-Ariño, así como otras dos subcuencas menores (fuera de la hoja de Daroca): Castellote y sur de Calanda.

La Cuenca de Aliaga-Utrillas, la más meridional, se sitúa entre las hojas 1:50.000 nº 517 y 518, mientras que la cuenca de Estercuel-Ariño se extiende por la mitad meridional de las hojas 1:50.000 nº 467-468 y 493-494 (figura 6).

La Fm Lignitos de Escucha presenta tres miembros:

- Miembro inferior (Barriada). Está constituido por lutitas grises y margas de color caqui con intercalaciones de areniscas rojizas a grises en cuerpos de tendencia tabular y potencia métrica. Las margas y lutitas engloban niveles lumaquéllicos; las lutitas presentan, además, horizontes de calizas nodulosas blancas, nódulos de hierro y carbonatos e incluyen capas de lignitos de potencia centimétrica a métrica.

La fracción arcilla está compuesta por caolinita e illita en proporciones variables, si bien domina habitualmente la primera.

Las areniscas son de grano muy grueso a fino, ocasionalmente con cantos calizos, frecuentemente bioclásticas, con matriz arcillosa generalmente escasa y proporciones variables de cemento calizo y siderítico. La matriz arcillosa está compuesta por caolinita e illita en proporción de 4/1.

El miembro inferior descansa mediante contacto aparentemente normal sobre los materiales carbonatados en facies Urgón. La potencia en el área tipo (Barriada Sur de Utrillas) supera los 270 m, adelgazándose notablemente en cualquier dirección llegando a desaparecer. En la cuenca de Estercuel-Ariño no supera los 60 m.

- Miembro medio (Regachuelo). Está formado por lutitas grises y negras con niveles de lignito explotables en las que se intercalan cuerpos laminares de limos y arenas de grano fino, de espesor en general inferior a 1 m y más raramente cuerpos lenticulares de arenas de potencia métrica. Incluyen también calizas blancas con estructuras cone in cone formando capas decimétricas de gran continuidad lateral o niveles discontinuos elipsoidales.

La fracción arcilla está formada por caolinita e illita en proporciones que oscilan entre 1/1 en las lutitas y 4/1 en las arenas. El contenido en feldespato en estas últimas oscila entre 0-25%

La potencia del miembro medio es de 56-70 m, presentando mayor extensión que el infrayacente.

- Miembro superior (La orden). Está constituido por limos arcillosos de tonos claros con intercalaciones de potentes niveles de arenas blancas y amarillentas. Hacia la base presenta limos oscuros ricos en fragmentos carbonosos, de característico aspecto varvado. Aleatoriamente, cada uno de estos términos litológicos puede ir acompañado por intercalaciones decimétricas a métricas de lutitas negras, muy carbonosas.

Los limos incluyen horizontes, de potencia decimétrica y gran continuidad lateral, de limolitas calcáreas pardas con estructuras esferulíticas. La fracción arcilla está formada por caolinita e illita.

Las arenas son de grano fino a medio con matriz arcillosa. Presentan frecuentes depósitos residuales de cantos blandos, fragmentos vegetales carbonizados y silicificados y cantos de cuarzo, muy rodados, de 2-10 cm de diámetro.

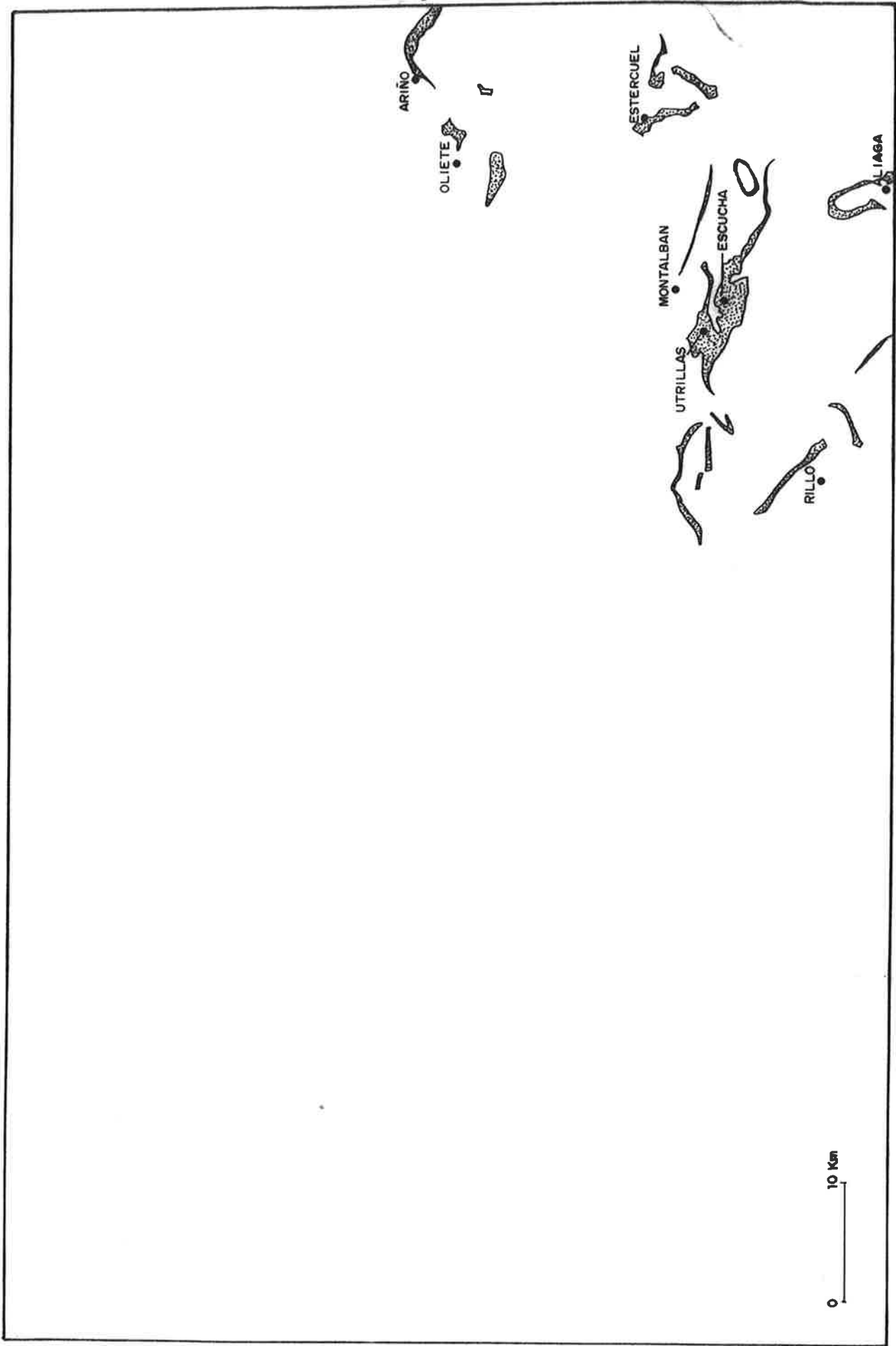


FIGURA 6.- Principales afloramientos de la Fm Lignitos de Escucha

El Miembro Superior es extensivo sobre el medio. Su existencia es probable en el margen septentrional de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (sector NO de la hoja 1:50.000 nº 465). La potencia en el área tipo es de 147 m, siendo su límite superior una superficie de erosión sobre la que descansa la Fm Arenas de Utrillas.

## 2.2.6.- Cretácico superior

### 2.2.6.1.- Albiense Inferior - Cenomaniense inferior: Fm Arenas de Utrillas (26)

La Fm Arenas de Utrillas constituye una de las formaciones más características de la Cordillera Ibérica por su amplia representación geográfica y por la monotonía de las facies presentes. Presenta un marcado diacronismo, abarcando edades desde el Albiense inferior hasta el Cenomaniense superior.

En el ámbito de la hoja de Daroca se encuentra bien representada (figura 7) apoyándose discordante sobre un sustrato de edad variable, desde Triásico a Aptiense superior.

Los principales afloramientos se localizan en el tercio suroriental de la hoja donde se deposita en las cuencas de Aliaga-Utrillas y Estercuel-Ariño, ya descritas para la Fm lignitos de Escucha a la que erosiona y recubre presentando un marcado carácter extensivo sobre la misma.

Un tercer sector de afloramientos discurre mediante una alineación SO-NE, desde Alhama de Aragón-Nuevalos hasta Ibdes, en el tercio noroccidental de la hoja, en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica.

Litológicamente, la Fm Arenas de Utrillas está constituida por arenas y areniscas, de colores vivos que alternan con lutitas abigarradas más oscuras a techo de la formación, donde pueden llegar a ser carbonosas. Se corresponden con depósitos generados en ambiente fluvial con incidencias mareales hacia el techo.

Las arenas y areniscas pueden ser catalogadas como subarcosas, con feldespato potásico en proporciones inferiores al 20% de la fracción arena. El tamaño de grano varía de fino a muy grueso, observándose





FIGURA 7.- Principales afloramientos de la Fa Arenas de Utrillas

una tendencia al aumento hacia el techo de la formación. Son frecuentes los cantos blandos constituyendo depósitos residuales. La matriz está compuesta por caolinita y pequeñas proporciones de ilita, siendo la relación entre ambas creciente hacia el techo de la formación. Las areniscas están cementadas alguna vez por sílice, con cierta frecuencia por carbonatos y habitualmente por goethita y otros óxidos de hierro que, debido a procesos migratorios postsedimentarios, se concentran en niveles de costras ferruginosas, nódulos, etc... Se presentan en capas de potencia muy variable, desde decimétricas a métricas o decamétricas, tabulares, lenticulares o canaliformes, seccionando los posibles niveles arcillosos infrayacentes.

Las lutitas son arcillas limosas y limos arcillosos cuya fracción inferior a  $2 \mu$  está formada por caolinita e ilita en proporciones variables 3/1 - 1/1. Constituyen niveles de espesor métrico o decamétrico, generalmente más abundantes hacia techo. Pueden incluir nódulos de hierro, restos vegetales, sulfuros y sulfatos secundarios (alunita). Estos últimos se concentran en horizontes junto con otros minerales como hematites o caolinita. El desarrollo de los niveles arcillosos parece ser más importante en el tercio suroriental de la hoja (Gargallo, Esterciel, Crivillén,...) aumentando hacia el E, fuera de la misma (ver descripción más detallada de estas zonas en el apartado 3.1 (Arcillas) de esta memoria. Los términos detríticos son más importantes hacia el O y NO de las cuencas (Rillo, Alpeñes, Plou,...) así como en los afloramientos de la Rama Castellana.

Presenta notables variaciones de potencia. Los mayores espesores (200 m) corresponden al área de Esterciel (Hoja 1:50.000 nº 493) y Aliaga-Utrillas. Para el resto de la hoja oscilan entre 30-100 m, con mínimos de 15-40 m en la hoja 1:50.000 nº 515.

#### 2.2.6.2.- Cenomaniense-Senoniense (27)

Los depósitos carbonatados del Crétacico superior afloran en la hoja de Daroca en dos áreas diferenciadas (figura 8) :

- Sector Central de la Cordillera Ibérica: Los afloramientos ocupan la mitad occidental de la hoja, extendiéndose en dirección NO-SE desde Ibdes y Nuévalos hasta Monreal del Campo, situándose en el extremo noroccidental de la Rama Castellana.

- Sector Aragón y Maestrazgo, cuyos afloramientos se sitúan en el tercio suroriental de la hoja ocupando las Sierras de Cucalón, San Just y Aliaga-Ejulve.

En ambos sectores las facies carbonatadas se sitúan de manera generalizada y transicional sobre la Fm Arenas de Utrillas. Entre las diferencias más notables entre uno y otro sector figura la intensa dolomitización que afecta al Sector Central, cosa que no ocurre en el Sector Aragón y Maestrazgo.

## SECTOR CENTRAL DE LA CORDILLERA IBERICA

### Cenomaniense inferior - Turoniense

- \* Fm Arenas, arcillas y calizas de Sta. María de las Hoyas. Se trata de una unidad heterolítica constituida por arenas finas, limos, areniscas calcáreas, calizas arenosas, arcillas y margas ocreas y verdosas, calizas finas a veces bioturbadas y nodulosas y calcarenitas bioclásticas ocasionalmente oolíticas. Los términos más detríticos predominan en la base de la unidad, cuyo límite inferior es transicional desde las arenas de Utrillas. La potencia disminuye de Norte a Sur, desde 50-60 m en el pantano de La Tranquera a 25 m en Las Cuerlas, Río Piedra, aumentando nuevamente hacia el Sur.
- \* Fm Calizas dolomíticas de Nuévalos. Se presenta como una sucesión de dolomías y calizas dolomíticas estratificadas en bancos de hasta 1 m de potencia. Presenta una disminución de potencia de Norte a Sur, desde 50 m hasta 20-25 m.
- \* Fm Calizas nodulosas de Monterde. Presenta dos tramos separados entre sí por una superficie ferruginizada. El tramo inferior está constituido por calizas nodulosas de aspecto brechoide; el tramo superior lo forman calizas nodulosas débilmente arcillosas con delgadas intercalaciones de margas calcáreas. La máxima potencia es de 15-20 m en el área del Pantano de La Tranquera, llegando a desaparecer hacia el SE.
- \* Fm Calizas bioclásticas de Jaraba. Está formada por un potente conjunto de dolomías de grano grueso, muy recristalizadas, masivas o estratificadas en gruesos bancos, constituyendo un resalte morfológico característico. Su espesor es de 60-70 m, disminuyendo ligeramente (40 m) en el área de Cubel-Embid.

## Coniaciense - Maastrichtiense

- \* Fm Calizas dolomíticas del Pantano de la Tranquera. Está constituida por un conjunto de calizas dolomías y calizas estratificadas en una sucesión monótona en bancos de 0,3 - 0,5 m. La potencia es de 130 m en el embalse de la Tranquera, disminuyendo hasta 40 m hacia el S y SE de la hoja.
- \* Fm Calizas de Hontoria del Pinar. Se presenta como una sucesión de calizas bioclásticas y calcarenitas con delgadas intercalaciones margosas. La potencia disminuye gradualmente hacia el Sur y Sureste, desde 60 m hasta 12-15 m.
- \* Fm Calizas del Burgo de Osma. Su área de afloramiento es escasa presentándose como 10-30 m de calizas bioclásticas y micríticas alternantes.
- \* Fm Dolomías y calizas dolomíticas de Santo Domingo de Silos. Aflora de forma parcial y puntual como una sucesión de dolomías y margas dolomíticas con intercalaciones de brechas dolomíticas. Su potencia varía entre 8-40 m. Fuera de la hoja, en las proximidades, es de 50 m.
- \* Fm Calizas con cantos negros de la Sierra de la Pica. Aflora escasamente y de forma puntual, presentándose como calizas micríticas nodulosas o brechoides con niveles de margas calcáreas. Presenta una potencia, al NO de Alpeñes, de 45 m. En el borde occidental no supera los 6-8 m.

## RAMA ARAGONESA Y MAESTRAZGO

### Cenomaniense inferior - Turoniense

- \* Fm Calizas y margas de Mosqueruela. Presenta una gran diversidad litológica: arenas, lutitas y calizas en la base y calizas laminadas y bioclásticas con niveles margosos en su parte superior. Se corresponde con las formaciones de Sta. María de las hojas en la parte inferior y Calizas dolomíticas de Nuévalos en la superior.

Su límite con las arenas de Utrillas es transicional. La potencia es mínima en el sector NE (25 m), oscila entre 40-70 en el área NO y alcanza máximos de 180 m al Sur (área de Aliaga).

- \* Fm Dolomías del Barranco de los Degollados. Su equivalente en el Sector Central es la Fm Calizas bioclásticas de Járaba, siendo de características similares a esta pero con menor grado de

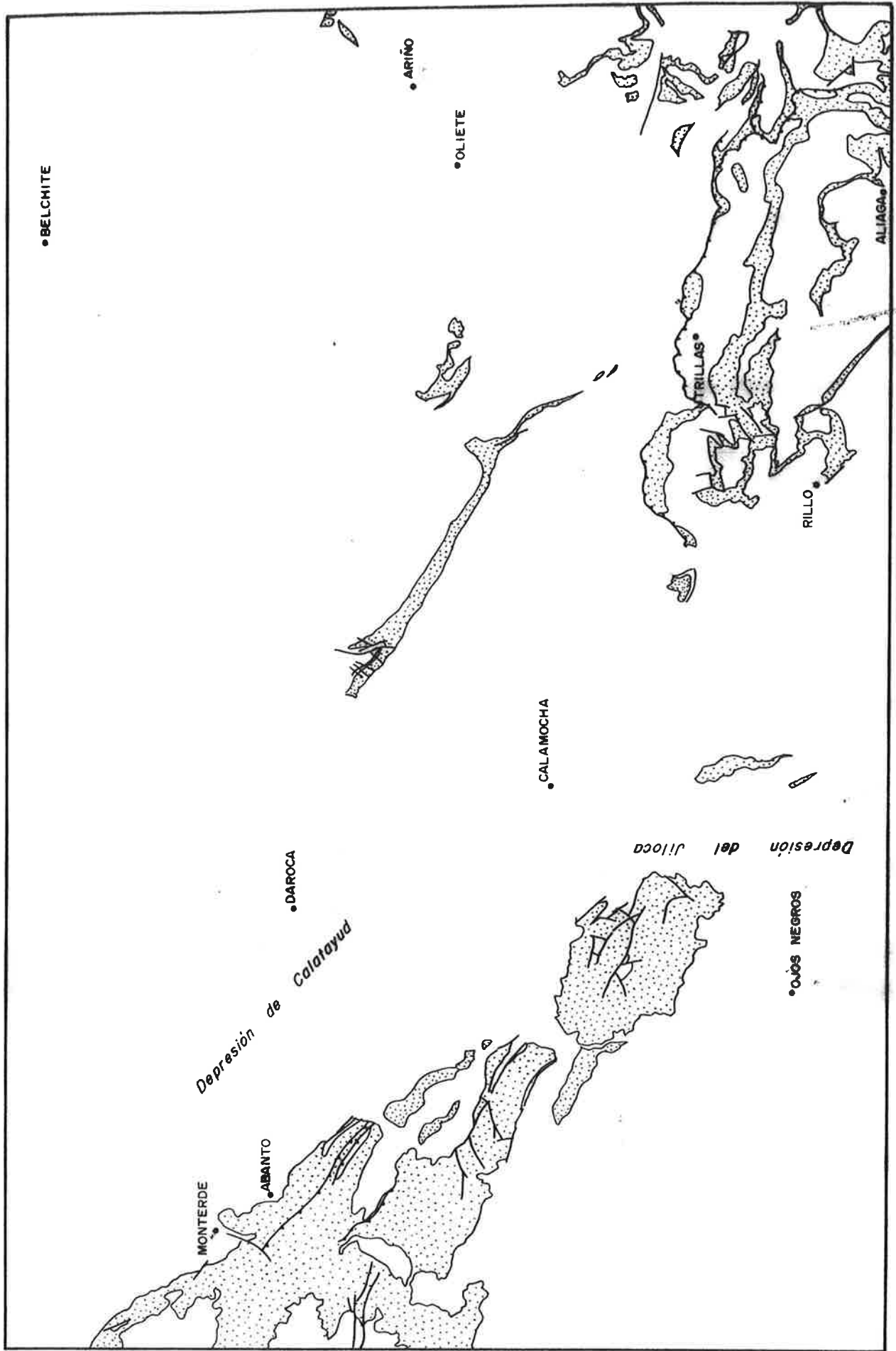


FIGURA 8.- Principales afloramientos del Cretácico superior

dolomitización. La potencia es de 40-60 m, máxima en el puerto del Esquinazo (80 m) y mínima en el sector NO (10 m).

### Coniaciense - Santoniense

\* Fm Calizas de los Organos de Montoro. Es correlacionable con la Fm Calizas dolomíticas del Pantano de la Tranquera. Está constituida por calizas micríticas, muy brechificadas, con cantos angulosos y redondeados de tamaño variable, cantos negros, abundante bioturbación y laminación. Hacia la parte N se intercalan algunos niveles margosos. El conjunto está estratificado en bancos que ocasionalmente superan el metro de potencia. La potencia de la formación es irregular, oscilando entre 40-60 m con máximos de 80 m (Puerto del Esquinazo) y mínimos en la zona NE (15 m).

\* Fm Margas y calizas de La Cañadilla. Es el equivalente lateral de las formaciones Calizas de Hontoria del Pinar, Burgo de Osma y Santo Domingo de Silos. Se trata de una sucesión alternante de calizas y margas de tonos blanquecinos. La potencia muestra un incremento considerable hacia el S y SE, desde 10-15 m hasta 100 m.

\* Fm Calizas de Fortanete. Equivale lateralmente a la formación de la Sierra de Pica. Aflora como una sucesión de calizas micríticas con cantos negros de aspecto noduloso o brechoide y, localmente, calizas micríticas, estratificadas en delgados niveles que alternan con margas, lutitas y niveles de yeso. Estos son masivos a nodulares. Su potencia en el vértice suroriental de la hoja es de 50 m.

### 2.2.7.- Terciario

Los materiales terciarios afloran extensamente en la hoja de Daroca ocupando una importante superficie de la misma correspondiente a la Depresión del Ebro, Depresión de Calatayud-Teruel, cubetas de Alloza y Aliaga, así como a numerosas manchas inconexas dispersas entre las que pueden destacarse, por su mayor entidad, las áreas de Embid-Odón, Setiles, Aldehuela de Liestos, etc... (figura 9).

Los materiales de la Depresión del Ebro ocupan el tercio nororiental de la hoja (hojas 1:50.000 nº 439, 440, 466 y 467), mientras que la Depresión de Calatayud-Teruel atraviesa la hoja en una franja de dirección NO-SE, estando representada por el sector Daroca-Montalbán y por la Fosa del Jiloca. La cubeta de Aliaga se desarrolla en las hojas 517, 518 y la de Alloza en las hojas 493 y 518.

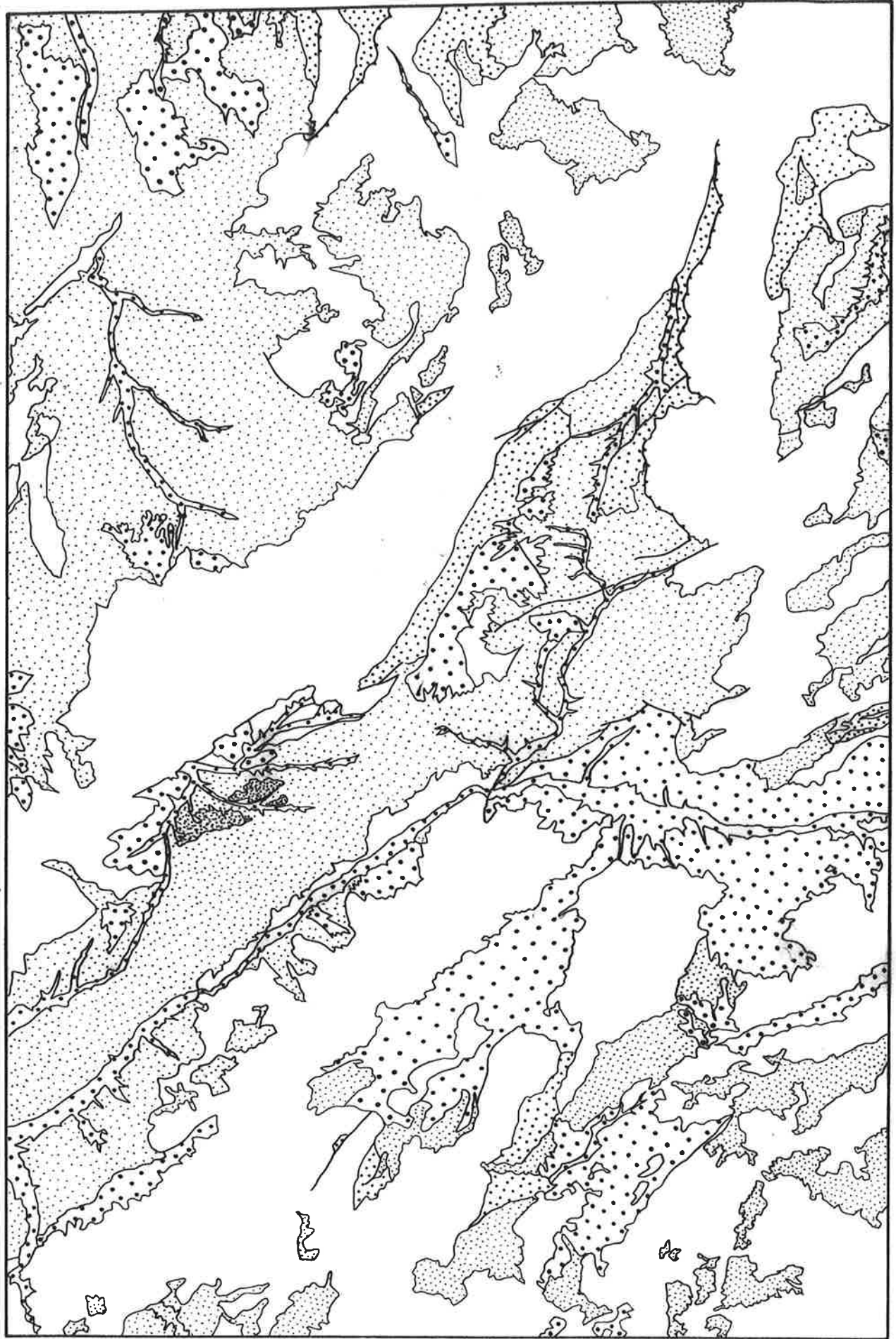


FIGURA 9.- Distribución de los afloramientos terciarios y cuaternarios

Como característica litológica general cabe citar una gran monotonía de los materiales presentes, con predominio de los detríticos, así como la complejidad en la distribución de las facies, especialmente en la Depresión de Calatayud.

La cartografía geológica 1:200.000 tomada como base (IGME, 1987) realiza un análisis de cuencas señalando la existencia de 10 unidades tectosedimentarias; no obstante, para efectos de simplificación litológica en el Mapa de Recursos se recurre a tres grupos básicos representados por materiales detríticos (conglomerados, areniscas, arenas, limos y arcillas), carbonatados (calizas, margocalizas, margas) y yesíferos (yesos y margas yesíferas), diferenciados para el Paleógeno, Mioceno, Plioceno y Pliocuatrnario.

#### 2.2.7.1.- Paleógeno (28, 29)

Los materiales correspondientes a este subsistema abarcan desde el Paleoceno al Oligoceno superior (Arveniense), aflorando en áreas muy localizadas: bordes N y S de la Depresión de Montalbán, sector suroriental de la Depresión del Ebro, bordes N y S de la Cubeta de Alloza, sector oriental de la Cubeta de Aliaga, áreas de Embid, Aldehuela de Liestos, Aguatón y sinclinal cretácico de Huesa del Común.

Las facies detríticas (28) están constituidas por potentes series de lutitas, conglomerados y areniscas de tonos anaranjados, amarillentos y rojizos, alcanzándose los máximos espesores (1.500 m) en el borde septentrional de la Depresión de Montalbán, en una franja de dirección NO-SE adosada a los materiales cretácicos del borde de la depresión.

Las facies carbonatadas (29) tienen una distribución geográfica más restringida, destacándose el área de Embid, donde afloran 25-37 m de calizas oncolíticas brechoides en la base y calizas recrystalizadas, blancas y beige, ocasionalmente oncolíticas a techo, así como 40 m de calizas algales y margas blanquecinas; al S del río Martín, en la Depresión de Montalbán aparecen 80 m de alternancias de calizas blanco-grisáceas con algunas pasadas de yesos marrones hacia la base, intercalados en los materiales lutítico-conglomeráticos.



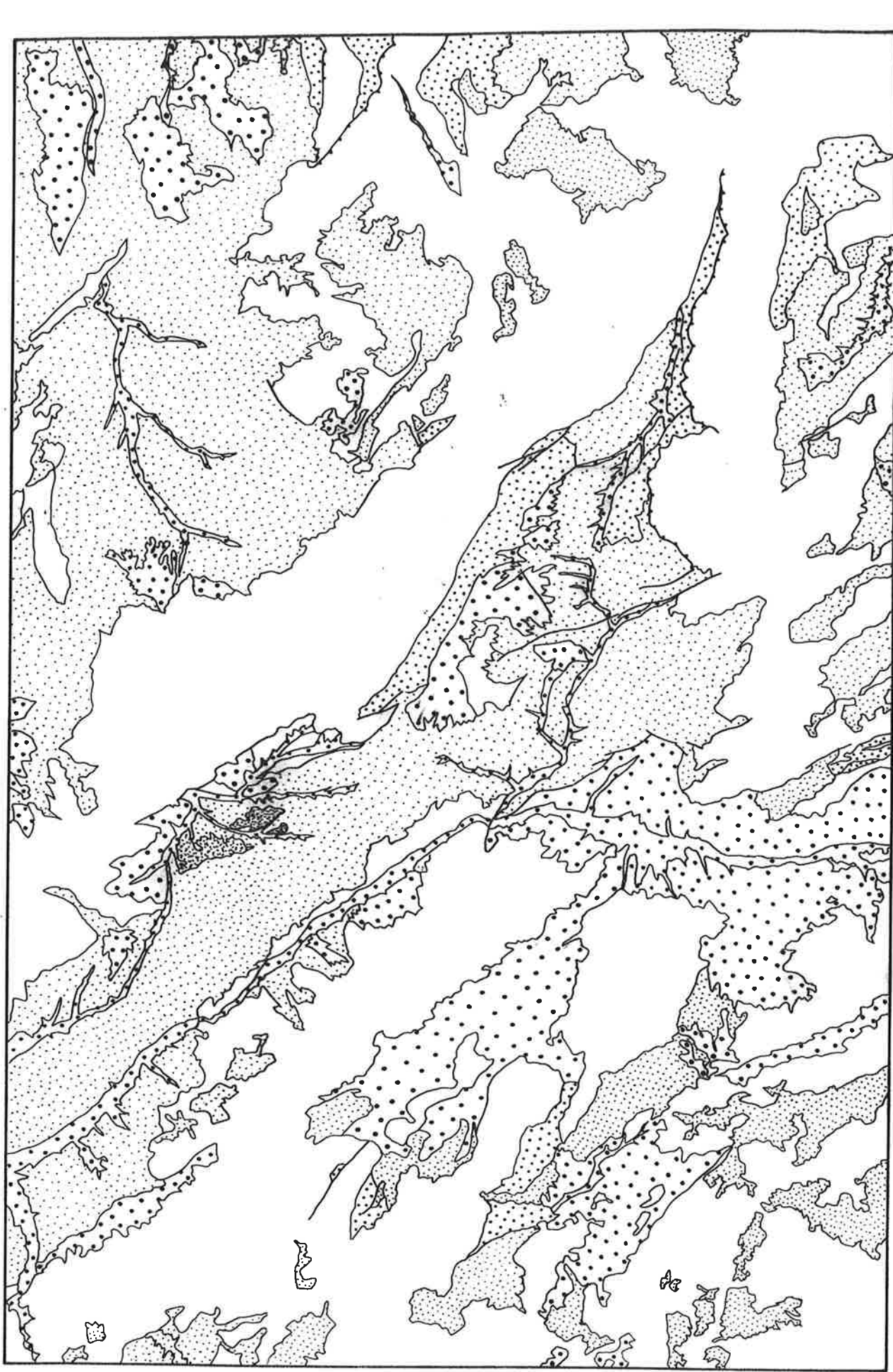


FIGURA 9.- Distribución de los afloramientos terciarios y cuaternarios

-  Paleógeno
-  Mioceno-Plioceno
-  Pliocuaternalio
-  Cuaternario
-  Depósitos fluviales

### 2.2.7.2.- Mioceno (30, 31, 32)

Se incluyen en esta época materiales cuyas edades abarcan desde el Oligoceno Superior (Arvernense) al Mioceno superior (Turoliense). Su distribución geográfica es muy amplia constituyendo la mayor parte de los depósitos terciarios de la hoja (figura 6).

Los materiales detríticos (30) (conglomerados, areniscas, limos, arcillas) constituyen la litología dominante en la Depresión del Ebro así como en la mayor parte de los depósitos miocenos existentes.

La naturaleza de los cantos, cuarcítica o caliza, varía en función de las diferentes áreas fuente. En la Depresión de Calatayud, los materiales detríticos más groseros se disponen en bandas subparalelas a los bordes de la depresión, evolucionando hacia facies distales de carácter limoarenoso, escaseando los términos arcillosos.

Los materiales carbonatados (31) corresponden a facies palustres y lacustres de centro de cuenca, estando bien representados en el sector N de la Depresión de Calatayud (hojas 1:50.000 nº 437 y 438) por margas, margocalizas y calizas margosas, con potencias que no superan los 80 m. Dentro de estas unidades merece ser destacada por su singularidad el conjunto margodolomítico con intercalaciones de sepiolita, arcillas sepiolíticas y esmectíticas aflorante en el área de Mara (hoja 1:50.000 nº 438). No obstante, la máxima extensión superficial ocupada por materiales carbonatados se sitúa en el extremo suroccidental de la depresión (hojas 1:50.000 nº 491 y 492), donde los materiales calizos, dominantes a techo de la serie miocena, aparecen constituidos por calizas algales y margas blancas.

En el sector de la Depresión del Ebro los carbonatos tienen poca representación, destacando la zona situada al E de Aguilón donde se presentan 60 m de una sucesión de margas grises y verdes a los que se superponen calizas margosas blancas a techo.

Las formaciones yesíferas (32) están representadas en el sector central de la Depresión de Calatayud (área de Fuentes de Jiloca) y en el extremo nororiental de la Hoja.

En la primera de las áreas citadas se presentan en un conjunto limo-arcilloso con niveles de yeso masivo o en grandes nódulos alabastrinos, con una potencia para el conjunto del orden de 100 m; en la segunda de las zonas, los yesos afloran en la mitad oriental de la hoja 1:50.000 nº 440 y vértice nororiental de la hoja 467 y de la hoja 493 (Cubeta de Alloza).

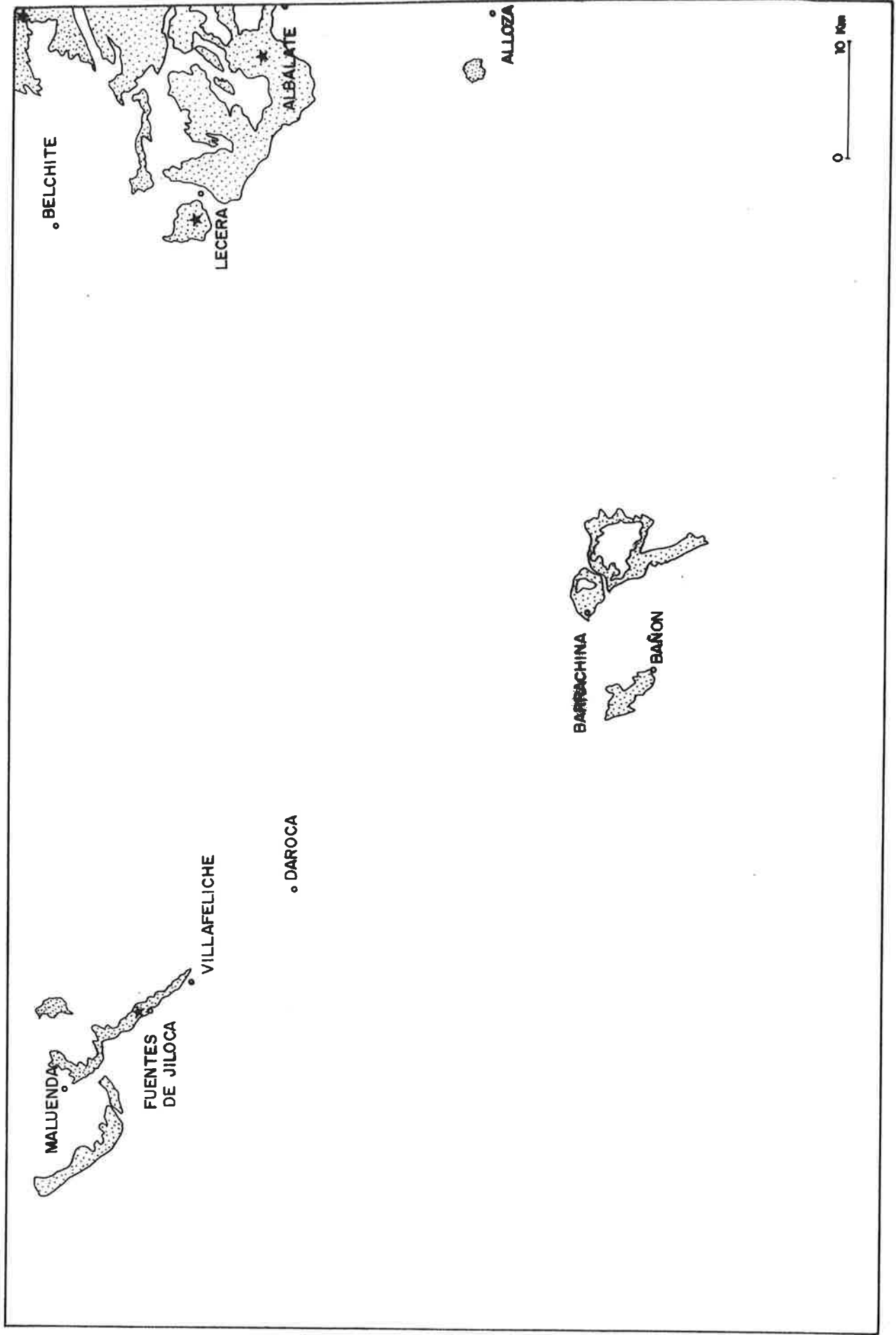


FIGURA 10.- Principales afloramientos yesíferos ★ Area de alabastreros

En la hoja 440 son yesos masivos, microcristalinos, verdosos, con nódulos de yeso blanco o verde, acompañados de margas yesíferas. En la hoja 467 aparecen intercalados en una formación arcillosa y areniscosa en bancos de 0,5-4 m de espesor, siendo la potencia de la formación de 100-120 m. En la hoja 1:50.000 n° 493 la formación yesífera tiene una potencia de 9 m (ITGE, 1.989-d).

### 2.2.7.3.- Plioceno (33, 34)

Se agrupan en este epígrafe también los materiales de edad Mioceno superior (Turoliense)- Rusciniense, que afloran exclusivamente en la Depresión de Calatayud, entre los ríos Jiloca y Perejiles (hojas 1:50.000 n° 437, 438 y 465).

Presenta un tramo detrítico inferior (33) constituido por limolitas de tonos rojos con intercalaciones conglomeráticas de cantos silíceos redondeados o de nódulos carbonatados en el sector NW. Su potencia es de 10-50 m.

El tramo superior, carbonatado (34), con una potencia de 25-30 m lo constituyen las "Calizas del Páramo". Presentan en la base un nivel margoso con intercalaciones de arcillas oscuras y a techo calizas dismicríticas o biomicríticas que alternan con niveles oncolíticos y estromatolíticos.

Las calizas presentan importantes variaciones laterales, desde calizas micríticas en la zona de Lanuga a micritas algales e incluso calizas tobáceas hacia el O y S.

Los afloramientos de esta unidad presentan un relieve característico de mesas con bordes escarpados.

Sobre los mismos se localiza, en el sector norte de la Depresión de Calatayud, un conjunto constituido por limolitas rojas y conglomerados, cuyo espesor oscila entre 50-100, representado en la cartografía, asimismo, por el código 33.

#### 2.2.7.4.- Pliocuaternalio (35)

Los afloramientos más importantes se localizan en la Depresión de Calatayud en las hojas 1:50.000 nº 437, 438, 465 y 491. Están constituidos por una sucesión de calizas, calizas margosas y margas en bancos métricos con intercalaciones de margas blancas y arcillas negras (35) con potencias que oscilan entre 5-20 m.

Igualmente se asignan a esta unidad unos conjuntos detriticos formados por conglomerados, brechas, areniscas y lutitas que afloran adosados a los márgenes de esta depresión, del borde centro occidental de la Depresión del Ebro y de la de Gallocanta.

#### 2.2.8.- Cuaternalio (36, 37)

Los depósitos cuaternarios presentes en la hoja han sido representados en 2 unidades cartográficas:

- \* Depósitos indiferenciados (36). Se incluyen aquí depósitos con morfología de glacis, especialmente importantes en la Depresión del Jiloca, rañas y terrazas antiguas, conos de deyección, suelos, coluviones, canchales y derrubios, así como depósitos asociados al área endorreica de la Laguna de Gallocanta.
- \* Depósitos fluviales (37), donde se agrupan los materiales que forman los aluviales de los ríos y sus terrazas. Están formados por gravas, predominantemente cuarcíticas y arenas. En menor grado aparecen limos y arcillas.

### 2.3.- TECTONICA

El estilo tectónico de la Cordillera Ibérica es de zócalo y cobertera, presentando dos grandes ciclos orogénicos diferentes: el Hercínico que afectó a los materiales del zócalo precámbrico y paleozoico y el Alpino, que afecta tanto al zócalo como a los materiales de la cobertera mesozoica y terciaria. La

región, además, ha estado sometida durante el Neógeno superior y Cuaternario a un régimen de tectónica extensional con formación de fosas.

### 2.3.1.- Ciclo Hercínico

Tectónicamente, el rasgo más importante es la presencia de una fase de plegamiento principal que desarrolla las estructuras más visibles y la esquistosidad de plano axial dominante en toda la región. Las directrices estructurales dominantes son NW-SE, NO-SE ó N-S, vergentes hacia el NE.

Una segunda fase, con representación local, se manifiesta mediante cabalgamientos y fallas inversas. El último episodio aparece representado por una etapa de fracturación tardihercínica, de edad permocarbonífera, relacionada con la actividad magmática responsable de los vulcanismos pérmicos. Las fallas tardihercínicas, NE-SO y NO-SE, son las que al reactivarse durante el Mesozoico controlaron la sedimentación jugando un papel importante en la tectónica del ciclo alpino.

#### 2.3.1.1.- Principales estructuras

Los materiales del Ciclo Hercínico afloran en una serie de bandas correspondientes a los ya citados macizos de Sierra Menera-El Pobo, Ateca-Daroca y Calalayud-Montalbán (figura 3).

##### \* Macizo de Sierra Menera-El Pobo

Las principales estructuras hercínicas son los anticlinales de El Pobo y Sierra Menera y el cabalgamiento de Sierra Menera. Los dos primeros son pliegues, de dirección  $160^\circ$  a N-S, correspondientes a la primera fase de deformación; el cabalgamiento de Sierra Menera, en el flanco oriental del citado anticlinal, hace cabalgar la Cuarcita Armórica sobre los niveles del Ordovícico medio-superior con un salto vertical de 800-1000 m. El Macizo está limitado al E por una falla inversa de gran ángulo, tardihercínica, reactivada por la compresión alpina.

#### \* Macizo de Ateca-Daroca

En la hoja de Daroca la macroestructura visible es un gran monoclinall buzando hacia el SO con algunos repliegues secundarios. Su configuración actual aparece controlada por una trama de fracturas tardihercínicas y sus sucesivas reactivaciones, entre las que destaca el gran accidente que conforma el borde oriental de la Fosa del Jiloca, de escala posiblemente peninsular; otro accidente tectónico destacable es la falla de Pardos que se muestra como una falla inversa cabalgante hacia el NE afectando al Triásico.

#### \* Macizo de Calatayud-Montalbán

El elemento estructural más significativo corresponde al cabalgamiento de Datos el cual hace cabalgar a la Unidad de Badules sobre la de Herrera. En la hoja de Daroca tiene un desarrollo longitudinal superior a 40 km, prolongándose hacia el NO. Su salto estratigráfico llega a superar los 8000 m.

En el sector septentrional del Macizo de Calatayud (hojas 1:50.000 n° 438 y 439) la deformación frágil es muy importante enmascarando una estructura general de pliegues tumbados de dimensiones kilométricas y dirección submeridiana, correspondientes a la primera fase de deformación hercínica, y que con frecuencia presentan fallas inversas de bajo ángulo o cabalgamientos subparalelos al plano axial o a la esquistosidad.

En el sector meridional (hojas 1:50.000 n° 465 y 466), la unidad de Badules presenta una disposición monoclinall buzante hacia el SO o con pliegues laxos correspondientes a fases tardías; la Unidad de Herrera presenta, sin embargo, una estructura compleja correspondiente al flanco normal de un gran anticlinorio tumbado de 1ª fase (sobre el que cabalga la Unidad de Badules), seguida del flanco inverso de un sinclinorio y de nuevo un flanco normal. Esta estructura está replegada por fases posteriores y cuarteada por un mosaico de fracturas.

El afloramiento de Montalbán se muestra como un antiforame alpino desconectado de los afloramientos septentrionales por los recubrimientos mesozoicos. La deformación alpina dificulta el reconocimiento de las estructuras las cuales muestran afinidades con la Unidad de Herrera pudiendo interpretarse como parte de una gran estructura de primera fase, que formaría parte de la citada Unidad, posteriormente modificada por las fases tardías y la deformación alpina.

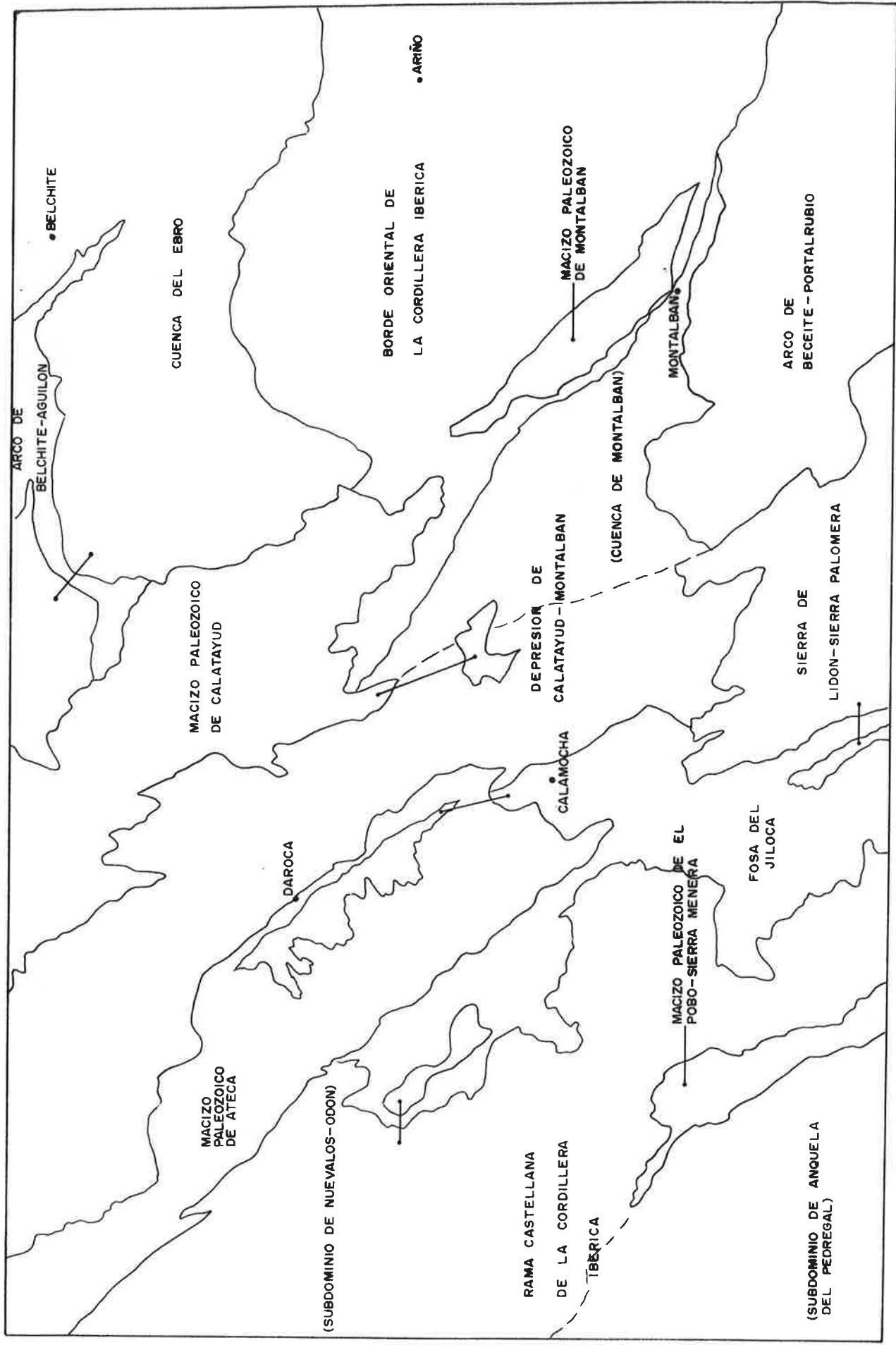


FIGURA 11.- Dominios estructurales



### 2.3.2.- Ciclo Alpino

El ciclo Alpino presenta en la Cordillera Ibérica una etapa sedimentaria, que dura todo el Mesozoico, durante la cual el área es una cuenca sedimentaria intracratónica, y una etapa tectogenética, principalmente durante el Terciario inferior y medio, en la que la Cordillera es deformada y adquiere su configuración actual.

La evolución tectónica (ITGE, 1.991) aparece marcada por una etapa de aulacógeno, durante el Triásico y Jurásico, y otra etapa de "rifting" y subsidencia durante el Cretácico.

La deformación originada por la orogenia Alpina es polifásica evidenciándose, a escala de cadena, tres fases compresivas de dirección NO-SE, NE-SO y ENE-OSO a NO-SE, que dan lugar a macropliegues, cabalgamientos y microestructuras diversas. Presenta la clásica distribución en pisos estructurales constituida por un zócalo paleozoico y precámbrico, un tegumento constituido por las facies Buntsandstein y Muschelkalk, un nivel de despegue constituido por las facies Keuper y una cobertera mesozoico-terciaria (ITGE, 1.991).

Durante el Neógeno superior y el Cuaternario, el paso a la distensión enmarca la creación de las fosas neógenas y cuaternarias.

#### 2.3.2.1.- Dominios estructurales

Las relaciones entre pisos estructurales, la trama de accidentes del zócalo y la secuencia de fases compresivas y distensivas permiten diferenciar una serie de dominios estructurales (figura 10) :

- \* Macizos paleozoicos: Los actuales afloramientos están condicionados por las fracturas tardihercínicas de manera que corresponden a zonas de umbral durante la sedimentación alpina, pliegues de fondo durante las etapas compresivas y bloques elevados (horst) causados por la distensión neógena.
- \* Rama Castellana de la Cordillera Ibérica: En conjunto es un dominio caracterizado por estructuras de plegamiento con un estilo de zócalo y cobertera. Presenta dos subdominios. El más meridional,

Nuévalos-Odón, se caracteriza por el predominio de materiales cretácicos en la cobertera, en la que predominan pliegues kilométricos de dirección ibérica; el subdominio de Anquela del Pedregal está constituido casi exclusivamente por materiales jurásicos afectados por pliegues suaves de rumbo NNE-SSE a ENE-OSO.

- \* Sierra de Lidón-Sierra Palomera: Aparece situado en el sector centromeridional de la hoja, marcando el tránsito entre la Rama Castellana y la Aragonesa de la Cordillera Ibérica. Está constituido esencialmente por la cobertera jurásica estructurada mediante pliegues NNO-SSE a NO-SE, amplios, con vergencia NE.
- \* Arco de Beceite-Portarubio: Ocupa el sector SE de la hoja extendiéndose fuera de la misma; corresponde a la terminación occidental de la faja de pliegues y cabalgamientos que forman el borde NE de la Cordillera Ibérica en su enlace con las catalánides. Está constituido por la cobertera jurásico-cretácica, despegada a nivel del Muschelkalk y Keuper y deformada con un estilo de pliegues y cabalgamientos tipo "piel fina" con vergencias hacia el N y NE.
- \* Borde oriental de la Cordillera Ibérica: Ocupa la parte centro oriental de la hoja. Presenta dos subdominios. El primero corresponde a la orla de materiales mesozoicos que rodean los pliegues de fondo del zócalo de los macizos paleozoicos de Calatayud y Montalbán, de orientación NO-SE. Se caracteriza por una serie mesozoica reducida que presenta comportamiento tegumentario. El segundo subdominio corresponde a la cobertera situada entre los citados macizos paleozoicos y los depósitos postorogénicos de la Cuenca del Ebro.

Las estructuras de plegamiento se caracterizan por un despegue de la cobertera hacia el N y NE, estructurándose mediante pliegues y cabalgamientos de vergencia NE. El rumbo general es NO-SE sufriendo virgaciones en el Arco de Oliete y Arco de Muniesa.

- \* Arco de Belchite Aguilón: Se sitúa en el borde N de la hoja y corresponde a una estrecha orla de materiales mesozoicos y paleógenos plegados que emergen entre los depósitos terciarios postorogénicos de la Cuenca del Ebro y la depresión de Azuara.
- \* Depresión de Calatayud-Montalbán: Ocupa la parte Central de la hoja presentando una dirección NO-SE controlada por fallas del zócalo (falla de Montalbán, fallas de Ateca-Daroca, y Munébrega). Presenta dos sectores, separados por la falla de Olalla: la cubeta de Montalbán y la Fosa de Calatayud-Daroca. La primera ocupa la terminación suroriental de la Depresión, cerrándose entre el

Macizo de Montalbán y el Arco de Portalrubio. Está ocupada por una potente serie terciaria de edad Eoceno a Plioceno. La Fosa de Calatayud-Daroca es estrecha y alargada, de orientación NO-SE, limitada por antiguas fallas tardihercínicas y rellena por depósitos miocenos, pliocenos y cuaternarios.

- \* Fosa del Jiloca: Es una estructura alargada y estrecha que se extiende desde Used-Gallocanta hasta Teruel estando conformada por fallas en relevo de rumbo NO-SE y NNO-SSE en el borde oriental y flexiones y fallas menores en el occidental. Está rellena por depósitos del Plioceno Superior y Cuaternario.
- \* Cuenca del Ebro: Ocupa el sector NE de la hoja. Actualmente corresponde a depósitos postorogénicos que fosilizan las estructuras de los materiales mesozoicos ibéricos.

#### 2.4.- ROCAS IGNEAS

Las manifestaciones magmáticas aflorantes en la hoja 1:200.000 de Daroca son muy importantes en número (varios centenares), aunque no en dimensiones. Estas son muy variables, con predominio de diques y sills de espesor inferior a 20 m y longitud que puede oscilar desde pocos metros a varios kilómetros; en consecuencia la dificultad de representar cartográficamente gran número de estas manifestaciones puede minimizar erróneamente su importancia.

La edad de emplazamiento es Stephaniense-Pérmico afectando a materiales con diversa posición cronoestratigráfica, desde ordovícicos a presaxonienses.

Existe adecuación entre la disposición de diques magmáticos y determinadas fracturas tardihercínicas; igualmente un buen número de afloramientos aparecen claramente condicionadas por la estratificación (sills) por lo que su dirección coincide con la de los pliegues.

Se reconocen 3 tipos de manifestaciones ígneas: intrusivas, explosivas e hipovolcánicas, destacando las últimas por el número y volumen de afloramientos así como por la variabilidad de términos petrológicos (desde basaltos aluminicos a riolitas).

#### 2.4.1.- Rocas intrusivas. Microgabro de Loscos (1)

Las rocas intrusivas están representadas por el microgabro de Loscos, situado en el término de Loscos, (hoja 1:50.000 n° 466). Se trata de un pitón, encajado en las Fm Mariposas y Castellar, atravesado por diversos diques andesíticos. En el borde E del afloramiento se observa mayor abundancia de enclaves del encajante, así como metamorfismo de contacto.

Macroscópicamente se presenta como una roca homogénea, gris oscura, de grano fino, en la que destacan los máficos y son reconocibles con lupa las biotitas. En conjunto la roca presenta textura dolerítica, con predominio de plagioclasas sobre los máficos, es hipidiomorfa, inequigranular, con cierto carácter porfídico y no orientada. Presenta zonación con predominio de piroxeno en los bordes y mayor contenido en anfíboles en las zonas centrales. Esta zonación se traduce en variaciones desde términos gabrodioríticos (borde) a dioríticos (centro). La composición mineralógica es de piroxeno, plagioclasa, hornblenda, biotita, feldespato potásico, cuarzo y opacos. La roca está bastante sana observándose como alteraciones más frecuentes sericitización de plagioclasas, uralitización de piroxenos, cloritización de biotitas, carbonataciones, silicificación y ferruginización.

En el borde E, en la zona de contacto con calizas se desarrolla un metamorfismo de corneanas piroxénicas con paragénesis de diópsido, feldespato potásico y calcita en las proximidades y granate (grossularia-andradita), prehnita, idocrasa y calcita en zonas más alejadas.

#### 2.4.2.- Rocas volcánicas y subvolcánicas (2)

Presentan gran variabilidad de términos petrográficos, destacando por número y dimensiones sobre el resto de las manifestaciones magmáticas. Suelen presentar localización preferente distinguiéndose las agrupaciones de andesitas basálticas y andesitas s.l. de los sectores de Bádenas-Monforte y Loscos-Nogueras (hoja 1:50.000 n° 466) en la Unidad de Herrera, las riolitas de Castejón de Armas-Acered (hoja 1:50.000 n° 437 y 464) en el Macizo de Daroca y en el extremo N del Macizo de Montalbán (hoja 1:50.000 n° 492) y, finalmente, en el mismo Macizo, los diques y sills andesíticos del sector Hoz de la Vieja-Armilla.

### Basaltos

Tienen poca importancia, presentándose en puntos aislados en Fonbuena y entre Bádenas y Monforte (hoja 1:50.000 n° 466) así como en la Rambla de la Hoz, próxima a Ojos Negros (hoja 1:50.000 n° 515). En este último punto el basalto presenta textura porfídica con fenocristales de plagioclasa y olivino dominantes, en conjunto, mientras que los orto y clinopiroxenos son minoritarios. La matriz presenta similar composición.

### Andesitas basálticas

Son los términos mejor presentados. En conjunto presentan textura porfídica, con tránsitos de dolerítica a microdolerítica, con cierta orientación fluidal. Los fenocristales de plagioclasa y piroxeno son escasos constando en su mayor volumen (70%) de microcristales zonados de plagioclasa y, minoritariamente, de piroxenos, anfíboles y biotita con frecuente a casi completa alteración. El granate es accesorio y /o aleatorio.

### Andesitas s.l.

La mayor densidad de afloramientos se localizan en la Unidad de Herrera constituyendo los de mayor extensión una alineación de Loscos a Noguerras (hoja 1:50.000 n° 466). Macroscópicamente presentan color gris claro con orientación de los máficos respecto a los plagioclasas. La textura es porfídica hipidiomorfa, con frecuentes asociaciones glomeroporfídicas y la matriz puede presentar variaciones entre términos micro a criptocristalinos. La paragénesis mineral consta de plagioclasa, hornblenda y biotita entre los dominantes, siendo minoritario el piroxeno y frecuente el granate. Entre los accesorios aparecen cuarzo, apatito y zircón.

### Dacitas

Son términos muy escasos y afloran aleatoriamente. Son frecuentes las transiciones daciandesíticas y riodacíticas.

### Riolitas

Comprenden una amplia variedad de tipos petrográficos. Las riolitas microgranudas, bien representadas al N de Segura de los Baños (hoja 1:50.000 n° 492) presentan grano fino, carácter holocristalino,

notable equigranularidad y cierta orientación.

El cuarzo y feldespato son dominantes (90%) y la plagioclasa, biotita, clorita y opacos minoritarios.

Las riolitas microgranudas presentan gran variedad de tipos según se considere el carácter fluidal, proporción de fenocristales de cuarzo y resto de los componentes, naturaleza de la matriz,.... A este grupo pertenecen las riolitas de Castejón de las Armas (hoja 1:50.000 n° 437) y los afloramientos de la Sierra de Pardos. (Hojas n° 437 y 464). En estos últimos son frecuentes los fragmentos líticos.

#### 2.4.3.- Manifestaciones explosivas (3)

Los afloramientos son muy escasos. Por sus dimensiones destaca el de Codos (hoja 1:50.000 n° 438) constituido por una brecha formada por cantos heterométricos de dacita y dacita-andesita, entremezclados con otros de pizarras y cuarcitas; existe una matriz de xenocristales de composición variable (plagioclasa, biotita, cuarzo, granates aislados...). Algunas hipótesis sugieren un origen freatomagmático para estos materiales.

#### 2.5.- MINERIA

Las rocas y minerales industriales están bien representadas, tanto en número como en diversidad de sustancias; su descripción se pormenoriza en el capítulo 3, procediéndose a continuación a realizar un breve resumen de otros sectores mineros (metálico y energético).

Hay que destacar en la hoja de Daroca la ubicación de un importante yacimiento de hierro (Ojos Negros) en explotación hasta 1986, así como la extracción de lignitos en las áreas de Utrillas-Escucha y Ariño.

### 2.5.1.- Minería metálica

Las minas de Ojos Negros constituyen el yacimiento mineral más importante de la hoja, encontrándose situado en el extremo oriental de la hoja 1:50.000 nº 515, en la alineación montañosa de Sierra Menera. Ha sido explotado desde la antigüedad hasta fecha reciente en que se cierra como consecuencia de la reconversión de la industria siderúrgica de Sagunto. Sus reservas se estiman superiores a 110 millones de Tm. El mineral aparece formado mayoritariamente por goethita, en masas terrosas, que rellena un karst desarrollado sobre las calizas y dolomías ashgillienses.

Estos depósitos, así como otros con menor importancia, son descritos en el apartado 3 por presentar interés su uso alternativo como minerales industriales.

Además de este yacimiento existen otros indicios metálicos importantes en número, aunque no en dimensiones, algunos de los cuales fueron explotados antiguamente. De estos, el mayor número de indicios se localizan en la hoja 1:50.000 nº 466, en el macizo paleozoico de Calatayud .

La mina Virgen del Carmen (Santa Cruz de Nogueras), constituye el indicio más recientemente explotado, siendo los componentes de la mineralización esfalerita y galena, calcopirita, diseminados en granos o pequeñas masas. Una mineralización similar fue explotada en la mina San Ramón (Bádenas).

Mineralizaciones de galena han sido explotadas, además, en la zona de Segura de los Baños-Armillas, Sta. Cruz de Nogueras, Nogueras, Luesma,...; en forma de galena argentífera en Daroca, Fombuena, Munébrega, Castejón de Armas,...

Los principales indicios de calcopirita se localizan en las minas del Hocino, Fombuena (Teruel), donde aparece masiva asociada a algo de bornita, cuarzo y ankerita.

Por último hay que citar las antiguas explotaciones de sulfuro de antimonio de Lanzuela (Teruel).

### 2.5.2.- Minería energética

La minería del lignito ocupa un lugar muy importante dentro de la hoja explotándose en las dos cuencas citada para la Fm Lignitos de Escucha: Utrillas-Aliaga y Estercuel-Ariño.

Las explotaciones se localizan, en la actualidad, en dos zonas Utrillas-Escucha y Val de Ariño. Con menor intensidad continúan en Cañizar del Olivar, existiendo numerosos otros puntos donde la actividad ha sido abandonada (Aliaga, Castell de Cabra, Palomar de Arroyos, Rillo, etc,...). Los niveles de la Fm Lignitos de Escucha explotados se sitúan en los miembros inferior y medio. La producción se dedica a generación termoeléctrica en las centrales térmicas de la zona.

Como alternativa, entre otras, a la crisis que afecta al sector diversas empresas han comenzado estudios para el aprovechamiento de los lignitos portadores de ácidos húmicos.

Igualmente, dentro de este apartado cabe citar la existencia de anomalías uraníferas en las facies Buntsandstein y en el Pérmico en la hoja 1:50.000 nº 515. Han sido señaladas, asimismo, anomalías de este tipo en la Fm Arenas de Utrillas.



**3.- DESCRIPCION DE EXPLOTACIONES E INDICIOS DE  
ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES**

### 3.- DESCRIPCION DE EXPLOTACIONES E INDICIOS DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

En los apartados siguientes se procede a la descripción de las explotaciones e indicios de rocas y minerales industriales presentes en la hoja 1:200.000 de Daroca.

Las sustancias actualmente explotadas son :

Arcillas  
Arenas caoliníferas  
Arenas silíceas  
Gravas  
Arenisca  
Barita  
Calizas  
Oxidos de hierro  
Sepiolita  
Yeso y alabastro

Otras sustancias explotadas anteriormente son :

Andesitas  
Cuarcita  
Pirolusita

Existen asimismo indicios, con variable grado de interés, de las siguientes sustancias :

Cuarzo  
Fosfatos  
Magnesita  
Mullita  
Pizarras  
Sulfatos aluminicos

### 3.1.- ARCILLA COMUN (Arc)

La extracción de arcillas constituye, sin lugar a dudas, la actividad más representativa de la minería de rocas y minerales industriales en la hoja 1:200.000 de Daroca.

La práctica totalidad de la producción que se obtiene proviene de la Fm Arenas de Utrillas existiendo, además, diversas formaciones geológicas con potencial interés.

#### Arcillas producto de alteración de pizarras: Fm Bâdenas

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
87	466-9	(11)	466	658.420	4555.500	Indicio	Bajas	--
88	466-2	(11)	466	653.250	4552.825	Indicio	Bajas	--
91	466-1	(11)	466	656.350	4550.375	Indicio	Bajas	--
165	515-20	(11)	515	616.180	4516.480	Indicio	Medias	--

La formación Bâdenas (Llandovery superior-Ludlow superior) se encuentra ampliamente representada en el tercio NO de la hoja 1:50.000 nº 466 y áreas limítrofes (figura 4). Está constituida por pizarras arcillosas con intercalaciones limolíticas, arenosas,... y algún nivel cuarcítico.

Las pizarras se presentan, localmente, intensamente alteradas a productos arcillosos, blancos a pardoblanquecinos, plásticos en húmedo y untuosos una vez secos. Estos materiales presentan un variable grado de contaminación por coluviones, pizarras, limolitas.... La geometría de los depósitos es muy irregular constituyendo bolsadas de 1-2 m de espesor y 10-15 m de desarrollo lateral, sólo visibles en cortes de carretera o en alguna zona acarreada. Dado que en otros puntos de España se explotan depósitos similares se han recogido una serie de muestras con objeto de proceder a su caracterización. Dichas muestras corresponden a los indicios nº 87, 88 y 91, situados en los términos de Sta Cruz de Noguerras, Cucalón y Bâdenas, respectivamente. Los muestreos se han realizado seleccionando los niveles más puros y homogéneos, por lo que representan exclusivamente al producto de alteración y no al todo-uno existente.

El punto 165, asignado asimismo a la Fm Bâdenas, se sitúa en un área bastante marginal y alejada de la zona anterior: El Pobo de Dueñas, en la hoja 1:50.000 n° 515. Los materiales muestreados corresponden a alteraciones desarrolladas sobre pizarras de tonos pardoamarillentos a rojizos y versicolores que afloran con cierta regularidad en un área de 1 km<sup>2</sup>

Los resultados obtenidos en los muestreos de una y otra área son los siguientes:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
165-A	57,1	23,5	n.d.	8,75	0,20	0,14	0,38	1,64	8,10	49	25	24
	Cuarzo	Feld.	Calcita	Hemat.	Ilita	Caolin.	Pirofil.	Clorita				
87-A	--	--	--	--	90	10	--	--				
88-A	16,0	--	8,1	--	37,2	19,8	16,6	tr				
91-A	14,0	tr	38,2	--	23,9	11,2	12,7	--				
165-A	8,5	--	--	6,5	69,7	tr	15,3	--				
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ						
165-A	4	7,6	14,4	18,4	19,6	36 %						

En la mineralogía de ambas zonas (exceptuando el punto 87) se observa una presencia constante de pirofilita en cantidades que oscilan entre 13-16 %, acompañada de ilita o ilita y caolinita.

Los indicios del área de Bâdenas, a falta de una investigación más detallada que permita precisar la penetración vertical de la alteración, presentan un interés económico limitado, entre otras razones, por la exigüedad de los afloramientos. Según comunicación oral han sido ensayados recientemente en la fabricación de ladrillos de cara vista obteniéndose resultados satisfactorios. El indicio 165 es susceptible de aprovechamiento por aflorar en un área más extensa, si bien se desconoce la profundidad alcanzada por la alteración.

#### Arcillas del Muschelkalk

El miembro medio de las facies Muschelkalk aflora únicamente en el borde sur de la hoja presentándose como una sucesión lutítica verdosa y roja, con delgadas intercalaciones de dolomías tableadas, limos y areniscas. En la mitad oriental presenta intercalaciones de yesos.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
156	515-2	(16)	515	604.080	4519.880	Aband.	Bajas	--

Sólo se ha localizado una explotación en estos materiales, punto nº 156, en las proximidades de Castellar de la Muela, hoja 1:50.000 nº 515, con escasa importancia, habiendo sido utilizados, posiblemente, como material de relleno en carreteras.

#### Arcillas de las facies Keuper

Actualmente no existe ninguna explotación en estos materiales, correspondiendo los distintos puntos inventariados a otros tantos afloramientos documentados analíticamente.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
114	492-19	(17)	492	674.950	4535.400	Indicio	Medias	--
123	493-22	(17)	493	681.620	4534.800	Indicio	Medias	--
248	518-21	(17)	518	706.850	4515.600	Indicio	Medias	--

Los afloramientos se presentan en franjas orientadas según directrices ibéricas en los núcleos de los anticlinales jurásicos y, en menos ocasiones, diapíricamente.

Litológicamente están compuestos por arcillas y margas, abigarradas, rojas y verdosas, con yesos estratificados, nodulares o fibrosos. En el punto nº 248, situado en las proximidades de Ejulve, hoja 1:50.000 nº 518, la columna litológica es la siguiente (IGME, 1979-b):

- 46 m de margas lutíticas arenosas y ferruginosas, con yeso de color rojo a verde claro y algunas intercalaciones dolomíticas blanquecinas
- 12 m de alternancias de dolomías grises en niveles decimétricos y margas arenosas con yesos
- 13 m de margas ligeramente arenosas y ferruginosas con yeso
- 10 m de dolomías ocreas oquerosas y margas arenosas con yeso
- 16 m de margas rojas y verdes, localmente con yesos, algunos lentejones dolomíticos y carnioles ocreas

La composición mineralógica es relativamente compleja y variable. Así, en el punto anterior, las lutitas presentan una composición predominantemente ilítica, con presencia de clorita y caolinita. Aparecen asimismo cantidades significativas de calcita y aragonito.

Los resultados de los análisis químicos realizados son los siguientes:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
114-A	46.50	14.07	0.56	3.16	0.04	12.58	2.33	0.16	0.12		14.56	9.42
123-A	38.29	12.57	0.53	5.34	0.10	12.37	8.62	0.14	4.94		6.94	9.70
123-B	27.36	8.42	0.34	4.03	0.07	25.24	7.94	0.06	1.55		24.32	19.26
248-A	43.74	16.26	0.83	4.18	--	10.88	4.14	0.71	4.46	16.75	--	---

El posible aprovechamiento de estos materiales presenta una serie de problemas de difícil solución:

- Alta tectonicidad en los afloramientos
- Compleja composición mineralógica y variaciones de la misma como consecuencia de la tectonicidad, lo cual supone un difícil control de la homogeneidad del material
- Presencia de yesos y, en ocasiones, sales

#### Arcillas de las facies Weald

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
44	439-8	(23)	439	663.180	4575.650	Indicio	Altas	--
252	467-16	(23)	467	693.150	4543.925	Activa	Baja	(5.000)

( ): Producción estimada

Las arcillas de la Fm Areniscas de Camarillas presentan un alto interés económico para la industria cerámica levantina siendo explotadas intensivamente en la localidad de Galve ("arcillas de Galve"), en las proximidades del límite Sur de la hoja de Daroca, fuera de la misma.

Dicha formación, bien representada en la Cuenca de Mora de Rubielos, presenta sin embargo en nuestra zona exiguos afloramientos que, con un espesor de 30-100 m, aparecen en las hojas 1:50.000 nº 517 y 518.

En la Cuenca de Oliete las facies Weald están representadas por la Fm Margas y Calizas de Blesa, la cual presenta buenos afloramientos en el entorno de Alacón (hoja 467), Blesa (hoja 466) y Aguilón (hoja 439). Esta formación ha sido muestreada en dos puntos (nº 44 y 252).

El primero de ellos (nº 44) ocupa una situación marginal con respecto a la cubeta. Se sitúa en el Barranco de Aguilón, 2 km al N de dicha localidad. El material aflorante, asignable al Miembro Arcillas de Cabezo Gordo está formado por una sucesión de arcillas y margas, rojizas y amarillentas con una potencia explotable de 20-30 m. Este punto presenta buenas condiciones para su explotación, tanto desde el punto de vista topográfico como geográfico.

El punto 252 se localiza en las afueras de Alacón (Teruel). Corresponde a una explotación de pequeñas dimensiones donde se extraen, intermitentemente limos areniscos rojizos para su uso cerámico en Zaragoza.

Los resultados de análisis en ambos puntos son los siguientes:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
44-A	48,4	15,6	5,90	0,71	3,12	7,90	0,43	2,83	15,0	47	25	22
44-B	44,3	17,4	6,20	0,61	4,32	7,60	0,54	3,27	15,6	47	22	25
252-A	60,9	17,5	7,60	0,82	0,84	0,45	0,23	2,82	8,9	36	21	15
252-B	58,1	19,4	8,07	0,83	1,35	0,57	0,32	3,58	7,6	38	20	18

	CAOLINITA	ILITA	CLORITA	CUARZO	FELDESPATO	DOLOMITA
44-A	26,4	35,2	5	17,6	2,0	14
252-A	13,5	35,5	11,3	39,6	---	--

	Granulometría (% retenido)						Contracción				
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ	Secado 100°C	Cocción			
								1000	1100	1220°C	
44-A	2,2	2,8	9	16,8	20,4	48,8	-3,6	-1,1	-1,2	funde	
252-A	3	10	19,4	20,6	25,8	21,2	-2,2	-1,2	-5,0	+0,4 (deform.)	

### Arcillas de la Fm Lignitos de Escucha

Los tramos lutíticos intercalados en la Formación Lignitos de Escucha son uno de los constituyentes habituales de los estériles de las minas de carbón abiertas en dicha formación, siendo, en consecuencia, vertidos a escombreras.

Litológicamente, las arcillas de la Fm Lignitos de Escucha presentan una gran variabilidad de términos,

consecuencia de la variedad de facies presentes (marismas, lagoon, llanuras aluviales costeras,...) correspondiente a un medio de transición: arcillas limosas abigarradas, lutitas grises a negras, lutitas carbonosas, arcillas calcáreas,..., con potencias muy variables (dm-Dm).

La distribución geográfica de los niveles arcillosos puede ser asimilada a la del área de afloramientos a nivel regional de la formación (figura 6), en las hojas 1:50.000 n° 493, 517 y 518, pudiendo ser la misma considerada como un litotecto regional.

Mineralógicamente son arcillas caolinitico-ilíticas, con contenidos variables de cuarzo, hierro y materia orgánica. No es infrecuente la contaminación por sulfatos provenientes de la alteración de nódulos de pirita en los niveles lignitíferos.

Sus aplicaciones industriales, salvando el problema de los contaminantes, se pueden orientar en el campo de las arcillas blancas gresificantes, arcillas rojas gresificantes y chamotas refractarias (IGME, 1.980-f).

A pesar de su posible interés, hoy día no existe ningún tipo de aprovechamiento de estos materiales, hecho que puede justificarse por quedar la totalidad de los afloramientos de la formación cubiertos por concesiones y permisos de carbón y estar la industria cerámica fuera de los objetivos de las empresas extractoras, así como por las posibles interacciones y obstaculizaciones que para la minería del carbón supondría el aprovechamiento de las arcillas.

Número	N° de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
230	518-18	(25)	518	682.150	4519.550	Indicio	Medias	--
231	518-20	(25)	518	682.400	4517.800	Indicio	Altas	--

Los puntos 230 y 231 ubicados en esta formación corresponden, pues, a indicios no aprovechados. El indicio n° 230 se sitúa en el miembro inferior de la formación, localizándose en las proximidades de la Barriada obrera Sur de Utrillas. Son arcillas gris-verdosas, limosas y carbonatadas, con partículas micáceas y nivelillos de lignito como impurezas.

El punto 231 corresponde a niveles arcillosos, inexplorados, constituyentes del estéril de la Corta Alemanes de la empresa Minas y FC de Utrillas, situada 2 km al Sur de Utrillas.



Los datos analíticos correspondientes a uno y otro punto son los siguientes:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	PPC
230-A	38.98	17.52	0.25	3.92	14.71	0.99	0.24	2.83	1.6	18.96
231-A	48.80	32.60	0.62	2.50	0.44	0.50	0.12	2.18	0.16	11.95
231-B	50.90	30.70	0.88	2.30	0.49	0.53	0.12	2.13	0.24	11.82
231-C	50.30	31.40	0.90	2.25	0.41	0.52	0.14	2.58	0.22	11.30
231-D	50.20	30.80	0.86	2.50	0.43	0.58	0.13	2.70	0.53	11.58

### Arcillas de la Fm Arenas de Utrillas

La explotación de los niveles arcillosos intercalados en esta formación constituye posiblemente el rasgo más característico así como el sector de la minería de rocas industriales que más actividad registra en la hoja 1:200.000 de Daroca.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDENADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
13	464-5	(26)	464	605.550	4555.900	Indicio	Bajas	--
89	465-5	(26)	465	651.925	4548.800	Indicio	Bajas	--
117	492-16	(26)	492	679.400	4540.250	Activa	Medias	(10.000)
118	492-14	(26)	492	678.950	4540.780	Indicio	Bajas	--
121	493-15	(26)	493	681.000	4540.000	Aband.	Bajas	--
128	467-11	(26)	467	704.200	4549.950	Aband.	Medias	--
129	467-10	(26)	467	704.450	4549.750	Interm.	Medias	500
131	467-18	(26)	467	706.400	4544.700	Activa	Altas	70.000
135	493-19	(26)	493	701.400	4538.100	Activa	Altas	1.800
137	493-6	(26)	493	704.350	4532.200	Activa	Altas	33.870
138	493-5	(26)	493	702.620	4530.350	Aband.	Bajas	--
139	493-11	(26)	493	702.360	4528.160	Activa	Altas	175.000
140	493-13	(26)	493	703.040	4528.180	Aband.	Medias	--
141	493-8	(26)	493	699.680	4527.180	Activa	Medias	3.000
142	493-10	(26)	493	702.050	4527.200	Aband.	Medias	--
143	493-9	(26)	493	701.180	4526.680	Activa	Altas	5.600
144	493-12	(26)	493	703.300	4527.300	Activa	Altas	(5.000)
148	493-3	(26)	493	707.350	4524.000	Aband.	Bajas	--
234	518-16	(26)	518	688.660	4521.480	Aband.	Bajas	--
238	518-12	(26)	518	701.620	4521.600	Aband.	Bajas	--
239	518-10	(26)	518	703.540	4522.280	Activa	Bajas	(5.000)
254	467-19	(26)	467	707.450	4543.350	Indicio	Altas	--

( ): Producción estimada

De los numerosos afloramientos presentes en la hoja (figura 7), el área con mayor interés corresponde al tercio suroriental de la misma, zona en la que las intercalaciones arcillosas son más frecuentes y

potentes, mientras que en el resto de la hoja la litología dominante en la formación son arenas y areniscas, escaseando los términos arcillosos. Dentro del tercio suroriental, la mayor parte de las explotaciones se concentran en el área ocupada por la cuenca de Estercuel-Ariño (hojas 1:50.000 nº 467 y 493).

Los niveles arcillosos presentan gran variabilidad de términos, derivados del propio medio de sedimentación (fluvial con incidencias mareales): arcillas negras plásticas, arcillas carbonosas, arcillas grises arenosas, arcillas blancas, arcillas con oxidaciones.... Esta variabilidad litológica se traduce igualmente en una variabilidad en la composición mineralógica y química y, en consecuencia, en sus propiedades físicas.

Las potencias de los niveles arcillosos son también muy variables, desde 0,5 a 8 m, con desarrollos laterales que pueden alcanzar varios centenares de metros, aunque son frecuentemente erosionados por niveles arenosos que los disectan.

La composición mineralógica más frecuente oscila entre términos caoliniticos a ilítico-caoliniticos, con contenidos variables de cuarzo, óxidos de hierro y materia orgánica.

A pesar de la diversidad de términos arcillosos existentes, los tipos básicos son 3:

- Arcillas arenosas. Se producen en el área de Estercuel, Crivillén, Gargallo y Plou (puntos 117,121, 137 a 144, 148, 234, 238 y 239)
- Arcillas plásticas con materia orgánica. Los yacimientos se localizan en la Val de Ariño, Oliete,... (punto 131)
- Arcillas refractarias (puntos 129 y 135)

La producción anual, creciente, de arcillas de esta formación se aproxima a 310.000 toneladas, orbitando en torno a la industria cerámica castellanense. Tan sólo un pequeño porcentaje es consumido dentro de la región (Alcañiz, Teruel,...). Estas arcillas son utilizadas en la fabricación de productos cerámicos muy diversos: revestimientos y pavimentos de pasta blanca, pavimentos de pasta roja, gres porcelánico, ladrillos de cara vista, cerámica fina y loza, gres rústico,...

La mayor concentración de explotaciones del primer tipo de arcillas se localiza en el tercio suroriental de la hoja 1:50.000 nº 493, en el triángulo formado por las localidades de Estercuel, Crivillén y Gargallo, zona con cierta tradición histórica en la explotación de arcillas (puntos 137 a 144)

En esta zona, la Fm Arenas de Utrillas presenta una gran extensión de afloramiento, disponiéndose las capas subhorizontalmente; sobre las mismas existe una cobertera formada por calizas tableadas cenozoicas o bien un conglomerado calizo mioceno que erosiona a los materiales cretácicos.

Las explotaciones, a cielo abierto, son de grandes dimensiones, desarrollándose a media ladera buscando los afloramientos con menor espesor de cobertera; no obstante, el avance de los frentes obliga a hacer importantes desmontes en la misma mediante voladuras.

A esto hay que añadir un importante volumen de estériles de arenas en las explotaciones (más del 75 % del material extraído va a escombrera), lo cual se traduce en un importante deterioro paisajístico en toda la zona.

La explotación más grande en este sector (Mina Irene) se sitúa en el punto 139, en la ladera Norte del monte Capotín, en el término de Crivillén. Presenta dos frentes de trabajo, Norte y Sur, con una longitud conjunta superior a 800 m y 65 m de altura. Ambos frentes presentan importantes coberteras (20 m de conglomerados calcáreos en el frente Norte y 15 m de calizas en el Sur).

La columna litológica, y especialmente los niveles arcillosos, presenta notables variaciones de un punto a otro de la explotación debido a acuñaciones, cambios laterales, erosión por las barras arenosas, erosión del conjunto por el conglomerado mioceno, ... En el frente norte, la columna sintética puede ser la siguiente

- Muro: Arenas amarillentas, con una potencia superior a 10 m
- 4-6 m de arcillas grises (Nivel C) con intercalaciones a techo de niveles de arcillas negras ricas en materia orgánica
- 10 m de arenas y areniscas rubefactadas
- 1-2 m de arcillas grises y amarillentas con moteados rojizos, denominadas "arcillas pintas" en la región. (Nivel B). Presentan acuñamientos
- 25 m de arenas pardo amarillentas
- 3 m de arcillas gris claro (Nivel A)
- Techo: 20 m de conglomerados calcáreos

En el frente Sur, mientras que el nivel inferior de arcilla permanece más o menos estable en cuanto a potencia y características, el resto de los niveles arcillosos sufren importantes variaciones; aparece un nivel intermedio, relativamente potente (10-12 m) con términos variados, desde arcillas grises a

pintas, y el nivel superior se acuña frecuentemente. El techo está constituido por 15 m de calizas cenomanienses.

El nivel más interesante es el inferior, C, por su estabilidad y por proporcionar colores de cocción blanquecinos a cremas claros.

La producción en este punto es de 175.000 toneladas de arcilla, acompañadas de 725.000 toneladas de estéril. La explotación cuenta con una planta desmenuzadora, clasificándose los acopios de material en función de los colores de cocción para lo cual se realizan ensayos periódicos y frecuentes in situ sobre muestras prensadas o extrusionadas.

Los ensayos realizados sobre muestras de los 3 niveles básicos de la explotación proporcionan los siguientes resultados.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
139-A	74,1	15,7	1,16	0,90	0,10	0,10	0,17	0,80	6,52	35	21	14
139-B	72,8	15,1	3,57	0,67	0,21	0,13	0,21	0,78	6,49	39	19	20
139-C	64,1	16,3	1,18	1,22	0,18	0,0	0,24	1,21	16,63	37	19	18

	CAOLINITA	ILITA	CUARZO	FELDESPATO
139-A	40,8	10,1	49	tr
139-B	43,5	14,8	41,6	--
139-C	32,6	27,8	39,6	tr

	Granulometría (% retenido)						Contracción %					
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ	Secado 100°C	Cocción				
							1000	1100	1220°C			
139-A	3	7,4	15,6	16	15,6	42,4	-2,6	+0,25	-1,1	-4,25		
139-B	2	14	16	15,4	11,8	40,8	-2,6	-0,18	-1,9	-5,1		
139-C	1,4	6,6	14	18	16	42	-2,7	-0,46	-2,7	-5,5		

Estos datos ponen de manifiesto un alto contenido en cuarzo, descendiendo su proporción hacia los niveles más inferiores (C); al mismo tiempo aumenta el contenido en minerales filosilicatados variando la relación caolinita/ilita desde 4:1 (muestra A) hasta aproximadamente 1:1 (muestra C).

Los análisis efectuados sobre los limos y arcillas oscuras-negras que con delgado espesor acompañan al nivel C proporcionan los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
139-D	59.12	26.86	0.94	2.30	0.42	0.20	0.08	1.89	7.41

	CAOLINITA	ILITA	CUARZO	FELDESPATO
139-D	52	28	20	tr

El punto 144, situado 1000 m al SE del anterior es una explotación poco desarrollada que deja al descubierto niveles inferiores de la formación. La columna visible en este punto es la siguiente:

- Muro: Arcillas negras, piriticas y areniscas con limonita
- 3 m de arcillas grises
- 0.5 m de areniscas ferruginizadas
- 5 m de arenas pardoamarillentos
- 3 m de arcillas grises, con acuñamientos
- 5 m de arenas con delgados lentejones arcillosos

El nivel con interés es el paquete de arcillas grises inferior, siendo procesado en la planta del punto anterior.

En la planta del punto 139 es tratado, asimismo, el material extraído en el punto 239 situado en las proximidades de Gargallo, junto a la carretera N-420. La columna litológica presenta aquí una gran variedad de términos: arcillas nodulosas marrones, limos arcillosos grises, arcillas negras, arcillas carbonosas, arcillas pardoamarillentas,... en bancos de 1-2 m de potencia.

El punto 143 situado en el término de Estercuel corresponde a una explotación de grandes dimensiones, cuyos frentes (la mayor parte de ellos paralizados) alcanzan 680 m de longitud. En la actualidad presenta poca actividad extrayéndose 5.600 toneladas anuales de arcillas grises con la siguiente composición química y mineralógica:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
143-A	62,8	23,7	1,34	0,51	0,25	0,40	0,52	1,16	9,24	51	29	22
143-B	59,1	25,2	1,81	0,86	0,28	0,16	0,27	2,20	9,74	47	20	27

	CAOLINITA	ILITA	CUARZO
143-A	57,4	20,8	21,7

	Granulometría (% retenido)						Contracción %			
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ	Secado 100°C	Cocción		
							1000	1100	1220°C	
143-A	3,8	6,4	14,8	15	11,8	48,2	-3,5	-0,6	-4,3	-6,0

La columna litológica consta aquí de los siguientes tramos (IGME, 1983-h) :

- 11 m de arenas con niveles lenticulares de arcillas moteadas
- 1 m de margas calcáreas y calizas lumaquéticas
- 1.8 m de arcillas grises
- 1 m de margas grises y calizas lumaquéticas. Costras ferruginosas
- 8 m de arcillas arenosas rojo-blanquecinas
- 11 m de arenas, arenas caoliníferas y arcillas siliciclásticas, con costras ferruginosas
- 2.8 m de arcillas grises

El frente superior de esta explotación muestra excelentes ejemplos de disminución de espesores, por erosión, de los niveles arcillosos (desde 5 a 0 m de potencia).

El punto 137, situado en el extremo septentrional del término de Crivillén es la segunda explotación en importancia en la zona, compartiendo maquinaria con el punto descrito anteriormente.

Las características de los materiales explotados, cobertera,.... son similares a los de las otras explotaciones.... La cantera, que cuenta con planta desmenzadora, produce 33.870 toneladas anuales de arcillas grises con la siguiente composición:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
137-A	62,2	21,7	1,36	1,56	0,21	0,23	0,22	2,00	10,34	40	19	21
	CAOLINITA ILITA CUARZO FELDESPATO											
137-A	45,4	21,6	32,9	TR								
	Granulometría (% retenido)						Contracción %					
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ	Secado 100°C	Cocción 1000 1100 1220°C				
137-A	3,4	7,2	12,8	16,6	16,4	43,6	-3,0	-0,2	-2,1	-5,8		

El último punto activo en esta zona corresponde al nº 141, situado 1.500 m al N de Esteruel, en la carretera al Convento del Olivar; corresponde a una pequeña cantera donde el frente deja al descubierto 7 m de alternancias de arcillas gris-rojizas, rosáceas y moteadas. El material, con una producción anual de 3.000 toneladas es usado en fabricación de gres extrusionado en Alcañiz (Teruel); presenta la siguiente composición:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
141-A	58,9	21,5	6,10	0,83	0,28	0,27	0,21	2,40	9,60	47	25	22
	CAOLINITA ILITA CUARZO FELDESPATO											
141-A	37,9	30,3	31,8	TR								
	Granulometría (% retenido)						Contracción %					
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ	Secado 100°C	Cocción 1000 1100 1220°C				
141-A	2,0	6,0	11,2	14,4	16,2	49,4	-2,8	0	4,2	--		

El resto de los puntos inventariados en la zona se encuentran abandonados (138, 140, 142, 148, 238) presentando características similares a las ya descritas: frentes de grandes dimensiones, niveles de arcillas grises delgadas, grandes escombreras,...

La horizontalidad de la formación se pierde al Sur de Gargallo por basculamiento merced a una fractura regional que une esta localidad con Esteruel, buzando las capas 37° N 140 en el punto 238. En este punto, las arcillas presentan las siguiente composición química:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
238-A	59.88	24.49	0.46	1.66	--	--	0.80	3.52	9.19

Son limos arcillosos grises que intercalan frecuentes costras ferruginosas. A techo de la serie aparecen nódulos de alunita. (Ver. 3.15.5).

En el punto 148, antigua cantera ubicada en el término de Molinos, los datos analíticos proporcionan los siguientes resultados :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
148-A	62,4	19,6	1,65	0,61	0,18	0,54	0,48	1,60	12,90	41	23	18
	CAOLINITA ILITA CUARZO											
148-A	49,3	22	28,6									
	Granulometría (% retenido)						Contracción %					
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ	Secado 100°C	Cocción 1000 1100 1220°C				
148-A	4	11,6	14,4	13,4	12,0	44,6	-2,8	-0,7	-3,5	--		

En la región de Plou (Teruel), en el vértice NE de la hoja 1:50.000 nº 492, la Fm Arenas de Utrillas aflora en el núcleo de un anticlinal desventrado en el que se localizan diversas explotaciones de arcillas y arenas, abandonadas en su mayor parte. Por sus características, caolinitico-iliticas, siliciosas, pueden ser agrupadas con las producidas en la zona de Estercuel, si bien las potencias que aquí presenta la formación son notablemente inferiores.

El punto 121 corresponde a una antigua explotación, hoy abandonada, situada junto a la ermita de S. Jorge, en Plou. Los frentes de explotación, que por su posición topográfica deben situarse en los niveles superiores de la formación dejan al descubierto una columna litológica de 17 m en la que se distinguen 3 tramos:

- Tramo inferior: 3 m de alternancias de arcillas grises, compactas, en capas de 0.2-0.4 m, y arenas con encostramientos ferruginosos. A techo, 0.6 m de arenas caoliníferas pardo amarillentas
- Tramo medio: 8 m de arcillas gris-oliva, gris claro, abigarradas, con pasadas arenosas delgadas
- Tramo superior, formado por 6 m de alternancias decimétricas de arcillas y arenas con encostramientos ferruginosos.

Son arcillas caolinitico-iliticas (2/1) con alto contenido en cuarzo. De muro a techo presentan la siguiente composición química (A y B corresponden al tramo inferior, C y D al medio) (IGME, 1983-h):

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
121-A	69.85	17.94	1.05	1.75	0.37	0.23	0.12	2.16	6.39
121-B	63.55	16.36	1.12	7.28	0.25	0.03	0.23	2.35	6.54
121-C	63.21	19.73	0.91	6.17	0.22	0.09	0.09	1.37	7.72
121-D	66.79	19.16	0.96	2.01	0.46	0.19	0.13	2.47	7.43

El punto 117 se localiza en niveles más inferiores de la formación, localizándose en el núcleo de la estructura anticlinal. Se trata de una cantera activa de la que, por no estar sujeta a control administrativo, se carece de datos de producción, si bien esta puede estimarse inferior a 10.000 toneladas/año.

El material explotado es un conjunto arcilloso de tonos grises y moteado rojizo, similar a las "arcillas pintas" de la zona de Estercuel. Las capas, con una potencia próxima a 5 m incluyen pasadas decimétricas de arcillas carbonosas.



Los análisis realizados proporcionan los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
117-A	60,0	19,2	7,55	1,18	0,26	0,15	0,28	2,39	8,86	50	21	29
	CAOLINITA ILITA CUARZO FELDESPATO											
117-A	24,5	14,3	51,0	TR								
	Granulometría (% retenido)						Contracción					
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ	Secado 100°C	Cocción				
								1000	1100	1220°C		
117-A	5,2	8,6	13,4	12,8	11,2	48,8	-3,0	-0,4	-1,8	--		

Dentro de este grupo de arcillas caolinitico-ilíticas, ricas en sílice, y con contenidos variables en óxidos de hierro, cabría incluir por último los puntos 234, 89 y 13. El primero de ellos se localiza en el Barranco de la Tejería, próximo a Montalbán (Teruel), en la hoja 1:50.000 n° 518. La arcilla fue utilizado en fábrica de ladrillos, a pie de cantera, hoy abandonada. Los puntos 89 y 13 corresponden a sendos indicios de niveles arcillosos aflorantes en explotaciones de arenas caoliníferas o silíceas. El punto 89 se sitúa en Cucalón y el n° 13 en Monverde, en la hoja n° 464, en los afloramientos de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
13-A	54,0	22,0	4,54	0,88	1,22	0,56	0,22	3,20	13,25	59	29	30
234-A	65,57	16,51	5,28	1,22	0,50	0,56	0,15	2,64	6,86			
	CAOLINITA ILITA CUARZO FELDESPATO				CALCITA	DOLOMITA						
13-A	47	30	17	TR	6	TR						
234-A	32	32	30	5	--	--						
	Granulometría (% retenido)						Contracción %					
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ	Secado 100°C	Cocción				
								1000	1100	1220°C		
13-A	2,4	3,6	6	11	17,8	59,2	-3,5	-2,5	-5,1	--		

El segundo grupo básico de arcillas a considerar lo constituyen arcillas igualmente caolinitico-ilíticas y plásticas como consecuencia de un mayor contenido en materia orgánica (ball-clays). El principal área de afloramiento de la Fm Arenas de Utrillas con materiales de estas características se sitúa en Ariño (Teruel), en el vértice SE de la hoja 1:50.000 n° 467.

En este sector la estructura de la Cordillera Ibérica se manifiesta como un doble cabalgamiento de la cobertera sobre los materiales paleógenos de la Cuenca del Ebro.

En este contexto, la Fm Arenas de Utrillas aflora como una banda longitudinal que desde Oliete, con dirección SO-NE, se dirige hasta Ariño, incurvándose en este punto para tomar dirección NO-SE hasta las proximidades de Andorra, con buzamientos de 25-30°.

La Fm Arenas de Utrillas constituye en esta región el estéril de las importantes cortas para extracción de lignito en la infrayacente Fm Lignitos de Escucha, habiendo permanecido los niveles arcillosos inexplorados hasta fecha muy reciente en que la empresa Euroarce, del grupo minero SAMCA, tras una importante labor de investigación y evaluación de calidades y reservas pone en evidencia la existencia de importantes yacimientos de arcillas especiales para el sector cerámico, iniciándose su explotación en el punto 131.

La extracción se realiza a cielo abierto utilizando un potente parque de maquinaria. Las capas arcillosas presentan potencias que oscilan entre 1-8 m con desarrollos laterales de varios centenares de metros; estas condiciones óptimas de afloramiento permiten un gran control de la calidad, tanto lateral como verticalmente, de la diversidad de arcillas explotadas.

Estos controles son realizados periódicamente sobre frente de cantera y acopios; para ello la empresa dispone de un moderno laboratorio cerámico, situado en Ariño, donde se realizan análisis químicos, mineralógicos, determinación de contracciones, absorción de agua, reología.... Se dispone igualmente de una planta de trituración y homogeneización de arcillas con una capacidad de producción de 350.000 t/año. La producción actual es de 70.000 t/año dirigida esencialmente al mercado de Castellón.

En la planta de homogeneización se procesan igualmente materiales de otros puntos de la hoja (135, 141,....).

En la tabla adjunta aparecen los análisis químicos y mineralógicos de algunos de los productos que la empresa comercializa.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	PPC	CAOL.	ILITA	CUARZO	OTROS
AR-1-226	62.54	32.82	2.04	1.01	0.32	0.27	2.10	0.37	7.53	42	15	23	20
AR-1-258	60.59	25.41	1.49	0.96	0.16	0.45	2.77	0.32	7.85	40	24	21	15
AR-3-232	60.52	23.09	2.65	0.91	0.30	0.28	2.69	0.13	8.52	43	30	19	7
AR-2-221	62.40	22.55	2.33	0.98	0.28	0.25	2.28	0.20	8.73	40	22	19	17
AR-2-227	63.82	22.28	2.33	0.96	0.22	0.52	2.52	0.22	7.11	41	18	27	14
AR-4-252	57.09	25.08	4.95	1.12	0.18	0.28	2.59	0.10	8.59	44	30	18	7
AR-4-272	55.74	26.95	3.97	1.04	0.15	0.23	2.50	0.10	9.14	44	32	16	8
AR-3-270	53.45	27.47	4.35	0.97	0.96	0.95	2.62	0.32	8.91	38	29	27	24
AR-5-261	52.98	26.49	6.05	1.15	0.28	0.71	2.79	0.21	9.20	43	33	16	8
AR-5-184	64.25	18.49	5.78	0.98	0.32	0.28	2.33	0.29	7.28	36	27	30	7
AR-3-280	54.86	27.77	3.19	1.05	0.60	0.75	2.78	0.38	8.62	38	31	13	17
AR-3-260	57.71	25.83	3.67	1.07	0.24	0.36	2.49	0.14	8.49	40	31	8	20
AR-7-152	65.39	15.07	7.19	1.02	1.04	1.90	3.86	0.40	4.13	0	60	24	15
AR-12	47.90	27.09	8.04	1.24	0.39	1.14	2.99	0.39	9.81	44	33	15	8

Dentro de esta misma zona, ENDESA ha realizado asimismo diversas investigaciones encaminadas a aprovechar las arcillas acompañantes al estéril en "Mina Oportuna" (punto 254), disponiéndose de los siguientes datos de ensayos.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
254-A	55.88	28.10	1.12	3.27	0.50	0.42	0.31	2.93	7.71
	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300° C		
ABSORC. AGUA	20.40	18.8	3.20	9.96	7.10	7.10	5.20		
CONTRACCION	1.10	3.00	4.90	6.30	7.90	8.60	9.20		

El tercer grupo de arcillas existentes dentro de la Fm Arenas de Utrillas lo constituyen las arcillas refractarias, ricas en alúmina, cuya mejor representación en la hoja es el punto 135, y fuera de la misma las arcillas de Foz Calanda y Cañada Verich.

El citado punto se sitúa 6.5 km al SE de Oliete (Teruel) en la hoja 1:50.000 n° 493. Es una antigua explotación, iniciada mediante galerías pasando posteriormente a cielo abierto, donde se extraen arcillas utilizadas en refractarios y chamotas. En la actualidad el material es procesado en la planta de Euroarce en Ariño.

La explotación deja al descubierto gran diversidad de tipos de arcillas: arcillas negras y plásticas, marrones, grises arenosas, grises oscuras, "pintas" en capas métricas, siendo comercializados los niveles grises claros y negros. Los resultados de los ensayos sobre estos materiales son los siguientes (A-C en los niveles de arcillas negras, B-D en los de arcilla gris):

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
135-A	46.97	31.72	2.22	1,27	0.60	0.22	0.26	3.20	13.47			
135-B	59.98	24.76	1.83	1,23	0.46	0.08	tr	2.88	7.75			
135-C	52,5	22,0	1,97	n.d.	0,24	0,18	0,26	1,05	20,60	64	37	27
135-D	72,0	16,5	1,37	1,14	0,23	0,13	0,45	1,50	6,50	30	17	13

CAOLINITA ILITA CUARZO FELDESPATO

135-C	62,3	28,5	9	TR
135-D	20,6	23,4	56,0	TR

	Granulometría (% retenido)						Contracción %			
							Secado	Cocción		
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ	100°C	1000	1100	1220°C
135-C	4	7,6	14,4	18,4	19,6	36	-3,7	-3,14	-6,9	-10,2
135-D	9,2	16,0	18,8	15,6	11,6	28,8	-2,1	-0,25	-0,8	-4,2

Ambos tipos de materiales ofrecen resultados netamente distintos. Las arcillas grises presentan un comportamiento similar a las arcillas ricas en sílice del área de Estercuel y Crivillén, mientras que las arcillas negras presentan contenidos en sílice considerablemente menores, una relación caolinita/ilita de 2:1 y, como consecuencia de su alto contenido en materia orgánica, mayor plasticidad y mayores pérdidas por calcinación.

En el punto 129, por último, se explotan asimismo arcillas utilizadas en fabricación de chamotas refractarias. El conjunto aflorante está constituido por gran diversidad de tipos de arcilla, desde arcillas grises y amarillentas, "pintas", con intercalaciones limo-arenosas y arenosas, arcillas gris-oscuras, arcillas carbonosas con hiladas de yeso... así como niveles carbonosos con hiladas de yeso. Los análisis realizados sobre arcillas gris amarillentas proporcionan los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
129-A	64,7	17,8	3,58	1,06	0,75	0,30	0,12	1,28	10,29	68	28	40

CAOLINITA ILITA CUARZO FELDESPATO

129-A	48,6	23	28,4	TR
-------	------	----	------	----

	Granulometría (% retenido)						Contracción %			
							Secado	Cocción		
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ	100°C	1000	1100	1220°C
129-A	2	6	13	12	10,4	56,6	-4,0	-2,3	-4,6	-6,2

La Fm Arenas de Utrillas puede ser considerada, por su desarrollo regional, importancia de los afloramientos e interés económico de las arcillas en ella intercaladas, como el principal litotecto de la Hoja de Daroca. Como tal han sido señalados los afloramientos del sector centro y suroriental de la hoja. La importancia de este litotecto se complementa con la presencia de arenas caoliníferas, descritas en capítulo posterior, y, asimismo, con alto interés industrial.

### Relleno terciario de la Depresión de Calatayud-Montalbán

Distinguiremos para la descripción de los materiales arcillosos con posible interés dos zonas:

- La terminación meridional de la depresión, constituida por la cubeta de Montalbán y donde los materiales presentes son pre ó sinorogénicos
- El sector central de la depresión, ocupado por un relleno postorogénico

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
26	438-13	(30)	438	625.250	4562.000	Indicio	Medias	--
27	438-11	(30)	438	627.900	4561.400	Activa	Altas	(?)
28	438-9	(31)	438	627.100	4573.750	Aband.	Bajas	--
80	465-1	(30)	465	634.500	4553.950	Aband.	Medias	--
81	465-2	(30)	465	635.250	4553.450	Aband.	Medias	--
82	465-3	(30)	465	637.000	4553.000	Aband.	Medias	--
107	492-22	(28)	492	667.900	4536.350	Indicio	Bajas	--
193	491-8	(30)	491	645.400	4532.380	Aband.	Medias	--
197	491-12	(30)	491	652.000	4534.550	Indicio	Altas	--
206	492-31	(28)	492	661.750	4522.350	Indicio	Medias	--
208	492-30	(28)	492	665.050	4522.800	Indicio	Medias	--
222	492-29	(28)	492	673.750	4525.500	Indicio	Medias	--
250	518-2	(28)	518	698.950	4511.100	Aband.	Bajas	--

Dentro de la Cubeta de Montalbán, los puntos 107, 206, 208 y 222 corresponden a indicios inexplotados de materiales de edad Eoceno-Oligoceno. En general son depósitos con un marcado carácter limoso, rojizos, margosos, con frecuentes intercalaciones conglomeráticas y una mineralogía ilítica o ilítico-caolinítica apareciendo la clorita en cantidades significativas en algunas de las muestras

Los análisis realizados proporcionan los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
107-A	60.79	18.83	1.32	4.95	1.31	0.11	0.50	5.10	7.15
206-A	47.03	9.57	0.65	3.17	1.02	18.60	0.06	1.90	17.34
208-A	46.21	16.51	0.62	5.20	2.84	5.43	0.18	3.25	---
222-A	38.26	15.02	0.61	4.62	1.49	18.49	0.10	2.79	18.14
222-B	43.87	14.63	0.84	4.43	3.65	12.84	0.26	2.81	16.09

Dentro del sector central y septentrional de la depresión la mayor parte de los puntos inventariados corresponden a facies detríticas marginales adosadas al margen occidental de la misma (puntos 26, 27, 80, 81, 82, 193 y 197). Este hecho condiciona notablemente la granulometría de los materiales en los que escasean los términos arcillosos y dominan los limolíticos. Son pues limos y limos arcillosos rojizos, margosos ocasionalmente, y predominantemente ilíticos.

Una columna litológica representativa puede ser la del punto 193, situado en las proximidades de Navarrete (Teruel), donde el frente de explotación deja al descubierto la siguiente sucesión:

- Base: 6.5 m de arcillas arenosas, verdosas o rojizas, con alguna pasada arenosa centimétrica. Muestras 193-A y C
- 9 m de arcillas limolíticas rojo-marrón con alguna pasada arenosa, centimétrica. Muestra 193-B
- 9 m de una alternancia formada por arenas, arcillas y algún banco de caliza
- Techo: conglomerado cuarcítico

Los puntos nº 80, 81, 82 y 193 fueron utilizados en ladrillería por fábricas hoy abandonadas. El punto 27 corresponde a la única explotación activa sobre estos materiales siendo utilizados como relleno en corrección del trazado de la carretera N-234 a su paso por Villafeliche; la vida de la explotación está, por tanto, ligada a la duración de las obras.

Los análisis de caracterización proporcionan los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	IP
26-A	58.18	17.39	1.20	4.22	1.86	5.23	0.89	3.37	8.13	26.0
81-A	55.32	21.08	1.02	4.69	1.12	5.29	0.22	3.39	8.34	
82-A	62.82	17.57	0.91	6.85	1.94	0.85	0.18	3.85	4.64	
193-A	62.32	18.96	0.83	3.90	1.48	0.32	0.19	4.44	7.50	
193-B	65.44	16.96	0.96	4.82	1.09	0.51	0.12	3.89	5.83	
193-C	65.18	20.55	1.32	3.59	1.03	0.07	0.66	4.01	3.84	
197-A	54.66	10.68	0.79	3.96	4.32	9.04	0.25	2.39	13.16	
197-B	42.53	15.86	0.59	5.36	4.88	10.98	0.11	3.17	15.76	
197-C	41.23	10.37	0.74	3.62	1.74	21.25	0.09	2.14	18.19	

Las arcillas explotadas en el área de Daroca (puntos n° 80, 81 y 82) son analizadas por GONZALEZ PEÑA et AL, 1970 y ALVAREZ-ESTRADA et AL, 1970, encontrando los siguientes resultados:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC			
57.31	20.90	2.00	4.75	3.42	1.94	0.19	3.68	6.39			
71.16	14.71	1.51	2.75	1.16	0.45	0.25	3.58	3.78			
Ip	CONTRACCION POR COCCION, %				ABSORCION AGUA, %					TEMP. SINTERIZ.	
	900°	950°	1000°	1050°C	900°	950°	1000°	1050°	1100°C		
10.0	0.7	1.7	3.8	5.0	10.0	7.6	2.4	0.8	--	1240	
11.4	0.3	1.1	3.8	5.0	3.7	11.0	1.9	2.8	1.5	1245	
RESIST. COMPRESION, kp/cm <sup>2</sup>				RESIT. FLEXION, kp/cm <sup>2</sup>							
CRUDO	850°	950°	1000° C	CRUDO	850°	950°	1000° C				
39	153	233	201	4.1	10.2	14.8	16.0				
37	125	214	258	5.0	8.4	7.3	17.1				

En consecuencia, son materiales aptos para fabricación de productos de cerámica estructural, con temperatura de cocción óptimas de 850-1000° C, según los usos, obteniéndose productos de coloración rojiza a marrón oscuro.

El punto n° 28, por último, situado en las proximidades de Orera, hoja 1:50.000 n° 438, es el único que no aparece en facies marginales. Son arcillas blanquecinas a beige que corresponden a un cambio lateral de facies de la serie explotada en el punto n° 29 para extracción de sepiolita

Su análisis proporciona los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
28-A	61,2	15,8	5,50	0,73	3,88	2,30	0,09	2,50	7,84	32	21	11
	CAOLINITA		ILITA		CLORITA		CUARZO		FELDESPATO		DOLOMITA	
28-A	7	49	5	28	3,5	7,5						
	Granulometría (% retenido)						Contracción %					
	+40 μ	+20 μ	+10 μ	+5 μ	+2 μ	-2 μ	Secado 100°C		Cocción			
							1000	1100	1220°C			
28-A	5,4	9,0	13,6	18,4	20,6	33	-1,7	-2,0	-5,3	funde		

### Relleno terciario de otras depresiones

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
53	440-7	(28)	440	687.940	4570.800	Aband.	Medias	--
124	493-17	(30)	493	686.350	4536.775	Indicio	Bajas	--
125	467-14	(30)	467	683.850	4543.850	Aband.	Bajas	--
134	493-21	(28)	493	706.300	4539.500	Indicio	Medias	--
250	518-2	(28)	518	698.950	4511.100	Aband.	Bajas	--

El punto nº 53 situado en el término de Almonacid de la Cuba, hoja nº 440, es el único inventariado en la Depresión del Ebro. Es una vieja explotación que aprovechó los limos arcillosos rojizos y pardo anaranjados de edad Paleógeno que afloran en una banda NO-SE, adosados a un islote jurásico.

Los resultados de análisis realizados son los siguientes:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC	LL	LP	IP
53-A	43,1	11,2	4,05	0,77	5,0	12,0	0,42	2,88	20,4	32	18	14
	CAOLINITA ILITA CLORITA CUARZO DOLOMITA											
53-A	12	39	10	15	24							
	Granulometría (% retenido)						Contracción %					
	+40 µ	+20 µ	+10 µ	+5 µ	+2 µ	-2 µ	Secado 100°C	Cocción 1000 1100 1220°C				
53-A	7,8	10,0	0,6	39,2	14,2	28,2	-3,0	+0,4	+0,8	funde		

El resto de los puntos inventariados se sitúan sobre diferentes cubetas en el área SE de la hoja: Cubeta de Alloza (punto 134), Josa (nº 124), Muniesa (nº 125). Sólo los materiales del punto 125 fueron objeto de explotación para uso en fabricación de tejas y ladrillos en Muniesa en fábrica hoy abandonada.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
124-A	52.74	19.80	1.03	5.16	1.58	4.32	0.28	4.66	10.29
124-B	46.72	21.43	--	7.12	1.28	1.28	0.57	3.84	11.78
125-A	31.27	14.87	1.03	4.73	1.48	19.82	0.01	3.39	22.79
134-A	39.82	12.63	0.54	4.34	1.34	19.14	0.11	2.43	19.28
134-B	43.76	11.39	0.67	3.74	1.10	19.59	0.10	2.18	16.62



La mineralogía de los materiales es ilítica, con cantidades menores de caolinita; aparece clorita como accesorio en el punto 124 y montmorillonita en el 134-A. Tan sólo las muestras del punto 124 no presentan un marcado carácter margoso.

### 3.2.- ARCILLAS ESPECIALES (Sep, Esm, Pal)

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
20	437-6	(31)	437	621.700	4567.600	Indicio	Bajas	--
29	438-10	(31)	438	626.300	4572.550	Activa	Altas	75.000
204	492-9	(29)	492	657.300	4529.900	Indicio	Bajas	--

El sector de la Depresión de Calatayud comprendido dentro de los términos municipales de Mara, Orera y Ruesca (Zaragoza), en la hoja 1:50.000 nº 438 presenta un alto interés por constituir el segundo yacimiento español de sepiolita con interés económico, encontrándose en explotación desde 1.986.

La serie de interés aparece en una unidad de edad aragonesa constituida por alternancias de niveles arcillosos y margodolomíticos, con una potencia de 18 m. A techo de la misma aparecen nuevamente niveles dolomíticos y una cobertera formada por coluviones y restos de glaciares formados por conglomerados silíceos con matriz limosa roja.

Los niveles carbonatados son micritas-microdolomitas, constituyendo la dolomita el mineral principal en la mayor parte de los mismos.

Las fracciones limo y arcilla (ARAUZO ET AL, 1989) presentan la siguiente asociación mineralógica: ilita + sepiolita + esmectita + clorita. La sepiolita ha sido detectada en diez niveles, con porcentajes superiores al 85 % en cinco de ellos, estando uno de los niveles constituido exclusivamente por sepiolita. La esmectita sólo está presente en algunos niveles relacionados con los de sepiolita. En los niveles situados bajo estos es un componente mayoritario con porcentajes que oscilan entre el 43-54 %. Hacia el techo del perfil desaparece prácticamente.

El espesor de los niveles con sepiolita oscila entre 0,33-0,89 m, siendo la potencia media de 0.55 m.

La explotación se realiza a cielo abierto por el método de transferencia de estériles el cual permite una rápida recuperación del terreno para fines agrícolas. Hay que señalar la notable labor de restauración de escombreras llevada a cabo por la empresa explotadora (MYTA).

El material es procesado a pie de cantera en planta con capacidad para 170.000 toneladas anuales con el siguiente proceso:

- Trituración primaria  $\phi$  ( 120 mm
- Secado natural: Humedad ( 35 %
- Trituración secundaria  $\phi$  ( 80mm
- Clasificado y envasado

El producto final se presenta en cuatro granulometrias básicas en función del uso industrial a que va-ya destinado :

- 4,76-0,59 mm : "Camas de gato" y absorbentes
- 0,59-0,25 mm : Lechos absorbentes para granjas. Pesticidas e insecticidas.
- 0,25-0,149mm : Alimentación animal
- ( 0,149 mm : Alimentación animal

La producción actual es de 75.000 t/año siendo utilizada mayoritariamente para fabricación de "camas de gato" y destinada en su 80 % a la exportación.

El material extraído presenta el siguiente análisis medio:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Sepiolita	Otros filosilic.	Detriticos
57,14	3,98	19,12	1,09	1,09	1,33	70-82	( 25 %	( 10 %

El análisis sobre el nivel sepiolítico más puro (ARAUZO ET AL, 1989) es el siguiente:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
58,29	2,32	1,24	0,62	22,21	1,73	0,13	0,15	14,06

siendo la absorción de agua (Norma Westinghouse) de 80-90 %

Como cambio lateral de la unidad antes descrita aparece, entre las localidades de Orera y Ruesca, un conjunto de edad asimismo aragoniense formado por alternancias de dolomías, margas y arcillas, entre los que aparecen niveles de arcillas esmectíticas y niveles centimétricos de sepiolita. Localmente gradan a formaciones con predominio de carbonatos.

Son frecuentes los indicios de arcillas especiales en el relleno terciario de la Depresión de Calatayud, sin revestir interés económico. Una relación de los mismos puede encontrarse en IGME, 1985-a.

Arcillas esmectíticas afloran con cierta potencia en el punto nº 20, situado en el término de Fuentes de Jiloca, hoja 1:50.000 nº 437. La serie, de edad aragonesa superior-turolense medio está formada por alternancias de margas blancas y arcillas oscuras con niveles calizos aislados. Las arcillas oscuras presentan la siguiente composición mineralógica:

Esmectita	Ilita	Caolinita
55	40	5

Sobre esta unidad se dispone un conjunto de arcillas rojas y conglomerados silíceos, turolenses, que a su vez quedan cubiertos por las calizas del páramo (Turolense-Rusciniense).

El indicio nº 204 se localiza en las proximidades de Barrachina, hoja 1:50.000 nº 492. La unidad potencialmente interesante está formada por alternancias calcomargosas blanquecinas y niveles margosos y arcillosos verdosos y rojizos de edad oligoceno superior-mioceno inferior.

Analizados los niveles verdosos proporcionan los siguientes resultados:

PALIGORSKITA	ILITA	CUARZO	DOLOMITA	CLORITA	CAOLINITA		
50	35	5	5	5	TR		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	PPC
49,39	15,92	4,88	0,68	6,86	3,12	0,19	14,13

Otros indicios sin interés se localizan en el área de Villafeliche (paligorskita como matriz en niveles detríticos), Navarrete y Cutanda (sepiolita).

### 3.3.- ARENAS CAOLINIFERAS (Ark): CAOLIN, ARENA SILICEA

Las arenas caoliníferas se encuentran bien representada en la hoja de Daroca en la Fm Arenas de Utrillas (figura 7) y, en menor grado, en algunos niveles de la Fm Lignitos de Escucha (figura 6); no obstante, la totalidad de los puntos inventariados se localizan sobre la primera de las formaciones citadas.

En líneas generales la Fm Arenas de Utrillas está constituida por arenas y areniscas subarcóscicas, con un grado variable de contenido en matriz arcillosa, costras ferruginosas,...(ver 2.2.4.1.); la geometría de los cuerpos arenosos es acusadamente canaliforme, separados por intervalos lutíticos (más frecuentes en el sector suroriental). El conjunto se interpreta como complejos de canales braided dominados por procesos fluviales con influencias mareales en la parte superior de la formación

Las arenas y areniscas son de naturaleza silicea, con feldespato potásico en proporciones inferiores al 20 % ; el tamaño de grano varía de fino a muy fino, con tendencia de aumento del centilo hacia el techo de la formación.

La matriz está compuesta por caolinita y cantidades bajas de ilita siendo la relación caolinita ilita creciente hacia el techo de la formación. Puede contener sílice muy fina, óxidos de hierro,...etc, en general impurezas que restan valor económico al caolín. El porcentaje en que aparece esta matriz es muy variable, raramente superior al 20 %, pudiendo estar casi ausente.

Mediante lavado de las arenas se obtienen dos productos con notable valor añadido, caolín lavado y arenas silíceas, y un subproducto, la borra caolinífera, que, aunque habitualmente es vertido a escombrera es asimismo susceptible de aprovechamiento (cargas cerámicas, detergentes, abrasivos,...).

#### 3.3.1.- Caolín

A pesar del ya citado ambiente sedimentario de deposición, el origen del caolín es residual, habiéndose generado durante etapas biotásticas a espensas de rocas ácidas (esencialmente graníticas s.l. y gneísicas) en un área fuente hercínica o prehercínica, siendo posteriormente erosionado y transportado en etapas rextásticas y depositado en los actuales yacimientos. Son caolines tipo "Cordillera Ibérica" y subtipo "Utrillas", según GALAN, 1972.

Aunque se ha inventariado un número de puntos de extracción e indicios relativamente importante, la producción de caolín lavado es prácticamente nula. Sólo existe un punto activo, de pequeña entidad (nº 115) en el que el caolín lavado puede ser considerado como un subproducto del lavado de arenas.

La mayor parte de los puntos visitados presentan escasa entidad encontrándose dispersos en los diferentes afloramientos de la formación. Son explotaciones a cielo abierto y media ladera reconociéndose en algunos casos antiguas galerías que seguían los niveles más ricos en caolín.

Para la descripción de los diferentes afloramientos y sus características se ha recurrido a la división en zonas geográficas, coincidentes en parte con las consideradas en IGME, 1977-d, para esta misma sustancia.

#### Area de Alhama de Aragón-Cubel

Se engloban dentro de esta zona los afloramientos de la Fm Arenas de Utrillas correspondientes al dominio de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. En la hoja de Daroca se presentan en una banda longitudinal de dirección NO-SE que atraviesa las hojas 1:50.000 nº 437 y 464, entre las localidades citadas.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
2	437-11	(26)	437	596.240	4570.400	Aband.	Bajas	--
5	437-8	(26)	437	599.300	4567.200	Aband.	Bajas	--
12	464-13	(26)	464	606.050	4558.260	Indicio	Bajas	--
13	464-5	(26)	464	605.550	4555.900	Aband.	Medias	--
14	464-12	(26)	464	608.480	4554.000	Indicio	Medias	--
15	464-3	(26)	464	613.960	4550.900	Aband.	Medias	--
16	464-2	(26)	464	613.840	4551.350	Aband.	Medias	--

La tectónica del Cretácico en esta zona es relativamente simple encontrándose afectado por pliegues kilométricos de dirección ibérica y la misma vergencia. Ocasionalmente hay pliegues N-S y NE-SO con vergencia hacia el SE.

La fracción arcillosa contenida en las arenas, referida a la fracción < 20 µ, oscila entre el 10-26 %, presentando las siguientes características generales (IGME, 1977-d):

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	PPC
Max.	78.14	31.66	2.51	0.37	0.54	2.02	1.47	13.78
Mmo.	49.61	12.51	0.13	ind.	0.00	ind.	0.27	3.54
	20-5 μ	5-2 μ	( 2 μ			Blancura crudo 1200°C	Amarill. en crudo	
Max.	85.18	27.08	64.77			78.0	85.0	28.9
Mmo.	20.69	6.43	8.39			44.0	40.0	8.0

El total de puntos inventariados en esta zona es de 7, no realizándose en la actualidad ninguna actividad extractiva. Los materiales eran procesados en un lavadero, hoy abandonado, ubicado en la localidad de Cubel, así como en los lavaderos que existieron en Cetina y Alhama de Aragón (hoja 1:50.000 nº 436, fuera de la Hoja de Daroca).

Los datos de análisis sobre fracción ( 20 μ de muestras de esta zona proporcionan los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	PPC
12-A	51.86	29.73	0.08	2.51	ind	0.22	0.67	4.62	10.31
12-B	62.41	23.58	0.16	0.65	ind	0.48	0.52	5.70	6.66
14-A	51.47	29.27	0.11	1.48	0.07	1.16	0.56	4.33	11.54
14-B	49.61	31.66	0.11	2.32	0.06	0.61	0.78	1.06	13.78
16-A	62.46	24.13	0.06	0.54	0.02	0.32	0.40	3.28	8.79
16-B	66.72	19.85	0.03	0.41	0.19	0.50	0.51	3.61	8.18
16-C	72.01	17.11	tr	0.13	0.07	0.48	0.27	3.42	6.50
	20-5 μ	5-2 μ	( 2 μ			Blancura Crudo 1200°C	Amarill.		
12-A	28.67	13.93	57.38			72.00	50	12.0	
12-B	47.83	15.59	36.57			67.0	85	15.0	
14-A	20.69	14.53	64.77			68.0	50	13.0	
14-B	22.90	17.55	59.54			74.0	50	10.0	
16-A	47.02	14.53	38.50			74.0	85	10.0	
16-B	63.79	11.02	25.19			74.6	85	9.8	
16-C	59.87	9.48	30.63			78.0	85	8.0	

	CAOLINITA	ILITA	CUARZO	FELDESPATO	OTROS
12-A	****	***	#	#	
12-B	****	**	**	**	
14-A	*****	**	#	#	
14-B	*****	#	#		
16-A	****	**	**	#	
16-B	****	**	**	#	ind.
16-C	****	**	***	#	ind.

Además de los ensayos citados se dispone de ensayos semiindustriales para los puntos 12 y 14. El primero de ellos, localizado al Sur de Monterde, hoja 464, proporciona un bajo rendimiento en el rebose del ciclón de 50 mm así como un elevado porcentaje de álcalis por lo que se considera carece de valor comercial. El segundo de ellos, correspondiente a muestras del área de Abanto, presenta buenas características, si bien resulta un poco bajo el rendimiento del ciclón de 50 mm. Los resultados del análisis de esta muestra son:

- Rendimientos respecto de todo uno		$Q_1$	$Q_3$	$Q_5$	$Q_4$		
		23.30	14.30	3.10	5.90		
- Granulometrías ( $\mu$ )							
	+ 53.0	+ 20.0	+ 10.0	+ 6.3	+ 5.0	+ 2.0	- 2.0
$Q_4$	0.02	0.23	2.00	6.00	6.75	29.00	56.00
$Q_5$	1.58	8.92	21.50	22.00	6.50	13.50	26.00
$Q_3$	56.00	21.05	14.05	3.00	0.05	0.05	4.00

- Análisis químico ( $Q_4$ )

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$TiO_2$	$Fe_2O_3$	MgO	CaO	$Na_2 + H_2O$	PPC
48.40	35.30	0.18	0.48	0.22	0.97	0.47	13.98

### Zona de Alpeñés-Rillo-Puerto de San Just

La zona engloba los afloramientos de la Fm Arenas de Utrillas comprendidos dentro de los términos de Alpeñés-Rillo-Pancrudo-Portalrubio-Cervera del Rincón y Valdeconejos, situados en la hoja 1:50.000 nº 517 y pertenecientes todo ellos a la provincia de Teruel.

Desde el punto de vista estructural la zona se enclava en el extremo noroccidental del dominio del Arco de Beceite-Portalrubio. Caracteriza a la zona una tectónica suave, con una cobertura cretácico-jurásica despegada a nivel del Muschelkalk y Keuper y deformada con un estilo de plegamientos y cabalgamientos tipo "piel fina" (ITGE, 1.991).

La fracción arcillosa contenida en las arenas, referida a la fracción < 20  $\mu$ , oscila entre el 11-20 % presentando las siguientes características generales (IGME, 1977-d):

	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$TiO_2$	$Fe_2O_3$	MgO	CaO	$Na_2$	$H_2O$	PPC
Max.	69.22	27.96	0.61	1.91	0.69	0.61	1.08	9.76	14.48
Mmo.	55.53	15.85	ind.	0.14	0.04	0.13	0.48	0.57	3.48



	20-5 $\mu$	5-2 $\mu$	( 2 $\mu$	Blancura		Amarill.
				Crudo	1200° C	Crudo
Max.	73.67	22.20	48.58	76.0	70.0	20.0
Min.	32.29	10.15	13.92	44.0	40.0	9.0

Se han inventariado en esta zona 4 puntos, 2 de los cuales son indicios que presentan algún nivel de arenas caoliníferas aceptable. En general las arenas de esta zona presentan rendimientos bajos en el lavado, elevados contenidos en álcalis y deficientes índices de blancura.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
207	517-9	(26)	517	662.400	4520.150	Aband.	Altas	--
210	517-11	(26)	517	667.450	4519.200	Indicio	Medias	--
213	517-6	(26)	517	670.350	4511.150	Aband.	Bajas	--
232	517-12	(26)	517	679.850	4515.750	Indicio	Bajas	--

El punto nº 207 y su entorno, situado al N de Alpeñes es el único que presenta laboreo importante, habiendo sido paralizado en fecha reciente. La producción de caolín lavado (138 t en 1987) era utilizado en cerámica y la de arena silícea (690 t) en vidrio.

El análisis sobre todo-uno de arenas de este punto proporciona la siguiente composición :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
90,3	4,1	0,10		0,07	0,32	0,12	2,45	2,37

Los datos de análisis sobre fracción ( 20  $\mu$  de muestras de este punto y del resto de la zona proporcionan los siguientes resultados

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	PPC
207-A	61.48	22.94	ind.	0.26	0.26	0.30	0.72	8.64	5.40
207-B	58.24	26.37	ind.	0.27	0.13	0.20	0.71	8.98	5.10
207-C	65.58	20.11	0.01	0.14	0.08	0.16	0.55	8.82	4.55
207-D	69.22	15.85	0.06	0.35	0.26	0.30	0.72	9.76	3.48
207-E	57.58	26.50	0.23	0.91	0.04	0.56	0.66	4.20	9.31
207-I	65.62	21.54	ind.	0.34	0.04	0.61	0.57	5.29	5.99
207-G	55.76	27.81	0.18	1.17	0.31	0.13	0.71	5.17	8.75
207-H	56.42	26.57	0.15	0.39	0.16	0.56	0.48	0.79	14.48
207-J	58.61	26.36	0.61	1.51	0.69	0.27	0.60	4.30	7.05
210-A	55.53	26.05	0.60	1.71	0.11	1.21	1.08	5.16	8.55
232-A	60.61	27.96	0.32	1.91	0.01	0.16	0.91	0.57	7.55

	20-5 $\mu$	5-2 $\mu$	( 2 $\mu$	Blancura		Indice
				Crudo	1200° C	amarill.
207-A	65.16	10.15	24.69	71.2	65	9.7
207-B	66.14	14.60	19.26	68.1	65	14.0
207-C	72.50	11.29	16.21	75.3	70	10.3
207-D	73.67	12.41	13.92	55.1	45	18.2
207-E	53.31	19.78	26.90	65.0	45	9.0
207-F	50.89	14.11	34.99	70.0	70	11.0
207-G	48.13	22.20	39.67	65.3	45	9.0
207-H	32.29	19.12	48.58	76.0	70	10.0
207-I	70.37	12.88	16.75	52.4	45	8.4
210-A	47.12	21.89	30.98	49.0	40	18.0
232-A	54.82	26.81	26.81	44.0	40	20.0

	CAOLINITA	ILITA	CUARZO	FELDESPATO	OTROS
207-A	###	##	##	###	ind.
207-B	###	##	##	###	---
207-C	###	#	##	###	---
207-D	###	##	###	###	#
207-E	###	##	###	##	ind.
207-F	###	##	###	##	---
207-G	####	###	#	#	ind.
207-H	####	##	##	ind.	---
207-I	####	##	#	#	---
210-A	####	##	#	ind.	ind.
232-A	#####	#	##	#	ind.

### Zona de Plou-Huesa del Común

La zona se ubica por completo en la provincia de Teruel, comprendiendo las orlas de la Fm Arenas de Utrillas que afloran a ambos lados del anticlinorio de Montalbán.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
104	466-17	(26)	466	670.100	4545.150	Aband.	Bajas	--
109	492-20	(26)	492	673.000	4536.400	Indicio	Bajas	--
115	492-13	(26)	492	678.000	4540.700	Activa	Medias	(?)
116	492-17	(26)	492	678.520	4540.460	Aband.	Medias	--
118	492-14	(26)	492	678.950	4540.780	Aband.	Medias	--
119	492-15	(26)	492	679.450	4540.850	Aband.	Medias	--
120	492-18	(26)	492	680.500	4539.850	Aband.	Bajas	--

El afloramiento oriental, el más importante, se incluye dentro de los términos de Plou, Huesa del Común, Maicas y Monforte de Moyuela; el afloramiento occidental es una estrecha banda que desde Segura de los Baños, en dirección NO, se dirige hasta Cucalón.

La estructura principal del área de Plou-Huesa del Común, es la de un anticlinal desventrado en cuyo núcleo aflora la Fm Arenas de Utrillas, presentando los afloramientos buena continuidad lateral, con buzamientos de 15-25°; en la zona de Segura de los Baños la estructura es más compleja, estando los afloramientos afectados por cabalgamientos,....

La fracción arcillosa contenida en las arenas, referida a la fracción  $< 20 \mu$ , oscila entre el 14-23 %, presentando las siguientes características generales (IGME, 1977-d):

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	PPC
Max.	74.64	33.32	0.36	1.70	0.24	1.13	2.37	5.07	10.87
Mmo.	51.56	15.24	0.03	0.12	0.01	0.04	0.37	2.76	5.73

	20-5 $\mu$	5-2 $\mu$	$< 2 \mu$	Blancura		Indice
				Crudo	1200° C	amarill.
Max.	53.89	23.16	51.89	69.0	70.0	23.0
Mmo.	29.11	12.47	28.83	43.0	45.0	8.0

En líneas generales son caolines de baja calidad como revelan los bajos índices de blancura, presentando asimismo contenidos altos en álcalis y frecuentes niveles de óxidos de hierro; entre las arenas suelen aparecer niveles de arcillas y limos arcillosos que han sido objeto de aprovechamiento en los puntos 117 y 121 (ver 3.1.).

El afloramiento de Plou-Huesa del Común es un área de concentración de explotaciones (puntos 115, 116, 118, 119 y 120); de ellos sólo el nº 115 se encuentra activo si bien se trata de una explotación incipiente. El material es transportado a Alcañiz (Teruel) para su procesado pudiendo el caolín, por las bajas leyes que presenta, ser considerado como un subproducto del lavado de la arena silicea.

Los análisis sobre fracción  $< 20 \mu$  en esta zona proporcionan los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	PPC
115-A	58.47	26.13	0.36	1.36	0.06	0.70	0.68	2.92	9.32
116-A	58.12	25.38	0.11	1.70	0.10	0.60	1.07	3.01	9.91
116-B	52.95	31.47	0.17	0.60	0.07	0.38	0.37	3.21	10.77
118-A	74.64	15.24	0.03	0.51	0.06	0.51	0.52	2.76	5.73
118-B	55.69	26.44	0.13	0.72	0.24	1.13	1.08	5.07	9.50

	20-5 $\mu$	5-2 $\mu$	< 2 $\mu$	Blancura		Indice amarill.
				Crudo	1200° C	
115-A	32.89	18.57	48.64	62.0	45	10.0
116-A	38.68	23.13	38.17	43.0	45	23.0
116-B	32.76	23.16	44.07	68.0	70	8.0
118-A	53.89	17.28	28.83	62.0	70	18.0
118-B	38.68	17.10	44.21	69.0	70	11.0

	CAOLINITA	ILITA	CUARZO	FELDESPATO	OTROS
115-A	####	**	*	*	#
116-A	####	**	**	*	-
116-B	####	**	**	*	-
118-A	####	**	**	*	#
118-B	####	**	**	*	#

Los ensayos semiindustriales realizados con arenas caoliníferas de esta zona (IGME, 1977-d) proporcionan los siguientes resultados:

- Rendimiento respecto al todo-uno

	$Q_1$	$Q_3$	$Q_5$	$Q_4$
	27.88	15.53	3.46	8.90
	27.14	16.70	3.20	7.24

- Granulometrias ( $\mu$ )

	+ 53.0	+ 20.0	+ 10.0	+ 6.3	+ 5.0	+ 2.0	- 2.0
$Q_4$	0.006	0.244	2.000	5.250	6.500	31.00	55.00
	0.02	0.98	2.00	6.50	26.00	59.00	
$Q_5$	1.90	7.10	19.00	22.00	7.00	16.00	27.00
	2.3	18.70	21.0	24.0	6.0	17.0	20.0
$Q_3$	50	27	12	3	1	2	5
	50	30	12	2	0.5	4.0	

- Análisis químico ( $Q_4$ )

	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$TiO_2$	$Fe_2O_3$	MgO	CaO	$Na_2O + K_2O$	PPC
	47.10	36.00	0.40	1.32	0.46	0.08	0.74	13.90
	49.10	35.50	0.37	0.95	0.50	0.08	1.35	12.15

- Blancura en crudo ( $Q_4$ ) = 74.5 - 76

Los ensayos semiindustriales realizados sobre arenas caoliníferas del área de Segura de los Baños proporcionan deficientes resultados. A nivel local pueden citarse los datos obtenidos en el indicio nº 109:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
109-A	63.62	23.70	0.17	0.12	0.03	0.47	0.52	3.24	8.12
	20-5 μ	5-2 μ	( 2 μ	Blancura Crudo		1200° C	Indice amarill.		
109-A	49.05	16.90	34.04	48.0	55	28.0			

#### Area de Cañizar del Olivar-Crivillén-La Mata de los Olmos

Ocupa esta zona el tercio suroriental de la hoja 493, zona ya descrita para arcillas, y la mitad Norte de la hoja 518. Ambas zonas se corresponden parcialmente con las cuencas de Estercuel-Ariño y Aliaga-Utrillas descritas para la Fm Arenas de Utrillas.

En la hoja 493 los indicios de arenas caoliníferas aparecen en los términos de Crivillén, Gargallo, Estercuel y La Mata de los Olmos, donde la Fm Arenas de Utrillas presenta un importante afloramiento en disposición subhorizontal o suavemente plegado.

En la hoja 518 los afloramientos de esta formación presentan mayor dispersión geográfica, ocupando parte de los términos de Montalbán, Palomar de Arroyos, Castell de Cabra, Cañizar del Olivar, Ejulve,..... La tectónica en esta zona es más violenta (Dominio del Arco de Beceite-Portalrubio), con frecuentes escamas, cabalgamientos,....

Como hecho destacable para ambas zonas hay que señalar una importante presencia de niveles arcillosos de naturaleza caolinítico-ilitica los cuales son explotados intensamente en la hoja 493.

Los análisis sobre la fracción arcillosa de las arenas en estas zonas proporcionan los siguientes resultados (IGME, 1977-d):

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
Max.	81.22	31.93	0.52	1.64	0.29	1.04	3.73	4.69	11.52
Mmo.	54.36	12.01	ind.	0.24	ind.	ind.	0.28	0.63	3.34

	20-5 $\mu$	5-2 $\mu$	< 2 $\mu$	Blancura		Indice amarill.
				Crudo	1200° C	
Max.	81.61	25.21	53.22	75	85	23
Mno.	25.62	1.11	9.91	51	50	6

En general, son bajas las muestras que proporcionan contenidos altos en alúmina y bajos en alcalinos: sólo un 35 % supera el 28 %  $Al_2O_3$  ó  $Na_2O + K_2O$  (< 2 % ; igualmente las blancuras en crudo son bajas, aunque existe alguna muestra que da colores de cocción aceptablemente claros.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
237	518-15	(26)	518	695.020	4519.640	Aband.	Medias	--
241	518-14	(26)	518	699.150	4519.740	Aband.	Bajas	--
242	518-13	(26)	518	699.920	4520.000	Indicio	Medias	--
246	518-4	(26)	518	704.650	4516.000	Indicio	Medias	--

Los afloramientos con mayor interés se localizan en el término de Cañizar del Olivar (puntos 241 y 242) en la hoja 518, correspondiendo el punto 241 a una explotación subterránea abandonada, de pequeñas dimensiones, y el punto 242 a un indicio inexplorado, atravesado por la carretera N-420.

Los análisis sobre fracción < 20  $\mu$  en estos puntos proporcionan los siguientes resultados (IGME, 1977-d):

	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$TiO_2$	$Fe_2O_3$	MgO	CaO	$Na_2O$	$K_2O$	PPC
241-A	60.82	26.10	0.52	0.48	0.04	0.22	0.64	1.93	9.25
242-A	54.59	31.39	0.30	0.32	0.03	0.27	0.60	0.88	11.08
242-B	60.74	25.80	0.20	0.71	0.05	0.46	0.43	0.94	10.66

	20-5 $\mu$	5-2 $\mu$	< 2 $\mu$	Blancura		Indice amarill.
				Crudo	1200° C	
241-A	43.64	22.73	33.62	71.0	70	8.0
242-A	50.85	20.55	28.72	74.0	85	8.0
242-B	34.91	19.42	45.67	57.0	50	16.0

	CAOLINITA	ILITA	CUARZO	FELDESPATO	OTROS
241-A	****	**	**	-	#
242-A	*****	**	**	-	#
242-B	*****	**	#	#	#

Los ensayos semiindustriales realizados sobre arenas caoliníferas de estos puntos (IGME, 1977-d) han proporcionado los siguientes resultados:

- Rendimientos respecto al todo-uno (%)

$Q_1$	$Q_3$	$Q_5$	$Q_7$	$Q_6$
54.0	35.0	4.9	1.4	12.7

- Granulometrías ( $\mu$ )

	+ 53.0	+ 20.0	+ 10.0	+ 6.3	+ 5.0	+ 2.0	- 2.0
$Q_6$	0.002	0.998	1.50	6.00	8.00	42.50	41.00
$Q_7$	0.16	1.84	6.00	20.00	5.00	31.00	26.00
$Q_5$	2.5	10.5	20.0	23.0	8.0	18.0	18.00
$Q_3$	68.0	20.0	7.0	0.5	1.0	1.5	2.0

- Análisis químicos:

	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$TiO_2$	$Fe_2O_3$	MgO	CaO	$Na_2O + K_2O$	PPC
$Q_6$	43.90	37.00	0.28	0.65	0.18	0.10	2.29	15.60
$Q_5$	55.80	28.80	0.56	0.74	0.26	0.10	2.65	11.00

- Blancura en crudo:  $Q_6 = 75$ ,  $Q_5 = 72$

GALAN, 1977, estudia las arenas caoliníferas del punto 241, encontrando la siguiente composición química:

	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$TiO_2$	$Fe_2O_3$	MgO	CaO	$Na_2O$	PPC
Todo-uno	83.50	6.82	0.00	2.00	1.75	0.00	0.23	4.65
$\mu < 20 \mu$	46.02	32.10	0.07	3.44	1.47	0.32	0.78	14.62

En la fracción  $< 20 \mu$  aparece la caolinita como mineral principal (80 %) acompañado por pequeña cantidades de ilita (10 %) y cuarzo (5 %). Entre los accesorios se encuentran haloisita, vermiculita, montmorillonita y carbonatos. Los colores obtenidos en cocción a  $1000^\circ C$  son rosáceos como consecuencia del contenido en óxidos de hierro.

En el indicio nº 246, localizado en el término de Ejulve, el análisis sobre el todo-uno presenta los siguientes resultados :

	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$TiO_2$	$Fe_2O_3$	MgO	CaO	$Na_2O$	PPC
246-A	83,10	7,60		0,30	0,54	1,80	0,72	3,65

### 3.3.2.- Arena silícea (lavada)

Las zonas geográficas, puntos inventariados, análisis, etc... corresponden a los ya citados en el apartado dedicado a caolín (3.3.1.-).

#### Area de Alhama de Aragón-Cubel

Al igual que en el caso del Caolín, no existe producción de arena lavada en esta zona, habiendo permanecido activo hasta fecha reciente el punto nº 13, término de Monterde. Las arenas de esta zona pueden ser calificadas como arenas industriales de buena calidad.

Los resultados de análisis químicos sobre arenas de este sector son los siguientes (IGME, 1977-d):

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PPC
12-A	95.41	2.15	0.11	0.34
12-B	96.12	2.60	0.11	0.46
14-A	97.26	1.65	0.09	0.44
14-B	96.92	2.03	0.26	0.84
16-A	97.05	1.02	0.06	0.51
16-B	97.65	1.06	0.05	0.37
16-C	97.30	1.90	0.04	0.69

Los valores extremos de fracción arena, referidos a la fracción > 44 µ, presentan la siguiente composición:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PPC
Max.	97.65	2.60	0.26	0.84
Min.	95.41	1.02	0.04	0.34

#### Area de Alpeñés-Rillo-Puerto de San Just

Aunque en la actualidad no existe producción de arena lavada en la zona, puede citarse el punto nº 207, activo hasta fecha reciente. La producción (690 t en 1.987) era destinada a la fabricación de vidrio; el rendimiento respecto al todo-uno era del 50 %, con una producción de borra superior al 30 %.

En general, la arena lavada del sector se caracteriza por los altos contenidos en alúmina. Los resultados de análisis sobre fracción > 44 µ en arenas de este sector son los siguientes:



	207-A	207-B	207-C	207-D	207-E	207-F	207-H	207-I	210-A	232-A
SiO <sub>2</sub>	95.06	95.33	94.47	95.16	90.06	96.22	96.45	90.55	91.98	94.52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.07	0.18	0.04	0.11	0.38	0.06	0.08	0.25	0.35	0.31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.56	2.50	3.60	3.32	4.30	1.86	2.11	5.00	3.12	3.12
PPC	0.35	0.37	0.09	0.44	0.84	0.37	1.00	1.00	0.97	0.44

La arena presenta los siguientes valores extremos:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PPC
Max.	96.45	5.00	0.38	1.00
Min.	90.06	1.86	0.04	0.09

### Area de Plou-Huesa del Común

Existe en esta zona una pequeña explotación donde se extrae arena caolinífera (punto 115), si bien el producto principal del lavado es la arena silicea. El material es procesado en Alcañiz (Teruel)

Los datos de arenas lavadas de esta zona, referidos a la fracción > 44 μ son los siguientes (IGME, 1977-d):

	115-A	116-A	116-B	118-A	18-B
SiO <sub>2</sub>	94.96	96.95	97.11	97.84	95.34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.66	1.47	1.36	1.13	2.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.18	0.19	0.18	0.11	0.15
PPC	0.67	0.56	0.47	0.39	0.79

### Area de Cañizar del Olivar-Crivillén-La Mata de los Olmos

Las arenas siliceas de esta zona son explotadas, intermitentemente, en el punto 147. Son arenas muy pobres en matriz arcillosa, siendo destinado el producto lavado a los sectores de vidrio y arenas de moldeo. La producción en este punto asciende a 22.350 Tm/año. El todo-uno presenta en este punto la siguiente granulometría :

	+2,38	+1,19	+0,595	+0,297	+0,177	+0,149	+0,074	-0,074
147-A	0,1	0,3	4,3	54,8	24,9	3,9	7,3	4,4

Los valores de análisis sobre fracción  $> 44 \mu$  disponibles corresponden al área de Cañizar del Olivar (IGME, 1977-d):

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	PPC
241-A	95.72	2.40	0.16	1.16
242-A	96.35	1.27	0.13	0.57
242-B	95.32	2.50	0.25	1.01

Para el área de Gargallo-Estercuel-Crivillén pueden considerarse los siguientes valores extremos:

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	PPC
Max.	97.93	2.66	0.17	0.79
Mmo.	95.23	1.09	0.15	0.30

En general, las arenas de ambas zonas pueden ser consideradas como arenas industriales de buena calidad.

### 3.4.- ARENAS Y GRAVAS

#### 3.4.1.- Arenas (Are, Ars)

Se incluyen en este apartado aquellos materiales arenosos cuyo uso va dirigido al sector de los áridos naturales, aunque en alguno de los casos, mediante lavado y clasificación adecuada puedan ser empleados en sectores más exigentes (vidrio, abrasivos, arenas de moldeo,...)

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
3	437-10	(26)	437	597.050	4569.400	Aband.	Medias	--
10	464-4	(26)	464	601.100	4555.300	Aband.	Medias	--
11	437-16	(26)	437	605.950	4558.450	Aband.	Bajas	--
70	464-9	(26)	464	596.450	4543.700	Aband.	Bajas	--
71	464-10	(26)	464	597.300	4543.320	Activa	Medias	--
72	464-11	(26)	464	596.800	4542.900	Activa	Medias	--
73	490-2	(26)	490	599.400	4536.800	Aband.	Bajas	--
89	465-5	(26)	465	651.925	4548.800	Aband.	Bajas	--
103	466-7	(26)	466	664.750	4541.180	Aband.	Bajas	--
132	467-13	(26)	467	702.550	4543.840	Aband.	Medias	--
159	515-3	(15)	515	606.780	4519.740	Interm.	Medias	--
211	517-8	(26)	517	666.750	4515.520	Aband.	Medias	--
215	517-3	(26)	517	675.800	4509.420	Aband.	Bajas	--
229	517-13	(26)	517	677.620	4520.100	Activa	Altas	14.010
240	518-11	(26)	518	701.700	4521.160	Aband.	Bajas	--

El litotecto por excelencia para este tipo de materiales es la Fm Arenas de Utrillas en todo su área aflorante, ya descrita en los apartados de arcillas (3.1) y arenas caoliníferas (3.2).

A pesar del enorme potencial que presenta esta formación su grado de aprovechamiento es mínimo ya que de todos los puntos inventariados sólo uno registra actividad permanente (punto 229).

Se agrupan en este punto dos explotaciones que totalizan una producción de 14.010 t/año aprovechando un banco potente de arenas pardo amarillentas aflorantes en la carretera que une Utrillas con Las Parras de Martín.

El equivalente de arena de estos materiales es de 51.19 %, presentando la siguiente granulometría :

+2,38	+1,19	+0.595	+0,297	+0.177	+0.149	+0.074	-0.074 mm
3,4	21	40	20,2	7,2	1,8	4,1	2,3

Estos materiales, que en la actualidad se utilizan en obras locales (revocos, etc...), pueden, como resultado de la granulometría natural que presentan, ser utilizados en hormigones.

El punto 147, que ha sido considerado en el apartado de arena silícea lavada (3.3.2.), situado entre los términos de Gargallo y La Mata de los Olmos presenta un mayor equivalente de arena que el nº 229 (75 %), con la siguiente distribución granulométrica :

+2,38	+1,19	+0.595	+0,297	+0.177	+0.149	+0.074	-0.074 mm
0,1	0,3	4,3	54,8	24,9	3,9	7,3	4,4

El resto de los puntos inventariados asignables a esta formación presentan escasa entidad tratándose de areneros locales que, aunque catalogados generalmente como abandonados, surten de material, de forma esporádica, a pequeñas obras locales. Entre ellos cabría destacar los puntos 71 y 72, situados en el término de hoja 1:50.000 nº 464, donde se extrae arena para uso en Molina de Aragón. Normalmente, las arenas de esta formación deben ser sometidas a lavado con objeto de eliminar los finos de naturaleza arcillosa presentes.

En el punto nº 159, por último, situado en las proximidades de Castellar de la Muela (Guadalajara), hoja 1:50.000 nº 515, se explotan intermitentemente, como arenero local, niveles de arenas rojizas, silíceas, producto de alteración de areniscas de las facies Buntsandstein. Presentan un equivalente de arena de 55.55 % con la siguiente distribución granulométrica :

+2,38	+1,19	+0.595	+0,297	+0.177	+0.149	+0.074	-0.074 mm
0,6	2,7	15,0	51,8	14,3	3,3	5,9	6,4

### 3.4.2.- Gravas (Grv)

El potencial de cantos y gravas susceptible de aprovechamiento como áridos naturales es muy alto en la hoja de Daroca. Se han explotado con este fin materiales de diversa procedencia, esencialmente terciarios y cuaternarios. Los datos oficiales de producción proporcionan una cifra de 146.539 toneladas; la cifra real debe ser sensiblemente superior por existir numerosos puntos no sujetos a control administrativo.

#### Depósitos terciarios

Los puntos inventariados abarcan un amplio período, desde el Eoceno al Plioceno, si bien la mayor parte de las explotaciones se localizan en depósitos miocenos y pliocenos.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
6	437-7	(33)	437	601.780	4561.900	Aband.	Bajas	--
18	437-9	(33)	437	611.300	4574.800	Activa	Altas	96.539
49	440-3	(30)	440	684.550	4576.480	Aband.	Bajas	--
54	440-4	(30)	440	680.380	4570.100	Aband.	Altas	--
55	440-6	(30)	440	683.440	4567.180	Aband.	Bajas	--
58	440-5	(30)	440	681.640	4561.100	Aband.	Bajas	--
75	490-4	(33)	490	613.000	4536.220	Aband.	Bajas	--
98	466-19	(36)	466	669.000	4552.050	Aband.	Bajas	--
126	467-15	(30)	467	684.580	4542.240	Aband.	Medias	--
146	493-1	(28)	493	708.220	4526.400	Aband.	Bajas	--
155	490-1	(33)	490	600.100	4521.900	Activa	Medias	(?)
167	515-17	(33)	515	615.950	4515.075	Aband.	Medias	--
168	515-7	(33)	515	616.000	4513.140	Aband.	Medias	--
217	517-2	(33)	517	677.400	4507.800	Aband.	Medias	--
219	492-1	(28)	492	670.200	4526.275	Aband.	Bajas	--
225	492-4	(30)	492	676.600	4524.840	Aband.	Altas	--
226	492-5	(30)	492	679.500	4523.750	Activa	Altas	(?)
228	492-6	(30)	492	680.900	4523.700	Aband.	Medias	--

Los únicos puntos activos son los nº 18, 155 y 226. Sólo se dispone de datos de producción del punto 18 (96.539 t/año), pudiendo estimarse la producción de los otros 2 puntos no superior a 50.000 toneladas.

El punto 18 corresponde a un depósito localizado en las proximidades de Calatayud, hoja 1:50.000 nº 437. Está formado por cantos y gravas de naturaleza cuarcítica y caliza, limos y arena. El material es

clasificado fuera de la hoja, siendo su uso principal el de árido para hormigones.

El punto 155 se localiza en la hoja 490, en el término de Molina de Aragón. Es un depósito igualmente plioceno constituido por conglomerados cuarcíticos y gravas sueltas. Es procesado fuera de la hoja siendo utilizado en hormigones en la citada localidad. Similar uso reciben los materiales de edad mioceno inferior explotados en el punto 226. Estos materiales presentan un coeficiente de desgaste en el ensayo de Los Angeles del 27,5 %. Este mismo ensayo proporciona en el punto 167 un valor de 31 %.

### Depósitos cuaternarios

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDENADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
9	464-8	(36)	464	599.120	4556.900	Aband.	Bajas	--
45	439-6	(37)	439	671.000	5467.450	Aband.	Medias	--
46	439-7	(36)	439	676.320	4577.900	Aband.	Bajas	--
50	440-10	(36)	440	690.050	4574.950	Aband.	Altas	--
76	464-7	(36)	464	621.400	4548.400	Aband.	Bajas	--
83	465-7	(36)	465	636.000	4548.750	Activa	Bajas	(?)
101	466-4	(36)	466	661.750	4540.800	Aband.	Bajas	--
130	467-12	(37)	467	701.820	4545.900	Aband.	Bajas	--
149	490-6	(33)	490	610.500	4530.130	Aband.	Altas	--
150	490-5	(33)	490	610.800	4527.850	Aband.	Medias	--
151	490-7	(33)	490	604.520	4526.710	Activa	Altas	(50.000)
152	490-10	(33)	490	611.250	4525.220	Aband.	Medias	--
170	515-24	(36)	515	622.850	4515.200	Aband.	Bajas	--
175	515-8	(33)	515	624.650	4511.660	Aband.	Medias	--
182	516-2	(33)	516	637.600	5411.780	Aband.	Bajas	--
185	516-6	(33)	516	638.500	4506.300	Aband.	Medias	--
189	491-10	(36)	491	630.700	4533.000	Aband.	Altas	(?)
192	491-9	(36)	491	643.680	4534.000	Activa	Altas	(?)
198	491-4	(37)	491	649.800	4531.240	Aband.	Bajas	--
202	492-10	(36)	492	655.400	4529.650	Aband.	Bajas	--
203	492-11	(36)	492	655.700	4529.300	Activa	Medias	(?)
209	517-10	(36)	517	664.500	4516.900	Aband.	Bajas	--
220	492-2	(37)	492	671.520	4526.520	Aband.	Bajas	--
221	492-28	(36)	492	673.400	4525.950	Indicio	Bajas	--
224	492-3	(37)	492	676.075	4524.750	Aband.	Bajas	--
227	493-16	(37)	493	682.750	4523.050	Activa	Altas	50.000
244	518-9	(36)	518	700.600	4518.100	Aband.	Bajas	--
263	438-15	(37)	438	648.250	4575.620	Indicio	Altas	--
270	465-10	(36)	465	628.350	4557.450	Indicio	Altas	--
271	465-11	(37)	465	629.780	4556.480	Indicio	Altas	--
277	438-20	(36)	438	642.350	4563.400	Aband.	Medias	--

( ) Producción estimada

Los depósitos explotados corresponden a morfologías muy variadas: aluviales, glacis, rañas, coluviones, conos de deyección,...

Los puntos 45, 130, 198, 220, 224 y 227 corresponden a aluviales y terrazas de diversos ríos (Cámaras, Martín,...); son depósitos formados por cantos y gravas calizas en todos los casos excepto en el aluvial del río Cámaras (punto 45) en que son de naturaleza cuarcítica. Sólo se encuentra activo el punto 227, situado en las proximidades de Montalbán (hoja 493). En él se explotan depósitos de fondo de rambla constituidos por gravas, limos y arenas, siendo machacados y clasificados en planta situada a pie de cantera. Son empleados en hormigones y obras locales y regionales. La producción en este punto asciende a 50.000 t/año. El coeficiente de desgaste obtenido para estos materiales en el ensayo de Los Angeles es de 31 %.

Los puntos 263, 270 y 271 corresponden a indicios localizados en diversos depósitos fluviales (rambla del río Frasnó, rambla de Murero y rambla de Manchones, respectivamente), estando constituidos por gravas cuarcíticas cuyo coeficiente de desgaste oscila entre 19,5 y 26 %.

Los depósitos con morfología de glacis son frecuentes en la hoja, especialmente en el relleno de la fosa del Jiloca y en los bordes de los macizos paleozoicos donde constituyen orlas con cierta continuidad. Han sido explotados en los puntos 149, 150, 151, 152, 182, 185, 198, 202, 205 y 221. De ellos los puntos 151, 192 y 203 se encuentran activos. En el primero de ellos se localiza un frente de 700 m de longitud sobre gravas cuarcíticas redondeadas a subredondeadas, con matriz limo-arenosa roja, procedentes de la erosión de la Sierra de Caldereros (facies Buntsandstein). En dicho frente trabajan simultáneamente 4 explotadores diferentes siendo, en todos los casos, lavado y clasificado el material fuera de la hoja, en Molina de Aragón, y posteriormente utilizado como árido para hormigones. La producción puede cifrarse en 50.000 toneladas/año.

Los puntos 192 y 205, situados respectivamente en las proximidades de Calamocha (hoja 491) y Barrachina (hoja 492) son explotados por la misma empresa abasteciendo una planta situada en el punto 192. La producción conjunta se estima en 60.000 t/año, siendo utilizada en hormigones.

Los materiales del punto 277 presentan, por último, un coeficiente de desgaste de Los Angeles de 26 %.

Depósitos de tipo coluvionar han sido explotados en los puntos nº 9, 46, 76, 83, 170, 209 y 244. Su naturaleza depende de la formación sobre la que se desarrollen. En los puntos señalados es caliza excepto en los números 76 y 83 donde se extraen zahorras cuarcíticas. Estos materiales, por su

heterogeneidad, angulosidad, abundancia de finos, etc... encuentran su uso principal como zahorras naturales y material de relleno en obras. De los puntos citados sólo existe actividad en el nº 83 donde se explota conjuntamente un coluvión cuarcítico y diversos paquetes cuarcíticos, decimétricos y alterados, con intercalaciones pizarrosas.

El punto 189 presenta cierto grado de singularidad. En él se agrupan más de 15 fuentes diferentes de extracción de grava ubicados a ambos lados de "La Lagunica", junto a la Laguna de Gallocanta (hoja 1:50.000 nº 491). El material explotado son unas gravas finas y arenas, bien clasificadas, depositadas en un ambiente fluvio-lacustre en relación con variaciones de extensión superficial de la Laguna de Gallocanta. Suelen presentar niveles de caliche en las zonas superficiales. El equivalente de arena es del 93.10 %, presentando la siguiente granulometría :

+25,4	+19,05	+12,7	+9,52	+6,35	+4,76	+2,38	+1,19	+0,595	+0,297	+0,177	+0,149	+0,074	-0,074
1,5	2,5	3,9	4,5	7,9	9,5	23,7	16,1	11,0	13,4	4,8	1,2	0,4	0,6

Del resto de los puntos inventariados sobre depósitos cuaternarios tan sólo vale la pena mencionar el nº 50, situado en las proximidades de Belchite (hoja 1:50.000 nº 440). El material explotado está formado por gravas gruesas, subredondeadas y arenas bajo una cobertera de 2 m de limos y arenas. Corresponde a un extenso abanico aluvial formado por cantos de cuarcita, caliza y limos arcillosos rojos.



### 3.5.- ARENISCA (Arn)

La arenisca roja es utilizada como elemento de la arquitectura popular en el entorno de Molina de Aragón, hoja 1:50.000 n° 489, localidad que si bien se ubica fuera de la hoja de Daroca presenta parte de su término incluido dentro de la misma. Las areniscas utilizadas proceden de los afloramientos de las facies Buntsandstein. Estos son especialmente importantes en la Sierra de Caldereros (hojas 490 y 515) (figura 5).

De los tres tramos que presentan las facies Buntsandstein en la citada sierra, descritos en el apartado 2.2.3.1., el tramo intermedio es el que ofrece mayor interés. Está constituido por una serie monótona de areniscas rojas y blancas, en ocasiones algo verdosas, bien estratificadas en capas de espesor variable (0.5-1 m). El grano oscila de fino a grueso con predominio del medio-grueso.

Presentan gran cantidad de mica, cantos dispersos ocasionales, cementación variable y estratificación cruzada de bajo y medio angulo. Intercala localmente niveles conglomeráticos. La potencia total es de 300-350 m.

Estas areniscas están formadas por cuarzo (50-80 %), feldespato potásico (5-29 %), fragmentos de roca ((3 %), matriz sericitica y cemento calcáreo y ferruginoso.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
153	490-8	(15)	490	606.750	4523.440	Indicio	Altas	--
160	515-5	(15)	515	606.350	4519.430	Interm.	Medias	--

Hemos centrado nuestra atención en los numerosos puntos, representados en el inventario por el punto n° 153, donde la estratificación cruzada de bajo angulo permite la apertura fácil de la roca, aprovechando esas discontinuidades, obteniéndose lascas de espesor centimétrico susceptibles de aprovechamiento en construcción (solados y cubiertas rústicas).

En las proximidades de Castellar de la Muela (Guadalajara), hoja 515, son aprovechados en el punto 160 diversos niveles de areniscas blanquecinas con aspectos moteado, para elaboración manual de pequeñas piezas (sillería, columnas). No puede hablarse de frentes definidos ya que se ha realizado un laboreo disperso buscando los afloramientos de un nivel subhorizontal bastante homogéneo. No existe ningún grado de mecanización tratándose pues de labores artesanales.

### 3.6.- BARITA (Bar)

Las mineralizaciones de baritina son relativamente frecuentes en la hoja 1:200.000 de Daroca. Han sido inventariados 13 puntos, de los que tan sólo uno (nº 31) se encuentra activo. Muchos de estos puntos corresponden realmente a zonas mineralizadas donde la mineralización afecta a un área amplia observándose sobre el terreno, además de los filones explotados, numerosos filones menores y redes de filoncillos. Algunos de estos indicios menores, sin interés económico, han sido asimismo situados sobre el Mapa de Situación de Explotaciones e Indicios.

Número	Nº de campo	Formación encajante	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
8	437-14	(6)	437	609.750	4563.280	Aband.	Bajas	--
31	438-5	(6)	438	636.050	4575.900	Activa	Medias	5.600
32	438-6	(6)	438	636.080	4574.700	Aband.	Bajas	--
33	438-7	(6)	438	638.780	4575.800	Aband.	Bajas	--
39	439-5	(6)	439	653.000	4567.400	Aband.	Bajas	--
41	439-2	(7)	439	659.900	4564.220	Aband.	Bajas	--
43	439-4	(7)	439	659.900	4563.400	Aband.	Bajas	--
84	465-4	(5)	465	646.100	4557.100	Aband.	Bajas	--
86	466-20	(8)	466	658.200	4557.150	Aband.	Bajas	--
92	466-10	(12)	466	659.000	4551.650	Aband.	Bajas	--
158	515-4	(15)	515	607.800	4520.320	Aband.	Bajas	--
243	518-7	(16)	518	699.900	4518.220	Indicio	Bajas	--
245	518-8	(16)	518	700.340	4518.000	Aband.	Bajas	--

La morfología de las mineralizaciones es filoniana, siendo el encajante habitual rocas paleozoicas con variada posición estratigráfica, preferentemente ordovicicas; sólo en contadas ocasiones (puntos 158, 243, 245) encajan en rocas del tegumento triásico.

Aunque aparecen en todos los macizos paleozoicos, la mayor densidad de puntos corresponde al Macizo de Calatayud, y en concreto a la Unidad de Herrera (puntos nº 31, 32, 33, 39, 41, 43, 86 y 92). El punto 84 se localiza en la Unidad de Badules, correspondiendo el nº 8 al Macizo de Ateca, el nº 158 al de El Pobo-Sierra Menera y los nº 243 y 245 al Anticlinorio de Montalbán.

Sobre las baritas de la Unidad de Herrera existe una amplia documentación (OSACAR, 1989; CARDELLACH ET AL, 1988; OSACAR ET AL, 1984, 1986): como características generales de las baritas de esta unidad puede señalarse (OSACAR, 1989):

\* Morfología fundamentalmente filoniana, aunque pueden existir rellenos de brecha de encajante. Los filones rara vez superan 2 m de potencia (variando vertical y lateralmente) y varias decenas de metros de corrida. Existen además zonas de filones anastomosados y de filones en relevo. Los filones rellenan discontinuidades estructurales.

Ocasionalmente forman bolsadas, especialmente cuando se emplazan en carbonatos.

Los contactos con la roca caja suelen ser netos presentándose con frecuencia una ferruginización más o menos intensa en los alrededores del filón. El límite con el filón puede venir marcado por una mayor abundancia de óxidos de hierro o por una pequeña orla ferruginosa.

\* Los filones suelen ser subverticales presentando una dirección preferente en cada área mineralizada que suele corresponder a uno de los sistemas de diaclasado del encajante. La dirección general es E-O, variando ligeramente de un área mineralizada a otra desde OSD-ENE a ONO-ESE.

\* Los filones están formados casi en su totalidad por baritina acompañada de cuarzo y goethita o hematites en cantidades variables.

\* La baritina es blanca a rosada por estar teñida por óxidos de hierro. Su morfología es muy variada: radiada, en "nido de abeja" masiva y espática. Los cristales son de hábito tabular a laminar.

El cuarzo puede presentarse como cuarzo idiomorfo incluido o en huecos en la baritina, o como una silicificación que afecta sobre todo a la baritina masiva cataclastizada.

\* La baritina contiene sulfato de estroncio en sustitución isomorfa, en cantidades que van desde el 1 al 6 % molar.

\* La edad de la mineralización parece ser posthercínica, triásica.

En el capítulo referente al estado actual de las explotaciones ya se ha señalado que tan sólo 1 punto permanece activo. El resto de los puntos presentan un variable grado de abandono (minas derrumbadas, inundadas, taponadas) y en general agotamiento de reservas. En este último aspecto se tienen referencias, a través de antiguos planes de labores, de vaciado total de los filones en los puntos 41, 43, 86....

El punto n° 31, situado en el término de Tobed, en la hoja 1:50.000 n° 439 es el único de todos los inventariados que se encuentra activo. Se trata de una explotación subterránea con dos frentes de trabajo distantes 900 m entre sí, si bien sólo se laboreo uno de ellos. Antes se explotaba por realce, método que, por la irregularidad y arrosariamente de los filones hubo de abandonarse utilizándose en la actualidad el método de cámaras y pilares. Los estériles son usados en relleno interior.

Los filones de baritina son numerosos en la zona, encajados en los materiales de la Fm. Borrachón (Ordovícico), con direcciones que se agrupan en torno a N-30 y 70°-90° SE de buzamiento. Las potencias son muy variables, desde 4 m hasta filoncillos milimétricos que constituyen masas irregulares de baritina y encajante.

La paragénesis está formada por baritina y cuarzo mayoritariamente. Hay además goethita y trazas de brochantita. La baritina se presenta, generalmente, como baritina radiada aunque existen zonas de baritina masiva. Los cristales de baritina radial tienden a ser radiales y llegan a alcanzar hasta 10 cm de longitud en los filones más potentes.

La producción y calidad de la barita ha descendido en los últimos años hasta 5.600 t/a con leyes del 82-90 % de contenido en  $BaSO_4$ .

La actual producción de barita presenta la siguiente composición:

	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	MgO	CaO	$SO_3$	BaO	PPC	Densidad
31-B	3,74	0,42	2,60	0,10	0,0	31,2	59,7	2,17	4-4,1 gr/cc

La barita se vende molida a granel, con una granulometría de 0-20 mm, y ocasionalmente lavada. En general se trata de una barita de baja calidad química y densidad, no apta para los usos más habituales de esta sustancia (industria química, lodos) siendo utilizada como carga en contrapesos y en hormigones especiales (para salas de R-X en hospitales, etc...)

De el resto de los puntos inventariados, aunque el abandono de labores obedeció a problemas de rentabilidad derivados de agotamiento de filones o reducción de los mismos, pueden presentar algo de interés los n° 39 y 243-245.

El punto n° 39 se sitúa en la Sierra de Paniza, término de Aladrén (Zaragoza) en la hoja 1:50.000 n° 439. Corresponde a una de las "zonas mineralizadas" antes citada. Sobre un área de 1 km<sup>2</sup> aparecen

varios filones, laboreados, de 1-2 m de potencia y 50-100 m de corrida, así como diversos filones menores y numerosos filoncillos milimétricos. Existen algunas catas de exploración abandonadas sin que se extrajeran mineral de las mismas. La explotación en este punto estuvo activa hasta 1980.

Los análisis realizados sobre algunos de los indicios ubicados en la Unidad de Herrera proporcionan los siguientes resultados :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	SO <sub>3</sub>	BaO	PPC
33-A	3,62	0,0	0,08	0,0	0,0	32,7	62,5	1,04
39-A	7,20	0,03	1,54	0,01	0,02	30,9	59,1	0,52
41-A	0,0	0,0	0,17	0,01	0,30	32,2	61,8	5,0

El punto nº 245 corresponde a una de las pocas mineralizaciones que se encajan en dolomías del Muschelkalk. Se localiza en los materiales de esta edad del extremo SE del anticlinal de Montalbán, en el término de La Zoma (Teruel), hoja 1:50.000 nº 518. Durante el período 1952-1960 fueron explotados 6 filones con una producción de 16.000 t de barita con ley del 90 %. La actividad se paralizó en 1961 existiendo unas reservas seguras, según planes de labores, de 20.000 t y 130.000 de reservas posibles. El punto 243, próximo al anterior, es un filón 0.2-1 m de anchura y 50 m de corrida, inexplorado, presentando la siguiente composición química :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	SO <sub>3</sub>	BaO	PPC
243-A	0,21	0,0	0,04	0,0	1,55	32,9	63,1	2,17

Mineralógicamente está formada por baritina, como mineral principal, acompañada por calcita en pequeñas proporciones y trazas de cuarzo y óxidos de hierro.

Las labores realizadas en el punto nº 8 se localizan en los términos de Olivés y Munébrega (Zaragoza), en la hoja 1:50.000 nº 437, en el Macizo paleozoico de Ateca. La barita presenta en este punto la siguiente composición :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	SO <sub>3</sub>	BaO	PPC
8-A	0,00	0,0	0,03	0,12	0,0	33,8	64,6	1,1

El punto nº 158 corresponde, por último, a labores abandonadas, superficiales, sobre baritas encajadas en las areniscas de las facies Buntsandstein en el término de Castellar de la Muela (Guadalajara), hoja 1:50.000 nº 515. Presentan la siguiente composición química :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	SO <sub>3</sub>	BaO	PPC
158-A	3,24	0,03	0,07	0,01	0,01	32,6	62,4	0,81

### 3.7.- CALIZA Y DOLOMIA (Clz, Dol)

La hoja de Daroca ofrece un alto potencial de estas sustancias con una gran variabilidad de términos petrológicos: calizas, calizas dolomíticas, dolomías magnésiticas, margocalizas..., así como una amplia distribución en la columna estratigráfica existiendo formaciones con potencial interés desde el Cámbrico al Plioceno.

Esta potencialidad no se corresponde con el grado de aprovechamiento de los mismos ya que de los 31 puntos inventariados 21 se encuentran abandonados, 3 corresponden a indicios y sólo 7 están activos. De estos 7 sólo 1 tiene cierta importancia. La mayor parte de los puntos son explotaciones muy pequeñas, abiertas para resolver problemas locales en reparación de carreteras, correcciones de trazado, etc... y abandonadas posteriormente una vez cubiertas las necesidades puntuales. En este sentido no parece haber existido un criterio petrológico a la hora de seleccionar el material a extraer, habiendo primado criterios económicos de distancia a obra y accesos.

#### Calizas cámbricas

Los materiales con interés corresponden a la Fm Dolomías de Ribota, antiguamente explotadas en las proximidades de Daroca. Sobre esta formación se han señalado dos indicios (273 y 274) situados en San Martín del Río y Ferrerueta, ambos en la provincia de Teruel. Presentan un coeficiente de desgaste que oscila entre 22-25 % y un coeficiente de pulido acelerado de 35.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDENADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
273	465-13	(5)	465	636.350	4548.340	Indicio	Medias	--
274	465-14	(5)	465	648.850	4527.900	Indicio	Medias	--
275	465-15	(5)	465	648.850	4527.900	Indicio	Medias	--

#### Dolomías y Calizas dolomíticas del Muschelkalk

El Muschelkalk presenta un marcado carácter dolomítico en la hoja. Sólo ha sido explotado un punto (4), localizado en la zona del embalse de La Tranquera, hoja 1:50.000 nº 437, el cual debió ser utilizado para obtención de áridos para uso local. Son calizas dolomíticas beigeas y rojizas en bancos que

no alcanzan el metro de potencia.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
4	437-13	(16)	437	599.900	4567.540	Aband.	Altas	--
265	438-18	(16)	438	650.880	4570.480	Indicio	Medias	--
275	465-15	(16)	465	650.600	4549.800	Indicio	Medias	--

En la zona citada el Mulchekalk presenta una potencia próxima a 200 m, estando constituido en la base por 25 m de areniscas limolíticas rojizas y limolitas y, a techo dolomías en mosaico hipidiotópico de cristales finos de dolomita con sombras de oolitos e intraclastos micríticos recristalizados, con gran cantidad de vacuolas.

Los valores de ensayos realizados en estos materiales son: Desgaste Los Angeles: 20 %

Adhesividad : 84-100 %

C.P.A. : 47

Estabilidad  $SO_4Mg$  : 0.1-5 %

Los valores del coeficiente de desgaste en los indicios 265 y 275 son, respectivamente, de 28,5 y 31 %.

### Calizas y dolomías del Lías

Aunque las explotaciones de calizas y dolomías se reparten por toda la columna estratigráfica hay una especial incidencia sobre los materiales liásicos.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
48	440-2	(18)	440	682.300	4576.580	Aband.	Bajas	--
51	440-9	(18)	440	687.650	4572.100	Aband.	Medias	--
52	440-8	(18)	440	688.280	4571.780	Aband.	Medias	--
122	493-14	(18)	493	680.950	4537.250	Interm	Altas	37.500
183	516-8	(19)	516	638.370	4512.560	Aband.	Medias	--
184	516-7	(19)	516	638.450	4508.400	Aband.	Medias	--
186	516-5	(19)	516	639.400	4505.120	Activa	Altas	72.090
187	516-3	(19)	516	645.680	4508.250	Activa	Bajas	(?)
214	517-5	(18)	517	670.200	4510.640	Aband.	Bajas	--
247	518-3	(18)	518	703.200	4514.100	Aband.	Altas	--
267	439-9	(19)	439	663.650	4574.300	Indicio	Medias	--

En el punto 122 se han explotado en fecha reciente calizas y calizas dolomíticas grises del Rethiense-Mettangiense. El punto se localiza en el término de Cortes de Aragón, hoja 1:50.000 nº 492, habiendo sido extraídas 37.500 t para producción de áridos de machaqueo utilizados en obras de la carretera de Hoz de La Vieja a la N-222. Este material ofrece un desgaste de Los Angeles de 25,77 %.

Los puntos 48, 51, 52, 214 y 247 corresponden a materiales del Sinemuriense; son calizas micríticas blanquecinas a beigeas. Los tres primeros se localizan en el área de Belchite, hoja 1:50.000 nº 440, y el nº 214 en la localidad de Rillo, hoja 1:50.000 nº 517. Son explotaciones pequeñas que han debido ser utilizadas para abastecer de áridos a obras locales.

El punto 247, ubicado en el Puerto de Majalinos, Aliaga, en la hoja 1:50.000 nº 518 presenta por sus dimensiones mayor importancia. El coeficiente de desgaste Los Angeles ofrece en este punto un valor de 24,19 %.

El Pliensbachiense, por último, ha sido explotado en los puntos 183, 184, 186 y 187, ubicados los 3 primeros en la serie de islotes jurásicos que afloran sobre el relleno plioceno de la Depresión del Jiloca entre Monreal y Villafranca del Campo (hoja 1:50.000 nº 516). De estos 3 puntos, el nº 186 puede ser considerado como el más importante de la hoja, tratándose de una explotación arraigada no sujeta a obras puntuales. Los materiales explotados son calizas micríticas gris-oscuras a beigeas con una producción anual de 73.000 toneladas, utilizada enteramente en áridos triturados cuyo coeficiente de desgaste de Los Angeles oscila entre 23,1 y 28,5% y un coeficiente de pulido acelerado de 23.

El punto 187, catalogado como activo, corresponde a una de tantas obras puntuales, siendo utilizado el material como relleno en la construcción de un puente sobre la Rambla de la Panueba, en las proximidades de Bueña (hoja 516).

Al N de Belchite, fuera del ámbito de la Hoja de Daroca, las calizas liásicas son explotadas en la actualidad para obtención de cargas y blanqueantes.

### Calizas del Dogger

La explotación de calizas del Dogger ha tenido lugar en los puntos 74, 161 y 171. Sólo existe actividad en el primero de ellos, localizado en Tortuera (Guadalajara), en la hoja 1:50.000 nº 490. Se aprovecha una zavorra natural proveniente de un nivel calizo superficial intensamente gelifractado. Es utilizado, una vez triturado y clasificado, en reparación de pistas y caminos locales.



Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
74	490-3	(20)	490	600.350	4536.700	Activa	Medias	7.500
161	515-6	(20)	515	610.380	4504.840	Aband.	Altas	--
171	515-25	(20)	515	622.875	4514.650	Aband.	Altas	--

### Calizas del Malm

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
47	440-1	(21)	440	680.450	4577.700	Indicio	Medias	--
216	517-1	(21)	517	673.150	4506.150	Aband.	Altas	--
236	518-17	(21)	518	692.740	4517.260	Activa	Medias	(?)
264	438-17	(21)	438	651.200	4570.800	Indicio	Medias	--

Los puntos 47, 216 y 236 corresponden a explotaciones localizadas sobre calizas del Malm.

El punto 47 se ubica sobre la Fm Calizas con oncolitos de Higuieruelas (Kimmeridgiense superior). Corresponde a uno de los pocos intentos realizados en la hoja para obtención de bloques de caliza ornamental. Se encuentra localizado en el vértice Cruz, en las proximidades de Belchite, en la hoja 1:50.000 nº 440. El material explotado es una caliza micrítica, con abundantes restos fósiles, de tonos beige y blanquecinos. La explotación no debió prosperar por el excesivo número de microfisuras que afectan a la roca.

Del punto 236, localizado en las proximidades de Palomar de Arroyos, hoja nº 518, se extraen calizas muy fracturadas para relleno en obras próximas en una carretera local. La extracción finalizará al finalizar la obra.

El punto 264 corresponde a un afloramiento próximo a Paniza. Los ensayos sobre el mismo proporcionan un coeficiente de desgaste de 25,5 % y un coeficiente de pulido acelerado de 35.

### Calizas margosas wealdenses

El punto 253, situado en las proximidades de Alacón (Teruel) en la hoja 1:50.000 nº 467 se ubica sobre niveles de calizas margosas y calizas arcillosas, blancas y de aspecto lacustre, correspondientes a

facies Weald. Se trata de una explotación incipiente, sin frentes definidos, destinada a obtención de losas, baldosas,... de "piedra natural".

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
253	467-17	(23)	467	693.300	4545.150	Activa	Altas	(?)

### Calizas del Cretácico superior

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
97	466-3	(27)	466	656.400	4544.400	Aband.	Medias	--
100	466-5	(27)	466	662.800	4541.150	Indicio	Bajas	--
102	466-6	(27)	466	663.200	4541.550	Aband.	Medias	--
105	466-18	(27)	466	673.250	4543.600	Aband.	Altas	--
145	493-4	(27)	493	704.800	4527.500	Aband.	Medias	--
212	517-7	(27)	517	672.250	4513.050	Aband.	Altas	--
218	518-1	(27)	518	683.500	4509.950	Aband.	Altas	--
233	517-4	(27)	517	680.750	4516.320	Activa	Altas	(?)
249	518-5	(27)	518	707.900	4512.840	Aband.	Altas	--
259	437-19	(27)	437	599.150	4566.100	Indicio	Medias	--
261	437-21	(27)	437	601.350	4559.800	Indicio	Altas	--
268	464-14	(27)	464	600.080	4556.850	Indicio	Altas	--
276	492-32	(27)	492	672.300	4536.800	Indicio	Altas	--

Niveles correspondientes al Cenomanense han sido explotados en los puntos 102 y 103, situados respectivamente en el Puerto de Fonfria y en el Puerto de San Just. Este último punto, abandonado, ha sido objeto de extracción reciente de bloques para escollera en obras locales. Similar uso han recibido los materiales del punto 212, utilizados en las obras de la carretera de Son a Mezquita de Jarque (hoja 1:50.000 n° 517).

Los puntos 268 y 276 corresponden a indicios turonienses cuyos coeficientes de desgaste son, respectivamente, de 22,5 y 24,5 %.

Los puntos 97, 100, 105, 145, 218 y 249 corresponden todos a calizas senonienses; ninguno presenta especial importancia. El punto 105 es una caliza micrítica, blanca, que fue utilizada en fabricación de terrazo, para lo cual era transportada a Zaragoza. Se sitúa sobre materiales de la Fm Calizas de los

Organos de Montoro, ubicándose en las proximidades de Huesa del Común, en la hoja 1:50.000 nº 466. El punto 100 corresponde a un indicio denunciado para explotación de caliza ornamental que por las características del afloramiento, relieve, fisuración y karstificación no puede prosperar.

El indicio 261, de edad Santoniense, localizado en las proximidades de Nuevalos presenta un coeficiente de desgaste de 21,5 %, y el indicio 259, Coniaciense, situado en Ibdes, 35,5 %.

### Calizas terciarias

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
36	438-3	(34)	438	640.150	4560.450	in	Bajas	--
188	516-4	(29)	516	646.700	4508.550	Aband.	Bajas	--
190	491-2	(31)	491	646.600	4539.740	Aband.	Medias	--
199	491-3	(31)	491	651.820	4531.700	Aband.	Medias	--

Presentan un grado de aprovechamiento muy bajo. Los puntos 190 y 199 corresponden a pequeñas explotaciones en niveles aragonienses. En ambos casos son calizas grises, de grano fino, en bancos potentes. El punto 36 corresponde a un indicio de calizas ruscinienses, con el clásico aspecto oqueroso, aptas para aprovechamiento como "piedra de jardín".

### 3.8.- CUARCITA (Cua)

Las cuarcitas aparecen como constituyentes de la mayor parte de las formaciones paleozoicas de la hoja, tratándose en la mayor parte de los casos de cuarcitas o areniscas cuarcíticas en paquetes delgados con intercalaciones pizarrosas. En este sentido se han señalado en el Mapa de Recursos dos formaciones con un especial interés por la importancia, potencia y calidad de los afloramientos: Fm Cuarcita Armoricana y Fm Cuarcita Blanca, catalogadas ambas como litotectos con potencial interés.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS		Estado	Reservas	Producción t
				UTM				
42	439-3	(7)	439	659.900	4563.900	Aband.	Altas	--
85	466-8	(10)	466	653.725	4556.650	Indicio	Altas	--
90	466-11	(11)	466	656.180	4550.520	Aband.	Bajas	--
191	491-1	(5)	491	642.880	4537.180	Aband.	Medias	--
256	437-16	(6)	437	599.400	4575.100	Indicio	Altas	--
258	437-18	(6)	437	600.350	4570.480	Indicio	Altas	--
260	437-20	(6)	437	604.400	4563.800	Indicio	Altas	--
262	438-16	(6)	438	647.620	4575.750	Indicio	Medias	--
266	438-19	(6)	438	646.250	4568.000	Indicio	Altas	--
269	464-15	(7)	464	620.800	4547.460	Indicio	Altas	--
272	465-12	(7)	465	624.640	4543.500	Indicio	Altas	--

La Fm Cuarcita Armoricana (Arenig) presenta sus principales afloramientos en las sierras Menera, Santa Cruz, Algairén, Pelo y, especialmente, Herrera. El punto 42 se sitúa en esta última, en la localidad de Herrera de los Navarros (Zaragoza), hoja 439. Se trata de una explotación abandonada, relativamente importante que explotaba estas cuarcitas para su uso como fundente en ferroaleaciones en una factoria de Monzón (Huesca). El rechazo era utilizado como árido de trituración. Litológicamente son ortocuarccitas de grano fino a medio de colores claros y blanquecinos. Los análisis sobre este material proporcionan los siguientes resultados:

Coef. Desgaste Los Angeles	Adhesiv. betún	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Otros
16,5-28,6 %	92.4	96	0.08	3.11

En las proximidades del punto anterior se encuentra la mina de barita "Araceli" (punto 43), en la que la Cuarcita Armoricana es el encajante de la mineralización. Agotados los filones la empresa explotadora se planteó la explotación de la cuarcita; ignoramos el grado de desarrollo que alcanzó este proyecto.

Los indicios 269 y 272, situados asimismo sobre la Cuarcita Armórica proporcionan coeficiente de desgaste de 22 y 17,5 % respectivamente.

La Fm Cuarcita Blanca (Llandovery inferior) presenta áreas de afloramiento similares a las de la Cuarcita Armórica. Como constituyente del estéril de las explotaciones de hierro de Ojos Negros fueron aprovechados, en los últimos años de operación de las mismas, los niveles cuarcíticos más puros para la fabricación de balasto y de ferrosilicio y ferromanganeso. La cuarcita, una vez lavada, proporciona la siguiente composición química:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
97	1.5	0.1	0.001

El punto 85 corresponde a un importante afloramiento de esta formación en el término de Fombuena (Zaragoza), en el sector noroccidental de la hoja 1:50.000 n° 466. Se trata de cuarcitas de tonos blanquecinos a beige, en bancos potentes, con frecuentes filoncillos de cuarzo. Presentan la siguiente composición:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
85-A	96,7	0,68	0,85	0,18	0,15	0,0	0,12	1,13

Estos materiales presentan un coeficiente de desgaste de Los Angeles de 18,5 %.

Las cuarcitas de la Fm Almunia (Cámbrico) han sido explotadas en el punto 191 y los niveles cuarcíticos intercalados en la Fm Bádenas (Menlock-Ludlow) en el punto n° 90. Ambas explotaciones carecen de importancia por sus exiguas dimensiones y por tratarse de niveles cuarcíticos delgados con intercalaciones pizarrosas. Debieron ser utilizados para obtención de material de relleno o zahorras cuarcíticas. El coeficiente de desgaste de estos materiales es de 14,0 %.

Las cuarcitas del Tremadoc han sido analizadas en los indicios n° 256 (Fm Valconchán), 262 y 266 (Fm Borrachón) y 260 (Fm Deré), obteniéndose un coeficiente de desgaste de 13-16 % para los materiales de Valconchán y Deré y de 21,5-23,5 % para la Fm Borrachón.

### 3.9.- HALITA (Hal)

Los puntos nº 7, 173 y 223, situados respectivamente en los términos de Nuévalos (Zaragoza), Ojos Negros y Armillas (Teruel) corresponden a antiguas salinas actualmente paralizadas. En todas ellas se obtenía la sal por evaporación de salmueras procedentes de manantiales situados en el Keuper. La sal obtenida era utilizada en alimentación con un ámbito de distribución local. Su interés actual es meramente histórico.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDENADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
7	437-15	(17)	437	605.300	4563.100	Aband.	Bajas	--
173	515-9	(17)	515	624.450	4512.100	Aband.	Bajas	--
223	492-12	(17)	492	677.450	4528.250	Aband.	Bajas	--

### 3.10.- MAGNESITA (Mag)

Aunque hasta la fecha no existe ninguna explotación activa de esta sustancia hay que señalar la presencia en la hoja 1:200.000 de Daroca de indicios reconocidos con potencial interés económico.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
154	490-9	(9)	490	611.100	4522.300	Indicio	Altas	--
172	515-16	(9)	515	620.200	4511.450	Indicio	Bajas	--
178	515-13	(9)	515	621.000	4507.450	Indicio	Medias	--
179	515-12	(9)	515	621.540	4507.000	Indicio	Bajas	--
181	515-10	(9)	515	623.550	4508.240	Indicio	Altas	--

El área de interés se circunscribe a los diversos afloramientos de la Fm Calizas de Cistideos (Caradoc-Ashgillense) existentes en Sierra Menera (extremo suroriental de la hoja 1:50.000 nº 515) y su prolongación hacia al NNO, a través de la Sierra de El Pobo hasta el límite inferior de la hoja 490.

La Fm Calizas de Cistideos (también denominada en la literatura como Fm Menera o Calizas del Cabezo) presenta en la zona una potencia de 50-150 m. La columna litológica (FERNANDEZ RUBIO ET AL, 1981) está constituida en su base por un tramo de margocalizas de tonos violáceos y blanco-amarillentos, en estratos milimétricos, con abundantes restos fósiles inclasificables, que evolucionan lateralmente hacia arcillas verdosas y dolomías con briozoos (tramo briozoico). El conjunto superior está formado por dolomías masivas, blancas y beigeas.

Sobre este conjunto carbonatado, rellenando el karst desarrollado en él, se localizan importantes bolsadas de óxidos de hierro (ver apartado 3.11. de esta memoria). Siguiendo a los autores antes citados, los carbonatos en contacto con la mineralización están formados por dolomita, raras veces calcita, acompañadas en ocasiones por cuarzo y pequeñas cantidades de goethita.

Los carbonatos más alejados de las bolsadas de óxidos de hierro presentan mayor complicación mineralógica estando constituidos por dolomita, carbonatos mixtos de hierro y magnesio, magnesita y raramente calcita. Los carbonatos mixtos de hierro y magnesio pertenecen a la serie magnesita-siderita. Exceptuando este último, se han encontrado todos los términos de la serie (magnesita, breunnerita,

mesitina, pistomesita y sideroplesita. Estos carbonatos se encuentran muy desigualmente repartidos, siendo la breunnerita el término más frecuente.

Los diferentes indicios de magnesita detectados sobre la Fm Calizas de Cistideos se localizan a través de campañas de sondeos realizados para prospección de óxidos de hierro, seleccionándose una serie de zonas con mayor interés potencial, las cuales son exploradas detalladamente (IGME, 1978). Dichas zonas, de las cuales puede encontrarse amplia información detallada en el citado estudio, son: punto 154 (Cerro de La Coronilla), punto 172 (Navarroza), punto 178 (Cerrada de las Chozas) y punto 179 (Navaloscharcos). De estos puntos, tan sólo el 154 y 178 presentan cierto interés.

El punto 154 se localiza en el Cerro de La Coronilla, en la zona centro meridional de la hoja 1:50.000 nº 490, término de Campillo de Dueñas (Guadalajara). Es la zona con mejores perspectivas de aprovechamiento por las reservas vistas, por las leyes medias obtenidas (40,68 % MgO) y por la profundidad de las bolsadas, las cuales afloran superficialmente en algunos puntos.

Desde el punto de vista petrográfico es una magnesita microgranuda, con limonita intersticial, acompañada por algo de siderita. La difracción de R-X detecta magnesita como mineral principal, acompañada de los siguientes accesorios: dolomita, cuarzo, calcita y arcillas ilíticas.

Los valores encontrados, mediante microsonda electrónica, para la composición media de los cristales de magnesita son los siguientes:

MgO	45,97 ± 0,35	
FeO	2,49 ± 0,08	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2,76 ± 0,08)
MnO	0,09 ± 0,05	(Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0,10 ± 0,05)
CaO	0,28 ± 0,11	
CO <sub>2</sub>	51,17 ± 0,59	

Teniendo en cuenta los diversos análisis realizados se estima que la composición mineralógica porcentual será:

Magnesita	Dolomita	Cuarzo	Siderita	Limonita	Calcita	Mica
68-72	18-22	1.5-2	2-3	2-3	(0,5	1

El segundo punto con cierto interés, nº 178, se sitúa en la Cerrada de las Chozas, en el flanco occidental del anticlinorio de Sierra Menera, hoja 1:50.000 nº 515, y término de Setiles (Guadalajara). En microscopia óptica aparece constituida fundamentalmente por magnesita, homogranular, con fragmentos de



siderita microcristalina muy oxidada. Aparecen bastante limonita intersticial y escasísimas laminillas de mica del tipo moscovita-sericita.

En la difracción de R-X, además de magnesita, se aprecia dolomita, cuarzo, mica y posiblemente geles de hierro.

Los análisis de microsonda electrónica realizados sobre cristales de magnesita proporcionan para ésta la siguiente composición media:

MgO	46,60 ± 0,36	
FeO	5,48 ± 0,30	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 6,08 ± 0,30)
MnO	0,37 ± 0,04	(Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0,41 ± 0,04)
CaO	0,18 ± 0,04	
Co <sub>2</sub>	47,37 ± 0,74	

Teniendo en cuenta los diversos ensayos realizados se estima que la composición mineralógica será:

Magnesita	Dolomita	Geles de hierro +	Moscovita	Cuarzo
		Siderita		
62-65	20-22	10-12	1-2	( 0.5%

En ninguno de los 2 puntos estudiados (154 y 178) el material reúne condiciones para su uso como refractario básico, una vez calcinado, careciendo el punto 178 de interés industrial como magnesita; el punto 154 puede ser considerado como una magnesita de segundo grado, cuyo uso viene limitado por el excesivo contenido en impurezas (especialmente óxidos de hierro).

Las reservas y leyes obtenidas en los cuatro puntos estudiados son los siguientes:

#### Magnesita

Punto N°	Paraje	Reservas vistas	Reservas probables	Total	Ley media % MgO
154	La Coronilla	2.950.000	24.800.000	27.750.000	40.68%
172	Navarroza	334.125	622.688	956.813	38.45%
178	Chozas	720.000	1.840.000	2.560.000	38.70%
179	Navaloscharcos	1.077.500	2.952.350	4.029.850	37.83%
Total.....		4.835.000	30.215.038	35.296.663	40.15%

## Magnesita dolomítica

Punto N°	Paraje	Reservas vistas	Reservas probables	Total	Ley media % MgO
154	La Coronilla	1.212.000	11.688.000	12.900.000	33.11%
172	Navarroza	201.690	605.071	806.761	31.25%
178	Chozas	562.500	2.000.000	2.562.500	29.44%
179	Navaloscharcos	556.250	1.524.125	2.080.375	31.03%
Total.....		2.532.440	15.817.196	18.349.636	32.29%

Además de los puntos antes citados, se conoce la existencia de importantes bolsadas de magnesita en el punto 181, correspondiente a una de las cortas para extracción de óxidos de hierro en las minas de Ojos Negros.

## 3.11.- OXIDOS DE HIERRO (Ocr)

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
30	438-8	(5)	438	632.600	4574.380	Indicio	Bajas	--
40	439-1	(8)	439	654.100	4561.500	Interm.	Medias	(14.400)
77	464-6	(8)	464	623.300	4547.500	Aband.	Bajas	--
162	515-19	(14)	515	614.650	4517.180	Aband.	Bajas	--
163	515-21	(9)	515	616.050	4518.150	Aband.	Bajas	--
164	515-22	(10)	515	615.840	4517.780	Aband.	Bajas	--
166	515-18	(14)	515	616.200	4515.750	Aband.	Bajas	--
169	515-23	(9)	515	621.000	4517.320	Aband.	Bajas	--
176	515-15	(9)	515	621.350	4511.200	Aband.	Altas	--
177	515-14	(9)	515	621.200	4509.200	Aband.	Altas	--
180	515-11	(9)	515	622.700	4508.000	Aband.	Altas	--
181	515-10	(9)	515	623.550	4508.240	Aband.	Altas	--

( ): Producción estimada

El macizo paleozoico de Sierra Menera-El Pobo, en la hoja 1:50.000 nº 515, es asiento de uno de los yacimientos de hierro más importantes de España. En explotación desde épocas antiguas, la actividad extractiva de las minas de Ojos Negros se detiene en 1985 como consecuencia de la reconversión de la industria siderúrgica de Sagunto (Valencia) adonde el mineral era transportado en ferrocarril. Dado que una pequeña parte de la producción era utilizada como aditivo en cementos y que las reservas estimadas para el yacimiento superan los 110 millones de toneladas se ha considerado la inclusión en el presente inventario de los diferentes puntos de extracción por su potencial interés como mineral industrial.

La mineralización aparece ligada a la Fm Calizas de Cistideos (Caradoc medio-Ashgillense medio) sobre la que se dispone en forma de bolsadas irregulares que rellenan y/o recubren el karst desarrollado sobre las calizas y dolomías de dicha formación. A techo se disponen las cuarcitas de la Fm Cuarcita Blanca.

La masa de mineral presenta un aspecto terroso y pulverulento característico (tipo "Sierra Menera") de colores marrones y ocres aunque localmente puedan aparecer hierros botroidales o niveles compactos. La paragénesis mineral aparece formada por goethita como mineral principal y más abundante acompañado en ocasiones por pirolusita o gibsita. Entre las impurezas más habituales aparecen cuarzo, ilita, caolinita, carbonatos, etc....

La ley del todo-uno se sitúa por debajo del 40 %, con la siguiente composición química que puede considerarse como análisis tipo de la mineralización.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	P	S
12,70	2,00	40,35			2,00	0,017	0,230	18,50	0,060	0,01

Son diversas las hipótesis a lo largo del tiempo para explicar la génesis del yacimiento: metasomatismo, lavado de piritas, ... En la actualidad parece aceptado un origen sedimentario, en forma de carbonatos de hierro y magnesio y una posterior etapa de karstificación con acumulación de óxidos e hidróxidos de hierro. (FERNÁNDEZ-NIETO ET AL, 1981).

Las potencias son muy variables (hasta 45 m) guardando relación inversa con el espesor de calizas y dolomías subyacentes. Igualmente hay una estrecha relación con la tectónica obteniéndose los mayores espesores de óxidos de hierro a lo largo de los ejes antiformes y frentes de cabalgamiento, adelgazándose la masa de hidróxidos hacia los flancos de las estructuras (ver 2.3.1.1.).

El área de extracción se sitúa a ambos lados de la divisoria de Sierra Menera en los términos de Ojos Negros (Teruel) y Setiles (Guadalajara) agrupándose los frentes en el presente inventario en 4 puntos: 176 ("Marajosa"), 177 ("Agrupación Castilla"), 180 ("Corcho, Corral y Barranco") y 181 ("Llano"). Este último punto presenta, por su posición topográfica marginal a Sierra Menera, un importante recubrimiento plioceno.

La explotación, en cortas a cielo abierto de grandes dimensiones, se realizó en bancos de 15 m de altura utilizando medios mecánicos siendo trasladado el mineral a una planta donde era sometido a cribado y molienda para obtener una granulometría inferior a 10 mm.

La producción de hierro era utilizada en la industria siderúrgica nacional y en varias siderúrgicas europeas; una pequeña parte de la producción era consumida por la industria cementera levantina.

El estéril cuarcítico más limpio fué aprovechado, en las últimas épocas, para fabricación de ferrosilicio y silicomanganeso.

La formación "Calizas de Cistideos" aflora en otros puntos de Sierra Menera, existiendo numerosos indicios dispersos en los términos ya citados y en los de Setiles, El Pobo de Dueñas, Hombrados, ... Los puntos 163 y 169 corresponden a labores de escasa entidad sobre esta formación.

En el punto 169 la composición química es la siguiente :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	MnO	PPC
169-A	26	2,02	55,9	0,68	0,0	2,80	12,5

El punto 164 situado 1.500 m al N de El Pobo de Dueñas corresponde a una pequeña labor para aprovechar los niveles ferruginosos intercalados en las pizarras y cuarcitas de la Fm Cuarcita Blanca (Llandoverly).

Los puntos 162 y 166, situados asimismo en las proximidades de El Pobo de Dueñas, corresponden a sendas labores sobre materiales pérmicos. Estos están representados por conglomerados de cantos cuarcíticos redondeados, cementados y muy ferruginizados. Ocasionalmente presentan mineralizaciones de Uranio. No presentan interés industrial.

El punto nº 40 situado en el término de Luesma, vértice SO de la hoja 1:50.000 nº 466, es el único punto activo dedicado a extracción de mineral de hierro. La mineralización explotada se sitúa en el Mb Marité (definido en esta mina) de la Fm Castillejo (Llanvirn superior-Llandeilo). Aunque existen labores subterráneas antiguas, en la actualidad se explota a cielo abierto, intermitentemente, un nivel ferruginizado, estratiforme de dirección N 10-85°E y 1-3 m de potencia, situado entre cuarcitas. El mineral presenta un contenido elevado en impurezas de P que dificulta su uso siderúrgico. Su composición química y mineralógica es la siguiente :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PPC	Cuarzo	Hematites	Goethita
40-A	8,12	7,4	75,60	1,33	2,40				4,87			
40-B	25,5	2,25	72,5	0,12	2,40	0,38	0,11	0,85	5,73	5,73	72,4	tr

La producción puede estimarse en 1.200 Tm/aes siendo utilizada como aditivo para cementos en fábrica aragonesas (Morata, Muel) y como fundente en fabricación de baterías en Soria.

El punto 30 situado 4 km al O de Codos, en la hoja 1:50.000 nº 438 corresponde a una mineralización de hematites desarrollada a favor de una fractura de dirección N-328 75° O en cuarcitas y dolomías cámbricas. El espesor de la zona mineralizada es de 4 m adelgazándose notablemente en las proximidades. El mineral, constituido casi exclusivamente por hematites, presenta la siguiente composición química:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
30-A	6,2	0,25	88,1		0,39	2,10			2,97

Por último, el punto nº 77, situado en las proximidades de Used (hoja 1:50.000 nº 464) corresponde a labores de reconocimiento en una mineralización de óxidos de hierro desarrollada a favor de una fractura de dirección N 335-80° O en la Cuarcita Armórica. La potencia es de 3 m arrosariándose y adelgazándose rápidamente. El material extraído permanece acumulado en escombrera. Presenta la siguiente composición:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	PPC
77-A	18,9	0,75	68,5		0,08	0,0		1,61

## 3.12.- PIROLUSITA (Pi)

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
136	493-7	(26)	493	704.400	4533.350	Aband.	Bajas	--

La minería del manganeso adquirió cierta importancia en la provincia de Teruel a partir del año 1881 llegando a ocupar el primer lugar en la producción nacional. Esta actividad se prolongó durante el primer cuarto del siglo XX existiendo todavía alguna mina en actividad en los años 50-60.

El área de mayor interés se localiza en el paraje de los Mases de Crivillén, término de Crivillén, en la hoja 1:50.000 nº 493, donde existen restos de más de 80 explotaciones, la mayor parte de ellas galerías subhorizontales y socavones, habiendo sido agrupadas en el presente inventario en el punto 136.

Los depósitos presentan morfologías estratiformes, subhorizontales, sobre margas y areniscas del Cretácico inferior. La pirolusita es el mineral principal, en forma de nódulos, acompañada de otros óxidos de manganeso y limonita, azurita, malaquita, turmalina, moscovita,... entre otros minerales de la ganga. Las leyes oscilan entre 25-75 % Mn.

A falta de estudios geológicos de detalle y ante el desconocimiento de reservas o leyes fiables así como la presencia de importantes recubrimientos puede considerarse que el recurso no presenta un gran interés.

Otros indicios, de características similares a los descritos se localizan en Gargallo, Castell de Cabra, La Rambla de Martín, Fuenferrada, Armillas,... (IGME, 1974).

### 3.13.- ROCAS IGNEAS

Ya se ha citado el alto número de manifestaciones magmáticas existentes en la hoja; su grado de aprovechamiento ha sido, sin embargo, prácticamente nulo si exceptuamos pequeñas extracciones para adoquinado. Este hecho aparece condicionado por la concurrencia de una serie de factores:

- Escasa entidad cartográfica de los afloramientos, con predominio de diques y sills con delgado espesor y corridas cortas.
- Gran dispersión geográfica de los indicios y frecuentes problemas de accesos.
- Intenso desarrollo de alteraciones.

En este sentido los puntos inventariados reúnen una serie de condiciones:

- Área aflorante importante
- Zona de concentración de indicios
- Bajo grado o poca penetrabilidad de la alteración.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
1	437-12	(2)	437	598.900	4574.700	Indicio	Bajas	--
17	464-1	(2)	464	615.000	4557.400	Indicio	Medias	--
34	438-4	(3)	438	636.400	4573.400	Indicio	Medias	--
93	466-14	(2)	466	662.950	4553.900	Indicio	Medias	--
94	466-12	(1)	466	661.550	4550.950	Indicio	Medias	--
95	466-13	(2)	466	663.100	4550.650	Indicio	Bajas	--
96	466-15	(2)	466	658.100	4548.700	Indicio	Bajas	--
99	466-16	(2)	466	666.550	4548.700	Indicio	Bajas	--
108	492-26	(2)	492	673.550	4537.800	Indicio	Medias	--
110	492-27	(2)	492	674.180	4539.360	Indicio	Bajas	--
111	492-25	(2)	492	675.700	4537.180	Indicio	Bajas	--
112	492-24	(2)	492	675.050	4537.180	Aband.	Medias	--
113	492-23	(2)	492	674.300	4536.500	Aband.	Bajas	--

La mayor parte de los puntos señalados corresponden a andesitas, y en menor grado a riolitas (términos dominantes). Se ha considerado asimismo el microgabro de Loscos y el afloramiento piroclástico de Codos.



Los afloramientos andesíticos seleccionados se concentran en dos sectores: Santa Cruz de Nogueras-Loscos (hoja 466), en la Unidad de Herrera y Maicas-Anadón (hoja 492), en el anticlinal de Montalbán.

Dentro del primer grupo se sitúan los puntos 93, 95, 96 y 99, de los cuales el nº 93 es el que reúne mejores condiciones de afloramiento, accesos, alteración, ... Se trata de una andesita anfibólica con textura porfídica hipocrystalina. En muestra de mano se presenta como una roca oscura de grano fino, con aislados xenocristales de cuarzo, y aspecto sano. Está formada por plagioclasas en fenocristales y microlitos máficos, opacos y clorita, calcita y sílice secundaria entre los accesorios. Entre las alteraciones más importantes figuran la carbonatación, silicificación, cloritización y ferruginización.

Un análisis químico de este material es el siguiente:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
93-A	61.47	15.63	0.58	4.40	0.03	2.00	4.48	3.12	2.24	5.85

La andesita correspondiente al punto 99, situada 1500 m al Norte de Monforte de Moyuela presenta un grado de alteración bastante variable, puesto en evidencia por las pérdidas al fuego de los análisis 99-A y B (4.71-11.02 %). El afloramiento del punto 95 corresponde a una andesita anfibólica con granate. Es un dique con notable desarrollo de escamación por orientación de máficos y facilitada por la erosión. Presenta frecuentes enclaves de pizarras y cuarcitas dispersas, así como cristales de granate observables de visu. Macroscópicamente es una roca de grano fino-medio, leucocrática, con textura porfídica hipocrystalina, figurando entre sus componentes: plagioclasas, piroxenos, anfíboles, granate, feldespato, cuarzo, biotita, clorita y opacos. En el capítulo de alteraciones hay que citar desarrollo de carbonatación, cloritización, silicificación y, con menor importancia, óxidos de hierro. (ITGE, 1989-c).

El punto 96, por último, corresponde a un dique andesítico situado en la Sierra de Cucalón, al sur de Bádenas. Su interés es bajo por los problemas de accesos que presenta y, sobre todo, por su grado de alteración.

Los análisis químicos de muestras de estos puntos son los siguientes (LAGO, 1991, com. personal):

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
96-A	51.03	14.87	0.82	7.90	0.03	8.69	7.54	1.56	0.55	7.35
99-A	59.45	17.40	0.76	4.69	0.04	1.76	3.66	7.01	0.52	4.71
99-B	50.70	15.04	0.88	9.66	0.09	9.08	1.10	0.49	1.82	11.02

Las andesitas del anticlinal de Montalbán son estudiadas por TORRES MARTIN, 1989, seleccionando una serie de puntos aptos para su aprovechamiento industrial. Estos puntos, los cuales presentan un grado de meteorización bajo con respecto al resto de los afloramientos del área, se localizan en el entorno de Segura de los Baños, Maicas y Anadón, en la hoja 1:50.000 n° 492 (puntos 108, 110, 111, 112 y 113 del inventario). Los resultados obtenidos en los ensayos tecnológicos realizados son los siguientes:

	108	110	111	112	113
<b>Coef. Desgaste "Los Angeles"</b>					
- Granulometria A	8.5	9.5	12.0	10.5	11.0
- Granulometria B	10.0	10.0	11.0	9.5	9.5
<b>Indice de lajas</b>					
- 40 - 25 mm	61	22	19	60	56
- 25 - 20 mm	22	29	37	25	33
- 20 - 12.5 mm	23	29	25	15	20
- 12.5- 10 mm	44	37	35	72	35
- 10 - 6.3 mm	48	35	46	65	42
<b>Coef. Pulimento Acelerado</b>					
- Inicial				76	
- 6 horas				52	
<b>Densidad relativa real</b>					
- Arido grueso	2.75	2.74	2.74	2.75	2.76
- Arido fino	2.76	2.76	2.77	2.77	2.76
- Filler	2.75	2.76	2.76	2.76	2.77
<b>Absorción de agua</b>					
- Arido grueso	0.50	0.57	0.74	0.39	0.59
- Arido fino	2.02	1.96	2.16	2.40	1.83
<b>Estabilidad ante SO<sub>4</sub>Mg (%)</b>					
- 40 - 20 mm	0	0	0	0.2	0.2
- 20 - 10 mm	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
- 10 - 5 mm	0	0	0	0	0.3
- 5 - 2.5 mm	1	4	1	0	1
- 2.5- 1.25 mm	3	4	3	3	3
- 1.25- 0.63 mm	3	4	5	3	5
- 0.63- 0.32 mm	3	6	5	4	5

Los materiales aflorantes en estos 5 puntos presentan en consecuencia un comportamiento favorable para su aprovechamiento industrial como árido de calidad. Las reservas estimadas, según volúmenes identificables en superficie, oscilan desde 12.500 t en el punto 111 a 4.5 millones t en el punto 108, por lo que su posible aprovechamiento debe ser conjunto.

Dentro de los afloramientos riolíticos se han señalado 2 puntos: 1 y 17. El punto n° 1 corresponde a

uno de los sills riolíticos de Castejón de Armas, hoja 437, seccionado por el trazado de la autovía Madrid-Zaragoza, y encajado en pizarra y limolíticas. Presenta un corte notablemente fresco que proporciona información acerca de la calidad mecánica de estos materiales cuando no se encuentran alterados.

En el Barranco de las Minas, 1200 m al Sur de Castejón, existe un pequeño sill, explotado parcialmente para obtención de árido. Presenta la siguiente composición química (LAGO S.JOSE, 1991, com. personal):

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
70.0	14.6	0.04	0.94	0.04	1.06	1.82	1.20	4.48	5.16

Su característica más notable es una marcada disyunción columnar pudiendo catalogarse como Punto de Interés Geológico. Por esta razón y por sus pequeñas dimensiones no ha sido incluido en el presente inventario.

El punto 17 corresponde a dos de los afloramientos riolíticos de la Sierra de Pardos, en la hoja 464. El más oriental presenta una alteración superficial importante, ofreciendo mejores condiciones de conservación el afloramiento occidental.

El microgabro de Loscos (punto nº 94) ha sido descrito con cierto detalle en 4.2.1.; un buen corte del mismo puede observarse entre los kilómetros 3 y 4 de la carretera de Bádenas a Loscos. En este corte se observan secciones frescas que avalan su aptitud para ser usado como árido de calidad. Presenta igualmente sectores con una intensa alteración. No obstante, la singularidad del afloramiento debiera condicionar su conservación como inexplorado. Un análisis químico sobre muestra fresca (LAGO SAN JOSE, comun. personal) proporciona los siguientes resultados :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
94-A	57.09	19.20	0.29	6.82	0.08	3.45	6.88	2.61	1.73	1.55

El afloramiento de Codos, punto nº 34, en la hoja 438, constituye uno de los afloramientos de rocas ígneas con mayores dimensiones de la hoja de Daroca. Según se señala en 2.4.3. se trata de una brecha poligénica constituida por cantos heterométricos de dacita y daciandesita variablemente entremezclados con fragmentos de rocas prepérmicas. Existe una matriz de xenocristales de composición variable (plagioclasa, biotita, cuarzo, granates aislados,...). Superficialmente se encuentra muy alterado presentando localmente una marcada disyunción en bolos, lo cual, unido a la heterogeneidad del material y a su proximidad a Codos (el pueblo se asienta sobre el afloramiento) puede condicionar

notablemente su posible uso. De este afloramiento han sido extraídos bloques aislados para uso como roca monumental en Zaragoza. El coeficiente de desgaste de estos materiales es de 17 % , siendo el coeficiente de pulido acelerado de 58.

### 3.14.- YESO Y ALABASTRO (Yes, Ala)

El potencial yesífero de la hoja de Daroca es muy importante, si bien en la actualidad no existe actividad extractiva alguna.

La mayor parte de los puntos inventariados se sitúan sobre depósitos miocenos en la Depresión de Calatayud, Depresión del Ebro, Cubeta de Alloza (figura 10), existiendo asimismo algunas explotaciones que han beneficiado yesos del Keuper.

#### Yesos del Keuper

Consideradas en el contexto de la hoja 1:200.000, las explotaciones de yeso sobre las facies Keuper carecen de importancia. Solo se han inventariado 3 puntos localizados en Oliete (127), Castellar de la Muela (157) y Ojos Negros (174).

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
127	493-20	(17)	493	697.050	4540.050	Aband.	Medias	--
157	515-1	(17)	515	603.600	4519.580	Aband.	Bajas	--
174	516-1	(17)	516	625.150	4511.780	Aband.	Bajas	--

Los afloramientos, en general, se presentan muy tectonizados y los yesos suelen presentar baja calidad (yesos rojizos, verdosos, intercalaciones margoyesíferas,...). Han sido explotados con métodos rudimentarios pudiendo aún observarse en algunos puntos restos de los hornos para calcinación. El punto 174 presenta la particularidad de haber simultaneado la explotación a cielo abierto y por cámaras y pilares.

Dada la mayor calidad, potencialidad y accesos de los yesos miocenos estas explotaciones carecen de interés económico.

## Depresión de Calatayud

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
19	437-1	(32)	437	616.550	4571.450	Aband.	Altas	--
21	437-2	(32)	437	621.700	4566.720	Aband.	Altas	--
22	437-3	(32)	437	622.200	4566.800	Aband.	Altas	--
23	437-4	(32)	437	622.500	4566.300	Aband.	Altas	--
24	437-5	(32)	437	622.300	4522.300	Aband.	Medias	--
25	438-12	(32)	438	625.500	4562.700	Interm.	Bajas	--
194	491-7	(32)	491	647.280	4532.000	Aband.	Bajas	--
195	491-6	(32)	491	647.940	4531.500	Aband.	Bajas	--
196	491-5	(32)	491	648.720	4531.640	Aband.	Bajas	--
200	492-7	(32)	492	652.800	4531.200	Indicio	Altas	--
201	492-8	(32)	492	655.050	4530.050	Interm.	Medias	4.470
205	491-11	(32)	491	651.400	4524.050	Aband.	Bajas	--

Las facies evaporíticas centrales están representadas por la Fm Yesos de Calatayud la cual presenta sus mejores afloramientos en el entorno de Calatayud en el límite Norte de la hoja de Daroca. Dentro de la hoja, el área donde esta formación se presenta con menos intercalaciones arcillosas se sitúa en el paraje de Valdehúrón, en el límite de los términos de Calatayud y Paracuellos de Jiloca, hoja 1:50.000 nº 437.

La calidad de los yesos en la zona citada es bastante aceptable con leyes del 85 %, disminuyendo a medida que nos acercamos a los cambios laterales de facies.

El punto nº 19, situado en la localidad de Maluenda corresponde a la única explotación desarrollada sobre los niveles masivos de la Fm yesos de Calatayud; en ella el frente deja al descubierto un potente paquete de yesos finamente estratificados, de tonos blancos y grises, sacaroideos y arriñonados. El análisis químico de este material es el siguiente:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	PPC
19-A	4.58	0.43	--	0.61	3.26	28.73	0.04	0.03	40.26	22.06

Hacia el sur la formación pierde gran parte de su potencia, indentándose con facies margoarcillosas, presentándose como alternancias de arcillas rojizas y yesos alabastrinos; en la localidad de Fuentes de Jiloca se han determinado hasta 4 niveles de este yeso, con potencias que oscilan entre los 4-6 m y 10-12 m, los cuales han sido objeto de explotación intensiva en el entorno de la citada localidad

(puntos 21 a 24). Estos niveles yesíferos presentan en superficie tonos beige y claros, con nivelillos arcillosos de colores grises y blanquecinos; en fractura fresca se trata de un yeso blanco, muy puro, compacto y cristalino, que engloba nódulos de sílex de color marrón y formas arriñonadas de alabastro.

La producción era consumida por diversas fábricas situadas a pie de cantera destinándose a la obtención de pláster para construcción, distinguiéndose por su calidad los nódulos alabastrinos, aptos para la fabricación de escayola para uso estomatológico.

Las características tecnológicas de estos yesos son las siguientes (IGME, 1975) :

Yeso crudo para escayola

Agua combinada : 19.7 %  
 $SO_3$  : 44.7 %  
 Índice de pureza: 95.7 %

Producto cocido (escayola)

Agua combinada : 4.8 %  
 $SO_3$  : 51.5 %  
 Índice de pureza: 92.4 %  
 Finura de molido: Retención máx. tamiz 0.2 UNE 7050 : 6.1  
 Consistencia normal:  
 - Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación: 0.55  
 - Tiempo de principio de fraguado: 10 min.  
 - Tiempo de fin de fraguado : 30 min.  
 Resistencia mecánica a flexotracción: 45.3 kg/cm<sup>2</sup>  
 Ensayo de fases:  
 - Contenido en dihidrato : 1.2 %  
 - Contenido en semihidrato : 73.6 %  
 - Contenido en anhídrita soluble : 0.0  
 - Contenido en anhídrita insoluble: 17.6  
 - Contenido en impurezas : 7.6

En consecuencia, el yeso crudo de esta zona puede catalogarse como Clase I Extra y el producto cocido puede clasificarse como Y-25-F y E-35.

Los bolos de alabastro no fueron empleados en ningún caso en ornamentación. Sus tonalidades varían entre los grises oscuros, marrón oscuro y amarillentos acaramelados, todos ellos con posibilidades de obtener bloques comerciales.

La variedad acaramelada, por ser la que a priori presenta mayores posibilidades de comercialización ha sido sometida a diversos ensayos de aserrado, torneado, lijado y barnizado (IGME, 1985-b), obteniéndose una respuesta favorable del material aunque ha demostrado poseer mayor dureza que otros alabastrós aragoneses. Los resultados obtenidos en estos ensayos son los siguientes:

- Proceso de aserrado:

Peso kgr	Espesor placa	Superficie aserrada	Tiempo empleado	cm <sup>2</sup> /sg
37	12.5 cm	515.5x2 cm <sup>2</sup>	2.35 min	6.612

- Corte:

Peso bruto	Espesor placa cm	Superficie cortada cm <sup>2</sup>	Tiempo empleado	Tiempo corte
14.465 kg	12.50	837	1.31	9.197

- Torneado y lijado:

Peso bruto	Peso pieza acabada	Material aprovechado	Superficie torneada	Tiempo torneado cm <sup>2</sup> /min/seg	Tiempo empleado
3.692 kgr	0.491 kg	13.29 %	687.442	2.05	5.499

El análisis químico del material que fue explotado en el punto 24 es el siguiente :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	PPC
24-A	0,30	0,05	---	0,04	0,03	32,2	----	---	45,9	21,30

Los niveles alabastrinos se acúan llegando a desaparecer. Hacia el SE la formación yesífera presenta una potencia muy reducida: 20-30 m en el área de Villafeliche. El punto 25 se localiza en esta localidad (hoja 438). Es una explotación intermitente con carácter artesanal y métodos manuales de extracción. El material se utiliza para obtención de yeso de construcción, presentando la siguiente composición:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
25-A	1.18	0.19	---	0.10	0.89	39.58	0.02	0.02	55.90

Esta explotación artesanal representa, hoy por hoy, la única actividad extractiva en el sector de yesos para construcción en la hoja de Daroca. A pesar de las importantes reservas existentes y buenas calidades de las mismas toda la actividad industrial está paralizada, existiendo en la localidad de



Villafeliche una planta de fabricación de placas de escayola que debe comprar el yeso calcinado fuera de la región.

Otras explotaciones de yeso en la Depresión de Calatayud se localizan en el sector Sur de la misma: Calamocha, Barrachina, Bañón,...

Los puntos 194 a 196 se sitúan en las proximidades de Navarrete del Río, término de Calamocha, hoja 491. Son explotaciones con poca entidad que han explotado unos limos yesíferos verdes con intercalaciones arcillosas. El yeso es de baja calidad por lo que merece poco interés, excepto en el punto 194, donde presentan la siguiente composición :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	PPC
194-A	0,28	0,01	---	0,04	0,22	32,2	---	---	45,9	21,25

Próximos a los anteriores puntos, en la localidad de Barrachina, hoja 492, se han señalado un indicio (200) y una explotación recientemente paralizada (201), situados ambos sobre un nivel potente de yesos sacaroides blancos, con bolos de alabastro de tamaño medio-pequeño. La producción del punto 201, triturada en cantera, fue de 4.470 t, permaneciendo in situ sin comercializar. Estos yesos, por sus características pueden ser empleados en fabricación de escayolas y los bolos, esporádicos, con dimensiones métricas podrían ser ensayados en ornamentación.

El análisis del material explotado proporciona los siguientes resultados :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	PPC
201-A	0,0	0,0	---	0,06	0,02	32,5	---	---	46,4	21,02

En el punto 205, localizado en la localidad de Bañón, se sitúan 8 frentes diferentes, próximos, de reducidas dimensiones, correspondientes a otras tantas explotaciones artesanales. El análisis del material explotado proporciona los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	PPC
205-A	1,58	0,39	0,15	1,49	42,73	0,01	0,04	51,59	--
205-B	0,42	0,10	0,05	0,04	32,0			45,6	21,91

### Depresión del Ebro

En el sector de la Depresión del Ebro comprendido dentro de la hoja los yesos están representados por la Fm Yesos de Vinaceite, la cual se desarrolla entre Lécera, Albalate del Arzobispo y Azaila, ocupando una posición anómala con respecto a las formaciones yesíferas centrales.

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
56	440-11	(32)	440	705.340	4578.880	Aband.	Bajas	--
57	440-12	(32)	440	707.620	4576.680	Aband.	Bajas	--
59	440-13	(32)	440	690.500	4562.900	Indicio	Bajas	--
60	440-14	(32)	440	693.200	4563.200	Indicio	Bajas	--
61	467-5	(32)	467	699.700	4556.200	Aband.	Bajas	--
62	467-4	(32)	467	702.250	4557.400	Aband.	Medias	--
63	467-6	(32)	467	702.620	4557.600	Aband.	Bajas	--
64	467-2	(32)	467	703.580	4557.380	Activa	Medias	?
65	467-7	(32)	467	703.800	4557.300	Aband.	Bajas	--
66	467-8	(32)	467	704.900	4557.500	Aband.	Bajas	--
67	467-9	(32)	467	705.600	4557.580	Aband.	Bajas	--
68	467-3	(32)	467	702.680	4556.920	Aband.	Medias	--
69	467-1	(32)	467	703.200	4556.600	Aband.	Medias	--
255	440-15	(32)	440	688.550	4565.625	Aband.	Bajas	--

En la zona de Lécera, hoja 440, la formación presenta un tramo inferior constituido por yesos con intercalaciones de margas y arcillas rojizas (20-30 m). Sobre este tramo se apoya un conjunto formado por margas ocres y rojizas en las que se intercalan bancos de 0,4-0,7 m de yeso alabastrino de tonos blancos y beige. Este paquete superior tiene una potencia de 15-20 m. Sobre el tramo margoso afloran yesos alabastrinos de tonos blancos y beige que alternan con nivelillos de arcillas margosas rojizas. La potencia de este tramo es de 20-30 m. Al Sur de esta zona los Yesos de Vinaceite pasan a arcillas, margas y areniscas.

Las leyes medias obtenidas en investigaciones realizadas (IGME, 1975) oscilan entre el 65-80 %, por lo que los yesos pueden catalogarse como Clase IV o superior.

Sobre los yesos de esta zona se han señalado 2 indicios (puntos 59 y 60) situados ambos en las proximidades de Lécera. El punto 59 corresponde a una pequeña calicata donde se ha extraído alabastro para pruebas en un nivel de 1,2 m de potencia; el punto 60 es un indicio con 2 niveles alabastrinos intercalados en una serie margoarcillosa. Los datos de análisis realizados en muestras de sondeos próximos a dichos puntos son los siguientes:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
59-A	4,89	1,08	0,41	0,91	31,70	0,03	0,22	58,09
59-B	1,24	0,13	0,09	0,38	34,89	0,01	0,01	63,78
59-C	2,03	0,35	0,14	0,57	33,92	0,01	0,07	62,42
60-A	5,33	1,45	0,49	0,43	32,53	0,04	0,31	56,32
60-B	1,55	0,31	0,11	0,48	35,51	0,01	0,07	60,86
60-C	8,07	2,31	0,76	0,80	30,93	0,09	0,53	50,47

El punto 255, situado en el término de Letux, en el límite occidental de la zona antes descrita, corresponde a una antigua explotación, hoy abandonada, de alabastros. El espesor máximo en el frente de cantera no sobrepasa los dos metros, siendo más abundante hacia el Este. La calidad del material es extremadamente variable: el alabastro siempre está íntimamente unido al yeso "en turrón" y frecuentemente atravesado por filones de yeso fibroso, además de existir numerosos diastemas pelíticos que interrumpen la continuidad de las masas alabastrinas. Aunque se aprecia la existencia de alabastro translúcido de primera calidad y ahumado, en su mayor parte corresponde al blanco normal que, por otra parte, no alcanza a diferenciarse en grandes volúmenes, lográndose la extracción de bolos útiles con un eje mayor que difícilmente sobrepasa los 1,5 m. En las proximidades de este punto existe una labor artesanal donde se explotaron yesos grises para su cocción in situ.

Los afloramientos de esta zona han sido objeto de exploración superficial detallada en fecha reciente poniéndose de manifiesto la prácticamente nula potencialidad de los mismos.

Los puntos 56 y 57 se localizan en el término de Azaila, en el vértice nororiental de la hoja 440. En ambos casos se explotaron niveles alabastrinos de poca potencia intercalados en una serie margarcillosa con diversidad de términos litológicos.

Los puntos 61 a 69, por último, corresponden a diferentes frentes de una concesión de alabastro ("Virgen de Arcos") situada en el término de Albalate del Arzobispo, en el vértice NE de la hoja 467. El laboreo en todos estos puntos, siempre a cielo abierto, es muy superficial, aflorando el alabastro en grandes superficies o bajo una cobertera que no suele superar 2-3 m por lo que su extracción es relativamente fácil. El nivel de alabastro tiene una potencia de 1.2-1.5 m encontrándose bolos de dimensiones comerciales, de tonos blancos y translúcidos con buena respuesta ante el aserrado, corte, torneado, lijado y barnizado. Ocasionalmente aparecen bolos con pequeños nódulos de sílex que dificulta la elaboración de los mismos. El "descascarillado" se realiza in situ generándose importantes escombreras de estéril de yeso apto para otros usos. El alabastro obtenido puede catalogarse como "tipo Azaila".

La producción ha ido descendiendo paulatinamente en los últimos años (5.700 t en 1984, 988 t en 1988); actualmente se trabaja en el punto 64.

### Otras zonas

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
133	493-18	(32)	493	702.150	4540.000	Aband.	Altas	--
251	518-6	(32)	518	705.800	4507.950	Indicio	Medias	--

El punto 133 corresponde a una explotación de yeso abandonada localizada en el relleno mioceno de la Cubeta de Alloza. La serie estratigráfica presenta en la base un paquete de arcillas rojizas de espesor variable (hasta 20 m) sobre el que se dispone el paquete yesífero el cual, en el punto de explotación deja al descubierto 6 m de yeso masivo; sobre los niveles de yeso masivo aparecen alternancias de yeso y arcilla.

En IGME, 1989-d, se realiza una investigación pormenorizada del yacimiento estimándose un volumen de recursos de 3.18 Mm<sup>3</sup> de yeso con calidades entre clase II y III.

Los análisis químicos y mineralógicos disponibles proporcionan los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	PPC
133-A	2,64	0,08	0,20	ind.	35,73	--	--	36,98	24,37
	Yeso	Calcita	Silicatos	Mat. Orgánica		Densidad			
Max.	98	32	31	3		---			
Mmo.	51	0,5	0,5	0		---			
Media.	80,8	11,12	7,6	0,41		2,33			

El punto 251, localizado en el término de Villarluengo (Teruel) en el extremo SE de la hoja 518 es un indicio correspondiente a una mancha posiblemente miocena no cartografiada en MAGNA. En el citado punto afloran más de 25 m de yesos nodulares blancos con intercalaciones decimétricas de calizas. Su composición es la siguiente:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	PPC
251-A	0,24	0,10	0,06	0,03	32,3			46,0	21,26

### 3.15.- OTRAS SUSTANCIAS

#### 3.15.1.- Cuarzo (Qu)

Son escasos los diques de cuarzo con dimensiones económicas en la hoja, tratándose en la mayor parte de los casos de filoncillos encajados en cuarcitas de diversa índole.

El punto 38 corresponde a un dique de 500 m de longitud y 5 m de anchura máxima, subvertical y de dirección N-S situado 1500 m al Sur de Paniza. Su análisis químico proporciona los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
38-A	95,5	1,60	1,24	0,14	0,12	0,0	0,25	0,58

Otros diques con importantes dimensiones se localizan en el Puerto de Paniza, hoja 438, y al Sur de Atea, hoja 464. Este último, de dirección NNE-SSO presenta una corrida próxima a 1500 m. El alto contenido en óxidos de hierro hace que carezca de interés.

### 3.15.2.- Fosfatos (Fos)

Son diversas las formaciones con anomalías fosfatadas reconocidas: Fm Pizarras de Paracuellos, Santed, Luesma, Mariposas, Bandera, habiendo sido estudiadas con detalle algunas de las mismas (IGME, 1981-e; IGME, 1988).

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
35	438-14	(4)	438	636.500	4572.440	Indicio	Bajas	--
78	465-8	(6)	465	627.250	4546.400	Indicio	Bajas	--
106	492-21	(12)	492	672.700	4540.250	Indicio	bajas	--

Aunque hasta la fecha ninguno de los indicios reconocidos ha presentado interés económico, se ha creído interesante incorporar al presente inventariado los resultados de dichas investigaciones. Se señalan para ello tres puntos (38, 78 y 106), correspondientes a las zonas de Codos, Santed y Segura de los Baños, descritas en IGME, 1988.

#### Area de Codos

Las anomalías fosfatadas se localizan en la Fm Pizarras de Paracuellos, la cual presenta un exiguo afloramiento, el único en toda la hoja de Daroca, en las proximidades de Codos (Zaragoza), hoja 1:50.000 nº 438. Esta formación, esencialmente siliciclástica, presenta una serie de niveles carbonatados, con escasa continuidad lateral, que son los portadores de las anomalías. (valores de hasta 10,5 % en  $P_2O_5$ ).

La potencia visible del "Miembro Carbonatado", es de 6,5 metros, distinguiéndose un primer tramo en la base de 1,5 m de espesor, con contenido en  $P_2O_5$  comprendido entre 2,48 al 10,80 %, al que sigue un segundo tramo, también de 1,5 m de potencia, constituido por calizas que intercalan láminas de lutitas carbonatadas negras piritosas. El contenido medio de  $P_2O_5$  en este tramo es del 5 %.

El tercer tramo distinguido, con una potencia de 1,40 m, está constituido por lutitas carbonatadas negras, piritosas con laminación paralela muy marcada de aspecto algal estromatolítico, fosfatadas. Los porcentajes en  $P_2O_5$  oscilan de 4,77 % a 8,86 %. El siguiente tramo con 1,70 m de espesor, está constituido por calizas (mudstone) margosas con pirita y con contenido medio en  $P_2O_5$  del 2,50 %. Termina

el "Miembro carbonatado" con un nivel de 0,40 m, de calizas negras piritosas, con un contenido en  $P_2O_5$  del 10,50 %.

Encima y dentro de los niveles lutíticos hay unos niveles nodulizados con nódulos de siderita y limonitizados, y cantos blandos, lutíticos, con un contenido en  $P_2O_5$ , que oscila entre 0,26 al 1,30 %. Hay que señalar también la existencia de un nivel de condensación (0,40 m) en lutitas carbonatadas, silicificadas, con nódulos limonitizados, con un contenido medio en  $P_2O_5$  del 8,40 %.

En principio, y siempre siguiendo el citado estudio, las anomalías de fosfatos de Codos no parecen ser de gran interés por ellas mismas.

#### Area de Santed

La zona de interés ocupa parte de los términos de Santed, Valconchán y Val de S. Martín (Zaragoza), en el vértice suroccidental de la hoja 1:50.000 n° 465.

Las anomalías fosfatadas se localizan en la Fm Santed. Esta formación está formada básicamente por términos pizarrosos con intercalaciones esporádicas de areniscas líticas. Hacia la base de la formación aparecen intercalaciones de ruditas litareníticas, litarenitas rudíticas y litarenitas (no aflorantes). Estos materiales de tipo rudítico tienen el interés de albergar los indicios fosfatados. El material fosfatado se presenta sustituyendo al material aragonítico de fragmentos de conchas de braquiópodos, los cuales suponen el 6 % de la muestra y más raramente en mallas de algas fosfatizadas o fosfatizando litoclastos de naturaleza glauconítica y chamoisitica (0,75-2,25 %).

Los contenidos en fosfato son muy bajos oscilando la mayor parte de los valores entre 1.0-1.7 %, mereciendo señalar para esta zona el espesor decamétrico de los niveles rudíticos y un importante desarrollo lateral de la misma (800 m).

#### Area de Segura de Los Baños

El área estudiada se localiza en los términos de Anadón, Segura de los Baños, Maicas y Armillas (Teruel), en el tercio nororiental de la hoja 1:50.000 n° 492, situada geológicamente en el Macizo paleozóico de Montalbán.

Los litosomas con indicios fosfatados son las formaciones Luesma-Nogueras y Bandera, del Devónico.

El conjunto de las Fm Luesma-Nogueras está constituido por una serie de Pizarras y Cuarcitas blancas que intercalan areniscas ferruginosas y niveles oolíticos (Fm Luesma). Hacia el techo y en tránsito a la Fm Nogueras aumenta el contenido en fauna y aparece un tramo carbonatado, para finalizar de nuevo la serie con sedimentos siliclásticos. El contenido en fósforo es alto, especialmente en los niveles oolíticos ferruginosos así como en los carbonatados y cuarzoareníticos, presentando estas formaciones un interés fosfatogénico regional. De los diferentes tramos fosfatados, los más significativos, con contenidos en  $P_2O_5$  que oscilan entre 2,1-4,5 % y potencias que oscilan entre 20-180 cm, se localizan en el sector Cabezo Bendito (X = 672.700, Y = 4540.250), en el término de Anadón. La continuidad lateral de los niveles en este punto es de 1-2 km.

La Fm Bandera aparece constituida por pizarras arcillosas, algo micáceas, de color gris y meteorización parda, que en su base presentan calizas nodulosas con conodontos. Entre las intercalaciones arenosas más frecuentes, destaca en esta zona una barra cuarcítica en la parte media. La potencia regional estimada es de unos 800 m. Los valores de  $P_2O_5$  no sobrepasan el 1 %, por lo que los indicios de esta formación carecen de interés.



### 9.15.9.- Mullita (Mul)

En los afloramientos de la Fm Lignitos de Escucha, es relativamente frecuente encontrar, a techo de los niveles carbonosos materiales conocidos regionalmente como "tierra quemada", "porcelanitas".....

Dichos materiales, con un aspecto escoriáceo o de ladrillo cocido característico y coloración rojiza han sido estudiados por diversos autores en la región (LOPEZ AGUAYO et AL, 1974; BASTIDA CUAIRAN et AL, 1984).

LOPEZ AGUAYO et AL, 1974, estudian materiales de este tipo en una sección del miembro medio de la citada formación, próxima a Utrillas, identificando la asociación cuarzo-cristobalita-mullita, con cantidades menores de goethita y limonita y proponiendo para la mullita un origen postsedimentario mediante procesos térmicos, por combustión espontánea de los niveles de lignito, actuando sobre la caolinita presente en las arcillas y arenas de la formación. La potencia de estos niveles "escoriáceos" es muy variable, desde centimétrica a métrica. Los análisis químicos que realizan sobre muestras de estas mullitas naturales proporcionan los siguientes resultados:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
U-1	57,60	21,58	0,77	7,32	0,40	2,66	0,19	1,66	2,80
U-2	61,20	23,02	0,83	6,62	0,50	0,84	0,19	1,76	2,33
U-3	63,20	23,24	0,85	4,16	1,11	0,28	0,27	1,83	1,98
U-4	66,50	23,64	0,96	3,21	0,71	0,56	0,86	0,85	1,17

	CUARZO	MULLITA	CRISTOBALITA	GOETHITA	YESO
U-1	35	30	20	10	10
U-2	30	30	25	15	--
U-3	35	35	30	--	--
U-4	20	30	50	--	--

No se tienen noticias acerca del aprovechamiento de estos materiales dentro de la hoja. En la vecina hoja 1:50.000 n° 494 (Calanda), materiales similares extraídos en el Val de la Piedra, término de Calanda, son usados como áridos triturados para recubrimiento de pistas. Estos materiales, estudiados por BASTIDA et AL, 1984, ponen de manifiesto la asociación mullita-cristobalita-espinela y la siguiente composición química:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
56,82	37,26	0,37	2,01	0,77	0,35	0,06	0,97	0,91
56,00	38,20	0,37	2,19	0,77	0,45	0,06	0,97	0,91

3.15.4.- Pizarra (Piz)

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
37	438-1	(6)	438	649.150	4564.750	Indicio	Desconoc.	--
79	465-6	(6)	465	627.900	4527.850	Indicio	Desconoc.	--

A pesar de la abundancia de términos pizarrosos en las series paleozoicas de la hoja, las pizarras, por su grado de fracturación o por la dificultad de obtener lajas de dimensiones comerciales no son susceptibles de aprovechamiento para este fin.

En el inventario de indicios se han señalado 2 puntos que podrían tener interés: 37 y 79.

El punto nº 37 se localiza en las proximidades de Cerveruela (Zaragoza), hoja 1:50.000 nº 438. Los materiales aflorantes con interés pertenecen a las formaciones Deré y al tramo inferior de la Fm Santed, ambas del Tremadoc, tratándose de pizarras y limolitas pizarrosas, pardo-negruczas con esporádicas intercalaciones cuarcíticas y fracturación superficial.

El punto 79 se localiza en la subida al puerto de Balconchán (Zaragoza), donde afloran las pizarras y limolitas negruzcas de la Fm Borrachón. Aunque no existe un lajeado fino sí es posible la obtención de losas para solados.

### 3.15.5.- Sulfatos aluminicos (Alu)

Número	Nº de campo	Formación	Hoja 1/50.000	COORDERNADAS UTM		Estado	Reservas	Producción t
235	518-19	(25)	518	687.100	4518.950	Indicio	Bajas	--
238	518-12	(26)	518	701.620	4521.600	Indicio	Bajas	--

La presencia de sulfatos aluminicos en las formaciones lignitos de Escucha y Arenas de Utrillas es un hecho relativamente frecuente en el sector turolense de la Cordillera Ibérica, habiendo sido citados por diversos autores: IGME, 1981-b; FERNANDEZ NIETO et AL, 1982, IGME, 1985-a; IGME, 1987.

El interés económico de estos materiales es escaso habiéndose utilizado localmente para obtención de alumbre. Se presentan normalmente en forma de nódulos o niveles nodulares con pocos metros de desarrollo lateral y una potencia decimétrica, inferior a 0.5 m. Su aspecto es característico: color blanco a pardo amarillento, quebradizos, fractura concoidea....

Materiales de este tipo se localizan en la hoja 1:50.000 nº 518 en los puntos nº 235 y 238.

FERNANDEZ NIETO et AL, 1982, estudian en el punto nº 235 una sección de la Fm Lignitos de Escucha en las proximidades de Casas del Molar, término de Montalbán, hoja 1:50.000 nº 518, en la que aparece un nivel nodular de 10 cm de espesor. El mineral dominante en los nódulos es el sulfato básico de aluminio, aluminita, en asociación con metasideronatrita, habiéndose registrado además la presencia de cuarzo.

En otros puntos de la sección aparecen nódulos amarillentos compuestos por los siguientes sulfatos: jarosita (sulfato básico de hierro y potasio), metasideronatrita (sulfato básico hidratado de hierro y sodio) y ferrinatrita (sulfato hidratado de hierro y sodio).

Los citados autores interpretan la génesis de estos materiales como consecuencia de la acción de soluciones ricas en aniones sulfato, procedentes de la alteración de pirita en los lechos de lignito, sobre silicatos aluminicos.

#### 4.- IMPACTO AMBIENTAL

#### 4.- IMPACTO AMBIENTAL

##### 4.1.- VALORACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

La evaluación precisa del impacto ambiental generado por la actividad extractiva minera en la Hoja requiere estudios detallados que desbordan los objetivos de los Mapas de Rocas y Minerales Industriales. No obstante, y con el objeto de obtener una aproximación simple y cualitativa, de los efectos generados, detectables visualmente o deducibles en otros casos, se ha efectuado una valoración, recogida en las fichas-inventario de cada explotación, teniendo en cuenta la incidencia sobre los siguientes aspectos :

- Visibilidad y alteración del paisaje
- Contaminación atmosférica
- Vegetación
- Aguas superficiales
- Aguas subterráneas
- Polvo
- Ruido
- Vibraciones por voladuras

Los mayores impactos ambientales dentro de la Hoja de Daroca son imputables a las explotaciones de lignito y, estrechamente ligadas a ellas, a la actividad de las centrales térmicas. No obstante, y a pesar de que la explotación de los recursos de arcillas de las formaciones Lignitos de Escucha y Arenas de Utrillas es una alternativa seria a la minería del carbón (como ya sucede en el punto 131) no han sido consideradas en este apartado.

El impacto visual y paisajístico es el que presenta un carácter más marcado dentro de la hoja. Dado el bajo grado de actual aprovechamiento de las rocas y minerales industriales las áreas afectadas se localizan en puntos muy concretos:

#### Sector Estercuel-Gargallo-Crivillén

En el triángulo formado por estas localidades se ubica la mayor concentración de explotaciones activas de la hoja, dedicadas todas a la extracción de arcillas en la Fm Arenas de Utrillas. Los frentes presentan, en general, grandes dimensiones con notables espesores de cobertera y alto ratio de estériles (4:1), lo cual se traduce en un importante volumen de escombreras agravado, además, por el alto contraste cromático que ofrece la citada formación al quedar al descubierto.

El área citada presenta, en consecuencia, una notable agresión paisajística en el contexto de una región ya por sí notablemente afectada por la minería a cielo abierto del carbón.

#### Sector Ojos Negros

Aunque la extracción de mineral en estas minas se ha dirigido esencialmente al sector siderúrgico, una pequeña parte de la misma ha sido consumida en el sector cementos, razón por la que se han considerado en este capítulo los notables efectos ambientales de la misma. Los frentes ocupan una privilegiada posición topográfica en la línea divisoria de Sierra Menera, a ambos lados de la misma, totalizando las cortas de extracción más de 4.700 m de longitud; a esto hay que añadir las notables masas de escombreras de color ocre, con dimensiones asimismo kilométricas, en las que no se ha realizado labor de restauración alguna. El conjunto es visible desde muchos kilómetros de distancia en las hojas 1:50.000 nº 515 y 516.

Dado que no existen drenajes en las cortas y que permanece en las mismas un importante volumen de mineral es previsible un notable efecto sobre las aguas subterráneas.

#### Sector Albalate del Arzobispo

El vértice NE de la hoja 467, en el término de Albalate del Arzobispo presenta una alta concentración de frentes, pertenecientes la mayor parte a una misma concesión, para extracción de bolos de alabastro. El carácter superficial del nivel con interés ha condicionado un laboreo con gran desarrollo lateral y escasa penetración vertical con alta visibilidad dado el bajo relieve de la zona. El descascarillado de los bolos y la remoción de estériles ha generado asimismo un importante volumen de escombreras.

### Sector Plou

El entorno de Plou, en el vértice nororiental de la hoja 1:50.000 n° 492, presenta asimismo una alta concentración de explotaciones para extracción de arena caolinífera o arena silíceas de la Fm Arenas de Utrillas. La visibilidad de las explotaciones es alta, pero, dado el bajo grado de actividad existente y las dimensiones relativamente pequeñas de las explotaciones, el impacto alcanzado no es equiparable al de las zonas anteriormente citadas. La única explotación activa de arenas vierte los estériles en un socavón de una antigua explotación, minimizándose el impacto.

### Sector Laguna de Gallocanta

Hay que señalar, por último, una alta concentración de frentes (15) para extracción de grava en La Lagunica (punto 189), en el límite de la demarcación del sector SE del Parque Natural de la Laguna de Gallocanta. Aunque, globalmente, este punto ha sido considerado en el inventario de explotaciones como inactivo, hay que señalar una pequeña actividad extractiva, no sujeta a control administrativo, en algunos de los quince pequeños frentes existentes.

## 4.2.- RESTAURACION DE EXPLOTACIONES

No se han observado labores de restauración en ninguna de las explotaciones abandonadas. Algunas de ellas han sido recuperadas por labores de labranza.

Hay que señalar la notable labor de restauración de escombreras que la empresa MYTA realiza en la explotación de sepiolita de Orera (hoja n° 438). El sistema de explotación empleado, basado en la transferencia de estériles, permite una casi simultánea recuperación de los frentes.

## 4.3.- LEGISLACION APLICABLE

Entre la legislación vigente con incidencia en los aspectos ambientales de las explotaciones mineras hay que señalar :

#### **NORMAS GENERALES**

- # Reglamento CEE n° 1872/1984, de 28 de Junio, relativo a acciones comunitarias de medio ambiente.
- # Real Decreto 1302/1986, de 28 de Junio, de evaluación de impacto ambiental.
- # Real Decreto 1131/1988, de 30 de Septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de Junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- # Delitos ecológicos : Código penal (artículo 347 bis).

#### **MEDIO ATMOSFERICO**

- # Ley 38/1972, de 22 de Diciembre, de protección del ambiente atmosférico.
- # Real Decreto 2512/1978, de 14 de Octubre, para aplicación del artículo 11 de la Ley 38/1972, de 22 de Diciembre.
- # Decreto 833/1975, de 6 de Febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de Diciembre de protección del ambiente atmosférico.

#### **NORMATIVA BASICA SOBRE AGUAS**

- # Ley 29/1985, de 2 de Agosto, de aguas

#### **RESTAURACIONES**

- # Real Decreto 2994/1982, de 15 de Octubre, sobre restauración del espacio natural afectado por actividades mineras.

#### **ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS**

- # Ley 15/1975, de 2 de Mayo, de espacios naturales protegidos.
- # Real Decreto 2676/1977, de 4 de Marzo, por el que se aprueba el reglamento para la ejecución de la Ley 15/1975, de 2 de Mayo.



#### 4.4.- ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

Dentro de la hoja de Daroca se enclavan dos zonas de alto valor natural: Monasterio de Piedra (a) (hoja 437) y Laguna de Gallocanta (b) (hojas 490-491).

En fecha reciente la Diputación General de Aragón ha realizado una propuesta de inventario de parajes y puntos de interés natural. Además de las dos zonas ya citadas, hay que señalar dentro de la hoja (figura 12) :

- (c) - Sierra de Algairén (hoja 438)
- (d) - Virgen de Herrera y Embalse de las Torcas (hoja 439)
- (e) - Avellanar de El Colladico (hoja 466)
- (f) - Valle de la Fonfría (hojas 466-492)
- (g) - Pinares de Segura de los Baños (hoja 492)
- (h) - Desfiladeros del Río Martín (hoja 493)
- (i) - Sima de San Pedro (hoja 467)
- (j) - Sierra de Arcos (hoja 467)
- (k) - Acebera de Cuatro Mojones (hoja 518)
- (l) - Aliaga (hoja 518)
- (m) - Organos de Montoro (hoja 518)
- (n) - Sierras de Bordón y Garrocha (hoja 518)
- (o) - Diversas zonas de sabinares ibéricos



Figura 12.- Situación de espacios naturales

## 5.- VALORACION MINERO INDUSTRIAL

## 5.- VALORACION MINERO INDUSTRIAL

La minería de rocas y minerales industriales en la hoja 1:200.000 de Daroca aparece caracterizada por los siguientes factores :

- Bajo aprovechamiento de los recursos existentes. Si se exceptúa la extracción de arcillas (cerámicas, especiales) o la de gravas, el aprovechamiento del resto de las sustancias descritas en el capítulo 3 es meramente puntual.
- Práctica ausencia de centros de transformación
- El consumo, a excepción de los áridos, se realiza por entero fuera de la hoja

El reparto de la producción anual dentro de la hoja, por sustancias y provincias (datos oficiales más estimaciones en puntos sin información) es el siguiente:

	<u>Guadalajara</u>	<u>Ieruel</u>	<u>Zaragoza</u>	<u>Total</u>
- Arcillas	--	314.770 t	--	314.770 t
- Sepiolita	--	--	75.000 t	75.000 t
- Arena silícea lavada	--	22.350 t		22.350 t
- Arena silícea	--	14.010 t		14.010 t
- Grava	--	201.000 t	96.529 t	306.539 t
- Barita	--	--	5.600 t	5.600 t
- Caliza	7.500 t	109.590 t		117.090 t
- Oxidos de hierro	--	--	14.400 t	14.400 t
- Alabastro	--	988 t	--	988 t
- Yeso	--	4.470 t	--	4.470 t

## 5.1.- USO Y DESTINOS DE LA PRODUCCION

### 5.1.1.- Rocas ornamentales

No existen explotaciones de esta categoría dentro de la Hoja, a pesar del importante número de formaciones calcáreas existentes. Con este objeto se han efectuado intentos de explotación en las proximidades de Belchite (punto nº 47) sobre la Fm Calizas con oncolitos de Higuieruelas (Malm). Dicha explotación no prosperó, aparentemente, por la densa red de microfisuración existente.

De forma muy puntual se extrajeron algunos bloques del afloramiento piroclástico de Codos para uso monumental en Zaragoza.

### 5.1.2.- Rocas de construcción

Los recorridos de campo han puesto de manifiesto el ingente potencial de areniscas rojas de las facies Buntsandstein existentes en la Sierra de Caldereros (provincia de Guadalajara). En muy diversos puntos de esta sierra es observable la fácil disyunción en placas y losas de espesor centimétrico, merced a la estratificación cruzada de bajo ángulo, que presentan estos materiales. Hasta la fecha el área permanece inexplorada. Estos materiales podrían emplearse en solados rústicos.

Los niveles más potentes y homogéneos de esta formación en este área podrían ser explotados para obtención de sillería (recordemos que la arquitectura popular y monumental de la próxima localidad de Molina de Aragón tiene como base las areniscas rojas del Buntsandstein). En este sentido hay que señalar el aprovechamiento mediante laboreo artesanal, en diferentes afloramientos dispersos en torno a la localidad de Castellar de la Muela (al Sur de la Sierra de Caldereros), de niveles de areniscas blanquecinas para elaboración manual de piezas especiales (dinteles, sillería,...).

En la localidad de Alacón, Teruel (hoja 1:50.000 nº 467), se ha inventariado una explotación incipiente (punto nº 253) que aprovecha niveles de calizas margosas wealdenses para obtención de baldosas, losas, ... de "piedra natural".

Los afloramientos andesíticos del área de Segura de los Baños (Teruel) fueron explotados en los puntos 112 y 113 para obtención de adoquinado. Estos materiales presentan además, tomando en cuenta los ensayos de caracterización disponibles, un óptimo comportamiento como árido de calidad (balasto ferroviario).

La obtención de mampostería caliza, por último, no plantea problemas dada la notable extensión de afloramientos, esencialmente mesozoicos, razón por la que no se ha incidido en este aspecto.

### 5.1.3.- Aridos naturales

La Hoja presenta un ingente potencial de materiales aptos para este uso, tanto en el apartado de arenas como de gravas.

La producción de arenas y gravas para uso como áridos es de 320.549 toneladas de las que 14.010 proceden de explotaciones de arenas de la Fm Arenas de Utrillas y el resto de diversas formaciones terciario-cuaternarias con alto contenido en gravas y cantos.

Las arenas de la Fm Arenas de Utrillas presentan una relativa variabilidad de calidades en función de la distribución granulométrica del "todo-uno", presencia de matriz arcillosa, ... En los puntos sometidos a ensayo el "equivalente de arena" oscila entre 51-75 %. Son empleadas habitualmente en obras locales en revocos de cemento. En determinados casos, la granulometría natural permite su uso como árido fino para hormigones en obras de fábrica.

Los datos de producción de arena pueden aumentarse sensiblemente si se tiene en cuenta la existencia de numerosos "areneros" locales que sin duda son aprovechados puntualmente según necesidades.

La producción oficial de gravas es de 146.539 toneladas; la producción real puede, no obstante, doblar esta cifra estimándose en más de 160.000 las toneladas procedentes de diversas explotaciones no sujetas a control.

Se aprovechan con este fin la mayor parte de las formaciones terciarias detríticas de borde existentes, así como diversos depósitos pliocenos y cuaternarios. El uso principal que reciben es el de áridos para hormigones y obras públicas. El consumo es local o regional.

El coeficiente de desgaste de Los Angeles oscila para la mayor parte de los materiales analizados entre 24-31 %, alcanzándose puntualmente valores de 19-20 %. Son por tanto, a priori, aptas para su empleo como árido grueso en hormigones, bases de carretera de macadam y grava-cemento, ..., rozándose el límite para su uso en capas de rodadura mediante tratamiento con ligantes bituminosos.

#### 5.1.4.- Aridos de trituración

Al igual que en el caso de los áridos naturales, la Hoja cuenta con reservas que pueden, al margen de criterios económicos marcados por las distancias a los puntos de consumo, ser consideradas como inagotables. Además de las formaciones calcáreas, esencialmente mesozoicas y terciarias, y cuarcitas paleozoicas, hay que considerar asimismo la posibilidad de obtención de áridos de calidad en los afloramientos cuarcíticos y en algunos de los afloramientos de rocas ígneas de la Hoja.

La producción de áridos triturados es de alguna forma un índice del grado de industrialización y de la densidad de las vías de comunicaciones de una hoja. En este sentido, y a pesar del alto potencial ya citado, el aprovechamiento de los materiales calcáreos presentes en la hoja de Daroca es mínimo, con una producción de 117.090 toneladas de las que 72.090 corresponden a la única explotación estable existente (punto nº 186).

En lo referente a materiales calcáreos, tomando como referencia el coeficiente de desgaste de "Los Angeles" los materiales que ofrecen mejores resultados pertenecen al Cámbrico y Lías, frente a las calizas dolomíticas del Muschelkalk que son las que proporcionan valores más altos. Las calizas del Cretácico superior, aunque duras y compactas proporcionan un alto porcentaje de finos en el machaqueo lo que las hace las menos adecuadas para capas de rodadura o incluso capas intermedias.

Los valores de este coeficiente y del de pulimento acelerado, según edades, son los siguientes:

	Los Angeles		C.P.A.	
	A	B	Inicial	Final
Cámbrico	20.0-22.5	20.5-22.0	71	35
Facies Muschelkalk	24.6-31.0	28.5-29.0	60	37
Lías	23.1-28.0	26.0	68	36
Dogger-Malm	25.5-31.0	26.0	68	35
Cretácico superior	21.5-24.5	21.0-24.0	66	35

En el apartado de cuarcitas, los afloramientos más potentes corresponden a la Fm Cuarcita Armórica (Arenig) y a la Fm Cuarcita Blanca (Llandovery inferior). Ambas fueron explotadas anteriormente para uso en ferroaleaciones, utilizándose los rechazos como áridos de machaqueo. No obstante, no son estas formaciones las que ofrecen mejores resultados mecánicos. En este sentido, tomando como referencia los valores medios del coeficiente de desgaste de Los Angeles y del de pulimento acelerado, los resultados obtenidos en las formaciones analizadas son los siguientes :

	Los Angeles		C.P.A.	
	A	B	Inicial	Final
Fm Almunia	14.0	14.0	84	50
Fm Valconchán	13-16	12-15	59-67	42-58
Fm Borrachón	21.5-23.5	21.5-22.5	57-59	44-45
Fm Deré	13-16.5	13.5-14.5	61-71	55
Fm Cuarcita Armórica	15.5-22	16.5-21	58-74	41-55
Fm Cuarcita Blanca	18.5	17	79	45

En general, los valores más altos del coeficiente de desgaste se corresponden con contenidos en  $\text{SiO}_2$  en los análisis químicos superiores al 95 %, obteniéndose mejores resultados con contenidos en  $\text{SiO}_2$  inferiores al 90 %.

El principal problema de estos materiales es la alta abrasividad que presenta sobre la maquinaria de trituración. Los niveles más compactos pueden ser utilizados como balasto ferroviario; recordemos en este sentido la existencia en la provincia de Zaragoza (Purroy) de canteras que explotan cuarcitas con este fin.

En la actualidad el único aprovechamiento que se hace sobre este tipo de materiales corresponde a diversos coluviones pizarrosos con delgadas intercalaciones de cuarcitas o areniscas cuarcíticas, utilizadas como zavorras naturales.

La hoja cuenta con un número notable de manifestaciones volcánicas (la mayor parte de ellas no representables cartográficamente a escala 1:200.000) entre las que predominan las de carácter andesítico y riolítico. El principal obstáculo que encuentra su posible aprovechamiento es el de las reducidas dimensiones de los afloramientos unido a un alto grado de alteración, así como una dispersión geográfica relativamente amplia.



En la zona de Segura de los Baños se señalan una serie de diques andesíticos cuyos materiales han proporcionado un excelente resultado en los ensayos mecánicos (coeficiente de desgaste de "Los Angeles" variable entre 8,5-11 %) por lo que podrían servir para árido balístico de calidad. El aprovechamiento de los diferentes puntos sólo puede plantearse de una forma conjunta.

En el entorno de Santa Cruz de Nogueras-Loscós (hoja 1:50.000 n° 466) existen asimismo algunos afloramientos con interés (puntos 93, 94,...)

### 5.1.5.- Cementos

No existen fábricas de cemento dentro de la hoja, ubicándose las más cercanas en las localidades de Morata de Jiloca y Muel (Zaragoza).

Dentro de este sector hay que señalar la aportación, en el capítulo de aditivos, de una parte de la producción de óxidos de hierro del punto n° 40 (Mina Marité), empleada en las fábricas antes mencionadas. Las leyes del mineral oscilan entre 72-75 % de  $Fe_2O_3$ , siendo su constituyente principal hematites (72 %) y goethita y cantidades variables de cuarzo y filosilicatos. Un uso similar podrían darse a los óxidos de hierro del punto n° 30, situado en las proximidades de Codos, donde los contenidos en  $Fe_2O_3$  son sensiblemente superiores (88 %).

Con leyes inferiores (40 %  $Fe_2O_3$ ) hay que señalar, dentro del capítulo de aditivos para cementos, que parte de la producción de óxidos de hierro de las hoy paralizadas minas de Ojos Negros era consumida tanto por las fábricas de la región como por las del área levantina (67.399 t en 1.984).

En lo referente al resto de las materias primas utilizables en la fabricación de cemento hay que señalar que, caso de ser requeridas, la Hoja presenta calidades y reservas suficientes de rocas aptas para este sector industrial (calizas, margas, arcillas, pizarras, arenas, yeso,...).

### 5.1.6.- Cales

Al igual que en el caso de los cementos, no existen en la Hoja plantas de producción de cal, considerando que, caso de ser requerido, no habría problemas de abastecimiento de materias primas aptas para este sector.

### 5.1.7.- Yesos y escayolas

Tampoco en este sector se plantean problemas de abastecimientos. La hoja de Daroca contó con diversas fábricas de yesos y escayolas, ubicadas en Fuentes de Jiloca, encontrándose actualmente abandonadas y paralizadas las explotaciones de las que se abastecían. Los ensayos sobre materiales de esta zona (interesante entre otras razones por su proximidad a la autovía de la N-II) revelan índices de pureza del 95,7 %, con una ley de 44,7 %  $SO_3$ , catalogándose el yeso crudo como Clase I Extra y el producto cocido como Y-25-F y E-35.

En Villafeliche, a pocos kilómetros de Fuentes de Jiloca, existe una planta de fabricación de planchas de escayola que debe traer la materia prima desde puntos muy alejados, fuera de la hoja.

Yesos de calidad (46,4 %  $SO_3$ ) han sido extraídos asimismo en la zona de Barrachina (punto 201) permaneciendo, sin embargo, la producción (4.470 t) apilada en cantera.

Existen, igualmente, importantes reservas en las proximidades de Albalate del Arzobispo, si bien la atención en esta zona está dirigida hacia los bolos de alabastro utilizados en ornamentación.

Por su posición más alejada de los afloramientos clásicos de formaciones yesíferas hay que señalar los yesos de la Cubeta de Alloza (hoja 1:50.000 n° 493). La exploración de detalle realizada por el ITGE revela un volumen de recursos estimados en  $3,18 \text{ Mm}^3$  de yesos con calidades catalogables como clase II y III.

### 5.1.8.- Ladrillos y tejas

No hay en la hoja (hecho bastante significativo) ninguna fábrica de ladrillos, procediendo los suministros de estos productos de fábricas ubicadas en localidades próximas : Calatayud, Alcorisa, Andorra,.... Arcillas aptas para este uso están bien representadas en el relleno de la Depresión de Calatayud habiendo sido utilizadas en fábricas actualmente abandonadas (Navarrete del Río); en el Barranco de la Tejería, próximo a Montalbán se localiza otra fábrica abandonada que utilizó limos arcillosos de la Fm Arenas de Utrillas.

A pesar de la notable producción de arcillas de la Hoja de Daroca, el porcentaje empleado en productos cerámicos estructurales es mínimo. La producción asignable a este sector puede estimarse no superior a 10.000 t procedentes del punto 117 (Plou), donde se explota la Fm Arenas de Utrillas.

Las arcillas pirofiliticas de la Fm Bâdenas han sido recientemente ensayadas para fabricación de ladrillos de cara vista con éxito.

### 5.1.9.- Pavimentos cerámicos

La producción de arcilla en el sector de la provincia de Teruel comprendido en la hoja de Daroca asciende a 314.770 t , de las que, aproximadamente 5.000 t corresponden a depósitos de las facies Weald y el resto (309.770 t ) proceden de la Fm Arenas de Utrillas.

La mayor parte de la producción de arcillas de la Fm Arenas de Utrillas orbita en torno a la demanda de la industria cerámica castellanense donde son empleadas en fabricación de productos cerámicos muy diversos: revestimientos y pavimentos de pasta blanca, pavimentos de pasta roja, gres porcelánico, gres rústico, lozas,...Sólo una pequeña parte de la producción permanece en la región, aunque fuera de la hoja, siendo consumida en diversas fábricas de gres natural o rústico ubicadas en Alcañiz y Teruel.

Los puntos de extracción se concentran en el tercio suroriental de la hoja 493, en los afloramientos de la Fm Arenas de Utrillas comprendidos dentro de la cuenca de Estercuel-Ariño. Son en su mayor parte frentes de grandes dimensiones, con un elevado ratio de estériles y una alta incidencia en los costes extractivos.

Las arcillas presentan tipos muy variados pudiendo agruparse en tres tipos básicos:

- \* Arcillas caolinítico-iliticas, arenosas. La producción de este tipo de arcillas es, hoy por hoy, la más importante, ascendiendo a 232.470 t .
- \* Arcillas caolinítico-iliticas con materia orgánica, más plásticas que las anteriores. La producción, creciente, asciende a 75.000 t , siendo muy reciente la entrada en el mercado de este tipo de arcillas.
- \* Arcillas caoliníticas, susceptibles de ser utilizadas en cerámica refractaria, chamotas,....La producción es muy pequeña y variable (2.300 t ).

Tradicionalmente, las denominadas "arcillas de Teruel", han correspondido al primer tipo de arcillas descrito. Ya se ha señalado asimismo la reciente introducción en el mercado del segundo tipo de arcillas. Este hecho unido a la existencia de una planta de triturado y homogeneización de arcilla, con capacidad de producción prevista de 350.000 Tm/año, va a condicionar notablemente la evolución futura del sector con una oferta de arcillas sujetas a estrictos controles de calidad en cantera y con posibilidades de competir con las arcillas importadas de Francia, Inglaterra y Alemania.

Las reservas de arcillas son especialmente importantes en el sector Ariño-Oliete, constituyendo en algunos puntos el estéril de las explotaciones de lignito. En el área de Estercuel y Crivillén existen asimismo importantes reservas bajo la cobertera terciaria aflorante al oeste de dichas localidades.

#### 5.1.10.- Refractarios

Aunque diversas materias primas presentes en la Hoja pueden encontrar aplicaciones como refractarios de sílice y semisílice (algunas cuarcitas, arenas de la Fm Arenas de Utrillas,...), las posibilidades más interesantes se centran en torno a los refractarios aluminosos (30-45 %  $Al_2O_3$ ) y silicoaluminosos (10-30 %  $Al_2O_3$ ). Dentro de esta categoría pueden englobarse parte de las arcillas explotadas en el punto 135 (Oliete, Teruel), con contenidos en  $Al_2O_3$  de hasta un 31 %. Tradicionalmente fueron empleadas en fabricación de ladrillos refractarios y chamotas. En la actualidad la producción es procesada en la planta de homogeneización de arcilla de Euroarce ubicada en Ariño. Un uso similar han tenido las arcillas refractarias explotadas en el punto 129 (Ariño, Teruel).

Otra interesante posibilidad que ofrece la Hoja de Daroca está representada por los refractarios básicos (refractarios de magnesia y de dolomía). En este sentido, los ensayos realizados sobre diversas bolsadas magnésicas de la Fm Calizas de Cistideos en los afloramientos de Sierra Menera (IGME, 1.978) rechazan por el momento esta posibilidad.

#### 5.1.11.- Lozas y porcelanas

La Hoja de Daroca no produce caolines cerámicos en la actualidad, existiendo constancia de la utilización en este sector de los caolines lavados del sector de Alpeñés (punto 207).

Pueden ser utilizadas en formulación de pastas blancas, algunos tipos de arcillas de la Fm Arenas de Utrillas que proporcionan colores de cocción blancos o cremas-claros.

#### 5.1.12.- Vidrio y arenas de moldeo

A pesar de tratarse de dos sectores muy diferentes los hemos considerado conjuntamente dado que las materias primas empleadas y tecnología de procesado son comunes, variando las especificaciones.

Se aprovechan con este fin arenas de la Fm Arenas de Utrillas bajas en matriz arcillosa. La producción de arena silícea lavada asciende a 22.350 toneladas correspondientes a un único punto de extracción (punto nº 147). El material es lavado en Alcañiz siendo utilizado en vidrio y arenas de moldeo, en proporción no determinada, fuera de la Hoja.

El punto nº 207 (Alpeñés, Teruel), actualmente paralizado, produjo asimismo arena silícea lavada empleada en fabricación de vidrio (690 t en 1.987).

Puede considerarse que las reservas de arenas en esta formación aptas para proporcionar, mediante lavado, arenas industriales de calidad, son inagotables, especialmente en los afloramientos de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica donde las intercalaciones arcillosas son menos frecuentes.

### 5.1.13.- Pigmentos

De todos los indicios de óxidos de hierro inventariados, las mejores posibilidades, atendiendo exclusivamente a la composición química, corresponden al filón de hematites del punto nº 30, situado en las proximidades de Codos (Zaragoza). A falta de ensayos más específicos (absorción de aceite, tamaño y forma de partículas, ...) creemos interesante comparar los resultados analíticos de dicho punto con los de otros productos empleados como pigmentos minerales naturales (LEFOND, 1983):

Pais o fuente	Mineral	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	PPC
USA	Hematites	63,0	12,6	4,8	3,2	7,5	8,2
Venezuela	Hematites	96,5	1,5	1,5	0,02	0,03	0,5
Golfo Pérsico	Hematites	73,0	21,0	3,0	0,33	0,80	2,52
Austria	Hematites	90,0	3,5	2,4	1,0	0,5	0,15
Rojo Español	Hematites	85,0	6,5	1,0	1,0	0,5	0,15
Codos (Zaragoza)	Hematites	88,1	6,2	0,2	0,39	2,1	2,97

### 5.1.14.- Abrasivos

Dentro de este sector, la formación con mayor interés vuelve a ser la Fm Arenas de Utrillas, de la que mediante lavado y clasificado, al igual que en el caso de las arenas para vidrio o moldeo, pueden obtenerse arenas aptas para "chorros" abrasivos.

En la actualidad no hay producción destinada a este sector. No obstante, en la vecina hoja 1:50.000 nº 436 (Alhama de Aragón) cuya descripción figura en los anexos a esta memoria, son explotadas arenas de la citada formación para su uso como abrasivo. Los intervalos granulométricos empleados son de 0,8-1,6 mm, 1,6-3 mm y 3-7 mm.

### 5.1.15.- Cargas, filtros y absorbentes

Consideraremos dentro de este apartado un grupo amplio de sustancias : sepiolita, barita, caolín, ...

## SEPIOLITA

La producción de sepiolita es de 75.000 Tm/año, creciente, procediendo de un único punto situado en la localidad de Orera, Zaragoza.

La planta de procesado se encuentra situada a pie de cantera y a pocos kilómetros de la autovía Madrid-Zaragoza, ocupando en consecuencia una posición privilegiada con respecto al resto de las plantas de este sector, ubicadas en su mayoría en el entorno de Madrid (no hay que olvidar que el 80 % de la producción de esta sustancia es vendida en el mercado exterior). Como contrapartida el material explotado presenta una calidad inferior al extraído en la Cuenca de Madrid. El análisis medio del mismo es el siguiente:

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	$\text{K}_2\text{O}$	Sepiolita	Otros silicatos	Detríticos
57.14	3.98	19.12	1.09	1.33	70-82 %	< 25 %	< 10 %

La mayor parte de la producción es empleada en "camas de gatos" y absorbentes industriales.

## BARITA

La minería de la barita en la hoja de Daroca puede ser considerada como minería en retroceso, existiendo numerosos indicios explotados con anterioridad, de los que sólo permanece en activo un punto (nº 31).

La barita producida (5.600 toneladas) es de baja calidad no cumpliendo las especificaciones exigidas para cargas, industria química o lodos. Es empleada en hormigones especiales (aislantes de radiaciones) y en contrapesos. Un análisis medio de esta barita es el siguiente:

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO + MgO	$\text{Ba SO}_4$	Densidad
9.7	1.2	5.3	0.12	82	4-4.1 gr/cc

## CAOLIN

Los indicios de caolín, ligados a la Fm Arenas de Utrillas, son muy numerosos, concentrándose en una serie de sectores que han sido denominados como Alhama de Aragón-Cubel (hojas 1:50.000 nº 437 y 463), Alpeñés-Rillo-Puerto de San Just (hoja 1:50.000 nº 517), Plou-Huesa del Común (hoja 1:50.000 nº 492) y Cañizar del Olivar-Crivillén-La Mata de los Olmos (hoja 1:50.000 nº 518).

Aunque puntualmente existen indicios de interés, en general, los caolines de la zona ofrecen calidades catalogables como medias-bajas, adoleciendo de bajos contenidos en  $Al_2O_3$  (rara vez superan el 30 %), presencia de sílice, óxidos de hierro, alcalinotérreos, o baja blancura.

En la primera de las zonas han sido explotados en la localidad de Cubel (Zaragoza) donde se ubicaba el único lavadero de toda la Hoja, hoy día abandonado. Los caolines de esta zona se explotan actualmente en la vecina hoja de Alhama de Aragón siendo lavados en Calatayud (ver descripción de la hoja 1:50.000 n° 436 en los anexos a esta memoria). El caolín obtenido, de baja calidad, es utilizado como carga en cauchos, pudiendo ser considerado como un subproducto del lavado de las arenas...

La zona más intensamente explotada ha sido la de Alpeñés-Rillo, en actividad hasta fecha reciente. El material era lavado en Alcañiz (Teruel), siendo utilizado en cerámica. Son caolines caracterizados por bajos contenidos en alúmina (15-26%), alto contenido en  $K_2O$  (4-9 %) y blancuras de cocción bajas (45-70 %).

El único punto activo actualmente es el n° 115, localizado en Plou, en la tercera de las zonas señaladas. Se explotan arenas con bajo contenido en matriz caolinífera que son procesadas en Alcañiz. El caolín puede considerarse como un producto residual del lavado de la arena.

En la última de las zonas no existen prácticamente explotaciones. Las arenas se caracterizan por tener escasa matriz arcillosa (7 %). Los puntos con mayor interés se localizan en Cañizar del Olivar.

#### CALIZAS

Aunque en nuestra Hoja no son explotadas, hay que señalar el aprovechamiento de las calizas del Lías, al N de Belchite, para obtención de cargas blancas.

#### ARCILLAS PIROFILITICAS

Los recorridos de campo han puesto de manifiesto la existencia de numerosos indicios de arcillas ilítico-caolinitico-pirofilíticas desarrollados como producto de alteración de las pizarras de la Fm Bâdenas (hoja 1:50.000 n° 466). La correcta evaluación del potencial de estos materiales exigiría la realización de investigaciones de detalle que revelen la profundidad de las alteraciones, desarrollo lateral, leyes del todo uno, composición de la roca inalterada ...



## ARENA SILICEA

Entre los posibles usos que pueden señalarse para las arenas silíceas de la Fm Arenas de Utrillas figura la obtención de sílice molturada y micronizada para cargas industriales. Este destino tienen las arenas lavadas de otros puntos de la Cordillera Ibérica (sur de la provincia de Cuenca).

### 5.1.16.- Usos decorativos

En las zonas de Azaila y Albalate del Arzobispo se extraen bolos de alabastro para uso ornamental. El corte y aserrado de los mismos se realiza en Fitero (Navarra). El alabastro obtenido presenta tonos blancos y translúcidos (tipo "Azaila"); la producción ha ido mermando paulatinamente (5.700 t, en 1.984, 988 t en 1988).

En la zona de Fuentes de Jiloca (hoja 1:50.000 n° 437) los yesos de la Fm Yesos de Calatayud engloban bolos de alabastro potencialmente explotables (IGME, 1985-b). Son alabastros de tonalidades grises oscuras, marrones y amarillo-acarameladas. Esta última variedad, sometida a ensayos industriales presenta buena respuesta en los procesos de aserrado, lijado, barnizado, ... si bien posee mayor dureza que otros alabastros aragoneses..

Otras zonas con indicios se localizan en las proximidades de Lécera (hoja 1:50.000 n° 440).

### 5.1.17.- Otros sectores industriales

- Las cuarcitas de la Fm Cuarcita Armoricana fueron empleadas en ferroaleaciones en una antigua fábrica situada en Monzón, Huesca.
- Se han señalado tres salinas, abandonadas, en las que se obtenía sal por evaporación de salmueras procedentes de manantiales de las Facies Keuper (Nuevalos, Ojos Negros y Armillas). El interés actual puede considerarse como histórico, con valor etnológico.

\* La posibilidad de empleo de calizas de la Hoja para "lecho fluido" en la central térmica de Andorra ha sido, en principio, eliminada por criterios económicos al existir materiales aptos para este fin en sus proximidades.

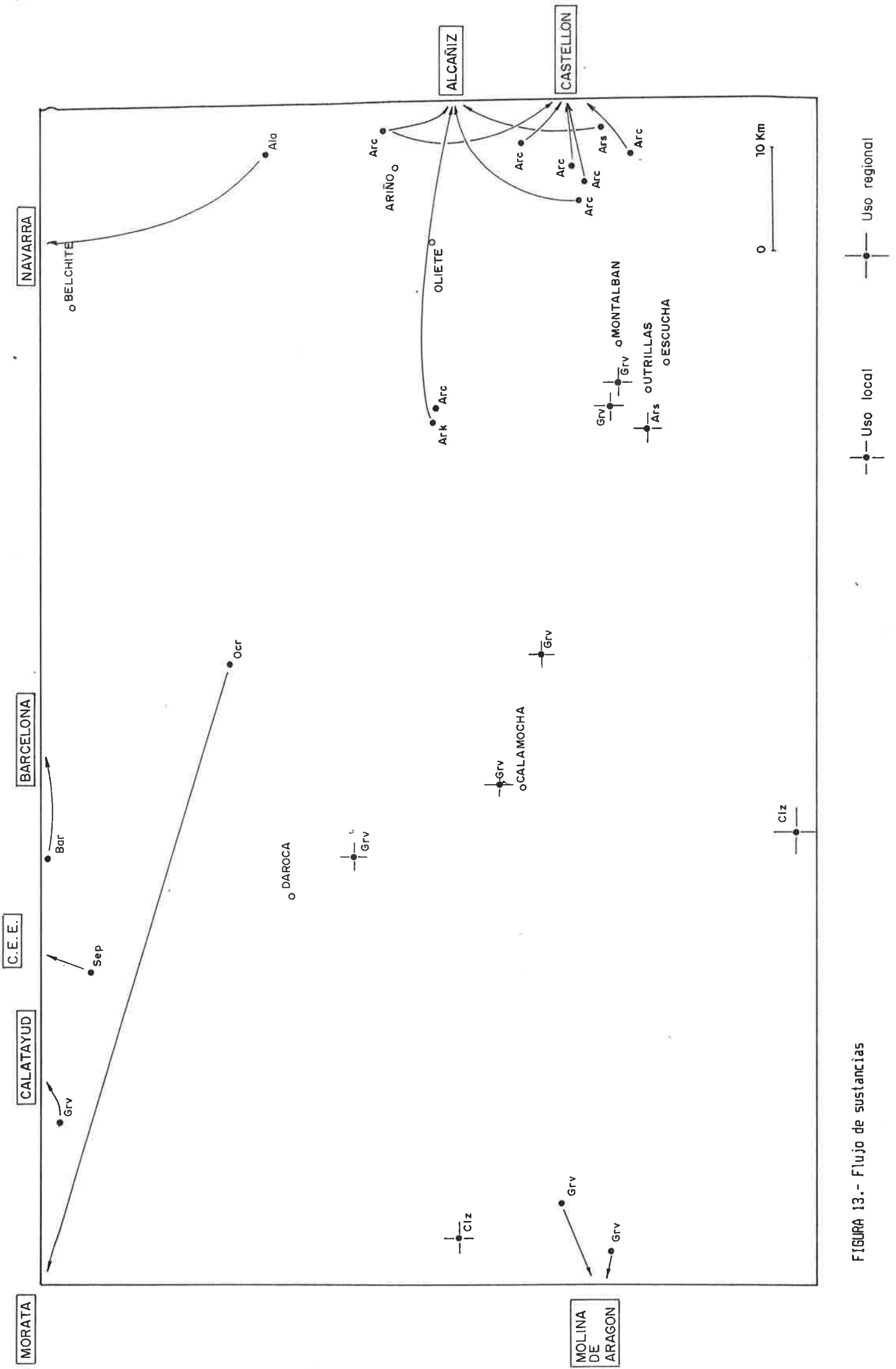


FIGURA 13.- Flujo de sustancias

## 5.2.- PRECIOS

Los datos relativos a precios de sustancias que se ofrecen hacen referencia, por un lado, a los precios puntuales correspondientes al año 1.991 (año de ejecución de la presente hoja) y, por otro lado, a la evolución de dichos precios en los últimos años.

### 5.2.1.- Precios de las sustancias explotadas (Pts/t)

La información procede de encuestas realizadas entre los diferentes productores de la hoja a lo largo de los trabajos de campo. Dado que no siempre se ha contado con la colaboración de las empresas productoras, los datos de algunas sustancias (hematites, sepiolita,...) han sido obtenidos a partir de publicaciones especializadas y corresponden por tanto a valores del mercado nacional o internacional.

Para algunas sustancias hay que señalar asimismo la diversidad de calidades producidas, especialmente en el caso de las arcillas cerámicas, máximo exponente de la minería de rocas industriales en la hoja de Daroca. Estando los precios en función de las calidades y desconociéndose las producciones relativas de cada una de ellas es muy difícil tener un conocimiento aproximado del valor real de la producción en el mercado. A este factor se unen otros igualmente de difícil valoración como pueden ser acuerdos comerciales con las empresas consumidoras, variaciones en la demanda,...

#### ■ ALABASTRO

Variedad "Buñuelo" : 11.000 pts/t

Variedad transparente : 35.000 pts/t

#### ■ ARCILLA

Los precios oscilan según productores entre 1.700-3.000 pts/t. Los valores más altos son alcanzados por las arcillas caoliníticas negras, plásticas y de cocción blanca; los valores intermedios corresponden a arcillas ilitico-caoliníticas ricas en cuarzo y colores de cocción blanquecinos a pardos; los valores más bajos corresponden a las arcillas ferruginosas.

## \* ARENA CAOLINIFERA

Caolín lavado : 6.000 pts/t

Arena silicea lavada : 1.000-3.000 pts/t

Dentro de las arenas lavadas los valores más altos corresponden a las arenas utilizadas en "chorros", con granulometría de 0.8-1.6 mm

## \* BARITA

7.200 pts/t

## \* CALIZA

Arido calizo triturado : 600 pts/t

Baldosas escalfiladas : 3.500 pts/m<sup>2</sup>

Baldosas 30x30 cm : 1.800 pts/m<sup>2</sup>

Baldosas 30x50 cm : 2.000 pts/m<sup>2</sup>

## \* GRAVA

1.000 pts/t

## \* SEPIOLITA

15.000 pts/t

## \* HEMATITES

28.000 pts/t

### 5.2.2.- Evolución de precios (Pts/t)

Para el apartado de evolución temporal de los precios se ha contado con una razonada negativa de la mayor parte de los productores a facilitar información; de hecho sólo se han podido obtener datos acerca de la producción de barita, facilitados por BARITOSA, y correspondientes a las minas de esta sustancia en Tobed (Zaragoza).

Para subsanar la falta de información en este aspecto se ha recurrido al análisis de los datos contenidos en las hojas anuales de estadística minera (Producción vendible y Valor de la Producción), procedentes de los Planes de Labores respectivos y base de la Estadística Minera de España publicada anualmente por el Ministerio de Industria. La calidad o fiabilidad de dichos datos varía notablemente de un explotador a otro detectándose casos carentes de fiabilidad frente a otros en los que se observa una razonable aproximación a los valores reales de mercado por lo que han sido tomados como válidos.

#### # ALABASTRO

1.983	1.984	1.985	1.986	1.987	1.988	1.989
2.580	2.753	2.753	3.361	3.354	2.600	..... ..... .....

El precio real en mercado para la variedad comercial más habitual (Buñuelo) es en 1.991 de 11.000 pts/t, por lo que se considera que estos datos de la evolución del valor de la producción no se ajustan a la realidad.

#### # ARCILLAS FERRUGINOSAS

1.983	1.984	1.985	1.986	1.987	1.988	1.989
200-500	291-479	266-570	301-619	336-732	424-459	382-560

#### # ARCILLAS FINAS

1.983	1.984	1.985	1.986	1.987	1.988	1.989
750	750	825	825	1.200	1.270	1.690

#### # ARCILLAS REFRACTARIAS

1.983	1.984	1.985	1.986	1.987	1.988	1.989
596	550-745	540-815	500	600-745	900	1.500

## \* BARITA

(Datos facilitados por Baritas de Tobed, S.A. -BARITOSA-)

1.983	1.984	1.985	1.986	1.987	1.988	1.989
		5.053	5.641	6.097	6.218	7.200

## \* ARENA SILICEA (Sin lavar)

1.983	1.984	1.985	1.986	1.987	1.988	1.989
114-140	350	175-526	107	180	222-400	269-400

## \* ARENA SILICEA LAVADA (Arenas de moldeo, etc...)

1.983	1.984	1.985	1.986	1.987	1.988	1.989
549	524	525	640	672	667-705	745-903

## \* GRAVA Y ARENA

1.983	1.984	1.985	1.986	1.987	1.988	1.989
114	350			330		

## \* CALIZA TRITURADA

1.983	1.984	1.985	1.986	1.987	1.988	1.989
93	124	139	61	118	122	103

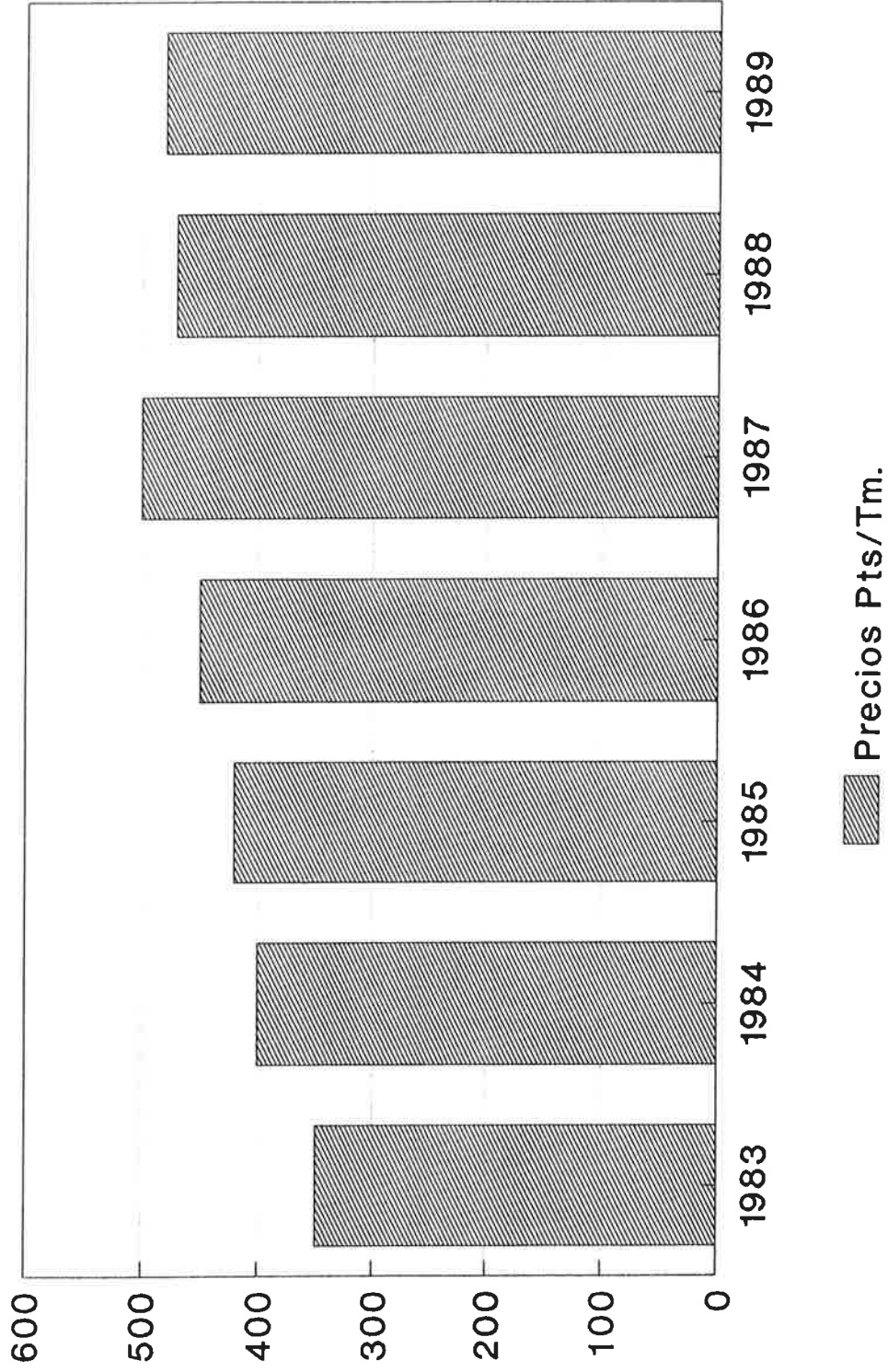
Los datos corresponden al único productor existente actualmente. La evolución del valor de la producción para esta sustancia se aleja notablemente de los valores actuales de mercado.

\* YESO

1.983	1.984	1.985	1.986	1.987	1.988	1.989
280	280	334	345	350		

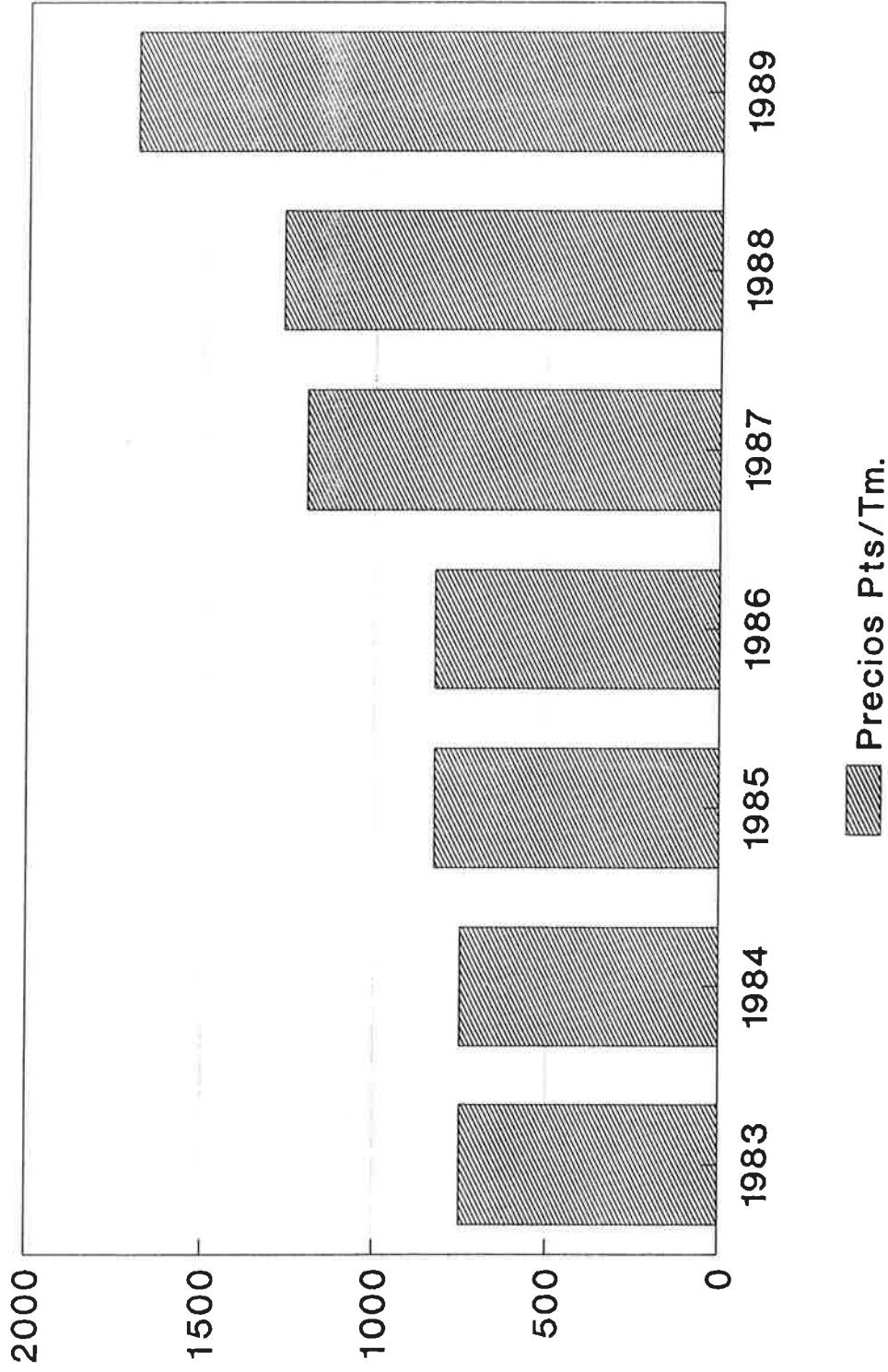


# EVOLUCION DE PRECIOS (Pts/Tm) ARCILLAS FERRUGINOSAS



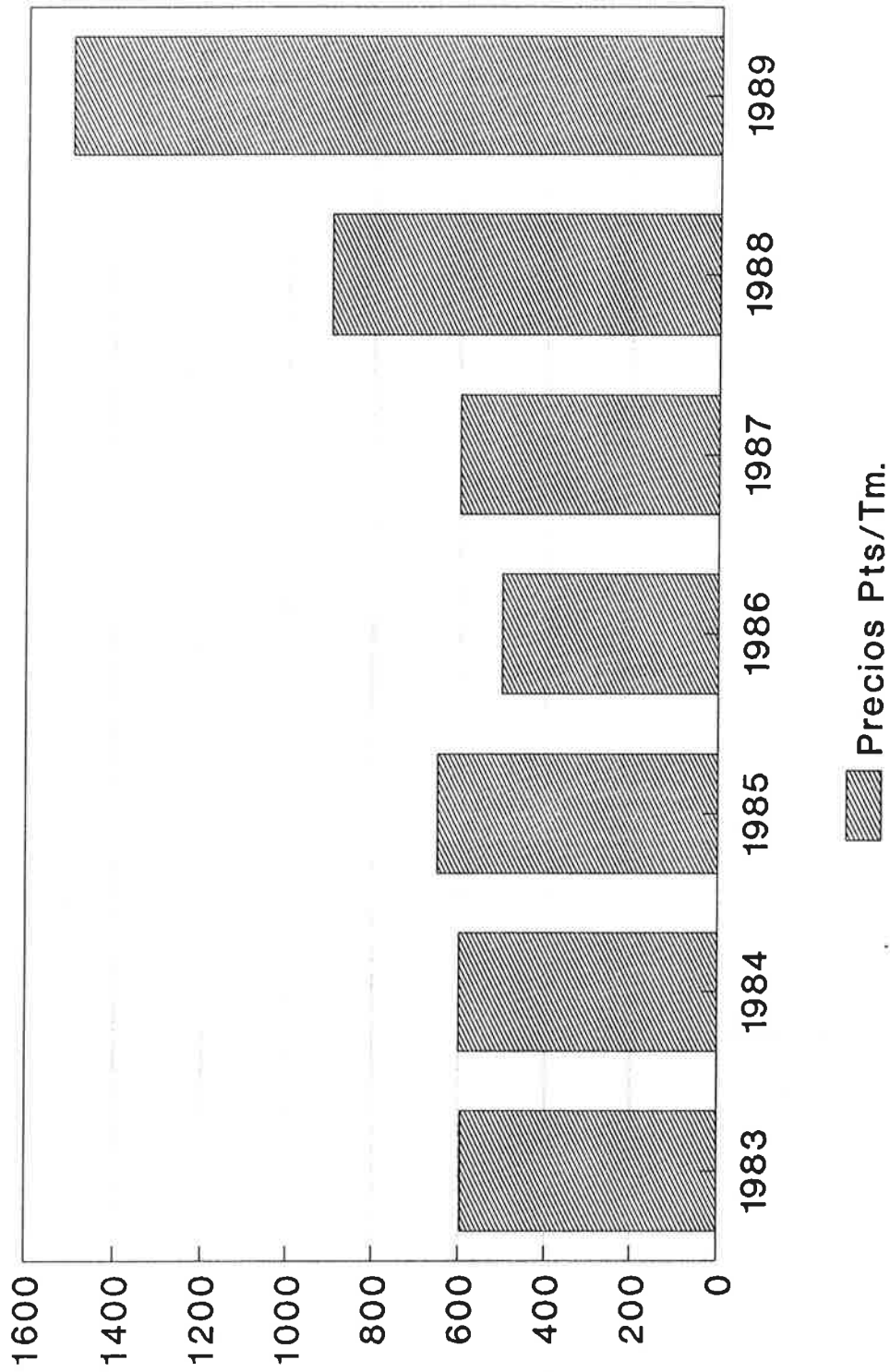
FUENTE ELABORACION PROPIA

# EVOLUCION DE PRECIOS (Pts/Tm) ARCILLAS FINAS



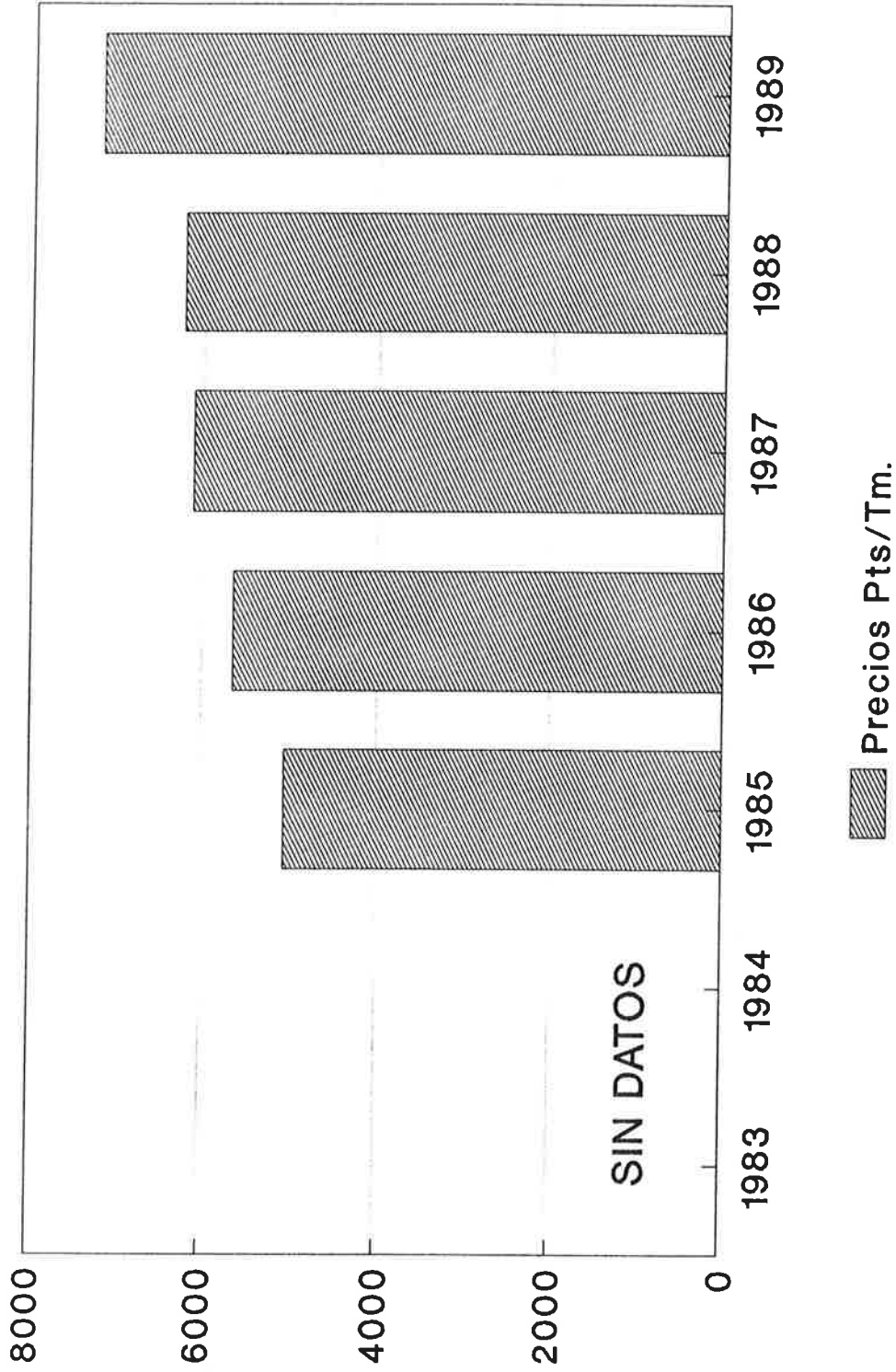
FUENTE ELABORACION PROPIA

# EVOLUCION DE PRECIOS (Pts/Tm) ARCILLAS REFRACTARIAS



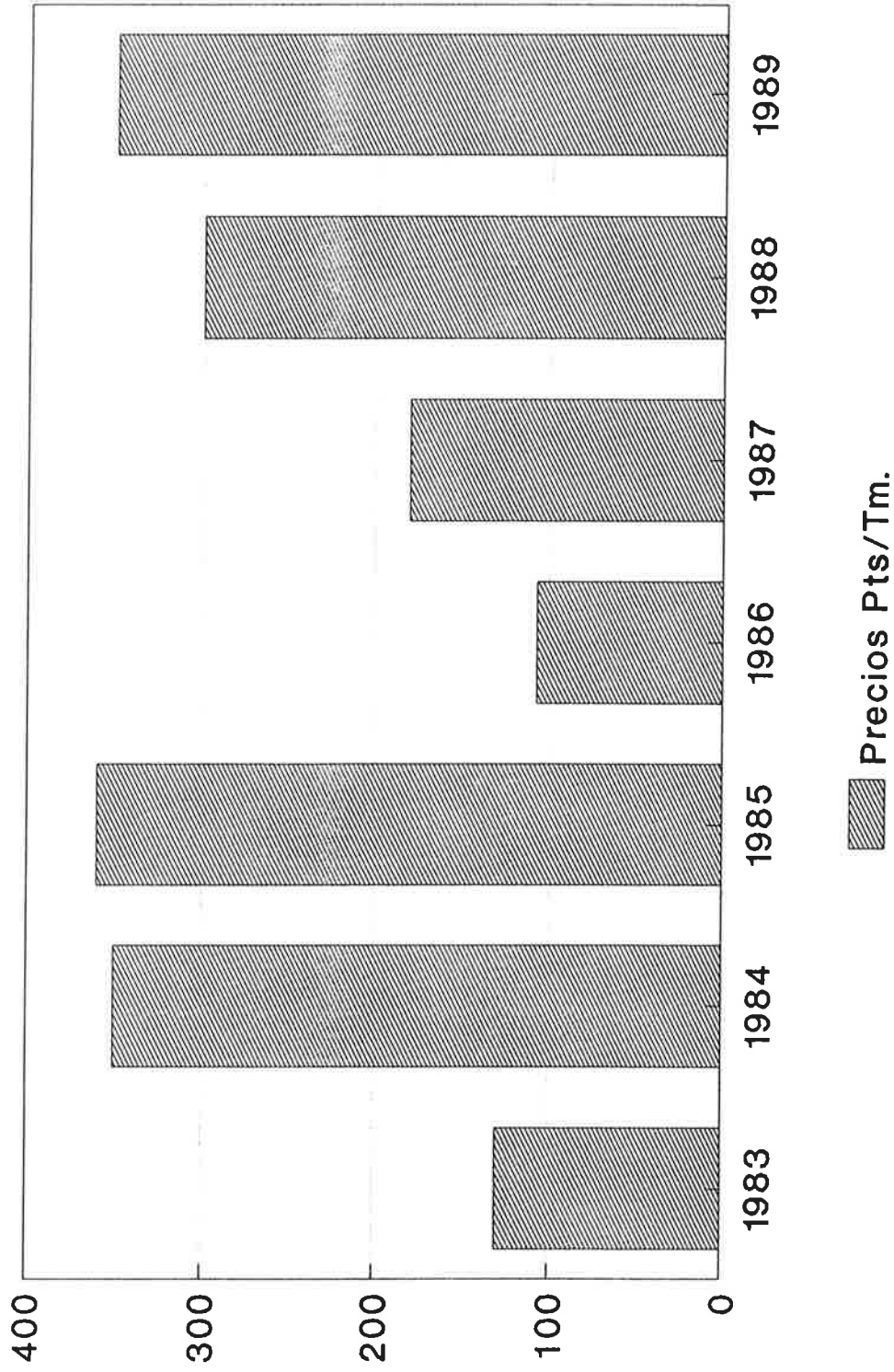
FUENTE ELABORACION PROPIA

# EVOLUCION DE PRECIOS (Pts/Tm) BARITA



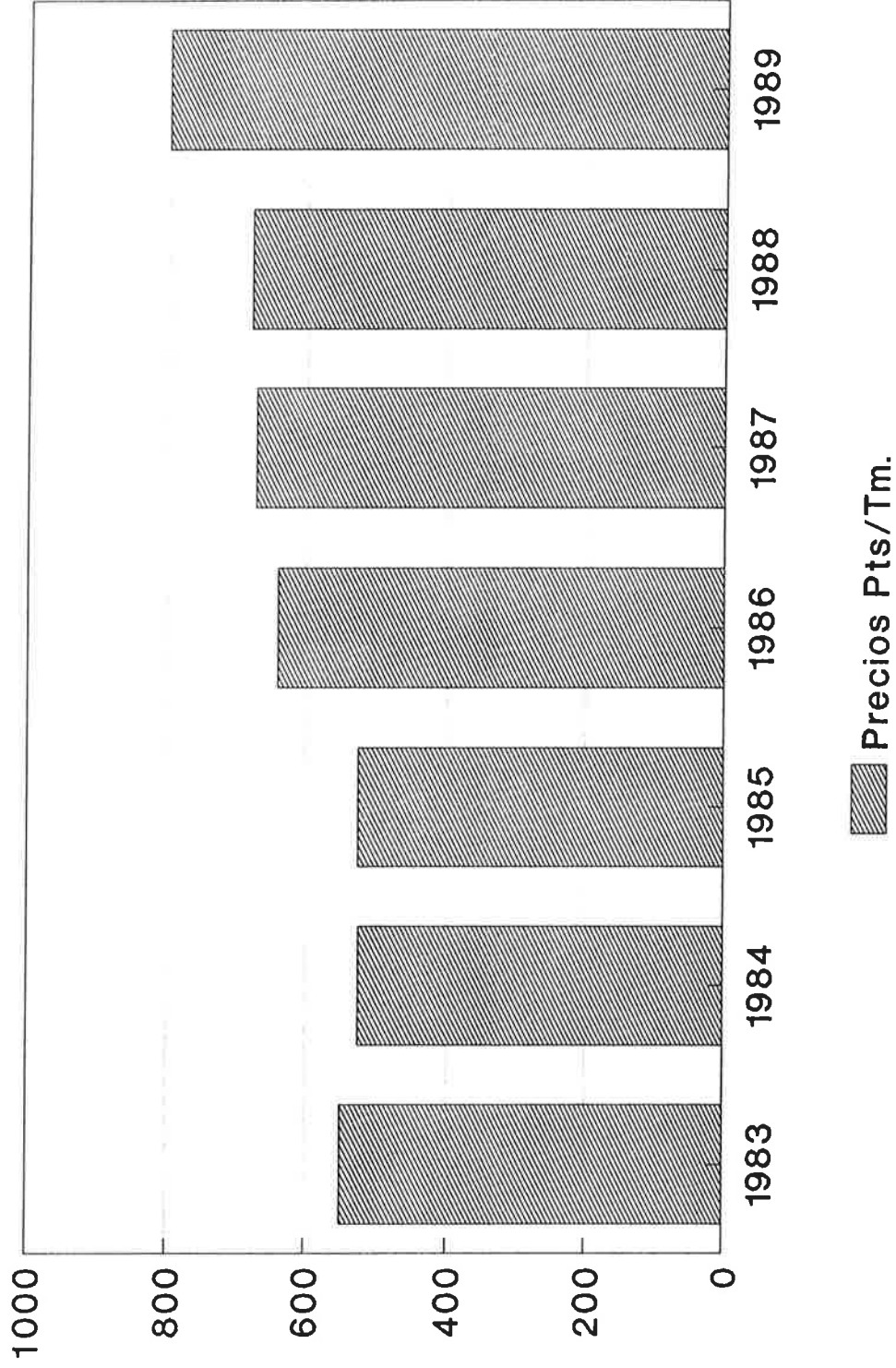
FUENTE ELABORACION PROPIA

# EVOLUCION DE PRECIOS (Pts/Tm) ARENA SILICEA (Sin lavar)



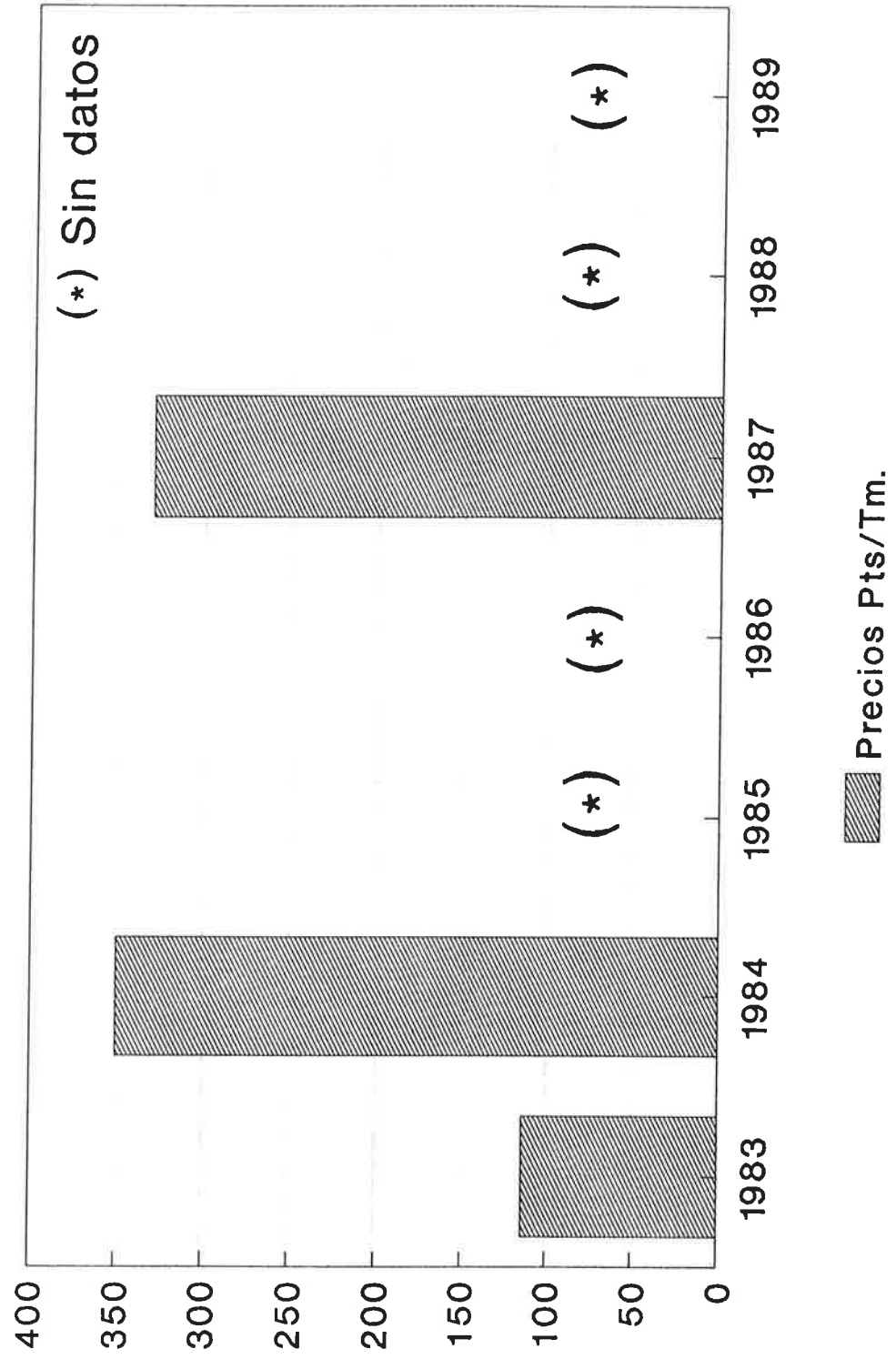
FUENTE ELABORACION PROPIA

# EVOLUCION DE PRECIOS (Pts/Tm) ARENA SILICEA LAVADAS



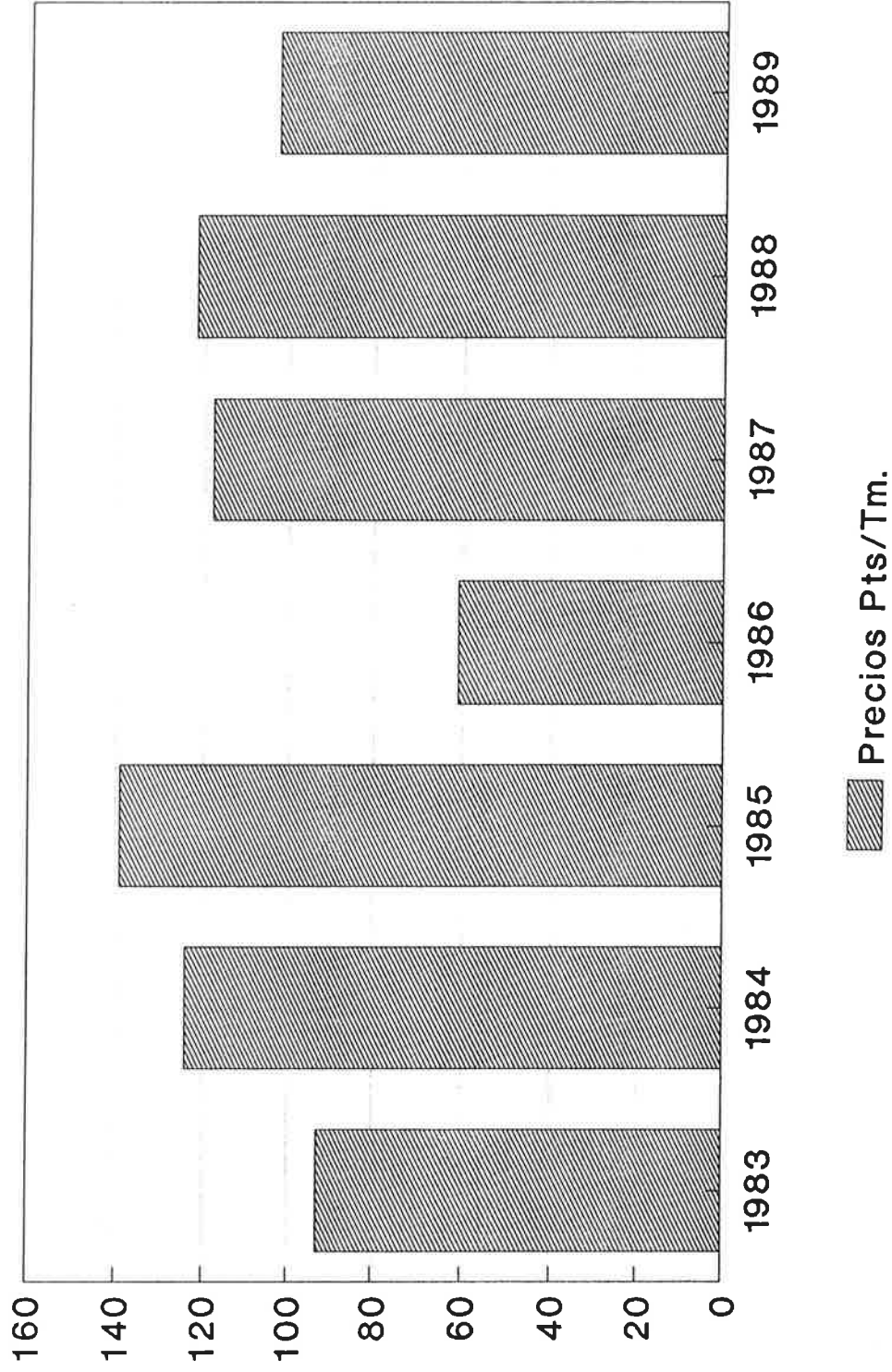
FUENTE ELABORACION PROPIA

# EVOLUCION DE PRECIOS (Pts/Tm) GRAVAS Y ARENAS



FUENTE ELABORACION PROPIA

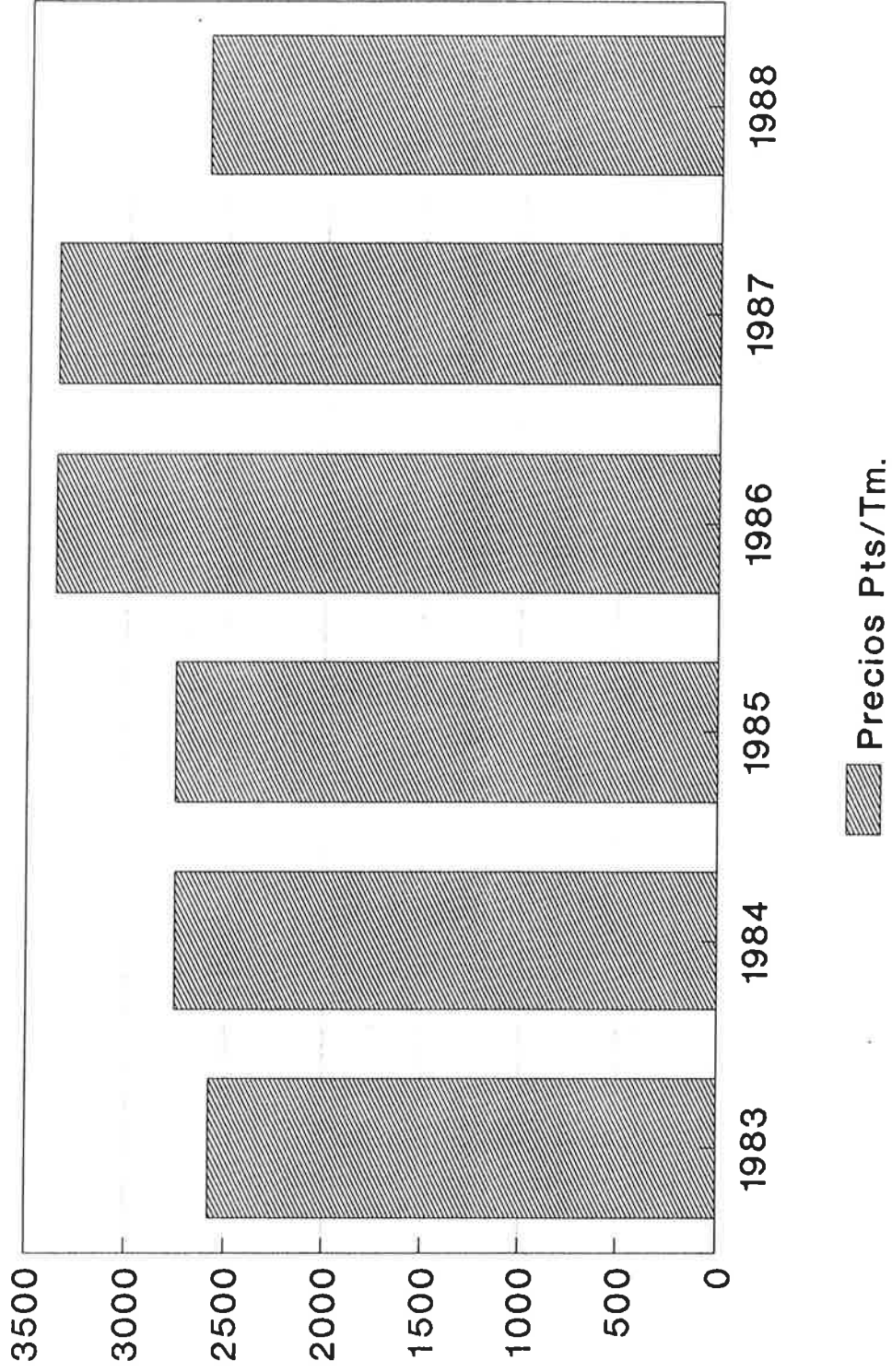
# EVOLUCION DE PRECIOS (Pts/Tm) CALIZA TRITURADA



FUENTE ELABORACION PROPIA

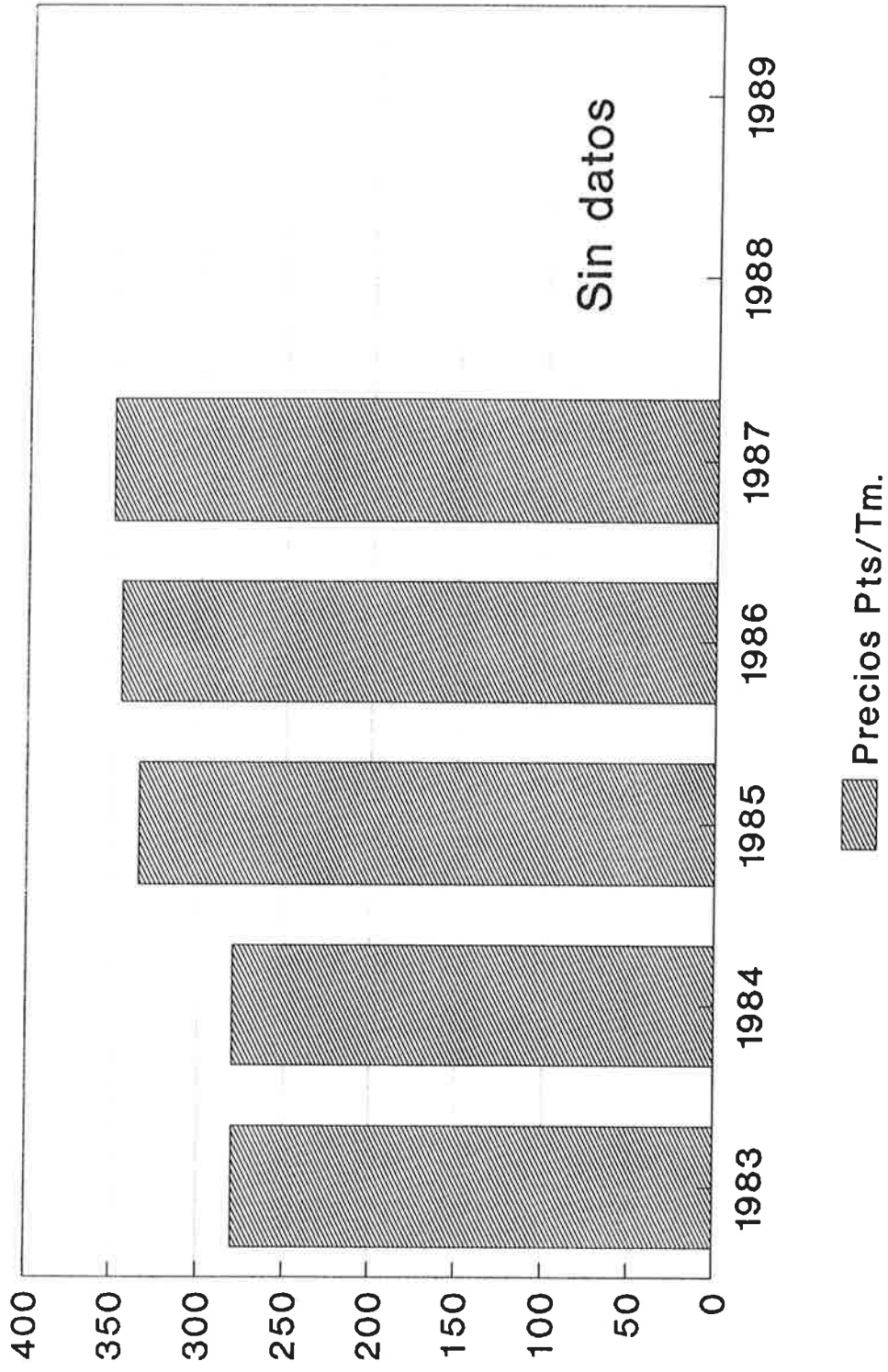


# EVOLUCION DE PRECIOS (Pts/Tm) ALABASTRO



FUENTE ELABORACION PROPIA

# EVOLUCION DE PRECIOS (Pts/Tm) YESO



FUENTE ELABORACION PROPIA

## 6.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 6.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1.- RESUMEN

La presente hoja 1:200.000 n° 40 (Daroca) del Mapa de Rocas y Minerales Industriales ha sido realizada dentro del marco del convenio suscrito por la Diputación General de Aragón y el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), según normas de ejecución del ITGE y supervisión de ambos Organismos.

Como anexo a las mismas se han revisado las áreas de la Comunidad Autónoma de Aragón comprendidas en las hojas 1:50.000 n° 436 y 463, pertenecientes ambas a la hoja 1:200.000 n° 39 (Sigüenza).

Geológicamente la zona estudiada se localiza en el sector Centro-Oriental de la Cordillera Ibérica, abarcando parte de sus Ramas Castellana y Aragonesa, las depresiones de Calatayud-Montalbán y del Jiloca y parte del borde meridional de la Depresión del Ebro.

Estratigráficamente están representados materiales desde el Precámbrico al Cuaternario, con una clásica distribución en pisos estructurales constituida por un zócalo precámbrico y paleozoico, un tegumento constituido por las facies Buntsandstein y Muschelkalk, un nivel de despegue constituido por las facies Keuper y una cobertera mesozoico-terciaria.

La gran diversidad de formaciones presentes se traduce en un amplio espectro de posibilidades de aprovechamiento de rocas y minerales industriales contrastado con el bajo grado de aprovechamiento real. Dentro del campo de la minería metálica hay que señalar la existencia de un importante yacimiento de hierro (Minas de Ojos Negros), paralizado tras la reconversión de la industria siderúrgica de Sagunto. La minería energética está representada las explotaciones de lignitos en las cuencas de Utrillas-Aliaga y Oliete, sector afectado asimismo por una profunda crisis que puede encontrar una alternativa de futuro mediante la reconversión hacia el sector de las rocas industriales.

El sector de las rocas y minerales industriales está marcado, además del bajo aprovechamiento de recursos ya señalado, por una serie de factores, entre los que hay que señalar :

- \* Escasez de centros de transformación dentro de la hoja (especialmente dentro del sector de aglomerantes y cerámica)
- \* El consumo, con excepción de los áridos, se realiza por entero fuera de la hoja. Tal es el caso de las arcillas cerámicas, los alabastros, la sepiolita, la arena silicea lavada, ...

El anterior inventario de rocas industriales ha sido revisado y actualizado dando de baja numerosos puntos e indicios carentes de interés; como contrapartida se han incorporado muchos otros puntos a partir del análisis de los diferentes estudios sectoriales realizados por el ITGE, tesis doctorales, MOPT, ... generados durante el periodo de 17 años transcurridos desde la fecha de realización del anterior mapa. Esta nueva información, junto con los datos procedentes del catastro minero vigente ha sido revisada en campo, procediéndose a un muestreo selectivo que permitiese caracterizar las formaciones productivas o con interés potencial.

Para cada punto inventariado se ha confeccionado una ficha, señalándose su posición sobre fotografía aérea a escala 1:30.000 y sobre mapas topográficos 1:50.000.

Las rocas y minerales industriales actualmente objeto de explotación en la hoja 1:200.000 n° 40 (Daro-ca) son los siguientes:

- Arcillas cerámicas
- Arenas caoliníferas-arenas silíceas
- Arenas y gravas
- Barita
- Caliza
- Oxidos de hierro
- Sepiolita
- Yeso y alabastro

Otras sustancias anteriormente explotadas son :

- Andesitas
- Cuarzita
- Halita

Se han señalado asimismo 86 indicios, esencialmente sobre arcillas, arenas caoliníferas y materiales aptos para áridos (andesitas, cuarcitas, calizas y gravas), existiendo asimismo indicios significativos de magnesitas, hematites, fosfatos, pizarras,... Estos indicios presentan en algunos casos interés económico y en otros son meramente informativos por disponer de información analítica de los mismos.

El reparto por sustancias y grado de actividad aparece reflejado en el siguiente cuadro:

	ACTIVAS	ABANDONADAS	INDICIOS	TOTAL
ANDESITA	--	2	7	9
ARCILLA	12	15	19	46
ARENA CAOLINIFERA	1	12	7	20
ARENA SILICEA	6	14	--	20
ARENAS Y GRAVA	8	37	5	50
ARENISCA	1	--	1	2
BARITA	1	10	2	13
CALIZA Y DOLOMIA	7	20	13	40
CUARCITA	--	4	8	12
CUARZO	--	--	1	1
HALITA	--	3	--	3
MAGNESITA	--	--	4	4
FOSFATO	--	--	3	3
OXIDOS DE HIERRO	1	9	2	12
PIROCLASTOS	--	--	1	1
RIOLITA	--	--	2	2
GABRO	--	--	1	--
SULFATOS ALUM.	--	--	1	--
ARCILLAS ESMECTITICAS	--	--	1	1
PALIGORSKITA	--	--	1	1
PIROLUSITA	--	1	--	1
PIZARRA	--	--	2	2
YESO Y ALABASTRO	3	24	4	31

Tan sólo un 23 % de las explotaciones inventariadas presentan actividad; de estas algunas lo hacen intermitentemente. La totalidad de las explotaciones activas tienen lugar a cielo abierto, exceptuando el único punto de la hoja donde se extrae barita en el que se realiza por cámaras y pilares.

Respecto a la distribución geográfica de la actividad, el principal foco se localiza en la hoja 1:50.000 n° 493 (Oliete) prácticamente monopolizado hacia la extracción de arcilla. Con la salvedad de esta y algún punto aislado de calizas, el resto de las explotaciones inventariadas son canteras de muy pequeñas dimensiones y escasa producción.

El reparto de la producción anual por provincias y sustancias dentro de la hoja es el siguiente :

	<u>Guadalajara</u>	<u>Teruel</u>	<u>Zaragoza</u>	<u>Total</u>
- Arcillas	--	314.770 t	--	314.770 t
- Sepiolita	--	--	75.000 t	75.000 t
- Arena silicea lavada	--	22.350 t		22.350 t
- Arena silicea	--	14.010 t		14.010 t
- Grava	--	201.000 t	96.529 t	306.539 t
- Barita	--	--	5.600 t	5.600 t
- Caliza	7.500 t	109.590 t		117.090 t
- Oxidos de hierro	--	--	14.400 t	14.400 t
- Alabastro	--	988 t	--	988 t
- Yeso	--	4.470 t	--	4.470 t

Los principales sectores económicos de consumo de las rocas explotadas son:

- Aridos naturales :	320.549 t
- Aridos machaqueo :	117.090 t
- Aditivos para cemento :	14.400 t
- Ladrillos y tejas:	5.000 t
- Pavimentos y revestimientos cerámicos :	309.770 t
- Vidrio y arenas de moldeo :	22.350 t
- Absorbentes :	75.000 t
- Cargas :	5.600 t
- Decorativos (alabastro) :	988 t

La hoja cuenta asimismo con un interesante potencial utilizable en otros sectores industriales (piedra natural, cementos, cales, yesos, refractarios, pigmentos, abrasivos, ...)

Al potencial antes citado cabría añadir el excepcional emplazamiento geológico de la provincia de Teruel con un importante Patrimonio Natural según la concepción derivada de la Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural (Carta de París) en la 17<sup>a</sup> Conferencia General de la Unesco (París, 1972).

## 6.2.- CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de delimitación de litotectos y mineralotectos con potencial medio o alto hay que señalar, siguiendo un orden estratigráfico :

- Fm Cuarcita Armórica (Arenig). Utilizable como árido de machaqueo, con posibilidad de obtención de calidades aptas para balasto ferroviario. Anteriormente ha sido utilizado en ferroaleaciones.
- Fm Castillejo : Miembro Marité (Ordovícico sup). Los niveles ferruginizados son utilizados actualmente como aditivos para cemento.
- Fm Calizas de Cistideos (Ashgillense). Asiento de una importante mineralización de óxidos de hierro; su actual interés, además de las importantes reservas de hierro existentes, se centra en las bolsadas magnésicas que presenta esta formación en el sector de Sierra Menera.
- Fm Cuarcita Blanca (Silúrico inferior). Sus posibilidades de utilización son similares a las de la Cuarcita Armórica.
- Fm Bádenas (Silúrico superior). El interés de esta formación se centra en la posibilidad de aprovechamiento de los niveles de alteración, de composición ílitico-caolinitico-pirofiliticos y colores blancos. Litotectos similares son aprovechados, actualmente, en Extremadura para obtención de cargas blancas.
- Rocas ígneas (Stephaniense-Pérmico). Aunque, en general presentan un notable grado de alteración, los ensayos sobre rocas frescas proporcionan valores muy bajos en el ensayo de desgaste de Los Angeles, siendo aprovechables como árido de calidad. El posible aprovechamiento queda sujeto a parámetros económicos, entre los que hay que señalar una alta dispersión y escaso volumen individual de los indicios.
- Facies Buntsandstein. El litotecto con interés corresponde a los afloramientos de areniscas rojas de la Sierra de Caldereros, en la provincia de Guadalajara, potencialmente aprovechables como "piedra natural".



\* Formación Arenas de Utrillas (Albiense). Constituye, sin lugar a dudas, el litotecto más importante de la Hoja. De entre los materiales presentes en esta formación destacaremos los niveles arcillosos explotados intensivamente para su uso como arcillas gresificantes en pavimentos cerámicos y, en menor grado, en arcillas refractarias y chamotas. Dentro de las aplicaciones cerámicas destacaremos los niveles aptos para pastas blancas. Las arenas de esta formación son aptas para su utilización en vidrios, arenas de moldeo, chorros abrasivos, ... y arenas de construcción. En otros sectores de la Cordillera Ibérica son empleadas asimismo para obtención de sílice micronizada.

\* Facies de arcillas sepiolíticas (Aragoniense). Explotadas actualmente en la Depresión de Calatayud, siendo utilizadas como productos absorbentes ("camas de gato", lechos industriales, pesticidas e insecticidas, alimentación animal,...).

\* Formación Yesos de Calatayud. Los afloramientos de esta formación en el área de Fuentes de Jiloca fueron el soporte de diversas fábricas de yesos y escayolas, hoy días paralizadas. Como contrapunto a la potencialidad yesífera existente señalaremos que la única planta relacionada con este sector, dedicada a fabricación de placas de escayola, próxima al área antes citada, debe buscar los suministros fuera de la Hoja. Los niveles de bolos de alabastro intercalados pueden ser aprovechados en ornamentación.

El potencial yesífero es asimismo importante en puntos más meridionales de la Depresión de Calatayud (área de Barrachina), con una topografía más favorable que en el área de Fuentes de Jiloca.

\* Formación Yesos de Vinaceite. Explotada en la actualidad en el término de Albalate del Arzobispo para aprovechamiento de los bolos de alabastro (tipo "Azaila"). Sobre esta Formación se han señalado una serie de indicios en el área de Lécera.

No se ha considerado, en principio, señalar litotectos aptos para áridos naturales o de machaqueo de calidades medias, a pesar del interés que puedan tener de cara a realizaciones como el eje Canfranc-Sagunto, dado el alto potencial existente en las diferentes formaciones mesozoicas, terciarias y cuaternarias.

La orientación industrial, actual y potencial (--), codificada según sectores industriales, de las diferentes formaciones geológicas aparece reflejada en la siguiente relación :

01- Rocas ornamentales	07- Cales	12- Vidrio	17- Usos agrícolas
02- Rocas construcción	08- Yesos	13- Pigmentos	18- Fundentes
03- Aridos naturales	9.1- Ladrillos y tejas	14- Industria química	19- Arenas moldeo
04- Aridos triturados	9.2- Pavim. revestim. ceram.	15- Abrasivos	20- Aislantes
05- Aridos ligeros	10- Refractarios	16- Cargas, filtros y absorbentes	21- Decorativos
06- Cementos	11- Lozas y porcelanas		22- Otros usos

Distribución de usos según sectores y subsectores industriales

#### Arcillas

Facies Weald : 9.1, 9.2  
 Fm. Lignitos de Escucha : (9.2)  
 Fm. Arenas de Utrillas : 9.2, 10, 11  
 Arcillas comunes terciarias : (9.1), (9.2)  
 Niveles sepiolíticos miocenos: 16

#### Arena silícea

Fm Arenas de Utrillas: 3, 12, 15, 19

#### Areniscas

Facies Buntsandstein: (2)

#### Barita

Filones pretriásicos: 22

#### Calizas y dolomías

Formaciones mesozoicas: 4, (6), (7), (16)

#### Caolín

Fm Arenas de Utrillas: (16)

#### Gravas

Formaciones detríticas terciarias y cuaternarias: 3

Oxidos de hierro

Fm. Calizas Cistideos: (6)

Hematites filoniana : (16)

Pizarras

Fm Valconchán: (2)

Rocas volcánicas

Diques y sills stephano-pérmicos: (04)

Yesos y alabastros

Yesos miocenos: 22, (8)

### 6.3.- RECOMENDACIONES

Dado que el grado de conocimiento y/o aprovechamiento de sustancias tales como arcillas cerámicas, arcillas especiales, arenas caoliníferas, yesos, ... puede catalogarse como amplio, parece razonable encauzar las futuras investigaciones sobre algunos de los litotectos o mineralotectos señalados, actualmente inexplotados. Entre ellos destacaremos :

\* El estudio detallado de las bolsadas de magnesitas y dolomías magnésicas de la Fm Calizas de Cistideos en el macizo paleozoico de Sierra Menera, cuyo conocimiento actual, aunque muy detallado, es muy puntual. El citado estudio debería apoyarse en la búsqueda y recuperación de la información existente en la extinta Compañía Minera de Sierra Menera, finalizando en una malla de sondeos exploratorios.

\* El estudio del posible aprovechamiento de las rocas ígneas de la hoja, insertando este estudio dentro de los planes de desarrollo de las comunicaciones de Aragón y, en especial, con el futuro trazado del ferrocarril de alta velocidad, AVE, de la línea Madrid-Barcelona

Asimismo, en esta misma línea de trabajo, sería necesario realizar un estudio detallado de las posibilidades de suministro de áridos para carretera dentro del radio de acción del eje Canfranc-Sagunto a su paso por la hoja.

\* El posible aprovechamiento de las pizarras de la Formación Badenas, en base a su contenido en caolinita y pirofilita, cuyo interés tan sólo se apunta tímidamente en los ensayos realizados precisaría estudios más detallados, esencialmente sondeos y/o calicatas que desvelasen el grado de penetración de las alteraciones y su desarrollo lateral, así como la realización de ensayos semiindustriales (los ensayos realizados hasta ahora se basan en muestras seleccionadas). De igual modo, debería investigarse el posible aprovechamiento de las pizarras inalteradas de esta formación.

\* Evaluación de calidades y posibilidades reales de aprovechamiento, compatibles con el valor paisajístico y natural de las areniscas de la Sierra de Caldereros.

Desde un punto de vista industrial las posibles actuaciones deberían centrarse en aquellas sustancias que, siendo explotadas dentro de la Hoja, son transformadas fuera de Aragón (arcillas cerámicas, alabastro) o que, como en el caso de los yesos, se elaboran materias primas de fuera de la hoja pudiendo aprovecharse las reservas en ella existentes.

La producción de arcillas, según se ha señalado en los capítulos correspondientes, es consumida, básicamente, por la potente industria cerámica castellonense. Esta industria ubica sus principales centros en las localidades de Onda, Villarreal, Castellón, Alcora, Betxí, Nules, Almazora, ... La producción se realiza, fundamentalmente, por prensado y en pasta roja, con dos tipos básicos de productos :

- Pavimentos gresificados, con baja porosidad (2-5 %) y alta resistencia mecánica.
- Revestimientos porosos (azulejos), con absorción de agua superior al 10 % y elevada estabilidad de tamaño y forma.

La estimación del consumo de arcilla por esta industria supera los 3 millones de toneladas anuales procedentes de diversos puntos de la provincia de Valencia (Higueruelas, Villar del Arzobispo, Chulilla, Bugarra), Castellón (San Juan de Moró, Onda, Sicha, Mas Vell, Araya,..) y Teruel (Galve, Estercuel y Ariño).

Tan alta dispersión geográfica en los suministros se caracteriza asimismo por una gran diversidad de productores, frecuentemente minifundistas, y una carencia de control de calidad de las arcillas explotadas.

Dentro de este panorama, la aportación de nuestra Hoja (Estercuel, Ariño) se realiza en el capítulo de arcillas no calcáreas, gresificantes, de cocción roja y, en menor medida, blanca. La posible actuación industrial debería encaminarse hacia un severo control de calidades que abarcase todas las fases de la producción (frentes de extracción, diseño de acopios, homogeneización en planta, ...), exigencia que, sin lugar a dudas, acabará imponiendo la industria de Castellón. En este aspecto hay que destacar la labor pionera que la empresa EUROARCE realiza en su explotación de Ariño, permitiendo a sus productos competir con arcillas importadas.

La actual heterogeneidad de los suministros de arcillas es paliada, en parte, en Castellón por los procesos de atomización de arcillas. Encontramos aquí otro punto de posible intervención, pudiendo estudiarse la posibilidad de ubicar una planta de atomizado de arcillas en la provincia de Teruel mediante la cual el producto bruto de cantera encontraría un notable valor añadido.

En el apartado de alabastros la Hoja de Daroca realiza una pequeña aportación comparada con el resto de las zonas productoras de Aragón. Este sector, al igual que el de las arcillas cerámicas, se caracteriza por una elaboración fuera de esta Comunidad, ubicándose los centros de transformación en la provincia de Navarra (Fitero, ...) La posibilidad de realizar la transformación de estos materiales dentro de Aragón permitiría recuperar para esta Comunidad el notable valor añadido que el alabastro sufre tras ser cortado, torneado, pulido y barnizado. Esta posible actuación industrial debería ir acompañada por la creación y fomento de talleres para formación de personal especializado, tanto en los aspectos de elaboración como en el de diseño artístico.

Gran parte de las actuaciones señaladas quedan enmarcadas dentro de la filosofía general de la Operación Integrada de Desarrollo de la Provincia de Teruel. (Diputación General de Aragón, 1989)

## 7.- BIBLIOGRAFIA

## 7.- BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ-ESTRADA, D. y GONZALEZ PEÑA, J.M. (1970). "Un grupo de materias primas cerámicas de la provincia de Zaragoza. II Estudio tecnológico. Bol. Soc. Esp. de Cerámica y Vidrio, vol 9, nº 6.

ARAUZO PEREZ, M. GONZALEZ LOPEZ, J.M. y LOPEZ AGUAYO, F. (1989). "Primeros datos sobre la mineralogía y génesis del yacimiento de sepiolita de Mara (provincia de Zaragoza)". Bol. Soc. Esp. de Mineralogía, 12, 329-340.

BASTIDA, J. y AMIGO, J.M. (1984). "Nota sobre materiales mullíticos del norte de la provincia de Teruel". I Congreso Español de Geología, t II, 881-890.

CABALLERO, M.A. (1972). "Estudio mineralógico y genético de la fracción fina del Triás español". Tesis Doctoral. Univ. de Madrid.

CALVO, M.; BESTEIRO, J.; SEVILLANO, E. y POCOVI, A. (1988). "Minerales de Aragón". Mira Editores, S.A. Colección Temas. 142 pp.

CARDELLACH, E.; BESTEIRO RAFALES, J.; OSACAR SORIANO, M.C. y POCOVI JUAN, A. (1988). "Aspectos geológicos y metalogenéticos del área de Herrera de los Navarros (Cadena Ibérica Oriental. Zaragoza-Teruel). Bol. Soc. Esp. de Mineralogía, 11-2, 84-87.

COLLANTES ESTRADA y GRIFFO NAVARRO, J.L. (1982). "Panorámica general del yeso en España. Los yesos de la cubeta de Calatayud en la provincia de Zaragoza". Tecniterrae, 46, 53-63.

DEBON GOMEZ, A. (1981). "Compañía Minera de Sierra Menera, S.A. Desarrollo de los trabajos". 6º Curso de Geología Práctica de Teruel, 31-33.

DIPUTACION GENERAL DE ARAGON (1989). "Operación integrada de desarrollo de la provincia de Teruel".

DIPUTACION PROVINCIAL DE ZARAGOZA (1988). "Inventario de recursos y posibilidades de explotación de Rocas Industriales en la provincia de Zaragoza".

DIRECCION GENERAL DE MINAS (1987). "Estudio de caolín y arcillas cerámicas de la provincia de Teruel".



FERNANDEZ NIETO, C.; CERVERA, A.; GONZALEZ LOPEZ, J.M. y PARDO G. (1982). "Presencia de sulfatos aluminicos hidratados en la Formación Escucha". Bol. soc. Esp. de Mineralogía, 5, 65-74.

FERNANDEZ NIETO, C.; FERNANDEZ RUBIO, R.; GUTIERREZ ELORZA y ARRESE SERRANO, F. (1981). "Papel de la karstificación en la génesis de los yacimientos de Sierra Menera (Teruel y Guadalajara)." 6º Curso de Geología Práctica de Teruel, 8-30.

GALAN HUERTOS, E. (1972). "Caolines españoles. Geología, mineralogía y génesis". Tesis Doctoral. Univ. de Madrid.

GALAN HUERTOS, E y MIRETE, S. (1979). "Introducción a los minerales de España" IGME, 416 pgs.

GALAN HUERTOS, E. (1982). "El caolín y las arcillas refractarias. Su interés y distribución en Aragón". M.A.Z., 15-23.

GALVEZ GARCIA, J.A. (1974). "Fundamentos básicos de la alteración de yacimientos de hierro y de manganeso en medio kárstico". Bol. Geológico y Minero, T XCIX-III, 413-424.

GARCIA ROMERO, E.; MUÑOZ DE LA NAVA SANCHEZ, P.; NAVARRO GASCON, J.V. y PEREZ CUADRA, P. (1990). "Arcillas industriales de Aragón". Bol. Geol. Min. Vol 101-1, 135-152

GONZALEZ PEÑA, J.M. (1967). "Estudio mineralógico de un grupo de arcillas que poseen gran poder absorbente". Anales de Edafología y Agrobiología.

GONZALEZ PEÑA, J.M. y ALVAREZ-ESTRADA, D. (1970). "Un grupo de materias primas cerámicas de la provincia de Zaragoza. I Estudio fisico-químico. Bol. Soc. Esp. de Cerámica y Vidrio, vol 9, nº 2, 121-150

IGME (1959). "Estudio de concentración de los minerales de barita de la mina Trébol de la Soc. Cloratita, S.A."

IGME (1973). "Fase previa del Proyecto de investigación minera en la región turolense de la Cordillera Ibérica".

IGME (1974-a). "Mapa Metalogenético de España, E. 1:200.000, Hoja nº 40 (Daroca)". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1974-b). "Mapa de Rocas Industriales. E. 1:200.000. Hoja 40 (7-5) Daroca". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1977-a). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 492 (27-19). Segura de los Baños". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1977-b). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 493 (28-19) Oliete". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1977-c). "Estudio tecnológico de caolines y arcillas".

IGME (1977-d). "Proyecto de investigación de las formaciones caoliníferas de la Cordillera Ibérica".

IGME (1978). "Estudio de las magnesitas españolas. Exploración y tratamiento".

IGME (1975). "Estudio sectorial de yesos. Depresión del Ebro y Cuenca del Duero".

IGME (1979-a). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 517. Argente". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1979-b). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 518 (28-20). Montalbán". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1980-a). "Programa nacional de investigación de arcillas".

IGME (1980-b). "Estimación del potencial de arcillas para la fabricación de tejas y ladrillos".

IGME (1980-c) "Exploración y caracterización de sustancias industriales que producen ahorro energético en las industrias cerámicas".

IGME (1980-d). "Estudio de sustancias con balance energético exotérmico utilizables por la industria cerámica".

IGME (1980-e). "Ensayos tecnológicos semiindustriales para la adecuación de pastas cerámicas que produzcan ahorros energéticos".

IGME (1980-f). "Estudio previo de las arcillas de Levante".

IGME (1981-a). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 463 (24-18) Milmarcos". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1981-b). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 467 (28-18) Muniesa". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1981-c). "Mapa Geológico de España, E. 1:200.000, Síntesis de la cartografía existente. Hoja nº 39 (Sigüenza)". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1981-d). "Mapa Geológico de España, E. 1:200.000, Síntesis de la cartografía existente. Hoja nº 40 (Daroca)". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1981-e). "Investigación de yacimientos de fosfato en España".

IGME (1982-a). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 515 (25-20) El Pobo de Dueñas". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1982-b). "Síntesis de las investigaciones mineras del manganeso, titanio y piritas"

IGME (1982-c). "Inventario nacional de los recursos de manganeso".

IGME (1983-a). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 491 (26-19). Calamocha". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1983-b). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 516 (26-20). Monreal del Campo". Serv. Publ. Min. de Industria.

IGME (1983-c). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 465 (26-18). Daroca". Serv. Publ. Min. de Industria.

- IGME (1983-d). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 464 (25-18) Used". Serv. Publ. Min. de Industria.
- IGME (1983-e). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 490 (25-19) Odón". Serv. Publ. Min. de Industria.
- IGME (1983-f). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 438 (26-17) Paniza". Serv. Publ. Min. de Industria.
- IGME (1983-g). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 437 (25-17) Ateca". Serv. Publ. Min. de Industria.
- IGME (1983-h). "Investigación de arcillas de Levante".
- IGME (1985-a). "Posibilidades de arcillas especiales en Aragón. 1ª fase".
- IGME (1985-b). "Proyecto de investigación de alabastros en España".
- IGME (1986). "Síntesis geológico-minera de las cuencas lignitíferas de Oliete-Ariño, Utrillas-Aliaga y Castellote (Teruel)".
- IGME (1987). "Mapa Geológico de España, E. 1:200.000. Hoja nº 40 (7-5) Daroca (en prensa).
- IGME (1988). "Exploración de fosfatos sedimentarios en el Proterozoico y Paleozoico de la Cordillera Ibérica (Áreas de Codos, Calatayud-Almunia, Santed y Segura de los Baños)".
- IGME (1988-b). "Manual de metodología para la realización de los Mapas de Rocas y Minerales Industriales, escala 1:200.000".
- ITGE (1989-a). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 439 (27-17) Azuara". Serv. Publ. Min. de Industria.
- ITGE (1989-b). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 440 (28-17) Belchite". Serv. Publ. Min. de Industria.

- ITGE (1989-c). "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2<sup>a</sup> Serie. Hoja n° 466 (27-18) Moyuela". Serv. Publ. Min. de Industria.
- ITGE (1989-d). "Investigación de yeso en un área comprendida en los términos municipales de Alloza y Oliete (Teruel)".
- LEFOND, S.J. (edit.) (1983). "Industrial Minerals and Rocks". Society of Mining Engineers. AIME. New York. 2 vol. 1446 p.
- LOPEZ AGUAYO, F. (1972). "Mineralogía de las arcillas de la facies wealdense española". Tesis Doctoral. Univ. de Madrid.
- LOPEZ AGUAYO, F. y GALAN HUERTOS, E. (1973). "Nota sobre la existencia de mullita en Utrillas (Teruel, España). Bol. Soc. Esp. de Cerámica y Vidrio, 12 (6), 349-350.
- LOPEZ AGUAYO, F. y MARTIN VIVALDI, J.L. (1972). "The spanish wealdian clays: its geological interest and economical importance". Preprint 1972 Int. Clay conf. 507-520.
- LOPEZ AGUAYO, F. y MARTIN VIVALDI, J.L. (1973-a). "Mineralogía de las arcillas de la facies wealdense española. I. Antecedentes, métodos y materiales". Estudios Geológicos, vol XXIX, 389-396.
- LOPEZ AGUAYO, F. y MARTIN VIVALDI, J.L. (1973-b). "Mineralogía de las arcillas de la facies wealdense española. II. Cuencas Norte, Levantina y Bética". Est. Geológicos, vol XXIX, 397-412.
- LOPEZ AGUAYO, F. y MARTIN VIVALDI, J.L. (1973-c). "Mineralogía de las arcillas de la facies wealdense española. III. Cuenca Asturiana. Discusión y conclusiones". Estudios Geológicos, vol XXIX, 413-437.
- LOPEZ AGUAYO, F., GALAN, E. y MARTIN VIVALDI, J.L. (1974). "Occurrence of mullite in the sedimentary Utrillas facies. Teruel (Spain)". Bull. Groupe Franç. Argiles, t XXVI, 263-275.
- MARTIN VIVALDI, J.L. (1968). "Kaolin deposits of Spain". XXIII Int. Geol. congress, 15, 225-261.
- MOPU (1976). "Estudio previo de terrenos. Corredor Zaragoza-Valencia. Tramo Daroca-Monreal del Campo".

MOPU (1977). "Estudio previo de terrenos. Itinerario Guadalajara-Tarragona. Tramo Caminreal-Alcañiz".

OSACAR SORIANO, M<sup>a</sup> C. (1989). "Las mineralizaciones de baritina de la Unidad de Herrera (Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica)". Tesis Doctoral. Univ. de Zaragoza.

OSACAR SORIANO, M.C. y BESTEIRO RAFALES, J. (1984). "Mineralizaciones de baritina situadas entre Herrera de los Navarros (Zaragoza) y Bádenas (Teruel)". I Congreso Esp. de Geología. t II, 613-626.

OSACAR SORIANO, M.C.; BESTEIRO RAFALES, J. y POCDOVI JUAN, A. (1986). "Estudio de una mineralización de baritina en Aladrén (Zaragoza). Descripción mineralógica y estructural". Bol. Soc. Esp. Mineralogía, 9, 383-389.

TORRES MARTIN, J.A. (1989). Estudio geológico, petrológico, geoquímico y de aprovechamiento industrial del magmatismo calco-alcalino stephaniense-pérmico en el anticlinal de Montalbán (provincia de Teruel). Tesis de Licenciatura, Zaragoza.

VILLENA MORALES, J. (1976). "Estudio geológico de un sector de la Cordillera Ibérica comprendido entre Molina de Aragón y Monreal (Paleozoico)". Bol. Geol. Minero, t LXXXVII-IV, 1-26.

## 8.- ANEXOS

## 8.1.- LISTADO DE EXPLOTACIONES E INDICIOS

Número	Sustancia	Hoja 1/50.000	COORDENADAS		Provincia	Término	Estado	Edad	Uso
				UTM					
1	Riolita	437	598.900	4574.700	Zaragoza	Castejon Armas	Indicio	2	--
2	Arena caol.	437	596.240	4570.400	Zaragoza	Godijos	Aband.	26	--
3	Arena sil.	437	597.050	4569.400	Zaragoza	Godijos	Aband.	26	--
4	Caliza	437	599.900	4567.540	Zaragoza	Carenas	Aband.	16	--
5	Arena sil. Arena caol.	437	599.300	4567.200	Zaragoza	Carenas	Aband.	26	--
6	Grava	437	601.780	4561.900	Zaragoza	Nuévalos	Aband.	33	--
7	Halita	437	605.300	4563.100	Zaragoza	Nuévalos	Aband.	17	--
8	Barita	437	609.750	4563.280	Zaragoza	Olvés-Munébrega	Aband.	--	--
9	Grava	464	599.120	4556.900	Zaragoza	Monterde	Aband.	36	--
10	Arena sil.	464	601.100	4555.300	Zaragoza	Monterde	Aband.	26	--
11	Arena sil.	437	605.950	4558.450	Zaragoza	Monterde	Aband.	26	--
12	Arena caol.	464	606.050	4558.260	Zaragoza	Monterde	Indicio	26	--
13	Arena sil. Arcilla	464	605.550	4555.900	Zaragoza	Monterde	Aband. Indicio	26	--
14	Arena caol.	464	608.480	4554.000	Zaragoza	Abanto	Indicio	26	--
15	Arena caol.	464	613.960	4550.900	Zaragoza	Cubel	Aband.	26	--
16	Arena caol.	464	613.840	4551.350	Zaragoza	Cubel	Aband.	26	--
17	Riolita	464	615.000	4557.400	Zaragoza	Acered	Indicio	2	--
18	Grava	437	611.300	4574.800	Zaragoza	Calatayud	Activa	33	4
19	Yeso	437	616.550	4571.450	Zaragoza	Maluenda	Aband.	31	--
20	Arc.Esmect.	437	621.700	4567.600	Zaragoza	Fuentes Jiloca	Indicio	32	--
21	Yeso Alabastro	437	621.700	4566.720	Zaragoza	Fuentes Jiloca	Aband.	31	--
22	Yeso Alabastro	437	622.200	4566.800	Zaragoza	Fuentes Jiloca	Aband.	31	--
23	Yeso Alabastro	437	622.500	4566.300	Zaragoza	Fuentes Jiloca	Aband.	31	--



Número	Sustancia	Hoja 1/50.000	COORDENADAS		Provincia	Término	Estado	Edad	Uso
				UTM					
24	Yeso	437	622.300	4522.300	Zaragoza	Fuentes Jiloca	Aband.	31	--
25	Yeso	438	625.500	4562.700	Zaragoza	Villafeliche	Interm.	31	8
26	Arcilla	438	625.250	4562.000	Zaragoza	Villafeliche	Indicio	30	--
27	Arcilla	438	627.900	4561.400	Zaragoza	Villafeliche	Activa	30	3
28	Arcilla	438	627.100	4573.750	Zaragoza	Orera	Aband.	32	--
29	Sepiolita	438	626.300	4572.550	Zaragoza	Orera	Activa	32	16
30	Hematites	438	623.600	4574.380	Zaragoza	Codos	Indicio	5	--
31	Barita	438	636.050	4576.900	Zaragoza	Tobed	Activa	--	22-16
32	Barita	438	636.080	4574.700	Zaragoza	Codos	Indicio	--	--
33	Barita	438	638.780	4575.800	Zaragoza	Codos-Aguarón	Aband.	--	--
34	Piroclasto	438	636.400	4573.400	Zaragoza	Codos	Indicio	3	--
35	Fosfato	438	636.500	4572.440	Zaragoza	Codos	Indicio	4	--
36	Caliza	438	640.150	4560.450	Zaragoza	Mainar	Indicio	34	--
37	Pizarra	438	649.150	4564.750	Zaragoza	Cerveruela	Indicio	6	--
38	Cuarzo	438	650.000	4570.600	Zaragoza	Paniza	Indicio	--	--
39	Barita	439	653.000	4567.400	Zaragoza	Aladrén	Aband.	--	--
40	Oxidos Hie.	493	654.100	4561.500	Zaragoza	Luesma	Interm.	8	6
41	Barita	439	659.900	4564.220	Zaragoza	Herrera Navarros	Aband.	--	--
42	Cuarcita	439	659.900	4563.900	Zaragoza	Herrera Navarros	Aband.	7	--
43	Barita	439	659.900	4563.400	Zaragoza	Herrera Navarros	Aband.	--	--
44	Arcilla	439	663.180	4575.650	Zaragoza	Aguilón	Indicio	23	--
45	Grava	439	671.000	4567.450	Zaragoza	Azuara	Aband.	37	--
46	Grava	439	676.320	4577.900	Zaragoza	Fuendetodos	Aband.	36	--
47	Caliza orn.	440	680.450	4577.700	Zaragoza	Belchite	Indicio	21	--
48	Caliza	440	682.300	4576.580	Zaragoza	Almonacid Cuba	Aband.	18	--
49	Grava	440	684.550	4576.480	Zaragoza	Belchite	Aband.	30	--
50	Grava	440	690.050	4574.950	Zaragoza	Belchite	Aband.	36	--
51	Caliza	440	687.650	4572.100	Zaragoza	Belchite	Aband.	18	--
52	Caliza	440	688.280	4571.780	Zaragoza	Belchite	Aband.	18	--
53	Arcilla	440	687.940	4570.800	Zaragoza	Almonacid Cuba	Aband.	28	--
54	Grava	440	680.380	4570.100	Zaragoza	Azuara	Aband.	30	--

Número	Sustancia	Hoja 1/50.000	COORDENADAS		Provincia	Término	Estado	Edad	Uso
				UTM					
55	Grava Marga	440	683.440	4567.180	Zaragoza	Lágata	Aband.	30	--
56	Yeso	440	705.340	4578.880	Teruel	Azaila	Aband.	31	--
57	Alabastro	440	707.620	4576.680	Teruel	Azaila	Aband.	31	--
58	Conglomerado	440	681.640	4561.100	Zaragoza	Azuara	Aband.	30	--
59	Alabastro	440	690.500	4562.900	Zaragoza	Lécera	Indicio	31	--
60	Alabastro	440	693.200	4563.200	Zaragoza	Lécera	Indicio	31	--
61	Alabastro	467	699.700	4556.200	Teruel	Albalate Arzob.	Aband.	31	--
62	Alabastro	467	702.250	4557.400	Teruel	Albalate Arzob.	Aband.	31	--
63	Alabastro	467	702.620	4557.600	Teruel	Albalate Arzob.	Aband.	31	--
64	Alabastro	467	703.580	4557.380	Teruel	Albalate Arzob.	Activa	31	21
65	Alabastro	467	703.800	4557.300	Teruel	Albalate Arzob.	Aband.	31	--
66	Alabastro	467	704.900	4557.500	Teruel	Albalate Arzob.	Aband.	31	--
67	Alabastro	467	705.600	4557.580	Teruel	Albalate Arzob.	Aband.	31	--
68	Alabastro	467	702.680	4556.920	Teruel	Albalate Arzob.	Aband.	31	--
69	Alabastro	467	703.200	4556.600	Teruel	Albalate Arzob.	Aband.	31	--
70	Arena sil.	464	596.450	4543.700	Guadalajara	Fuentelsaz	Aband.	26	--
71	Arena sil.	464	597.300	4543.320	Guadalajara	Fuentelsaz	Activa	26	3
72	Arena sil.	464	596.800	4542.900	Guadalajara	Fuentelsaz	Aband.	26	--
73	Arena sil.	490	599.400	4536.800	Guadalajara	Tortuera	Activa	26	3
74	Caliza	490	600.350	4536.700	Guadalajara	Tortuera	Activa	20	4
75	Grava	490	613.000	4536.220	Guadalajara	La Yunta	Aband.	33	--
76	Cuarcita Grava	464	621.400	4548.400	Zaragoza	Used	Aband.	36 37	-- --
77	Hematites	464	623.300	4547.500	Zaragoza	Used	Indicio	8	--
78	Fosfato	465	627.250	4546.400	Zaragoza	Balconchán	Indicio	6	--
79	Pizarra	465	627.900	4527.850	Zaragoza	Balconchán	Indicio	6	--
80	Arcilla Grava	465	634.500	4553.950	Zaragoza	Daroca	Aband.	30	--
81	Arcilla	465	635.250	4553.450	Zaragoza	Daroca	Aband.	30	--
82	Arcilla	465	637.000	4553.000	Zaragoza	Daroca-Nombrev.	Aband.	30	--

Número	Sustancia	Hoja 1/50.000	COORDENADAS		Provincia	Término	Estado	Edad	Uso
				UTM					
83	Zahorra	465	636.000	4548.750	Zaragoza	Villanueva Jiloca	Activa	36	3
84	Barita	465	646.100	4557.100	Zaragoza	Badules	Aband.	--	--
85	Cuarcita	466	653.725	4556.650	Zaragoza	Fombuena	Indicio	10	--
86	Barita	466	658.200	4557.150	Zaragoza	Luesma-Nogueras	Aband.	--	--
87	Arcilla	466	658.420	4555.500	Teruel	Sta Cruz Nogueras	Indicio	11	--
88	Arcilla	466	653.250	4552.825	Teruel	Cucalón	Indicio	11	--
89	Arena sil. Arcilla	465	651.925	4548.800	Teruel	Cucalón	Aband. Indicio	26	--
90	Cuarcita	466	656.180	4550.520	Teruel	Badenas	Aband.	11	--
91	Arcilla	466	656.350	4550.375	Teruel	Badenas	Indicio	11	--
92	Barita	466	659.000	4551.650	Teruel	Badenas	Aband.	--	--
93	Andesita	466	662.950	4553.900	Teruel	Sta Cruz Nogueras	Indicio	2	--
94	Gabro	466	661.550	4550.950	Teruel	Badenas-Loscós	Indicio	1	--
95	Andesita	466	663.100	4550.650	Teruel	Loscós	Indicio	2	--
96	Andesita	466	658.100	4548.700	Teruel	Badenas	Indicio	2	--
97	Caliza	466	656.400	4544.400	Teruel	Bea	Aband.	27	--
98	Grava	466	669.000	4552.050	Zaragoza	Plenas	Aband.	36	--
99	Andesita	466	666.550	4548.700	Teruel	Monforte Moyuela	Indicio	2	--
100	Caliza orn..	466	662.800	4541.150	Teruel	Fonfria	Indicio	27	--
101	Grava	466	661.750	4540.800	Teruel	Fonfria	Aband.	36	--
102	Caliza	466	663.200	4541.550	Teruel	Fonfria	Aband.	27	--
103	Arena sil.	466	664.750	4541.180	Teruel	Huesa del Común	Aband.	26	--
104	Arena caol.	466	670.100	4545.150	Teruel	Monforte Moyuela	Aband.	26	--
105	Caliza	466	673.250	4543.600	Teruel	Huesa Común	Aband.	27	--
106	Fosfato	492	672.700	4540.250	Teruel	Anadón	Indicio	12	--
107	Arcilla	492	667.900	4536.350	Teruel	Salcedillo	Indicio	28	--
108	Andesita	492	673.550	4537.800	Teruel	Anadón	Indicio	2	--
109	Arena caol.	492	673.000	4536.400	Teruel	Segura de Baños	Indicio	26	--
110	Andesita	492	674.180	4539.360	Teruel	Anadón	Indicio	2	--
111	Andesita	492	675.700	4537.180	Teruel	Maicas	Indicio	2	--
112	Andesita	492	675.050	4537.180	Teruel	Maicas	Aband.	2	--

Número	Sustancia	Hoja 1/50.000	COORDENADAS		Provincia	Término	Estado	Edad	Uso
				UTM					
113	Andesita	492	674.300	4536.500	Teruel	Segura Baños	Aband.	2	--
114	Arcilla	492	674.950	4535.400	Teruel	Segura de Baños	Indicio	17	--
115	Arena caol.	492	678.000	4540.700	Teruel	Huesa del Común	Activa	26	12-19
116	Arena caol.	492	678.520	4540.460	Teruel	Huesa del Común	Aband.	26	--
117	Arcilla	492	679.400	4540.250	Teruel	Plou	Activa	26	9
118	Arena caol.	492	678.950	4540.780	Teruel	Plou	Aband.	26	--
119	Arena caol.	492	679.450	4540.850	Teruel	Plou	Aband.	26	--
120	Arena caol.	492	680.500	4539.850	Teruel	Plou	Aband.	26	--
121	Arena caol.	493	681.000	4540.000	Teruel	Plou	Aband.	26	--
	Arcilla								
122	Caliza	493	680.950	4537.250	Teruel	Cortes Aragón	Interm.	18	4
123	Arcilla	493	681.620	4534.800	Teruel	Hoz Vieja	Indicio	17	--
124	Arcilla	493	686.350	4536.775	Teruel	Josa	Indicio	30	--
125	Arcilla	467	683.850	4543.850	Teruel	Muniesa	Aband.	30	--
126	Grava	467	684.580	4542.240	Teruel	Cortes Aragón	Aband.	30	--
127	Yeso	493	697.050	4540.050	Teruel	Oliete	Aband.	17	--
128	Arcilla	467	704.200	4549.950	Teruel	Ariño	Aband.	26	--
129	Arcilla	467	704.450	4549.750	Teruel	Ariño	Interm.	26	10
130	Grava	467	701.820	4545.900	Teruel	Ariño	Aband.	37	--
131	Arcilla	467	706.400	4544.700	Teruel	Ariño	Activa.	26	9
132	Arena sil.	467	702.550	4543.840	Teruel	Ariño	Aband.	26	--
133	Yeso	493	702.150	4540.000	Teruel	Oliete	Aband.	31	--
134	Arcilla	493	706.300	4539.500	Teruel	Alloza	Indicio	28	--
135	Arcilla	493	701.400	4538.100	Teruel	Oliete	Activa	26	10
136	Pirolusita	493	704.400	4533.350	Teruel	Crivillén	Aband.	26	--
137	Arcilla	493	704.350	4532.200	Teruel	Crivillén	Activa	26	9
138	Arena sil.	493	702.620	4530.350	Teruel	Crivillén	Aband.	26	--
	Arcilla								
139	Arcilla	493	702.360	4528.160	Teruel	Crivillén	Activa	26	9
140	Arcilla	493	703.040	4528.180	Teruel	Crivillén	Aband.	26	--
141	Arcilla	493	699.680	4527.180	Teruel	Estercuel	Activa	26	9

Número	Sustancia	Hoja 1/50.000	COORDENADAS		Provincia	Término	Estado	Edad	Uso
				UTM					
142	Arcilla	493	702.050	4527.200	Teruel	Estercuel	Aband.	26	--
143	Arcilla	493	701.180	4526.680	Teruel	Estercuel	Activa	26	9
144	Arcilla	493	703.300	4527.300	Teruel	Crivillén	Activa	26	9
145	Caliza	493	704.800	4527.500	Teruel	Crivillén	Aband.	27	--
146	Conglomerado	493	708.220	4526.400	Teruel	La Mata de Olmos	Aband.	28	--
147	Arena sil.	493	706.200	4524.820	Teruel	Gargallo-Mata	Activa	--	12-19
148	Arcilla	493	707.350	4524.000	Teruel	Molinos	Aband.	26	--
149	Grava	490	610.500	4530.130	Guadalajara	La Yunta	Aband.	33	--
150	Grava	490	610.800	4527.850	Guadalajara	Campillo Dueñas	Aband.	33	--
151	Grava	490	604.520	4526.710	Guadalajara	Molina Aragón	Activa	33	3
152	Grava	490	611.250	4525.220	Guadalajara	Campillo Dueñas	Aband.	33	--
153	Arenisca	490	606.750	4523.440	Guadalajara	Molina-Castellar	Indicio	15	--
154	Magnesita	490	611.100	4522.300	Guadalajara	Campillo Dueñas	Indicio	9	--
155	Grava	490	600.100	4521.900	Guadalajara	Molina Aragón	Activa	33	3
156	Arcilla	515	604.080	4519.880	Guadalajara	Castellar Muela	Aband.	16	--
157	Yeso	515	603.600	4519.580	Guadalajara	Castellar Muela	Aband.	17	--
158	Barita	515	607.800	4520.320	Guadalajara	Castellar Muela	Aband.	--	--
159	Arena sil.	515	606.780	4519.740	Guadalajara	Castellar Muela	Activa	26	3
160	Arenisca	515	606.350	4519.430	Guadalajara	Castellar Muela	Interm.	15	2
161	Caliza	515	610.380	4504.840	Guadalajara	Adobes	Aband.	20	--
162	Ocres	515	614.650	4517.180	Guadalajara	El Pobo Dueñas	Aband.	14	--
163	Ocres	515	616.050	4518.150	Guadalajara	El Pobo Dueñas	Aband.	9	--
164	Ocres	515	615.840	4517.780	Guadalajara	El Pobo Dueñas	Aband.	10	--
165	Arcilla	515	616.180	4516.480	Guadalajara	El Pobo Dueñas	Indicio	11	--
166	Ocres	515	616.200	4515.750	Guadalajara	El Pobo Dueñas	Aband.	14	--
167	Grava	515	615.950	4515.075	Guadalajara	El Pobo Dueñas	Aband.	33	--
168	Grava	515	616.000	4513.140	Guadalajara	El Pobo Dueñas	Aband.	33	--
169	Ocres	515	621.000	4517.320	Guadalajara	El Pedregal	Aband.	9	--
170	Grava	515	622.850	4515.200	Guadalajara	El Pedregal	Aband.	36	--
171	Caliza	516	622.875	4514.650	Guadalajara	El Pedregal	Aband.	20	--

Número	Sustancia	Hoja	COORDENADAS		Provincia	Término	Estado	Edad	Uso
		1/50.000	UTM						
172	Magnesita Dolomia	515	620.200	4511.450	Guadalajara	Setiles	Indicio	9	--
173	Halita	515	624.450	4512.100	Teruel	Ojos Negros	Aband.	17	--
174	Yeso	516	625.150	4511.780	Teruel	Ojos Negros	Aband.	17	--
175	Grava	515	624.650	4511.660	Teruel	Ojos Negros	Aband.	33	--
176	Ocres	515	621.350	4511.200	Guadalajara	Setiles	Aband.	9	--
177	Ocres	515	621.200	4509.200	Guadalajara	Setiles	Aband.	9	--
178	Magnesita	515	621.000	4507.450	Guadalajara	Setiles	Indicio	9	--
179	Magnesita	515	621.540	4507.000	Guadalajara	Setiles	Indicio	9	--
180	Ocres	515	622.700	4508.000	Teruel	Ojos Negros	Aband.	9	--
181	Ocres Magnesita	515	623.550	4508.240	Teruel	Ojos Negros	Aband.	9	--
182	Grava	516	637.600	4511.780	Teruel	Monreal Campo	Aband.	33	--
183	Caliza	516	638.370	4512.560	Teruel	Monreal Campo	Aband.	19	--
184	Caliza	516	638.450	4508.400	Teruel	Villaranca Campo	Aband.	19	--
185	Grava	516	638.500	4506.300	Teruel	Villafranca Campo	Aband.	33	--
186	Caliza	516	639.400	4505.120	Teruel	Villafranca Campo	Activa	19	4
187	Caliza	516	645.680	4508.250	Teruel	Bueña	Activa	19	4-3
188	Caliza Marga	516	646.700	4508.550	Teruel	Bueña	Aband.	29	--
189	Grava	491	630.700	4533.000	Teruel	Tornos	Aband.	36	--
190	Caliza	491	646.600	4539.740	Teruel	Calamocha	Aband.	32	--
191	Cuarcita	491	642.880	4537.180	Teruel	Calamocha	Aband.	5	--
192	Grava	491	643.680	4534.000	Teruel	Calamocha	Activa	36	3
193	Arcilla	491	645.400	4532.380	Teruel	Calamocha	Aband.	30	--
194	Yeso	491	647.280	4532.000	Teruel	Calamocha	Aband.	31	--
195	Yeso	491	647.940	4531.500	Teruel	Calamocha	Aband.	31	--
196	Yeso	491	648.720	4531.460	Teruel	Calamocha	Aband.	31	--
197	Arcilla	491	652.000	4534.550	Teruel	Calamocha	Indicio	30	--
198	Grava	491	649.800	4531.240	Teruel	Calamocha	Aband.	37	--
199	Caliza	491	651.820	4531.700	Teruel	Calamocha	Aband.	32	--

Número	Sustancia	Hoja 1/50.000	COORDENADAS		Provincia	Término	Estado	Edad	Uso
				UTM					
200	Alabastro Yeso	492	652.800	4531.200	Teruel	Calamocha	Indicio	31	--
201	Alabastro	492	655050	4530.050	Teruel	Barrachina	Interm.	31	8-21
202	Grava	492	655.400	4529.650	Teruel	Barrachina	Aband.	36	--
203	Grava	492	655.700	4529.300	Teruel	Barrachina	Activa	--	3
204	Paligorskita	492	657.300	4529.900	Teruel	Barrachina	Indicio	29	--
205	Yeso	491	651.400	4524.050	Teruel	Bañón	Aband.	31	--
206	Arcilla	492	661.750	4522.350	Teruel	Torre los Negros	Indicio	28	--
207	Arena caol.	517	662.400	4520.150	Teruel	Alpeñes	Aband.	26	--
208	Arcilla	492	665.050	4522.800	Teruel	Pancrudo	Indicio	28	--
209	Grava	517	644.500	4516.900	Teruel	Alpeñes	Aband.	36	--
210	Arena caol.	517	667.450	4519.200	Teruel	Portalrubio	Indicio	26	--
211	Arena sil.	517	666.750	4515.520	Teruel	Pancrudo	Aband.	26	--
212	Conglomerado Caliza	517	672.250	4513.050	Teruel	Rillo	Aband.	27	--
213	Arena caol.	517	670.350	4511.150	Teruel	Rillo	Aband.	26	--
214	Caliza	517	670.200	4510.640	Teruel	Rillo	Aband.	18	--
215	Arena sil.	517	675.800	4509.420	Teruel	Cañada Vellida	Aband.	26	--
216	Caliza	517	673.150	4506.150	Teruel	Fuentes Calientes	Aband.	21	--
217	Grava	517	677.400	4507.800	Teruel	Cañada Vellida	Aband.	33	--
218	Caliza	518	683.500	4509.950	Teruel	Cuevas Aludén	Aband.	27	--
219	Grava	492	670.200	4526.275	Teruel	Fuenferrada	Aband.	28	--
220	Grava	492	671.520	4526.520	Teruel	Vivel Río Martín	Aband.	37	--
221	Grava	492	673.400	4525.950	Teruel	Vivel Río Martín	Indicio	36	
222	Arcilla	492	673.750	4525.500	Teruel	Vivel Río Martín	Indicio	28	--
223	Halita	492	677.450	4528.250	Teruel	Vivel Río Martín	Aband.	17	--
224	Grava	492	676.075	4524.750	Teruel	Martín del Río	Aband.	37	--
225	Grava	492	676.600	4524.840	Teruel	Martín del Río	Aband.	30	--
226	Grava	492	679.500	4523.750	Teruel	Martin del Río	Activa	30	3
227	Grava	493	682.750	4523.050	Teruel	Montalbán	Activa	18	3-4
228	Grava	492	680.900	4523.700	Teruel	Martin del Río	Aband.	30	--

Número	Sustancia	Hoja 1/50.000	COORDENADAS UTM		Provincia	Término	Estado	Edad	Uso
229	Arena sil.	517	677.620	4520.100	Teruel	Utrillas	Activa	26	3
230	Arcilla	518	682.150	4519.550	Teruel	Utrillas	Indicio	25	--
231	Arcilla	518	682.400	4517.800	Teruel	Utrillas	Indicio	25	--
232	Arena caol.	517	679.850	4515.750	Teruel	Escucha	Indicio	26	--
233	Caliza	517	680.750	4516.320	Teruel	Escucha	Activa	27	4
234	Arcilla	518	688.660	4521.480	Teruel	Montalbán	Aband.	26	--
235	Aluminita	518	687.100	4518.950	Teruel	Montalbán	Indicio	25	--
236	Caliza	518	692.740	4517.260	Teruel	Palomar Arroyos	Activa	21	4
237	Arena caol.	518	695.020	4519.460	Teruel	Castell Cabra	Aband.	26	--
238	Arcilla	518	701.620	4521.600	Teruel	Gargallo	Aband.	26	--
	Alunita						Indicio		
239	Arcilla caol	518	703.540	4522.280	Teruel	Gargallo	Activa	26	9
240	Arena sil.	518	701.700	4521.160	Teruel	Gargallo	Aband.	26	--
241	Arena caol.	518	699.150	4519.740	Teruel	Cañizar Olivar	Aband.	26	--
242	Arena caol.	518	699.920	4520.000	Teruel	Cañizar Olivar	Indicio	26	--
243	Barita	518	699.900	4518.220	Teruel	La Zoma	Indicio	--	--
244	Grava	518	700.600	4518.100	Teruel	La Zoma	Aband.	36	--
245	Barita	518	700.340	4518.000	Teruel	La Zoma	Aband.	--	--
246	Arena caol.	518	704.650	4516.000	Teruel	Ejolve	Indicio	26	--
247	Caliza	518	703.200	4514.100	Teruel	Aliaga	Aband.	18	--
248	Arcilla	518	706.850	4515.600	Teruel	Ejolve	Indicio	17	--
249	Caliza	518	707.900	4512.840	Teruel	Ejolve	Aband.	27	--
250	Margas	518	698.950	4511.100	Teruel	Aliaga	Aband.	28	--
251	Yeso	518	705.800	4507.950	Teruel	Villarluengo	Indicio	33	--
252	Arcilla	467	693.150	4543.925	Teruel	Alacón	Activa	23	9
253	Caliza	467	693.300	4545.150	Teruel	Alacón	Activa	16	1-2
254	Arcilla	467	707.450	4543.350	Teruel	Alloza	Indicio	26	--
	Arena Caol								
255	Alabastro	440	688.550	4565.625	Zaragoza	Letux	Aband.	32	--



Número	Sustancia	Hoja 1/50.000	COORDENADAS		Provincia	Término	Estado	Edad	Uso
				UTM					
256	Cuarcita	437	599.400	4575.100	Zaragoza	Castejón Armas	Indicio	6	--
257	Grava	437	600.150	4575.100	Zaragoza	Ateca	Indicio	36	--
258	Cuarcita	437	600.350	4570.480	Zaragoza	Carenas	Indicio	6	--
259	Caliza	437	599.150	4566.100	Zaragoza	Ibdes	Indicio	27	--
260	Cuarcita	437	604.400	4563.800	Zaragoza	Nuevalos	Indicio	6	--
261	Caliza	437	601.350	4559.800	Zaragoza	Nuevalos	Indicio	27	--
262	Cuarcita	438	647.620	4575.750	Zaragoza	Cariñena	Indicio	6	--
263	Grava	438	648.250	4575.620	Zaragoza	Cariñena	Indicio	37	--
264	Caliza	438	651.200	4570.800	Zaragoza	Paniza	Indicio	21	--
265	Caliza	438	650.880	4570.480	Zaragoza	Paniza	Indicio	16	--
266	Cuarcita	438	646.250	4568.000	Zaragoza	Paniza	Indicio	6	--
267	Caliza	439	663.650	4574.300	Zaragoza	Aguilón	Indicio	19	--
268	Caliza	464	600.080	4556.850	Zaragoza	Monterde	Indicio	27	--
269	Cuarcita	464	620.800	4547.460	Zaragoza	Used	Indicio	7	--
270	Grava	465	628.350	4557.450	Zaragoza	Manchones	Indicio	37	--
271	Grava	465	629.780	4556.480	Zaragoza	Manchones	Indicio	37	--
272	Cuarcita	465	624.640	4543.500	Zaragoza	Santed	Indicio	7	--
273	Caliza	465	636.350	4548.340	Teruel	San Martín Río	Indicio	5	--
274	Caliza	465	648.850	4527.900	Teruel	Ferreruela	Indicio	5	--
275	Caliza	465	650.600	4549.800	Teruel	Cucalón	Indicio	16	--
276	Caliza	492	672.300	4536.800	Teruel	Segura Baños	Indicio	27	--
277	Grava	438	642.350	4563.400	Zaragoza	Mainar	Aband.	36	--

## 8.2.- DIRECTORIO DE EXPLOTADORES

SUSTANCIA	EMPRESA	PUNTOS DE EXTRACCION
ALABASTRO	J.A. NAVASCUES GARBAYO C/ TUDELA, S/Nº FITERO (NAVARRA)	64
ARCILLA	ARCILLAS DE OLIETE, S.L. ARRABAL, 2 OLIETE (TERUEL) FLF. 974-818066, 845553	135
ARCILLA	CAÑADA, S.A CTRA. ESCATRON, S/Nº ALCAÑIZ (TERUEL) TLF. 974-830511	141
ARCILLA	CERAMICA SEGOVIA	117-252
ARCILLA	EUROARCE CTRA. Nº 18 ARIGO (TERUEL) TLF. 974-818106	131
ARCILLA	INTRASA RDO. FDEZ VILLAVERDE, 15	129-EB
ARCILLA	JESUS TOMEO ROYO AVDA. ARAGON, 89 ALCAÑIZ (TERUEL) TLF. 974-830508	143
ARCILLA	MINERA SABATER, S.L. TORREHERMOSA, 14 VILLARREAL (CASTELLON) TLF.964-849175	139-144-239
ARCILLA	PORTOME, S.A. AVDA. ARAGON, 89 ALCAÑIZ (TERUEL) TLF. 974-830508	137
ARENA CADLIFERA ARENA SILICEA	CRISPIN AZNARA GALVEZ CARRETERA, 28 MARTIN DEL RIO (TERUEL)	229

ARENA CAOLINIFERA ARENA SILICEA	ROSA ORTIN GIMENO STA ENGRACIA, 55 MONTALBAN (TERUEL) TLF. 974-750207	229
ARENA CAOLINIFERA ARENA SILICEA	SILICES Y CAOLINES DE ARAGON, S.L. CAPUCHINOS, 29 ALCAWIZ (TERUEL)	115-147-207
BARITA	BARITAS DE TOBED, S.A.(BARITOSA) PASEO DEL EJERCITO, N° 30, 5° A CARIGENA (ZARAGOZA)	31
CALIZA	DOMINGO GARFELLA CLARO ABANADES, 2 MOLINA DE ARAGON (GUADALAJARA)	74
CALIZA	HERMANOS CUBEL MORENO (COM. BIENES) LA FUENTE, 23 MONREAL DEL CAMPO (TERUEL) TLF.974-863975	186
CALIZA	TRANSPORTES Y EXCAVACIONES POL.IND. CTRA. LOGROÑO, KM 6 TUDELA (NAVARRA) TLF. 948-822987	122-EB
GRAVA	ARIDOS Y HORMIGONES CORTES, S.L KM 1.100 CTRA. EMBID DE LA RIBERA CALATAYUD (ZARAGOZA) TLF.976-882297	18
GRAVA	VALERIANO CARRASCO MOLINA DE ARAGON (GUADALAJARA) TLF. 911-831697	
GRAVA	ARIDOS Y TRANSPORTES DEL JILOCA, S.L. AVDA. ESTACION NUEVA, 30 CALAMOCHA (TERUEL) TLF. 974-730306	192-205
GRAVA	HORMIGONES MARTIN DEL RIO, S.L. CARRETERA, 28 MARTIN DEL RIO (TERUEL)	226
GRAVA	PREMON, S.L. CTRA. N-240. BARRANCO SECO MONTALBAN (TERUEL) TLF.974-758061	227

OXIDOS DE HIERRO	CIRCONITA, S.A. MARIA MOLINER, 65-5º ZARAGOZA TLF. 976-375908	40
SEPIOLITA	MINERIA Y TECNOLOGIA DE ARCILLAS, S.A. (MYTA) INDEPENDENCIA, 21 ZARAGOZA TLF. 976-216129	29
YESO	MINAGUAS, S.A. AVDA. SEGORBE, 2 (TERUEL) TLF. 974-603788	201-EB

## 8.3.- DIRECTORIO DE CENTROS DE TRANSFORMACION

EMPRESA	COORDENADAS UTM DE LA PLANTA		HOJA 1:50.000	PROCESADO
	X	Y		
EURDARCE 18 ARIDO (TERUEL) TLF. 974-818106	704.100	4542.650	476	TRITURACION Y CTRA. N° HOMOGENEIZACION DE ARCILLAS CERAMICAS
MYTA MINERIA Y TECNOLOGIA DE ARCILLAS S.A. PENDENCIA, 21 (ZARAGOZA) TLF. 976-216129	626.400	4572.800	438	TRITURACION SECADO CLASIFICACION Y INDE- ENVASADO DE SEPIOLITA
ARIDOS Y TRANSPORTES DEL JILOCA AVDA. ESTACION NUEVA, 30 CALAMOCHA (TERUEL) TLF. 974-730306	643.900 636.100	4533.550 4548.400	491 465	CLASIFICACION ARIDOS
ISAAC MARTINEZ ROMEA CTRA. SAGUNTO-BURGOS VILLAFELICHE (ZARAGOZA)	625.300	4533.550	438	ELABORACION DE PLACAS DE ESCAYOLA
DOMINGO GARFELLA CLARO ABANADES, 2 MOLINA DE ARAGON (GUADALAJARA)	600.350	4536.700	490	TRITURACION DE ARIDO CALIZO
VALERIANO CARRASCO MOLINA ARAGON (GUADALAJARA) TLF.831697	600.100	5421.500	490	CLASIFICACION ARIDOS
PREMON, S.L. N-240. BARRANCO SECO MONTALBAN (TERUEL) TLF.974-758061	683.000	4523.050	493	CLASIFICACION Y CTRA. TRITURACION ARIDOS
HORMIGONES MARTIN DEL RIO CARRETERA, 28 MARTIN DEL RIO (TERUEL)	674.700	4525.600	492	CLASIFICACION Y TRITURACION ARIDOS
HNOS. CUBEL MORENO LA FUENTE, 23 MONREAL DEL CAMPO (TERUEL) TLF. 974-863975	639.400	4505.120	516	TRITURACION ARIDO CALIZO

## 8.4.- ESPECIFICACIONES DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

### 8.4.1.- Arcilla común

Se incluyen dentro de esta denominación general aquellos materiales arcillosos cuyos usos, como consecuencia de su composición mineralógica, se dirigen al campo de la cerámica estructural, alfarería y áridos ligeros obtenidos en procesos industriales de expansión de arcillas.

Son rocas sedimentarias compuestas esencialmente por minerales de la arcilla (ilita, caolinita, clorita, esmectitas,..) siendo su composición más frecuente de tipo ilitico o ilitico-caolinitico. Entre las impurezas que suelen presentar aparecen cuarzo, carbonatos, óxidos diversos, feldespatos, materia orgánica y sulfuros.

#### Propiedades físicas

La propiedad más importante de las arcillas es su plasticidad al ser mezcladas con agua y la posibilidad de ser moldeadas. Esta propiedad no es exclusiva de las arcillas, pudiendo producirse también por la presencia de coloides orgánicos o geles inorgánicos.

El valor cuantitativo de la plasticidad en una pasta arcillosa va a depender de una serie de factores:

- Tamaño de partículas
- Capacidad de cambio de la arcilla
- Naturaleza de los iones adsorbidos
- Cantidad de agua en la pasta
- Naturaleza de los iones contenidos en el agua de amasado

#### Usos y especificaciones

El principal uso de estos materiales arcillosos se da en el campo de la cerámica de construcción: (Tejas, ladrillos, tubos, ... baldosas), alfarería tradicional, lozas groseras y medias, azulejos y gres.

Son asimismo utilizadas en manufactura de cementos y en la producción de áridos ligeros -arcillas expandidas-.

No existe normativa oficial sobre las materias primas utilizadas en la elaboración de los productos cerámicos antes citados, primando, en general, criterios económicos.

\* Dentro de la cerámica estructural pueden tomarse las siguientes pautas:

- Arcillas de naturaleza ilitica o ilitico-caolinitica
- Contenidos en esmectitas (10-15% para evitar una excesiva plasticidad y problemas de contracción en el secado.
- Arena silicea en proporción variable: hasta 30-40%, actuando como desgrasante.
- Ausencia de carbonatos en granos, siendo tolerable la calcita muy fina ((15%).
- Elementos colorantes:
  - 5-10% de  $Fe_2O_3$  para tonalidades rojizas
  - 3-10% de  $TiO_2$  en presencia de  $Fe_2O_3$ : tonalidades amarillentas.
  - 0,5-4%  $MnO_2$  en presencia de  $Fe_2O_3$ : tonalidades ocres.

El color aparece asimismo afectado por otros factores tales como:

- Temperatura de cocción
- Grado de vitrificación
- Contenido en  $Al_2O_3$ ,  $CaO$  y  $MgO$
- Composición de los gases liberados durante la cocción
- Impurezas no deseables:
  - $SO_4Ca$  (4%)
  - $NaCl$  (1,5%)
  - $Na_2SO_4$  (0,4%)
  - $MgSO_4$  (1%)
- \* El uso de estas arcillas en lozas queda restringido a las lozas de baja calidad (lozas groseras y medias), requiriéndose arcillas semirrefractarias con relaciones de contenido caolín/otras arcillas, altas. Para grés se utilizan arcillas ilítico-caoliniticas (1/1) con contenidos en  $Fe_2O_3$  (15%). El objetivo en este sector es obtener pastas cerámicas capaces de obtener impermeabilidad por cocción, sin necesidad de esmaltes o cubiertas vidriadas, así como alta resistencia al ataque por ácidos.
- \* Para la producción de arcillas expandidas son utilizados materiales con illita, clorita, esmectita, vermiculitas.. La presencia de caolinita es un factor limitante por su carácter refractario. ((40%).

Interesan arcillas con contenido elevado en materia orgánica y óxidos de hierro para poder liberar el gas necesario para la expansión:

Materia orgánica: 0,5 - 2%

$Fe_2O_3$  : 13%

Asimismo no hay restricciones importantes respecto a la presencia de granos carbonatados, yeso y piritita ((2%).

- \* En la manufactura de cemento, las arcillas son utilizadas como fuente de alúmina y sílice. Prácticamente todas las arcillas son aptas para este uso, primando consideraciones económicas.

#### Ensayos

- Análisis químico
- Granulometría
- Difracción de R-X, A.T.D.
- Límites de Atterberg
- Contracción lineal
- Márgenes de cocción y resistencias a compresión
- Color de cocción

#### 8.4.2.- Arcillas especiales (Bentonitas, Sepiolita, Paliorskita)

El término de arcillas especiales se utiliza para diferenciar arcillas raras en términos comerciales, por su escasez, por presentarse en yacimientos muy restringidos, por el gran valor añadido que tienen tratadas industrialmente, etc...

Consideraremos aquí dos conjuntos:

- Esmeclitas
- Sepiolita y Paliorskita

##### ESMECLITAS

Las esmeclitas se dividen, en función de la naturaleza de los cationes alojados en posiciones octaédricas (Mg, Al) en:

- \* Esmeclitas dioctaédricas (Al) = Montmorillonita - Beidellita - Nontronita.
- \* Esmeclitas trioctaédricas (Mg) = Saponita - Hectorita.

La especie más común de las esmeclitas es la montmorillonita, constituyente esencial de las bentonitas (85%).

Los depósitos bentoníticos se presentan, esencialmente, como:

- Depósitos de alteración de cenizas volcánicas.
- Facies de transición y depósitos asociados a facies químicas de centro de cuenca.

Comercialmente, se distinguen dos tipos de bentonitas naturales:

- Bentonitas sódicas, tipo Wyoming
- Bentonitas cálcicas, tipo Southern

Un menor contenido en montmorillonita determina la aparición de términos como subbentonitas, arcillas bentoníticas, margas bentoníticas, metabentonitas, etc.

##### Propiedades

Las propiedades físico-químicas de las esmeclitas son el resultado de:

- Un tamaño extremadamente pequeño de partícula
- Variaciones en la composición química interna
- Características estructurales
- Gran capacidad catiónica de cambio
- Gran área de superficie que es químicamente activa
- Diferentes tipos de iones intercambiables y distinta carga superficial
- Interacciones con líquidos orgánicos e inorgánicos



Estas propiedades son:

- Capacidad de cambio: 70-130 meq/100 gr para esmectitas puras. Los cationes de cambio más frecuentes son Ca, Mg, Na, K, Li.
- Hidratación e hinchamiento: Las bentonitas sódicas presentan buenas propiedades de hinchamiento, mientras que las cálcicas presentan buenas propiedades como decolorantes. Entre ambas existen numerosos términos intermedios. Industrialmente se obtienen bentonitas sódicas a partir de cálcicas sustituyendo el catión interlaminar.
- Deshidratación y rehidratación
- Propiedades coloidales
- Reacciones orgánicas

#### Explotación y procesado

La explotación se efectúa a cielo abierto, utilizando medios mecánicos convencionales. El procesado industrial viene fijado por la naturaleza y uso a que se destine:

- Trituración y molienda a 200 mesh con secado (humedad 6-8%).
- Trituración y molienda para granulados, con secado previo
- Activación ácida, que incluye trituración y molienda, presecado, adición de agua y ácido sulfúrico o clorhídrico, agitación, espesado, filtrado, secado y pulverizado.
- Activación sódica, sobre bentonitas cálcicas, tratando con carbonato sódico para obtener bentonitas sódicas.
- Obtención de arcillas organofílicas, donde los cationes de cambio son sustituidos por cationes orgánicos de cadena larga tipo compuestos tetraamonio.

#### Usos

Los tres principales usos de las bentonitas son:

- Lodos de perforación y lodos para pantallas impermeabilizantes en ingeniería civil.
- Como aglomerante en arenas de fundición para obtención de moldes y en pelletización de menas.
- Decoloración y clarificación de aceites y grasas, vegetales y animales.

Otros usos son:

- Purificación de cervezas, vino, azúcar, miel, ...
- Como soporte de productos químicos, tipo pesticidas o insecticidas.
- Como agente gelificante, tixotrópico o de suspensión, a partir de bentonitas organofílicas.
- En detergentes y productos de limpieza.
- Como catalizador ácido, para el desarrollo del color de leucocolorantes, en papeles autocopiativos.
- Como desarrollador del color en reveladores fotográficos
- Como catalizadores para craqueo térmico de gasolinas
- Como soporte de catalizadores biológicos o enzimas
- Como emulsificantes en pinturas
- En cementos y morteros
- En cosméticos, farmacia, etc., formando pastas
- En nutrición animal
- Tratamiento de residuos radiactivos
- Etc.

Las bentonitas blancas, variedad muy rara y escasa, son utilizadas principalmente como geles tixotrópicos y suspensiones en sistemas acuosos en cosmética.

La hectorita, esmectita lítico-magnésica, es utilizada en emulsiones para pinturas, cosméticos, productos de limpieza, adhesivos, cauchos, etc... La laponita es una versión sintética comercial de la hectorita.

### Especificaciones

\* Lodos de perforación: Normas API STD 13 a API RP 13.

- Lectura en viscosímetro a 600 rpm >30
- Filtrado máximo = 13,5
- Yield point = viscosidad plástica x 3
- Residuo sobre tamiz 200-mesh (2,5% sobre mezcla de 10 gr en 350 cc de agua y 0,2 gr de agente dispersante)
- Humedad (10%)

\* Arenas de moldeo: Normas SFSA 13T-65

- Contenido en agua = 6-12%
- pH >8,2
- CaO (0,7%)

\* Gránulos absorbentes:

Normas ASTM: C 431-65 "Standard Methods for sampling and evaluation of Sorptive Mineral Products Used as Floor Absorbents:

Granulometría	% Retenido
Malla 6 U.S.	0 - 1 %
30 U.S.	52 - 99 %
40 U.S.	73 - 98 %
60 U.S.	90 -100 %
Absorción de aceite	>0,8 ml/gr.
Absorción de agua	> 0,9 ml/gr.
Solubilidad en agua destilada	( 1,5 %

### Ensayos

- Difracción R-X
  - A.T.D.
  - Análisis químico
  - Granulometría
- \* Para arenas de moldeo:
- Resistencia a compresión en verde y seco
  - Durabilidad
  - Límites de Atterberg

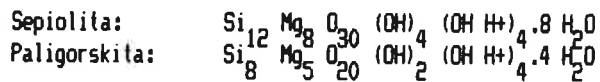
- \* Para lodos de perforación:
  - Reología
- \* Para lodos en ingeniería civil:
  - Límites de Atterberg
  - Actividad
  - Resistencia a compresión no confinada
  - Resistencia al corte y susceptibilidad
  - Compresibilidad y consolidación
- \* Como absorbentes y decolorantes
  - Absorción de agua y aceite
  - Test de decoloración

### SEPIOLITA Y PALIGORSKITA

Las sepiolitas y paligorskitas se caracterizan por presentar morfologías fibrosas, constituyendo un grupo aparte dentro de las arcillas denominado como "minerales fibrosos de las arcillas".

Los principales depósitos comerciales aparecen en medios sedimentarios continentales, donde se generan por precipitación directa, por transformación de minerales preexistentes, como minerales heredados en medios con muy poco transporte o por procesos de edafización.

#### Composición y propiedades



Las sepiolitas son filosilicatos magnesianos con baja proporción de aluminio, mientras que en las paligorskitas el Al puede reemplazar al Mg en una relación 2/3.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Ppc
Sepiolita (Vallecas)	63,10	1,08	0,27	23,80	0,49	0,09	0,21	10,9	
Paligorskita (Cáceres)	61,46	9,41	2,50	10,37	0,41	0,32	0,12	5,84	9,14

Su peculiar estructura les confiere una serie de propiedades, entre ellas las de dar suspensiones poco afectadas por la concentración iónica así como la de convertirse en poderosos decolorantes y absorbentes una vez activadas térmicamente.

#### Propiedades físicas de la sepiolita:

- Dureza = 2-2,5
- Porosidad = 17%
- Peso específico = 2-2,1 gr/cc
- Densidad aparente = 0,5-0,7 gr/cc
- Sup. específica = 330 m<sup>2</sup>/gr
- Capac. cambio = 25-30 meq/100 gr
- pH = 8
- Punto de fusión = 1.550 °C

Explotación y procesado

La extracción se efectúa a cielo abierto, mediante métodos convencionales, seleccionando el material en función de sus posteriores usos.

Los tratamientos posteriores incluyen una primera fase de secado, molienda y tamizado, según granulometrías específicas, y activación térmica (200-300°C), eliminando agua higroscópica y zeolítica, para potenciar sus propiedades absorbentes.

Usos y especificaciones

Los usos de estas sustancias son consecuencia de sus propiedades reológicas, tixotropía, alta sup. específica, baja capacidad de cambio y alto poder sorbente:

- Como absorbente, para lechos de animales, suelos, ..., aerosoles y aerogeles para pesticidas, fertilizantes, ...
- Por sus propiedades adsorbentes, en la purificación de productos de petróleo, azúcar, ...
- En procesos de filtración, floculación y clarificación
- Como tamiz de moléculas e iones en separación de gases y vapores
- Por sus propiedades reológicas, en lodos de perforación con base de agua salada, farmacia, pinturas, resinas, cosmética ...
- En cerámica y aislantes
- En nutrición animal
- Etc.

Las especificaciones para absorbentes hacen referencia a pureza, humedad y granulometría, siendo esta adecuada al posterior uso y controlada durante el machaqueo. (Ver norma ASTM C-431-65 en esmectitas).

Las especificaciones para lodos de perforación son las mismas citadas para las bentonitas (API STD-13-A y API RP-13), excepto en el residuo sobre tamiz 200 mesh (8%) y la humedad máxima (16%).

Ensayos

- Difracción de R-X
- A.T.D.
- Análisis químico
- Granulometría

Para su uso en decoloración:

- Humedad
- Densidad
- pH
- Retención de aceite
- Test de activación
- Test de decoloración, por percolación y contacto

Para uso como absorbente:

- Humedad
- Densidad
- Absorción de agua y aceite (Normas Ford y Westinghouse)

Para lodos de perforación:

- Reología (viscosidad aparente, yield point, filtrado)
- Humedad

**TIERRAS DE FULLER**

El término "Tierra de Fuller" hace referencia a arcillas con propiedades decolorantes naturales. Aunque su nombre no implica una génesis o una mineralogía determinada, se acepta una composición de bentonitas cálcicas y en menos casos arcillas paligorskíticas. Pueden contener pequeñas proporciones de caolinita, illita, beidellita, hectorita o sepiolita. Son utilizadas en decoloración y filtrado.

**8.4.3.- Arcillas refractarias**

Se incluyen en este grupo aquellas arcillas que por sus características de refractariedad son utilizadas en la fabricación de productos resistentes a altas temperaturas.

La norma UNE-61-001-75 clasifica los refractarios aluminosos atendiendo a su composición química (%  $Al_2O_3$ ) en las siguientes categorías:

1.  $Al_2O_3$  = 43-45%
2.  $Al_2O_3$  = 41-43%
3.  $Al_2O_3$  = 39-41%
4.  $Al_2O_3$  = 35-39%
5.  $Al_2O_3$  = 30-35%

Las materias primas empleadas en el grupo 4 y 5 son las arcillas y caolines refractarios. El componente fundamental de estas arcillas es la caolinita, silicato aluminico hidratado de fórmula  $2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O$  y cuya composición química teórica es:

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$H_2O$
46,5	39,5	14

La norma ASTM C27-70 "Standard classification of Fireclay and high alumina refractory brick", da cinco tipos de ladrillos obtenidos a partir de fireclay. El término fireclay presenta diferentes acepciones. El más amplio incluye a aquellas arcillas de cocción no blanca y punto de fusión superior a  $1520^{\circ}C$ .

Los flint clays, denominación que se corresponde con la alemana "tonsteins" son arcillas duras, masivas, no plásticas, con fractura concoidal y compuestos por caolinita bien ordenada, con bajos contenidos en óxidos de hierro u otros fundentes.

El término Burley-clay hace referencia a arcillas formadas por caolinita y minerales bauxíticos (diasporo, boehmita), con el consecuente aumento en el contenido en  $Al_2O_3$ , llegando a alcanzar puntos de fusión de  $1800^{\circ}C$ .

#### Usos y especificaciones

El uso principal de estos materiales es la realización de revestimientos, como único componente o mezclado con otros productos refractarios (corindón, sillimanita, bauxita, etc.), utilizados en siderurgia, altos hornos, vidrio, cerámica, etc.

Las especificaciones más corrientes son:

- Contenido en caolinita >80%
- Contenido en impurezas:  $Fe_2O_3$  <2,5%
- $CaO+MgO$  <1%
- $Na_2O+K_2O$  <1%

Desde el punto de vista físico, las especificaciones hacen referencia a:

- Resistencia al calentamiento, expresada según conos pirométricos equivalentes.
- Contracción lineal
- Resistencia a compresión
- Resistencia a la abrasión

#### Ensayos

- Análisis químico
- Granulometría
- Difracción R-X
- Plasticidad
- Ensayos cerámicos y cono pirométrico

Para mayor información consultar apartado 8.4.8.: Caolín y 8.5.6.: Refractarios.

#### 8.4.4.- Arenas silíceas

Este tipo de material se encuentra en sedimentos sueltos o poco consolidados, de distinto origen, marino, fluvial, eólico y se caracterizan en general por un contenido muy elevado en sílice.

En general se explotan en canteras a cielo abierto, con medios mecánicos simples.

#### Usos y especificaciones

Las principales utilizaciones de este tipo de arenas son en la industria del vidrio y en la fabricación de moldes de fundición; además, en menor proporción, en abrasivos, en lechos de filtración, como cargas en forma de harina de sílice en pinturas y lejías, en fracturación hidráulica en desarrollo de pozos de petróleo, etc...

En la industria del vidrio las especificaciones más comunes son las siguientes:

	Vidrios blancos	Vidrios semi-blancos	Lanas
SiO <sub>2</sub> .....	) 99%	) 98,5%	) 98%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	(< 0,03%	(< 0,2%	(< 0,3%
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	(< 0,0003%	(< 0,005%	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	(< 1%	- -	.

Para el vidrio óptico, el porcentaje máximo permitido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es de 0,01%.

En el vidrio plano el contenido máximo permitido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es de 0,1%.

En fundición las especificaciones más utilizadas son:

- Contenido en SiO<sub>2</sub> entre 95-98%
- Contenido en carbonatos, en forma de CO<sub>2</sub> entre 0,1-0,4%

#### Ensayos

Los ensayos más comunes son los siguientes:

- Granulometría e índice de finura
- Determinación mineralógica con lupa binocular y líquidos densos
- Calimetría
- Análisis químico
- Pérdida al fuego
- Calci-dolometría en los casos necesarios

Para mayor información se remite a los apartados: 8.5.8: Vidrio, 8.5.15: Arenas de moldeo, 8.5.11.: Abrasivos y 8.5.12: Cargas, Filtros y Absorbentes.

#### 8.4.5.- Arenas y gravas

Se incluyen en este grupo aquellas rocas detriticas no consolidadas que por su granulometría, independientemente de su naturaleza litológica, pueden ser clasificadas como arenas o gravas.

Son los áridos naturales por excelencia, que se extraen de terrazas fluviales, lechos de ríos, rañas, ... mediante medios mecánicos convencionales.

La denominación por tamaños más usual es la siguiente:

- Morro.....		)	100	mm
- Grava gruesa .....	50	a	100	mm
- Grava media .....	40	a	60	mm
- Grava menuda .....	30	a	50	mm
- Gravilla gruesa .....	20	a	40	mm
- Gravilla media .....	15	a	30	mm
- Gravilla menuda .....	15	a	25	mm
- Garbancillo .....	7	a	15	mm
- Arena gruesa .....	2	a	5	mm
- Arena media .....	0,5	a	2	mm
- Arena fina .....	0,1	a	0,5	mm
- Filler o polvo .....	0,005	a	0,08	mm

Para mayor información sobre ensayos, usos y especificaciones se remite al apartado 8.5.2. (áridos)

#### 8.4.6.- Barita y witherita

La baritina ( $BaSO_4$ ) y witherita ( $BaCO_3$ ) son las principales fuentes comerciales del bario.

La baritina, también llamada espato pesado, es conocida a nivel industrial como barita. Sus depósitos comerciales son, fundamentalmente:

- Venas y relleno de cavidades, precipitados a partir de soluciones hidrotermales de baja temperatura.
- Depósitos residuales, por meteorización de depósitos preexistentes.
- Depósitos estratiformes, en los que la baritina se presenta masiva, como cemento ...

La baritina suele aparecer asociada con cuarzo, sílex, jasperioides, calcita, dolomita, siderita, sulfuros metálicos, etc... y se presenta asimismo como ganga en muchas paragénesis. La baritina puede presentar sustituciones isomórficas de Sr, fundamentalmente.

La witherita se presenta habitualmente como mineral accesorio en muchos yacimientos de barita, presentando muy rara vez interés comercial por sí sola.

#### Composición y propiedades

	BaO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Dureza	Densidad
Barita	65,7	-	34,3	3-3,5	4,3-4,6
Witherita	77,7	22,3	-	3-3,5	4,3

Las propiedades que confieren a las baritas interés industrial son:

- Alto peso específico
- Dureza baja
- Inercia química
- Brillo y blancura
- Absorción de radiaciones



### Usos y especificaciones

Los usos de las baritas, de modo general, pueden agruparse en cinco categorías:

- \* Como agente pesado en lodos de perforación (uso principal) :

% $BaSO_4$	Peso Especifico	Granulometría	% Solub. en agua
>92	>4,2	45-75 $\mu$	<0,02

- \* Pintura La barita es una materia prima importante en la manufactura del litopón, pigmento blanco resultante de la mezcla de sulfuro de cinc y sulfato de bario. Es utilizado asimismo como extendedor en pinturas y barnices.

	% $BaSO_4$	Peso especific.	% $Fe_2O_3$	% $SiO_2$	% Volátiles + Humedad	% Solubles en agua	pH	Absorción aceite	Granulometría
Blanco fijo	97	4,3-4,48	<0,2	<1	<0,5	0,2-0,5	6-8	15-30	Grado I 0,1-0,2 $\mu$ Grado II <0,5 $\mu$
Baritina	94	4,3-4,5	<0,05	<2,0	<0,5	<0,2	6-8	6-12	0,1-40 $\mu$

- \* Industria química

Es el segundo sector consumidor de baritas, siendo utilizadas en la producción de blanco fijo (sulfato de bario precipitado), cloruro de bario, carbonato de bario, nitrato de bario, hidróxido de bario, cromato de bario, etc...

Para la manufactura de estos compuestos, el punto de partida es el sulfuro de bario (ceniza negra),  $BaS$ , obtenido de la reducción de baritas de alta pureza.

Las especificaciones generales son:

% $BaSO_4$	% $Fe_2O_3$	% $SrSO_4$	% F	Granulometría
>94	<1	<1	Trazas	0,84-4,7 mm

- \* Vidrio

La barita se emplea en la fabricación del vidrio con un consumo aproximado de 6-10 Kg por Tm de vidrio.

% $BaSO_4$	% $Fe_2O_3$	% $TiO_2$	% $Al_2O_3$	% $SiO_2$
96-98	<0,1-0,2	Trazas	<0,15	<1,5

Las rígidas especificaciones sobre pureza hace que los fabricantes prefieran el uso de sulfato de bario precipitado.

#### \* Otras industrias

- Como carga en la industria del caucho :  
%  $\text{BaSO}_4$  >99%. Ausencia de cobre y manganeso
- En la fabricación de hormigones especiales
- Como carga en plásticos, papel, pieles, textil e industrias de asbestos, etc...

#### Explotación y procesado

Los depósitos de barita residual se explotan a cielo abierto. El material recogido en cantera es machacado y separado hidráulicamente de la ganga en trommel en varias fases. El producto final es molido. Las pérdidas de barita en este proceso pueden ser considerables (hasta un 30%).

Los depósitos de tipo venas y estratiformes son explotados a cielo abierto o con minería subterránea. En los depósitos en venas, la beneficiación puede resultar relativamente compleja, en función de las paragénesis minerales presentes, precisándose técnicas de flotación.

El procesado de la barita requiere únicamente una fase de molienda hasta las granulometrías requeridas excepto en la utilización para la industria química. En esta, la barita es reducida en horno a  $1400^\circ\text{C}$  para obtener "ceniza negra" (SBa). A partir de ésta se obtienen los distintos compuestos.

#### Ensayos

- Análisis químico
- Peso específico
- Difracción de R-X
- Petrografía
- Blancura

#### Normativa

- UNE 48 040 56 Litopón para pinturas y esmaltes. Características y métodos de ensayos.
- UNE 48 063 60 Blanco fijo (sulfato de bario precipitado)
- UNE 48 064 60 Baritina. (Sulfato de bario natural molido)
- UNE 48 065 60 Carbonato de bario precipitado
- UNE 48 066 60 Witherita (Carbonato de bario natural).

### 8.4.7.- Caliza

Las calizas son rocas sedimentarias de origen químico, detrítico u organógeno, con más del 95% de carbonato cálcico, generalmente en forma de calcita ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ).

#### Usos y especificaciones

Poseen un amplísimo mercado, teniendo una importante demanda en las más variadas aplicaciones industriales. Por lo general los factores que condicionan su aplicación, no son sólo los de calidad, sino que tienen gran importancia los de orden económico. Debido a la abundancia de materiales sustitutivos

y a la capacidad de adaptación de muchos procesos industriales a las características de la materia prima disponible, las calizas se encuentran a menudo en competencia con otros productos.

Del mismo modo en muchas ocasiones se prefiere una caliza de peor calidad que la teóricamente aconsejable para el proceso debido a que la relación calidad/precio puede llegar a justificar tal elección.

La demanda, así mismo, se ve fuertemente condicionada por la influencia del transporte, que limita enormemente la distancia a donde pueden llegar estos materiales, salvo en casos muy determinados de calidad muy especial.

Las calizas se utilizan en un gran número de sectores y aplicaciones industriales, aunque los sectores de la construcción y aglomerantes se reparten un 58,2% y un 38,6% respectivamente del tonelaje total extraído en España.

Debido a este gran número de procesos industriales en que entran a formar parte las especificaciones son muy diversas, basándose en sus cualidades químicas o físicas según el uso al que se destinen.

#### \* Construcción

Las dos formas esenciales de utilización de la Caliza en construcción son los áridos de trituración y la piedra tallada y pulida para ornamentación o sillería.

Como roca ornamental, comercialmente se asimila al mármol, por lo cual ha de cumplir todas las especificaciones exigidas a este material, siendo su campo de utilización el mismo. (Ver 8.5.1.).

Respecto a su uso como material triturado, además de la solidez, son importantes la resistencia a la abrasión, la dureza y la estabilidad química, así como la absorción de agua, el peso específico y la granulometría.

En cuanto a las especificaciones se refieren fundamentalmente a la presencia de sustancias perjudiciales, como pueden ser los terrones de arcilla, yesos, piritas y rocas friables o porosas en exceso.

#### \* Fabricación de cemento

En la industria cementera se denominan calizas a aquellas rocas carbonatadas cuya riqueza en carbonato cálcico supera el 75-85%.

Las calizas son las materias primas que entran en mayor proporción en el crudo (75-90%) o mezcla de materias primas que dan lugar a un cemento, siendo su quimismo determinante en el resto de las materias primas adicionales o correctores.

A título orientativo exponemos una tabla con las limitaciones analíticas de las calizas para la fabricación de cemento :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Alcalis	SO <sub>3</sub>	S <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
( 13	( 6	( 3	) 45	( 3,5	( 1	( 0,7	( 0,3	( 0,1

Para mayor información ver el capítulo de Cementos, Cales y Yesos en el apartado 8.5.4.

### \* Fabricación de cal

Para la fabricación de cal no existen especificaciones precisas respecto de las características de la caliza como materia prima.

La presencia de Magnesio, Hierro, Azufre y materias orgánicas tiene una gran importancia en la naturaleza del producto final.

La norma UNE 41-066 clasifica las cales como:

#### \* Cales aéreas:

- Cal dolomítica (cal gris) = MgO ) 5%
- Cal grasa = MgO (5%
- Cal viva
- Cal apagada, en polvo o en pasta

#### \* Cales hidráulicas:

- De bajo contenido en magnesia: MgO ( 5%
- De alto contenido en magnesia: MgO ) 5%

La norma UNE-41-067 clasifica la cal aérea como:

	CaO+MgO	CO <sub>2</sub>	Residuo tamiz UNE	
			0,2	0,08
- Cal aérea I	90%	5%	5%	10%
- Cal aérea II	60	5	15	-

La norma UNE-41-068 clasifica la cal hidráulica como:

	SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Residuos		Resist. Compres. 50 kg/cm <sup>2</sup>
		Tamiz 0,2	Tamiz 0,08	
- Cal hidráulica I	20%	5%	20%	50 kg/cm <sup>2</sup>
- Cal hidráulica II	15	10	-	30
- Cal hidráulica III	10	10	-	15

CO<sub>2</sub> (5% para las tres calidades.

Para que una caliza sea de buena calidad se requiere unas propiedades físicas referidas al tipo de cristalinidad que hagan que durante la calcinación no tenga tendencia a decrepitar. En cuanto a su calidad química, se prefieren calizas con un alto contenido en Carbonato Cálcico, pero teniendo en cuenta que es necesaria la presencia de más de un 5% en arcillas para obtener cales hidráulicas. La composición química apta del material viene regida por el índice hidráulico.

El índice hidráulico es la proporción de los compuestos de Silice, Aluminio y Hierro presentes en las arcillas en forma de silicatos y el Magnesio y Calcio de caliza expresados en porcentaje en peso de los óxidos correspondientes.

De este índice hidráulico depende fundamentalmente el tiempo de fraguado, pudiéndose clasificar las calces según el cuadro siguiente:

Naturaleza de productos	Índice Hidráulico	% Arcilla en la caliza primitiva	Tiempo de fraguado
Cal grasa	0,0 -0,1	0,0- 5,3	-
Cal débilmente hidráulica	0,1 -0,16	5,3- 8,2	16-30
Cal medianamente hidráulica	0,16-0,31	8,2-14,8	10-15
Cal propiamente hidráulica	0,31-0,42	14,8-19,1	5-9
Cal eminentemente hidráulica	0,42-0,5	19,2-21,8	2-4
Cal límite, cemento lento	0,5 -0,65	21,8-26,7	1-12
Cemento rápido	0,65-1,20	26,7-40,0	5-15

#### \* Papel y pulpa de papel

La caliza se emplea en la manufactura de pulpa de papel por medio del proceso del sulfito, en el cual el carbonato reacciona con el dióxido de azufre para obtener el bisulfito de calcio, que se utiliza como digestor de madera en la Torre del sistema Jennsen.

Un análisis típico de caliza para papel es el siguiente:

$\text{CO}_3\text{Ca}$ .....	96%
$\text{CO}_3\text{Mg}$ .....	4% máximo
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ .....	(1%
$\text{SiO}_2$ .....	(1%
Materia orgánica .....	0%
Libre de piritas y escamas de micas y grafito.	
Tamaño mínimo 6 cm.	

#### \* Cargas blancas

La caliza, finamente pulverizada, tiene una importante aplicación como cargas inorgánicas en numerosas industrias, exigiéndose que el material tenga un buen color blanco y una granulometría adecuada, tamaños de 200 mallas o más.

Los sectores en los que utilizan son:

- \* Cerámica
- \* Insecticidas
- \* Pinturas y pigmentos
- \* Papel
- \* Caucho
- \* Baldosas y pigmentos
- \* Papel
- \* Caucho
- \* Baldosas acústicas
- \* Asfaltos
- \* Productor de calafateado
- \* Papel de fumar
- \* Cosméticos
- \* Lapiceros
- \* Explosivos
- \* Alimentación
- \* Cubiertas de suelos
- \* Gravas y aceites
- \* Colas
- \* Cueros
- \* Linóleos
- \* Pulimentos de metales
- \* Jabón y detergentes
- \* Pasta dentrífica
- \* Tintas blancas
- \* Aislamientos de cables eléctricos

#### \* Vidrio

La caliza se emplea, bien en crudo o bien calcinada, como constituyente en el baño de vidrio, actuando como fundente, si bien el aporte de óxido de calcio aumenta la estabilidad química y mecánica del vidrio.

En general se exige que la caliza contenga un mínimo del 98% de Carbonato de Calcio y Magnesio, siendo muy importante la limitación de los óxidos de Hierro y materia orgánica que no deben exceder del 0,035% y 0,1% respectivamente. Los óxidos de Manganeso, Plomo, Azufre y Fósforo deben ser mantenidos al mínimo, sin que en ningún caso excedan del 0,1%. El residuo insoluble en ClH, incluyendo la Sílice debe ser menor del 1%.

Un análisis medio de Caliza empleado por Cristalería Española es el siguiente:

CaO .....	55,0%
MgO.....	0,2%
SiO <sub>2</sub> .....	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,1%
Insoluble en ClH .....	1,1%
Pérdida al fuego .....	43,6%

La granulometría debe ser tal que el material sea de tamaño inferior a 2 mm y no se presenten finos en cantidades importantes. (Ver apartado 5.8: Vidrio).

#### \* Metalurgia

La caliza se emplea en la metalurgia del hierro y de los metales no férreos, principalmente como fundente, aunque también se puede emplear, por sus características químicas, para que participe específicamente en una reacción química, como es el caso del proceso Bayer de obtención del Aluminio.

En general las especificaciones requeridas para las calizas en metalurgia son:

$\text{CO}_3\text{Ca} + \text{CO}_3\text{Mg}$ .....	97,0%
S .....	0,1%
P .....	0,02%
$\text{SiO}_2$ .....	1,0%
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	1,5%

#### - Tratamiento de azúcares

La caliza se emplea para purificar el zumo de la remolacha azucarera. Se precisa para esto una caliza muy pura, con las siguientes características:

$\text{CO}_3\text{Ca}$ .....	96-97,0%
$\text{SiO}_2$ .....	1,0% máximo
$\text{CO}_3\text{Mg}$ .....	4,0% "
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	0,5% "

#### - Desulfuración de los gases de combustión

El azufre se puede eliminar antes, durante o después de la combustión. El procedimiento más generalmente utilizado es la eliminación del azufre en los gases de salida. Este proceso puede llevarse a cabo por vía seca o húmeda. El más empleado es el de vía húmeda, en el que la caliza actúa como reactivo absorbente en forma de carburo de calcio y en mezclas y lechadas de cal o caliza.

Las principales exigencias en cuanto a la calidad de la caliza se refieren a la calidad química, reactividad y contenido en residuos insolubles.

$\text{CO}_3\text{Ca}$ .....	85-95,0%
$\text{CO}_3\text{Mg}$ .....	0-5,0%
Inertes .....	5,0% máximo

#### \* Calizas como correctores de suelos en agricultura

El efecto de la adición de encalantes al suelo viene determinado por:

- Ca o Mg que se aportan; suele expresarse como elementos (Ca, Mg), como óxidos (CaO, MgO) o como carbonato de calcio equivalente (C.C.E.).

C.C.E. calcita = 100  
 C.C.E. magnesita = 118  
 C.C.E. dolomita = 108,6

- Elementos metálicos pesados que se aportan indeseadamente, Pb, Hg, Cd, Cr, ...
- Granulometría: afecta a la rapidez de la neutralización y a la homogeneidad de su disposición sobre el terreno.
- Valor neutralizante: número que representa la cantidad de CaO que tendría la misma capacidad de neutralización que 100 Kg del producto considerado.
- Rapidez del efecto neutralizante. Los productos cálcicos presentan una neutralización rápida y los magnésicos más lenta y duradera. Se mide por la solubilidad carbónica: % de producto disuelto en una solución saturada de gas carbónico.

Como valores generales se puede tomar:

C.C.E. ) 80%  
 V.N. ) 45%  
 Solub. carbónica ) 45%

No existe normativa española al respecto, pudiendo tomarse como referencia las normas francesas (NF-U-44-001, 44-001, 44-173 y 44-174).

A continuación se ofrecen datos obtenidos sobre calizas de la Formación "Calizas de Vegadeo". en la provincia de Lugo.

Ca %	Mg %	P %	Cr (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	S.C.	C.C.E.	V.N.
34,3	0,37	0,0018	-	36	61	60,62	94	56
36,7	0,16	0,0043	6	36	-	62,5	91,0	55,7

#### Ensayos generales sobre calizas

Los ensayos preliminares más utilizados son:

- Análisis químico completo
- Comportamiento ante la calcinación
- Reactividad

Con posterioridad dependiendo del campo de utilización se realizan otros ensayos como el de blancura, alcalinidad, residuo insoluble, etc.

En el caso de su utilización en ornamentación los ensayos son más específicos, realizándose ensayos de pulido, choque térmico y todos los normalizados que aparecen detallados en el capítulo de rocas ornamentales (8.5.1.).



### Normativa

Otras normas para distintos ensayos son :

- UNE-70-94-55 Método para la determinación de la humedad en cales y calizas.
- UNE-70-95-55 Método para la determinación del anhídrido silícico y del residuo insoluble, de los óxidos de aluminio y hierro, del óxido de calcio y del óxido de magnesio en cales y calizas.
- UNE-70-96-55 Método para la determinación del anhídrido sulfúrico en cales y calizas.
- UNE-70-97-55 Determinación del azufre total en cales y calizas.
- UNE-70-98-55 Determinación del óxido manganeso en cales y calizas.
- UNE-70-99-56 Determinación de la pérdida por calcinación, del contenido en anhídrido carbónico y del agua total en cales y calizas.
- UNE-73-52-75 Determinación de sodio en minerales de hierro, escorias y calizas mediante la técnica de absorción atómica.
- UNE-73-53-75 Determinación de potasio en minerales de hierro, escorias y calizas.
- UNE-73-58-78 Determinación de plomo en minerales de hierro, escorias y calizas, mediante la técnica de absorción atómica.
- UNE-73-59-78 Determinación del cobre en minerales de hierro, escorias y calizas, mediante la técnica de absorción atómica.
- UNE-73-59-78 Determinación de cinc en minerales de hierro, escorias y calizas.
- ASTM D75-79 Ensayo a la abrasión Los Angeles.
- ASTM D 3-18 Resistencia al impacto.
- ASTM C88-61 Resistencia a los agentes atmosféricos.

Como se menciona para el caso de las dolomías, para muchos de los usos no existen normativas en España, estando en estudio el proyecto de normativa realizado por el I.G.M.E., en el que se incluyen además de las ya citadas en 4.10., las siguientes:

- Calizas para purificación de azúcares.
- Calizas para alimentación animal.

### 8.4.8.- Caolín

Los caolines son rocas caracterizadas por un significativo contenido de minerales de la familia de las Kanditas:

- Caolinita, nacrita y dickita
- Haloisita y metahaloisita

La caolinita, caolinita + haloisita y haloisita son los principales componentes de los depósitos comerciales, a los que acompañan cantidades variables de cuarzo, feldespatos, micas, otras arcillas, alunita, óxidos de hierro y titanio, etc.

Los yacimientos, a grandes rasgos, pueden ser de dos tipos:

- Primarios, desarrollados "in situ" mediante meteorización en clima tropical húmedo, por alteración hidrotermal o por acción de solfataras.

Las principales rocas que al caolinizarse pueden proporcionar concentraciones explotables son: Rocas graníticas s.l., rocas metamórficas gneisicas, rocas volcánicas ácidas, areniscas grauváquicas y arcósicas y pizarras sericiticas.

- Secundarios, en los que el material original ha sufrido un proceso de transporte y posterior sedimentación. En este grupo se incluyen los caolines sedimentarios s.s., arenas caoliníferas, "ball clays", "fireclays" y "flint clays".

El término "ball clay" alude a arcillas caoliníferas muy plásticas, fácilmente dispersables en agua y color blanco en cocción, si bien su color natural es oscuro. Presentan un buen módulo de ruptura.

El término "fireclay" presenta distintas acepciones. La más amplia incluye en este grupo a las arcillas de cocción no blanca y fusión superior a 1.520°C.

Los "flint clays" o caolines pétreos son arcillas duras, masivas, no plásticas y con fractura concoidea. Están constituidas por caolinita muy pura y cristalizada en tamaños de partícula extremadamente finos. Son arcillas refractarias de alto grado.

#### Composición y propiedades

La caolinita es un silicato aluminico hidratado, de fórmula  $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{H}_2\text{O}$
46,5	39,5	14

La distribución y forma de las partículas en apilamientos de placas microscópicas pseudo hexagonales de la caolinita, son algunas de las características que controlan sus propiedades reológicas. La estructura cristalina es resistente al ataque químico por lo que se convierte en una carga blanca de alto interés industrial. Otras propiedades de interés son:

- Blancura, afectada por la presencia de óxidos.
- No toxicidad
- Tamaño de partículas (63  $\mu$ )
- Superficie específica
- Poder cubriente
- Refractariedad
- Poder absorbente y adherente

#### Explotación y procesado

La mayor parte de los depósitos de Caolín se encuentran cerca de la superficie, por lo que su extracción se realiza a cielo abierto, con medios mecánicos convencionales, si bien en algunos casos se utilizan métodos hidráulicos removiendo el material con chorros de agua y extrayendo la suspensión por bombeo. En explotaciones subterráneas la extracción suele realizarse por el método de cámaras y pilares.

Aunque el caolín natural puede ser utilizado directamente (refractarios), el caolín comercial de alta calidad se obtiene por vía húmeda con los siguientes pasos habituales:

- Dispersión
- Eliminación de la fracción gruesa (>44  $\mu$ )
- Separación por fracciones por centrifugación
- Deslaminación de las fracciones gruesas y posterior fraccionamiento por centrifugación.
- Separación de impurezas por flotación, floculación o separación magnética.
- Tratamiento químico para aumentar blancura

- Filtración (eliminación de agua y sales solubles) hasta conseguir una concentración del 60% en sólidos.
- Secado y pulverizado, o formación de barbotinas de alta concentración en caolín (70% en sólidos) o calcinación.
- Envasado

#### Usos y especificaciones

Se utiliza este material en numerosos procesos industriales, siendo los principales los siguientes:

- Fabricación de papel, como cargas
- Cerámica fina y refractarios
- Industria del Caucho
- Plásticos
- Cargas en pinturas
- Cementos blancos
- Etc.

Algunas especificaciones más utilizadas en estos sectores son:

- Cargas en Papel
  - \* Índice de blancura superior al 80%
  - \* Granulometría, un 50% mínimo menor de 2 micras
- Cerámica
  - \* Índice de blancura mayor del 80%
  - \* Porcentaje de  $Fe_2O_3 + TiO_2$  menor del 1% en porcelana
  - \* Porcentaje de  $Fe_2O_3 + TiO_2$  menor del 3% en gres
- Industria del Caucho
  - \* Porcentaje de volátiles del 2% máximo
  - \* Porcentaje de materias solubles del 3% máximo
  - \* Pérdida al fuego 6-14%
  - \* Porcentaje de Cu de 0,005% máximo
  - \* Porcentaje de Mn de 0,05% máximo
- Pinturas
  - \* Porcentaje de volátiles del 2% máximo
  - \* Porcentaje de materias solubles del 0,5% máximo
  - \* Pérdida al fuego 10-14%
- Cargas blancas
  - \* Índice de blancura mayor del 85%
  - \* Viscosidad Brookfield 600 cp
  - \* Granulometría 75% mínimo menor de 2 micras

#### Ensayos

Los ensayos más comunes son los siguientes:

- Análisis químico y difracción de R-X sobre muestra total, fracción (64  $\mu$ , (20  $\mu$ , (2  $\mu$ .
- Granulometría

- Abrasividad
- Blancura y amarilleamiento
- Viscosidad Brookfield
- Poder defloculante
- Velocidad de formación de espesor
- Resistencia mecánica en seco y cocido
- Absorción de agua
- Contracción

#### Normativa

No existe ningún tipo de normativa en nuestro país referente al Caolín.

Un Caolín tipo, producido por Caosil, utilizado en la fabricación de papel, presenta las siguientes características:

#### Granulometría

) 53 micras .....	0,057%
) 10 micras .....	13%
( 2 micras .....	53%

#### Análisis mineralógico

Caolín .....	93%
Cuarzo .....	5%
Mica .....	2%

#### Propiedades de aplicación

Abrasión .....	10,3 mg
Blancura .....	87,9%
Brillo .....	91,1%

#### Caolín cerámico

#### Análisis mineralógico

Caolín .....	87%
Cuarzo .....	9%
Mica .....	4%

#### Propiedades de aplicación

Blancura después de cocción a 1180 <sup>o</sup> C .....	92,5%
Absorción .....	22,8%
Contracción .....	3,7%

#### Granulometría

)53 micras .....	1,2%
)10 micras .....	24 %
( 2 micras .....	44 %

Para mayor información ver apartados 8.5.7.: Lozās y porcelanas, 8.5.6.: Refractarios y 8.5.12.: Cargas.

#### 8.4.9.- Cuarcita y arenisca

Las cuarcitas son, en su acepción más general, rocas metamórficas, formadas casi exclusivamente por cuarzo. Derivan habitualmente del metamorfismo sobre areniscas y en menos ocasiones tienen un origen metasonático.

Existe una total gradación entre areniscas y cuarcitas, función del grado de metamorfismo sufrido.

##### Usos

- La cuarcita es considerada como un abrasivo silíceo natural de grado intermedio, siendo utilizada en muelas abrasivas, molinos de bolas, etc...
- Como árido natural o árido de machaqueo.
- La cuarcita es utilizada asimismo en manufactura de refractarios de sílice y metalurgia (ferroaleaciones).
- Las areniscas son utilizadas fundamentalmente como abrasivos y como roca de construcción.

##### Ensayos

- Petrografía
- Análisis químicos
- Ensayos para áridos y refractarios

##### Normativa

Ver normativa general para áridos (8.5.2.), refractarios (8.5.6.), abrasivos (8.5.11.) y rocas de construcción 8.5.1.

#### 8.4.10.- Dolomía

Las dolomías son rocas compuestas fundamentalmente de dolomita. Este es un Carbonato doble de Calcio y Magnesio, cuya fórmula es  $(\text{CO}_3)_2\text{CaMg}$ , con un contenido de 54,3% de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  y 45,7% de  $\text{CO}_3\text{Mg}$ .

Generalmente se encuentra asociado a la Caliza, con la que forma una serie de transición continua, con la siguiente distribución:

Dolomía	90 %	10 %
Dolomía calcárea	50-90 %	10-50 %
Caliza dolomítica	10-50 %	50-90 %
Caliza magnesiana	5-10 %	90-95 %
Caliza	5 %	95 %

El porcentaje de MgO tiene una influencia decisiva en la mayoría de las aplicaciones, requiriéndose en general un 20% de MgO.

Las dolomías poseen un amplio mercado en las más variadas aplicaciones industriales. Se aprovechan tanto sus propiedades físicas como químicas o ambas conjuntamente.

### Usos y especificaciones

El campo de utilización de las dolomías es muy amplio y variado y, por tanto, las especificaciones varían de acuerdo al uso al que se destina el producto.

Los sectores que mayor volumen de dolomía utilizan actualmente, son el de la construcción, fundamentalmente como árido de trituración, con un porcentaje próximo al 66% del tonelaje total extraído, el de la fabricación de vidrio y como fundente en procesos siderúrgicos.

Aunque como ya se ha dicho el mayor porcentaje en este sector corresponde a los áridos de trituración, también se utiliza la dolomía como roca ornamental, incluyéndose en la denominación comercial de mármol y por tanto debiendo cumplir las especificaciones exigidas para este material para sus distintos usos tanto en interiores como en exteriores. (Ver 8.5.1).

- Por lo que respecta a los áridos, utilizados generalmente en la fabricación de hormigón, las especificaciones son muy diversas y a menudo no demasiado estrictas, prestándose siempre especial atención a la presencia de sustancias perjudiciales tales como terrones de arcilla, yeso, pirritas, felspatos y rocas friables y porosas en exceso. (Ver 8.5.2.).
- En la fabricación del vidrio la dolomía entra a formar parte del baño de vidrio, bien en crudo o bien calcinada, actuando como fundente. La materia prima ha de ser de gran pureza y homogeneidad en su composición y sin elementos considerados como perjudiciales. (Ver 8.5.8.).

Aunque hay distintas especificaciones para los distintos tipos de vidrios, ya sean planos, generalmente incoloros, o verdes y especiales, las especificaciones generalmente exigidas en España se pueden resumir en las exigidas por Cristalería Española:

SiO <sub>2</sub> .....	0,3 % máximo
MgO .....	20,49 % + 0,4 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,13 % máximo
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,3 % máximo
CaO .....	32,68 % + 0,4 %
Humedad .....	2,0 % máximo
Pérdida al fuego .....	47,31 % + 0,3 %
Retenido en tamiz de 2 mm .....	1,5 % máximo
Retenido en tamiz de 0,1 mm ...	88 % máximo

Un análisis medio de una dolomía empleada por esta empresa es el siguiente:

CaO .....	32,5%
MgO .....	20,5%
SiO <sub>2</sub> .....	0,3%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,28%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,12%
Pérdida al fuego .....	47,2%
Insoluble en ClH .....	0,75%

- La dolomía como refractario se utiliza en tres formas: dolomía cruda, calcinada o calcinada a muerte.

Se exige que la dolomía contenga más del 20% de carbonato de Magnesio, menos del 0,05% de Azufre y menos del 2% de Sílice, siempre en tamaños menores de 2 cm.

La forma más utilizada es la dolomía a muerte, también denominada tostada o sinterizada, que se utiliza en el tapizado de hornos altos y en crisoles de fusión de metales no férreos.

Las especificaciones para los tres tipos de dolomía son las siguientes:

	Dolomía cruda	Dolomía calcinada	Dolomía tostada
$\text{CO}_3\text{Mg}$	>20%	>20%	>35%
$\text{SiO}_2$	< 2%	< 2%	< 1%
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	-	-	< 1,5%
S	< 0,05%	-	-
Tamaño	< 2 cm	< 2 cm	< 1 cm

### Ensayos

Los análisis y ensayos tecnológicos básicos que se utilizan para la caracterización y estudio de las dolomías son:

- Análisis químico completo, mediante el cual se determinan porcentajes tales como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , S,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  que son consideradas como impurezas en numerosos procesos industriales. También se determinan los porcentajes de CaO y MgO, fundamentales para determinar su posible utilización.
- Comportamiento ante la calcinación, que determina la tendencia del material a decrepitar, con la consiguiente formación de finos y producción de interferencias en los procesos industriales.
- La reactividad, que da una idea general de sus propiedades como producto acabado, calculando el porcentaje de CaO y MgO útil.
- En el sector de la construcción se determinan fundamentalmente la resistencia al desgaste, mediante el ensayo Los Angeles, la resistencia a la meteorización con el ensayo de heladicidad, siendo también utilizados generalmente la determinación de la porosidad, la densidad y la capacidad de absorción de agua.

Para ciertas aplicaciones se requieren ensayos especiales, si los preliminares han sido satisfactorios. Entre estos se encuentran el de Alcalinidad, Blancura, Determinación del residuo insoluble en ácido, muy importante en el sector del vidrio.

### Normativa

Actualmente no existe ningún tipo de Norma española para la dolomía, guiándose las distintas industrias que la utilizan bien por normativa extranjera o bien por especificaciones propias de las distintas industrias.

Recientemente se ha realizado por I.G.M.E. un borrador de Normas UNE para Calizas y Dolomías en el que se recogen las siguientes propuestas:

- Dolomías para refractarios
- Calizas y Dolomías para espolvoreo de minas de Carbón

- Calizas y Dolomías para cargas blancas, Cerámica
- Calizas y Dolomías para refractarios
- Calizas y Dolomías para cargas blancas, Caucho
- Dolomías para fabricación de papel
- Calizas y Dolomías para vidrio
- Calizas y Dolomías para corrección de suelos

Ver normativas generales en apartados: 8.5.2: Aridos, 8.5.6: Refractarios, 8.5.8: Vidrio y 8.5.13: Usos agrícolas.

#### 8.4.11.- Fosfatos y apatito

Las menas de fosfato son conocidas colectivamente con el nombre de rocas fosfatadas, a pesar de sus composiciones, muy variadas, que dependen en general de su origen geológico. Las rocas fosfatadas o fosfáticas, son rocas naturales que contienen uno o varios minerales de fosfato, generalmente fosfato cálcico.

##### Composición

El mineral de fosfato más común es el apatito  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl})$ , con contenidos de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (medida comercial) del 42,3% para el fluorapatito (F)3,8% y del 41% para el cloroapatito (Cl)6,8), en especies mineralógicas puras.

Otras especies mineralógicas de interés comercial son: dahllita  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{CO}_3)_x(\text{OH}, \text{F})_{2+x}$ , la francolita que es un fluorapatito con menos del 2% de  $\text{CO}_2$  y que se conoce comúnmente con el nombre de colofana amorfa. Además existe una gran variedad de especies minerales sedimentarias de interés económico, que se conocen con el nombre de fosforitas.

Debido a la complejidad de la fórmula de estos minerales, existen muchas sustituciones de elementos, siendo frecuente encontrar sílice, alúmina, trazas de metales y tierras raras.

El contenido de fosfato en la roca se proporciona generalmente en forma de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , pero a veces se proporciona con las siglas BPL o TPL (Trifosfato cálcico), de tal manera que:

$$\% \text{P}_2\text{O}_5 \times 2,1853 = \% \text{BPL} = \% \text{TPL}$$

$$\% \text{P}_2\text{O}_5 \times 0,4364 = \% \text{P}$$

ó

$$\% \text{BPL(TPL)} \times 0,1997 = \% \text{P}$$



La composición química de algunos fosfatos naturales es:

	Sedimentario		Igneo	Apatito en menas de Fe Suecia	Guano Isl. Christmas
	Florida	Marruecos	Pen. Kola		
% BPL	70	72/73	84	85	76-78
$P_2O_5$	32,41	33,31	38,87	38,50	34.8-35,7
CaO	47,2	52,05	50,46	50	46-48
$SiO_2$	7,3	3,25	1,16	0,8	0,35
$CO_2$	3,6	4,76	-	0,7	2,0
F	3,8	3,9	3,3	4,0	1,8
$Al_2O_3$	1,23	0,26	0,42	0,3	6,0
$Fe_2O_3$	1,03	0,18	0,29	1,5	
MgO	0,36	0,35	0,09	0,3	1,0
$K_2O$	0,15	0,06	0,38	0,2	0,06
$Na_2O$	0,63	0,7	0,43		0,23
Mat. Orgán.	0,02	0,02	-	0,3	-
Cl	0,03	0,02	-	0,01	-

### Explotabilidad

La explotabilidad de los fosfatos está condicionada, en general, por sus condiciones de yacimiento; así el fluorapatito cristalizado que existe en la Península de Kola (URSS) se extrae a cielo abierto con unos contenidos muy altos de  $P_2O_5$ ; la colofana habitualmente se presenta en forma de concreciones milimétricas a centimétrica que a veces coalesce formando capas masivas explotables; se explotan también los fosfatos que cementan granos de arena o fragmentos de conchas fósiles en areniscas (con contenidos en  $P_2O_5$  entre el 12 y el 18%); en general, en sedimentos, deben formar capas de potencia no inferior a 25 cm y unas leyes de 200-250 Kg/m<sup>3</sup> de fosfatos, como es el caso de fosfatos formados a partir de guano.

### Explotación y procesado

La mayor parte de los depósitos de fosfatos se explotan a cielo abierto.

El procesado del mineral se realiza por: acidificación, tratamiento en horno eléctrico o tratamiento físico (machaqueo). Naturalmente, el tratamiento óptimo viene condicionado por la naturaleza del mineral y el producto final que se desee del proceso.

Como el uso principal de los fosfatos es en la industria de fertilizantes, la mayor parte del procesado se hace por acidulación mediante método húmedo para obtener ácido fosfórico y superfosfatos mediante la adición de  $SO_4H_2$  o  $NO_3H$ , directamente utilizable en agricultura. Si el suelo es ácido, parte de la roca -sólo con un machaqueo para reducir las partículas a tamaños entre 0,6 y 2 mm y un secado para que la humedad sea ( del 4%- se puede aplicar directamente al suelo.

El tratamiento en horno eléctrico se emplea para fosfatos con menos del 25% de  $P_2O_5$  y con ello se produce fósforo elemental. En el cuadro adjunto se proporcionan los distintos métodos de tratamiento.

ACIDULACION			
1			
Superfosfato Concentrado	Ac. Sulfúrico	Superfosfatos	
	Ac. Fosfórico		
Fosfato Cálcico (Alimentación animal)	Fertilizantes	Fertilizantes de Fosfato Amónico	Purificación para Ind. química
	Fertilizantes Fosfonitrados	Acido Nítrico	2a
	Ac. Fosfórico	Acido Hidroclórico	2b

#### TRATAMIENTO FISICO

Machaqueo part. finas	Directamente aplicable a suelos ácidos
-----------------------	--

#### HORNO ELECTRICO

Producción de fósforo elemental para obtener ácido fosfórico muy puro, de utilidad en ind. química y en ácidos fosfóricos, de calidad para alimentación.

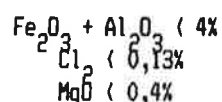
Fuente: Ind. Minerals; Septiembre 1987.

#### Usos, análisis y especificaciones

El 90% de los fosfatos y apatito se usan para la producción de fertilizantes.

El fosfato amorfo fácilmente soluble es un fertilizante directamente utilizable.

Las únicas especificaciones industriales para este uso son (en materia prima):



Los ratios  $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$  ( 1,6 y  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{F}_2$  ) 8.

El resto de la producción se utiliza en la industria química, para obtener fósforo elemental para, mediante tratamiento, obtener fosfatos puros.

Posteriormente se eliminan las trazas de As que puedan contener y el fosfato se utiliza en la industria alimentaria, piensos (sin Flúor), pasta de dientes, etc.

Para este uso, se puede utilizar materia prima con contenidos del 20% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

El análisis a realizar es exclusivamente químico, con determinación de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , CaO,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , MgO,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Cl}_2$ , As y materia orgánica.

La prospección en campo de los fosfatos es relativamente sencilla, con el Método de Shapiro, preparando reactivos a base de permanganato potásico y ácido nítrico que, al reaccionar con la roca fosfatada dan un color amarillo intenso.

#### Normativas

UNE-30-186-63 Reactivos para análisis. Fosfato disódico.

UNE 55-500, 551, 553, 554, 555 y 558 Agentes de superficie Tripolifosfato y pirofosfato de sodio usados como materia prima para detergentes de fórmula.

#### 8.4.12.- Halita

La halita -ClNa-, sal gema o sal común es un mineral corriente y abundante, con una amplia distribución mundial.

Se presenta en solución en el agua de los océanos (1-5% ClNa), en lagos salados (asociado con sulfato sódico, mirabilita, thenardita, trona, burkeyta ...), en aguas subterráneas ... y en forma de depósitos minerales tipo "playa lake", estratificado, en domos y diapiros ... asociada con otros minerales evaporíticos.

#### Composición y propiedades

% Cl	% Na	Dureza	Peso Especifico	Punto de fusión
60,7	39,3	2,5	2,16	772°C

Solubilidad en agua (0° C) - 35,7 %

(100° C) - 39,8 %

### Usos y especificaciones

- \* La industria química absorbe más del 50% de la producción de sal común, siendo utilizada en la producción de cloro, carbonato sódico, hidróxido sódico, ácido clorhídrico, sulfato sódico, ... compuestos que, a su vez intervienen en la manufactura de más de 14.000 productos químicos diferentes.
- \* Como nutriente o condimento, en la industria conservera, sal de mesa, quesos, mantequillas, ...
- \* Como conservante en carnes, pescados, queso, ...
- \* Lodos de perforación
- \* En procesos metalúrgicos
- \* Como anticongelante, en carreteras con nieve, manufactura de hielo, helados, ...

### Explotabilidad

En general, la pureza de los depósitos debe ser del 95% o superior.

### Explotación y procesado

La explotación de sal común se realiza mediante minería subterránea -cámaras y pilares, por disolución y por evaporación solar.

En el primero de los casos, el procesado suele ser simple, requiriéndose un machacado y tamizado. Para obtener grados mayores de pureza (99%) se utiliza el proceso Sortex o el proceso Termoadhesivo. Para grados aún mayores (99,99% ClNa), sal, finamente triturada es disuelta y recristalizada.

### Ensayos

- Análisis químico
- Análisis mineralógico

### Normativa

- UNE 34-202-81 Cloruro sódico (sal comestible). Determinación de materias insolubles en agua o en medio ácido y preparación de las disoluciones de partida para otras determinaciones.
- UNE 34-203-81 Idem. Determinación de la pérdida de masa a 110<sup>o</sup>C.
- UNE 34-204-81 Idem. Determinación del calcio y del magnesio. Método complexométrico con EDTA.
- UNE 34-205-81 Idem. Determinación de halógenos expresados en cloro. Método mercurimétrico.
- UNE 34-206-81 Idem. Determinación de nitritos. Método permanganométrico.
- UNE 34-207-81 Idem. Determinación de yoduros. Método yodométrico.
- UNE 34-208-81 Idem. Determinación de potasio. Método volumétrico.
- UNE 34-209-81 Idem. Determinación de hierro. Método fotométrico.
- UNE 34-210-81 Idem. Determinación de fluoruros. Método fotométrico.
- UNE 34-231-81 Idem. Determinación de hexacianoferrato soluble en agua. Método fotométrico con azul de prusia.
- UNE 34-232-81 Idem. Análisis granulométrico por tamizado mecánico.
- UNE 34-233-81 Idem. Determinación de sulfatos como sulfato bórico. Método gravimétrico.
- PNE 30-302-77 Cloruro de sodio para uso industrial. Determinación de las materias insolubles en agua o en medio ácido.
- PNE 30-303-77 Idem. Determinación de la pérdida de masa a 110<sup>o</sup>C.
- PNE 30-304-77 Idem. Determinación complexométrica con EDTA de calcio y magnesio.
- PNE 30-305-77 Idem. Determinación mercurimétrica de halógenos.

### 8.4.13.- Magnesita

Es la principal fuente natural de magnesia (MgO). Químicamente es carbonato magnésico ( $MgCO_3$ ), apareciendo en la naturaleza bajo dos formas:

- Magnesita cristalina o macrocristalina.
- Magnesita criptocristalina, amorfa o masiva.

La magnesita cristalina se forma comúnmente en asociación con dolomías por procesos de reemplazamiento de calizas.

La magnesita amorfa aparece como producto de alteración de rocas ultrabásicas, fundamentalmente serpentinitas, y, cuando se ha producido una alteración completa, tiende a ser muy pura e importante comercialmente.

Además de estas formas, principales fuentes de obtención de magnesia (MgO), ésta también se obtiene industrialmente de las aguas del mar y las salmueras.

Las impurezas más usuales que contiene la magnesita natural son: Carbonato cálcico, óxidos de hierro, sílice, alúmina y boro, que en parte van a condicionar sus exigencias, usos y especificaciones industriales.

La magnesita natural suele comercializarse bajo dos calidades diferentes:

- Magnesita calcinada o magnesita cáustica (óxido de magnesio con pequeñas cantidades de  $CO_2$ ). Utiliza como material de base ambas magnesitas (cristalina y amorfa) calcinadas a temperaturas entre 700 y 1000°C.
- Magnesita calcinada "a muerte", magnesita sinterizada o clinker de magnesia. Su material base es exclusivamente la variedad cristalina que, calcinada entre 1500°C y 2000°C, adopta una estructura similar al óxido de magnesio natural (muy escaso), la periclasa, cuyo punto de fusión es de 2.800°C, siendo por tanto un buen refractario.

#### Propiedades físicas, químicas y tecnológicas

<u>Composición Química</u>	<u>Tipos minerales</u>	<u>Dureza</u>	<u>Densidad aparente</u>
Mg $CO_3$ (47,8% MgO, 52,2% $CO_2$ )	Cristalina	3,5-4	3,02
	Masiva	3,5-5	2,9-3,0

<u>Procesos</u>	<u>Producto</u>	<u>Demanda tecnológica</u>
1. Calcinación 700-1.000°C	Magnesita calcinada	MgO > 43 % CaO < 4,5%
2. Calcinación 1.500-2.000°C	Magnesita calcinada "a muerte"	MgO > 43 % CaO < 2,5% SiO <sub>2</sub> < 2 %

### Usos y especificaciones

El principal uso de la magnesita es la preparación de magnesita calcinada y magnesita calcinada a muerte, como productos para utilización directa en la industria, en forma de magnesia, ya que funde a elevada temperatura, tiene una elevada densidad aparente y mayor dureza que el carbonato magnésico.

Los usos principales para magnesitas cáusticas, preparadas a partir de magnesitas naturales son en agricultura (nutrición animal y fertilizantes) construcción (cementos magnésicos y aislantes), procesado de pulpa de papel y refractarios básicos, dedicándose las altas calidades a la industria química, farmacéutica y endurecimiento de cauchos.

La magnesita calcinada "a muerte" se utiliza para la fabricación de ladrillos refractarios para la siderurgia y en instalaciones de manufacturado de ácido sulfúrico.

Las magnesias para materiales refractarios han de cumplir, como mínimo las siguientes especificaciones:

- Alto contenido en MgO (>95%)
- Bajo contenido en  $Fe_2O_3$  (<1%)
- Relación  $CaO/SiO_2$  >2
- Altas densidades aparentes (>3,4 gr/cm<sup>3</sup>)
- Bajo contenido en Boro

Las nuevas tecnologías, no obstante, consideran muy ambiguos estos parámetros dados para la magnesia y las exigencias actuales de la industria, las han dividido en dos grados, cuyos parámetros medios para MgO derivados de magnesitas naturales son los siguientes:

#### Magnesitas de primer grado

MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO/SiO <sub>2</sub>	Dens. aparente	Porosidad	Tamaño grano
>97	2	0,55	0,65	0,04	<0,01	3,66	3,42	<2,5%	0,5-4 mm

#### Magnesias de segundo grado a partir de magnesitas criptocristalinas \*

MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO/SiO <sub>2</sub>	Dens. aparente
91,5-	1,5-	1,25-	0,08-	0,04-			
96,6	2,2	5,5	0,072	0,25	<0,01	0,36-1,7	3,3-3,45

#### Magnesias de segundo grado a partir de magnesitas macrocristalinas \*

MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO/SiO <sub>2</sub>	Dens. aparente
87-	0,8-	0,5-	0,4-	0,15-			
98	3,1	5,8	8	1,6	<0,01	0,22-4,8	3,15-3,40

\* Fuente: Industrial Minerals, Febrero 1987

#### Análisis a realizar sobre magnesitas naturales

- Análisis químico con determinación de  $MgO$ ,  $SiO_2$ ,  $CaO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Co_2$ .
- Análisis mineralógico con determinación de magnesita, dolomita, calcita y cuarzo.
- Calcinación "a muerte" de la magnesita para estudio de calidades.
- A.T.D. y A.T.G.

#### Normativa

- UNE 61-001-75 Materiales refractarios. Definición y clasificación por su composición química.
- UNE 61-002-75 Materiales refractarios. Características generales de los refractarios de magnesia cocidos.
- UNE 61-008-75 Materiales refractarios. Ensayos de materiales.
- UNE 61-023-75 Materiales refractarios. Características generales de los refractarios de magnesia-cromo cocidos.
- UNE 61-024-75 Materiales refractarios. Características generales de los refractarios de magnesia-cromo aglomerados químicamente.
- UNE 61-025-75 Materiales refractarios. Características generales de los refractarios de cromo-magnesia cocidos.
- UNE 61-026-75 Materiales refractarios. Características generales de los refractarios de cromo-magnesia aglomerados químicamente.

#### 8.4.14.- Minerales de manganeso

En este grupo se incluye un conjunto de minerales de manganeso que se utilizan en diversos sectores de la industria distintos de la metalúrgica.

Entre estos minerales se encuentran: pirolusita, psilomelana, braunita, manganita, hausmannita y rodocrosita.

#### Usos y aplicaciones

El dióxido de manganeso conoce su mayor mercado, a excepción de la metalurgia, en el campo de las baterías. Sus especificaciones pueden resumirse en:

$MnO_2$ .....	75-85 %
Manganeso total .....	48-58 %
Humedad .....	3-5 %
Hierro (Fe) .....	0,2-3 %
Silice ( $SiO_2$ ) .....	0,5-5 %
Otras impurezas metálicas .....	0,1-0,2%

Se utiliza también en la industria química: manufactura de la hidroquinona (usado en fotografía, colorantes, medicinas), preparación de permanganato potásico, agricultura (fertilizantes, fungicidas), sulfato de manganeso, ferritas (materiales cerámicos ferromagnéticos), varillas para soldar, cinc electrolítico, compuestos de uranio...

Los ensayos de caracterización se concretan en la determinación de su composición química.

#### 8.4.15.- Oxidos de hierro (ocres y otros)

En este conjunto se incluyen minerales constituidos por óxidos de hierro de los que se consideran aplicaciones industriales no metalúrgicas, que si bien en porcentaje respecto a la utilización metalúrgica suponen valores reducidos (del orden del 1%), en valores absolutos alcanzan cifras notables, del orden de 4 a 5 millones de toneladas/año en todo el mundo.

Estos minerales son la hematites ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), goethita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) y limonita ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ).

##### Usos y aplicaciones

Tradicionalmente, las aplicaciones principales de los óxidos de hierro en el campo de los minerales industriales han sido la purificación del gas de hulla y fundiciones de no férreos. Estas aplicaciones han quedado ya obsoletas y se utilizan en el lavado de carbón, cementos, aditivos de alta densidad y pigmentos.

Se ha utilizado magnetita en la preparación de fluidos de alta densidad a aplicar en procesos de separación de minerales, como consecuencia de su elevado peso específico (5-5,2) y sus propiedades magnéticas que facilitan su recuperación en separadores magnéticos; además, es relativamente dura y químicamente estable.

También se utilizan óxidos de hierro como aditivo en cementos, para activar la formación de silicatos cálcicos y en la fabricación de variedades especiales de cementos sulforresistentes. La demanda en este campo depende de las características de las materias primas locales. Asimismo se utilizan óxidos de hierro como aditivos del hormigón para oleoductos y gasoductos marinos.

Aunque los óxidos de hierro naturales utilizados como pigmentos han sido ampliamente desplazados por los sintéticos, siguen localmente utilizándose en este campo. Proceden de la alteración de los minerales antes señalados. En el aspecto comercial se distinguen tres categorías: ocres (rojo y amarillo), siena (naranja oscuro) y oscuros (marrón oscuro). El color depende del tipo y la cantidad del óxido de hierro presente.

En general, la hematites es responsable de los rojos oscuros, la limonita de los amarillos y la magnetita de los oscuros (marrones y negros).

Una propiedad importante de los óxidos de hierro para su uso en pinturas es el poder de absorción de aceite, que depende en gran medida de la forma de las partículas: la naturaleza acicular de los óxidos amarillos les proporciona mayor poder de absorción que el de los rojos, que son esféricos.

##### Normativa

UNE-48-193-63 Pigmentos. Oxido de hierro amarillo.

Ver normativas generales sobre pigmentos en el apartado 8.5.9.



#### 8.4.16.- Rocas volcánicas s.l.

Se incluye en este grupo un conjunto de rocas tales como basaltos, fonolitas, riolitas, traquitas y andesitas de configuración masiva y dispuesta en grandes paquetes horizontales, que en el caso de los basaltos se caracterizan por una disyunción columnar.

Las riolitas son rocas ácidas compuestas predominantemente por feldespato alcalino y cuarzo; las andesitas presentan plagioclasas cálcico-sódicas dominantes y, en menor cantidad, minerales del grupo de los anfíboles, biotita y piroxenos. Los basaltos son las rocas volcánicas más difundidas y están formadas por plagioclasas cálcico-sódicas y por piroxenos rómbicos o monoclinicos pudiendo existir olivino. Las traquitas y fonolitas están constituidas esencialmente por feldespato alcalino, cálcico o sódico, acompañado por feldespatoideos, con minerales ferromagnésicos como secundarios.

##### Usos y aplicaciones

Pueden considerarse los siguientes grupos de utilidades industriales:

- Rocas de construcción: Pueden utilizarse en bloques como rocas ornamentales (se consideran incluso comercialmente como granitos oscuros), roca de sillería y revestimientos.
- Aridos: La roca triturada y clasificada puede utilizarse como árido para hormigón (prefabricados de hormigón tales como viguetas, bloques, tubos, etc.), áridos para carreteras, balasto.
- Otros usos: Se incluyen aquí utilidades tales como abrasivos y aditivos.

##### Ensayos y normativa

Los ensayos convenientes para la caracterización fisicomecánica de estas rocas como material de construcción (roca ornamental, revestimiento y sillería) son análogos a los indicados para las rocas graníticas, por lo que se remite al lector al apartado correspondiente (8.5.1.). Ver asimismo ensayos para áridos en 8.5.2.

#### 8.4.17.- Yeso y anhidrita

El sulfato de calcio se presenta en la naturaleza bajo dos formas estables: una anhidra ( $\text{CaSO}_4$  - anhidrita), poco utilizada industrialmente, y otra dihidratada ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  - yeso), materia prima del yeso industrial.

Entre estos dos minerales estables, los sulfatos de calcio resultantes de la cocción y molido del yeso aparecen, fundamentalmente, bajo dos formas semihidratadas, en función del proceso de cocción: hemihidratos  $\alpha$  y  $\beta$ .

Ambos son minerales evaporíticos, con amplia distribución mundial, y aparecen frecuentemente asociados. El yeso puede originarse por alteración de anhidrita y aparece entre otras formas como ganga en algunos filones metálicos asociado a minerales diversos.

El alabastro es una variedad de yeso masivo de grano fino; el espato satinado es una variedad fibrosa; la selenita se presenta en hojas de exfoliación incoloras y transparentes.

### Composición y propiedades

	CaO	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	Dureza	Peso especif.
Yeso	32,6	46,5	20,9	2	2,32
Anhidrita	41,2	58,8	-	3-3,5	2,89-2,98

De la diferente composición química de ambos minerales se derivan sus diferentes propiedades físicas: dureza, densidad, solubilidad y especialmente su distinto comportamiento térmico: el yeso, al ser calentado a 190-200°C, pasa a la forma semihidratada, mientras que la anhidrita es inerte a esas temperaturas. El yeso, al ser hidratado de nuevo, cristaliza y se endurece fraguando, derivandose de aquí el 90% de su uso industrial.

### USOS

#### \* Yeso Crudo

- Ornamentación: Alabastro
- Agricultura: Como corrector de suelos; en fertilizantes y abonos.
- Cemento: Como retardador del fraguado
- Industria química: Para dar dureza permanente; obtención de sulfato amónico.
- Otros usos: enología, farmacia, papel, algodón, pinturas, minería del carbón, metalurgia, etc.

#### \* Yeso Calcinado

- Construcción: Como aglomerante; morteros de yeso; conglomerados ligeros; guarniciones y tundidos; como material ignífugo; estuco; prefabricados; etc.
- Otros usos: Odontología, cerámica, imprenta, orfebrería, galvanoplastia, cementos rápidos, etc.

### Explotación y Procesado

La materia prima utilizada para la fabricación del yeso empleado en construcción es la piedra de yeso o algez, en sus variedades laminar, fibrosa, etc., generalmente acompañado de impurezas de tipo arcilloso.

La explotación se efectúa a cielo abierto, teniendo especial incidencia la proximidad a centros de consumo.

El procesado requiere una primera etapa de trituración y molienda que debe adecuarse al sistema de deshidratación a utilizar, variando el grado de trituración de la roca cruda. Habitualmente se emplean machacadoras de mandíbulas y de conos.

La cocción se efectúa con o sin contacto directo con los gases de combustión en hornos fijos o rotatorios.

En otros procedimientos, la cocción se efectúa sin combustible, mezclando yeso molido con cal viva, obteniéndose un aglomerante mixto compuesto por sulfato cálcico, hemihidrato e hidróxido de cal.

Tras la cocción tiene lugar una molienda de refino y el envasado.

Explotabilidad

- Volumen mínimo explotable: 50.000 Tm
- Relación espesor cobertera/capa explotable (2
- Espesor mínimo explotable: 1 m

Ensayos

- Análisis químico
- Ensayos de calcinación
- Difracción de R-X
- Humedad

Especificaciones y normativas

La norma UNE 41-169-73 regula la clasificación y características de la piedra de yeso:

Clase	% Mínimo de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	% Mínimo agua cristaliz.	Humedad
I Extra	95	19,88	(4%
I	90	18,83	(4%
II	80	16,74	(4%
III	70	14,65	(4%
IV	60	12,56	(4%

Tipo	Granulometría	Tolerancia
1	0-20 mm	Hasta 5% > 20 mm
2	20-50 mm	Hasta 5% > 50 mm
3	50-150 mm	Hasta 5% > 150 mm y 20% > 50 mm
4	0-150 mm	Hasta 5% > 5 mm
5	0-300 mm	

La Orden de 31-5-1985 (B.O.E. nº 128, 10-6-1985) especifica el Pliego General de condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción, anulando las normas UNE 102-010 y 102-011. Se establecen los siguientes tipos y características:

- YG (Yeso grueso)
- YF (Yeso fino)
- YP (Prefabricados)
- E-30 (Escayolas)
- E-35 (Escayola especial)

Características	Y6 Y6GL	YF YF/L	YP	E-30 E-30/L	E-35 E-35/L
<b>Químicas:</b>					
Agua combinada, en tanto por ciento, máximo .....	6	6	6	7	7
Índice de pureza (contenido teórico total en sulfato de calcio y agua) en tanto por ciento, mínimo .....	75	80	85	90	92
Sulfato de calcio semihidrato ( $SO_4Ca_2 \cdot 1/2H_2O$ ) en tanto por ciento, mínimo .....	-	-	-	85	87
pH mínimo .....	6	6	6	6	6
<b>Finura de molido:</b>					
Retención en el tamiz 0,8 UNE 7.050, en tanto por ciento, máximo .....	-	-	-	0	0
Retención en el tamiz 0,2 UNE 7.050, en tanto por ciento, máximo .....	50	15	30	5	1
Resistencia mecánica a flexotracción, mínima en $kp/cm^2$ (M Pa) .....	20(2,0)	25(2,5)	30(3,0)	30(3,0)	35(3,5)
<b>Trabajabilidad:</b>					
Tiempo en pasar del estado líquido al plástico, máximo en minutos .....	8 20	8 20	8	8 20	8 20
Duración del estado plástico, mínimo en minutos .....	10 30	10 30	10	10 30	10 30

\* Otras normas son:

UNE 102-037 = Yesos y escayolas de construcción. Método de análisis de fases.  
 UNE 102-031 = Métodos de ensayos físicos y mecánicos.  
 UNE 102-032 = Métodos de análisis químicos.

\* Normas francesas:

NF B 12-201 = Yesos de construcción  
 NF B 12-401 = Finura por tamizado  
 NF B 12-303 = Yesos finos de construcción para enlucidos de muy alta dureza.  
 NF B 12-302 = Yesos para staff

\* Normas Inglesas:

BS 1191 = Pláster de yeso para la construcción  
 BS 4598 = Pláster para impresiones dentales

## \* Normas USA:

- ASTM C 22-50: Especificaciones standard para la piedra de yeso.
- ASTM C 563-72: Método standard de ensayo para determinar el  $SO_3$  óptimo en el cemento Portland.
- ASTM C 471-72: Análisis químico del yeso y productos de yeso.
- ASTM C 61-64: Especificaciones para el cemento Keene.
- ASTM C 28-68: Especificaciones para plaster de yeso.
- ASTM C 36-73: Especificaciones para tabiques de yeso.
- ASTM C 59-73: Especificaciones para yesos de enlucido y plâster de molduras.
- ASTM C 317-64: Especificaciones para hormigón de yeso

## 8.5.- USOS Y SECTORES ECONOMICOS DE CONSUMO DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

### 8.5.1.- Rocas ornamentales y de construcción

Aunque la mayor parte de las rocas pueden ser utilizadas como tales, su inclusión definitiva en este grupo depende de dos factores, el segundo de los cuales es muy variable y subjetivo:

- Composición y comportamiento físico-químico
- Estética

Las principales rocas utilizadas son:

\* **GRANITOS.** Desde el punto de vista comercial se incluyen aquí un amplio grupo de rocas ígneas con textura granular o gneílica visible:

- Granitos s.s., granodioritas, adamellitas, ...
- Sienitas, sienitas nefelínicas, monzonitas, monzosienitas.
- Basaltos, basanitas, nefelinitas, ...
- Gabros g.s., gabros olivínicos, troctolitas, noritas, anortositas, diabasas ...
- Pórfidos y lamprófidos
- Fonolitas, Tefritas, ...
- Harzburgitas, Wehrlitas, Lertzolitas, ...
- Gneises y migmatitas

Comercialmente, las rocas de color oscuro son denominadas como "granitos negros" (basaltos, gabros, ...)

\* **MÁRMOL.** Desde el punto de vista comercial se incluyen:

- Mármol s.s.
- Calizas mármoleas, calizas ornamentales, conglomerados y brechas calcáreas
- Travertinos
- Serpentinitas
- Falsas ágatas, ónice

\* **ARENISCAS**

\* **PIZARRAS**

Su uso principal es la fabricación de placas delgadas (3 a 6 mm) para cubiertas, aunque también se utilizan losas algo más gruesas (10-30 mm) para revestimientos y solados, e incluso pequeños bloques para mampostería. Las pizarras de grano fino se utilizan preferentemente para cubiertas, mientras que las pizarras de grano grueso, pizarras arenosas y limolitas tienen su aplicación en los otros usos constructivos; en estos últimos también se utilizan en ocasiones otras rocas fácilmente exfoliables: areniscas esquistosas de grano fino, esquistos e incluso calizas tableadas, las cuales, a veces, también se comercializan bajo el nombre genérico de pizarras.

	Peso Especifico	% Absorción Agua	Resistencia Compresión	Resistencia Flexión	Resistencia Heladas	Resistencia Agentes Químicos
Granito	2,5	(1,4	)1300	) 80	Buena	Buena
Mármol	2,5	(1,6	) 500	) 70	Baja	Atacable
Arenisca	2,4	(4,5	) 250	) 50	Baja	Baja
Cuarcita	2,6	(1,3	)1300	) 90	Muy buena	Muy buena
Caliza	2,0	(2,0	) 400	) 70	Baja	Atacable
Pizarra	2,5	(1,8	) 800	)300	Buena	Buena

Valores mínimos y acotación de resultados de las rocas utilizadas para pavimentos sillares y columnas.

	Densidad	Absorción Agua	Resistencia Compresión	Resistencia Flexión
Granito	2,5	(1,4	)800	)80
Mármol	2,5	(0,75	)500	)70
Caliza	2,0	(3,0	)400	)70

Valores mínimos y acotación de resultados de las rocas utilizadas para revestimientos.

Peso espec. Aparente	Absorción Agua	Módulo de Rotura a Flexión	Resistencia Heladas
)2,6	(3%	)290	(3%

Valores mínimos de pizarras para cubiertas, según UNE 22-201-85.

Al margen de normativas oficiales, es aconsejable realizar estudios de fracturación en el yacimiento (determinación de tamaño de bloque), oxidaciones e índices de deterioro.

#### Normativa UNE

Las normas UNE son muy detalladas para granitos, mármoles y pizarras. No obstante, los ensayos que se citan pueden hacerse extensibles al resto de las rocas contempladas:

7-067-54 Determinación del peso específico de los materiales pétreos.

7-068-53 Ensayo de compresión de adoquines de piedra

7-069-53 Ensayo de desgaste por rozamiento, en adoquines de piedra  
 7-070-53 Ensayo de heladicidad en adoquines de piedra.  
 22-170-85 Granitos Ornamentales. Características generales  
 22-171-85 Idem. Tamaño de grano  
 22-172-85 Idem. Absorción y peso específico aparente  
 22-173-85 Idem. Resistencia al desgaste por rozamiento  
 22-174-85 Idem. Resistencia a las heladas  
 22-175-85 Idem. Resistencia a la compresión  
 22-176-85 Idem. Resistencia a la flexión  
 22-177-85 Idem. Módulo elástico  
 22-178-85 Idem. Microdureza Knoop  
 22-179-85 Idem. Resistencia al choque  
 22-180-85 Mármoles y Calizas Ornamentales. Características generales  
 22-181-85 Idem. Clasificación  
 22-182-85 Idem. Absorción y peso específico aparente  
 22-183-85 Idem. Resistencia al desgaste por rozamiento  
 22-184-85 Idem. Resistencia a las heladas  
 22-185-85 Idem. Resistencia a la compresión  
 22-186-85 Idem. Resistencia a la flexión  
 22-187-85 Idem. Módulo elástico  
 22-188-85 Idem. Microdureza Knoop  
 22-189-85 Idem. Resistencia al choque  
 22-190-85 Pizarras Ornamentales (Placas y losas). Generalidades  
 22-191-85 Idem. Absorción y peso específico aparente  
 22-192-85 Idem. Resistencia al desgaste por rozamiento  
 22-193-85 Idem. Resistencia a las heladas  
 22-194-85 Idem. Resistencia a la compresión  
 22-195-85 Idem. Resistencia a la flexión  
 22-196-85 Idem. Resistencia al choque  
 22-197-85 Idem. Resistencia a los cambios térmicos  
 22-198-85 Idem. Resistencia a los ácidos  
 22-199-85 Idem. Calcimetría  
 22-200-85 Idem. Curvatura de superficie  
 22-201-85 Pizarras ornamentales. Pizarras para cubiertas

### 8.5.2.- Aridos naturales y de machaqueo

#### Aridos para hormigones

- \* Aridos finos. Se define como árido fino a emplear en hormigones el material granular compuesto por partículas duras y resistentes, del cual pasa por el tamiz 4 (ASTM) un mínimo del 90%, en peso.

Granulometría. La curva granulométrica estará comprendida dentro de los límites que se señalan a continuación:



Tamiz ASTM	Cernido ponderal acumulado (%)	
	Obras de fábrica	Pavimentos rígidos
1/4"	100	-
4	9-100	100
8	80-100	65-85
16	50-85	40-60
30	25-60	15-40
50	10-30 (*)	6-23
100	2-10 (**)	1-8
200	0-5	0-2

Los límites 10 y 2 pueden reducirse, respectivamente, a 5 y 0 si el hormigón tiene una dosificación de cemento superior a 300 Kg/m<sup>3</sup>, o a 250 Kg/m<sup>3</sup> si se emplea un aireante.

La fracción comprendida entre cada dos tamices consecutivos de la serie indicada no podrá rebasar el 45%, en peso, del total del árido fino. El módulo granulométrico deberá estar comprendido entre 2,3 y 3,1.

Terrones de arcilla. Su cantidad será inferior al 1% en peso.

Material retenido por el tamiz 50 ASTM y que flota en un líquido de peso específico 2, debe ser inferior a 0,5% en peso.

Compuesto de azufre, expresado en SO<sub>3</sub> y referidos al árido seco, inferiores al 1% en peso.

El árido fino estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis que contenga el cemento.

Materia orgánica. No se utilizarán aquellos áridos finos que presenten una proporción de materia orgánica, expresada en ácido tánico, superior al 0,05%.

Estabilidad al sulfato sódico o magnésico. Las pérdidas serán inferiores respectivamente al 10% y 15% en peso.

- \* Aridos gruesos. Se define como árido grueso a emplear en hormigones la fracción de lo que queda retenido en el tamiz 4 ASTM con un mínimo del 70% en peso.

Granulometría. El tamaño máximo del árido no será inferior a 13 mm (tamiz 1/2" ASTM).

El árido grueso cumplirá las siguientes limitaciones granulométricas :

## Cernidos ponderales acumulados máximos (%)

Tamaño	Máximo	Tamiz 4	Tamiz 8	Tamiz 16	Tamiz 200
> 2"		5	-	-	1
1 1/2"		10	5	-	1
1"		10	5	-	1
3/4"		15	5	-	1
1/2"		30	10	5	1

La mitad del tamaño máximo corresponderá a un cernido ponderal acumulado superior al 85%.

Terrones de arcilla. Su cantidad será inferior al 0,25% en peso.

Partículas blandas. Su contenido será inferior al 5% en peso.

El árido grueso estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis que contenga el cemento.

Estabilidad al sulfato sódico o magnésico. Las pérdidas serán inferiores, respectivamente, al 12% y 18% en peso.

Desgaste Los Angeles. El coeficiente de calidad medido por este ensayo será inferior a 40 para el árido grueso.

Aridos para tratamientos con ligantes bituminosos, por penetración

a) Ligantes bituminosos viscosos

\* Aridos gruesos

Además de una composición granulométrica, que se especifica en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales del M.O.P.U, se tienen las siguientes prescripciones, que también se considerarán en puntos sucesivos:

Desgaste Los Angeles. El coeficiente de calidad será inferior a 40.

Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas menores respectivamente, al 16% y 24% en peso.

Adhesividad. Porcentaje ponderal de árido totalmente envuelto superior al 75% siempre que en el 25% restante no haya más del 15% del total que presente caras totalmente descubiertas.

\* Aridos finos

Además de la composición granulométrica, su aptitud en esta utilización viene determinada por las siguientes especificaciones:

Desgaste Los Angeles. Coeficiente inferior a 40.

Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas menores al 12% y 18% en peso respectivamente.

## b) Ligantes bituminosos fluidos

\* Aridos gruesos

La calidad del árido viene definida por las siguientes especificaciones, además de su granulometría :

Desgaste Los Angeles. Coeficiente inferior a 40.

Estabilidad al  $SO_4Na_2$  ó  $SO_4Mg$ . Pérdidas menores al 16% y 24% en peso, respectivamente.

Adhesividad. Condiciones análogas al apartado a).

\* Aridos finos. Además de la granulometría, debe cumplir:

Desgaste Los Angeles. Coeficiente inferior a 40.

Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas menores, respectivamente, al 12% y 10% en peso.

Adhesividad. Medida por el ensayo Riedel-Weber, coeficiente superior a 4.

## c) Mezclas bituminosas en frío

\* Aridos gruesos (fracción de la que queda retenida en el tamiz 8 ASTM o más del 85% en peso).

Los parámetros que disponen la calidad del árido en este uso deben cumplir:

Desgaste Los Angeles. Coeficiente inferior a 35 para capas de regularización, de base o intermedias y a 30 para capas de rodadura.

Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas inferiores, respectivamente, al 12% y 18% en peso.

Adhesividad. Análogas condiciones que en el apartado a).

\* Aridos finos (fracción que queda retenida en el tamiz 8 ASTM con un máximo del 15% en peso).

Los parámetros que definen la calidad deben cumplir:

Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas inferiores al 12% y 18% en peso respectivamente.

Adhesividad. Coeficiente superior a 4 (ensayo Riedel-Weber).

## d) Mezclas bituminosas en caliente

\* Aridos gruesos (Fracción retenida en el tamiz 8 ASTM).

Desgaste Los Angeles. Coeficiente menor de 30 para capas de regularización, o de base e inferior a 25 para capas intermedias o de rodadura.

Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas inferiores al 12% y 18% en peso respectivamente.

Coefficiente de pulido acelerado. Mayor de 0,45 para capas de autopistas o carreteras de tráfico pesado y mayor de 0,40 para el resto de vías.

- Adhesividad. Porcentaje del árido totalmente envuelto, después del ensayo de inmersión en agua, superior al 95%.

\* Aridos finos (Fracción que pasa por el tamiz 8 ASTM y retenida por el 200 ASTM).

Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas inferiores al 12% y 18% en peso respectivamente.

Adhesividad. Coeficiente superior a 4, medido en el ensayo Riedel-Weber.

#### Aridos para bases de carreteras

##### a) Bases de macadam

\* Aridos gruesos. Además de la composición granulométrica debe cumplir:

Coeficiente Los Angeles. Inferior a 35.

Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas menores del 16% y 24% en peso respectivamente.

##### b) Bases grava-cemento

Aparte de las características granulométricas debe cumplir:

Coeficiente Los Angeles. Inferior a 40

Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas inferiores al 16% y 25% en peso respectivamente.

Terrones de arcilla. Menor del 2% en peso.

Materia orgánica. Menor del 0,05% (expresada en ácido tánico).

Plasticidad. La fracción cernida por el tamiz 40 ASTM debe cumplir: límite líquido menor de 25 e índice de plasticidad menor de 6.

Equivalente en arena, superior a 30.

#### INDICES DE CALIDAD DE LOS VALORES QUE SE OBTIENEN CON LOS ENSAYOS NORMALIZADOS MAS CARACTERISTICOS

ENSAYOS/COMPORTAMIENTO	MALO	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
% de absorción de agua	>3	3-2	2-1	<1
% de pérdida por acción del sulfato magnésico	>24	24-15	15-6	<6
Coeficiente de desgaste Los Angeles	>40	40-30	30-20	<20
Coeficiente de pulimento acelerado	<0,35	0,35-045	0,45-0,55	>0,55

Tomado de SALINAS, J.L.

### Subbases granulares

Además de las características granulométricas, debe cumplir:

Desgaste Los Angeles. Coeficiente inferior a 50.

CBR. Mayor de 20.

Plasticidad. La fracción cernida por el tamiz 40 ASTM, debe poseer: límite líquido menor de 25 e índice de plasticidad menor de 6.

### Balasto de ferrocarriles

Las especificaciones relativas a la calidad del árido vienen dadas por:

Coeficiente de desgaste Los Angeles, en cualquiera de las granulometrias ensayadas, inferior a 30, si bien en casos excepcionales puede admitirse hasta 35.

Estabilidad al sulfato magnésico: pérdidas inferiores al 10% en peso.

### Normativa UNE

- 7-050-53 Cedazos y tamices de ensayos.
- 7-073-54 Determinación de impurezas ligeras en las arenas empleadas en los materiales de construcción.
- 7-082-54 Determinación aproximada de la materia orgánica en arena para hormigones o morteros.
- 7-083-54 Determinación del peso específico y de la absorción en gravas y arenas.
- 7-084-54 Determinación de la humedad superficial de gravas y arenas.
- 7-088-55 Determinación de la compactación en los áridos para morteros y hormigones.
- 7-133-58 Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones.
- 7-134-58 Determinación de partículas blandas en áridos gruesos para hormigones.
- 7-135-58 Determinación de finos en áridos utilizados para la fabricación de hormigones.
- 7-136-58 Estabilidad de áridos frente a disoluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico.
- 7-137-58 Ensayo químico para determinar la reactividad de los áridos utilizados en la fabricación de hormigones, con los álcalis de cemento.
- 7-139-58 Análisis granulométrico de áridos
- 7-140-58 Determinación de los pesos específicos y absorción de agua en áridos finos.
- 7-151-59 Ensayo del recubrimiento de áridos con emulsiones asfálticas.
- 7-238-71 Determinación de coeficiente de forma del árido grueso empleado en la fabricación de hormigones.
- 7-244-71 Determinación de partículas de bajo peso específico que puede contener el árido utilizado en hormigones
- 7-245-71 Determinación de los compuestos de azufre contenidos en los áridos.
- 7-324-76 Determinación del equivalente de arena
- 7-438-78 Determinación en los áridos, del material que pasa por el tamiz 0,080 UNE 7-050.
- 41-110-58 Toma de muestras de los áridos empleados en la fabricación de hormigones.
- 41-111-58 Áridos finos para hormigones.
- 41-112-58 Áridos gruesos para hormigones.

### 8.5.3.- Aridos ligeros

Dentro de este grupo se incluyen:

- \* Aridos ligeros naturales: Pumitas, escorias, tobas, brechas y cenizas volcánicas.
- \* Aridos ligeros estructurales manufacturados: Arcillas o pizarras expandidas.
- \* Subproductos ligeros: Escorias artificiales
- \* Aridos ultraligeros manufacturados: Perlita expandida y vermiculita exfoliada.

Las propiedades deseables en estos materiales son:

- Bajo peso específico
- Propiedades aislantes térmicas y acústicas
- Propiedades ignífugas
- Resistencia mecánica
- Baja absorción de agua
- Resistencia al frío y heladas
- Baja contracción en el secado y mínima expansión térmica
- Buena aglomeración con cemento
- Inercia química
- Propiedades elásticas
- Resistencia a la abrasión

No existe normativa oficial española para estos materiales, pudiendo en su defecto citarse las siguientes normas ASTM:

- C-330: Light weight aggregate for structural concrete.
- C-331: Light weight aggregate for concrete masonry units.
- C-332: Light weight aggregate for insulating concrete.

### 8.5.4.- Cementos, cales y yesos

#### 8.5.4.1. Cementos

Las materias primas utilizadas normalmente en la fabricación del cemento son:

- Calizas o componentes fundamentales
- Correctores o componentes secundarios
- Añadidos

La mezcla, tras un proceso de molienda y homogeneización, de calizas y correctores se denomina crudo.

El crudo, calcinado a elevadas temperaturas (1400-1450°C), y enfriado con relativa rapidez, da lugar al clinker.

Por fin, la mezcla íntima, con una determinada finura, de clinker y yeso en una proporción aproximada de 95:5 se denomina cemento.

En el apartado calizas ya se han comentado las características que estos materiales deben tener para que sean aptos para la fabricación de cementos.

Entre los materiales correctores los más importantes son :

Material	Aporta
Arenas	$SiO_2$
Cenizas de pirita	$Fe_2O_3$
Mineral de hierro	$Fe_2O_3$
Caolines	$Al_2O_3 + SiO_2$
Bauxitas	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$
Arcillas, pizarras, esquistos	$SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3$

El material arcilloso es la segunda materia prima en importancia a entrar a formar parte de un crudo (10-25%). Sus limitaciones analíticas suelen fluctuar entre los valores siguientes :

	%
$SiO_2$	50-65
$Al_2O_3$	9-22
$Fe_2O_3$	4-8
CaO	0,5-10
MgO	0,5-10
Alcalis	2,0-4,5
$SO_3$	0,5-4,0
S	(1
Cl	(0,3

Los añadidos son aquellos materiales naturales o industriales que, en determinadas proporciones y molidos conjuntamente con el clinker, no perjudican el normal comportamiento del cemento resultante, pudiendo aportar alguna calidad posterior adicional o mejorar algunas de las características que ya posee.

Existen dos tipos de adiciones :

- Adiciones hidráulicamente activas (adiciones activas) : Poseen propiedades hidráulicas latentes, como las escorias siderúrgicas, o son capaces de fijar la cal de los cementos (puzolanas).
- Adiciones inertes, que sin perturbar el fraguado, el endurecimiento o la estabilidad del cemento, introducen alguna mejora que favorezca a este (adherencia, plasticidad, blancura, rendimiento de pastas, etc...)

Entre las adiciones activas, las más utilizadas son :

- a- Escorias siderúrgicas. La adición de estas escorias en los cementos especiales fluctúa entre el 20 y el 8 % en peso.

b- Puzolanas. Bajo este nombre se designan los siguientes materiales :

- Rocas volcánicas (riolitas, andesitas, etc...)
- Rocas sedimentarias (diatomeas)
- Cenizas volantes
- Arcillas activadas

Se incluyen a continuación las expresiones frecuentemente empleadas para caracterizar crudos y una tabla de valores límite normalmente aceptados para componentes minoritarios :

A- Módulo de silicatos :

$$MS = \frac{\% SiO_2}{\% Al_2O_3 + \% Fe_2O_3}$$

Los valores límites del módulo de silicatos se sitúan entre 1,2 y 4,0, oscilando los valores de utilización entre 2,4 y 2,7.

B- Módulo de fundentes :

$$MF = \frac{\% Al_2O_3}{\% Fe_2O_3}$$

Los valores de utilización de esta relación se sitúan entre 1,5 y 3,0.

C- Módulo hidráulico : Los valores de esta relación deben estar comprendidos entre 1,7 y 2,2.

$$MH = \frac{\% CaO}{\% SiO_2 + \% Al_2O_3 + \% Fe_2O_3}$$

D- Grado de saturación ó standar de cal :

Es la cantidad de CaO que se puede combinar con la  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  y  $Fe_2O_3$  del crudo en condiciones normales de cocción y enfriamiento. El grado de saturación máximo teórico es 100%.

En la práctica industrial es muy difícil obtener clinkers sin cal libre, es decir, con el standar de cal en crudo del 100 %, por lo que se fija generalmente entre el 94 y 98%

	VALOR MAX. EN CRUDO	VALOR MAX. EN CLINKER
MnO	0,022	0,036
$Cr_2O_3$	0,012	0,002
Cl	0,012-01	0,05
S	0,3	
$\frac{SO_3}{K_2O + 0,5 Na_2O}$	0,8-1,0	
$\frac{K_2O + Na_2O \text{ expr. como } Na_2O}{MgO}$	1,0	2,0
	(2,0-2,2	



#### 8.5.4.2. Cales

Según la norma UNE 41-066, cales son todos los productos de variada composición química y aspecto físico procedentes de la calcinación de rocas calcáreas (calizas, dolomías, margas, ...) y que se clasifican en dos grupos fundamentales:

- \* **Cal aérea:** material aglomerante constituido fundamentalmente de óxido o hidróxido de calcio y que amasada con agua tiene la propiedad de endurecerse únicamente en el aire, por acción del  $\text{CO}_2$ .

Puede ser:

- Dolomítica o gris si contiene más del 5% de  $\text{MgO}$
- Grasa si el contenido en  $\text{MgO}$  es  $< 5\%$
- Viva compuesta prácticamente por  $\text{CaO}$  y capaz de apagarse con agua
- Apagada compuesta por hidróxido cálcico

- \* **Cal hidráulica:** es el material aglomerante, pulverulento e hidratado que se obtiene calcinando calizas que contienen sílice y alúmina, a una temperatura casi de fusión, para que se forme  $\text{CaO}$  libre necesario para permitir su hidratación y al mismo tiempo deje cierta cantidad de silicatos de calcio deshidratados que dan al polvo sus propiedades hidráulicas. Se diferencian de las aéreas, además, en que son capaces de endurecer en agua. Pueden ser de alto o bajo contenido en magnesia, si la cantidad de  $\text{MgO}$ , sobre muestra calcinada, excede o no del 5%.

#### 8.5.4.3. Yesos

El yeso es una roca sedimentaria, de estructura cristalina, cuyo constituyente esencial es el sulfato cálcico dihidratado.

Para un conocimiento más exhaustivo sobre ensayos, especificaciones y normativas sobre cementos, cales y yesos, se remita al lector, a fin de evitar innecesarias repeticiones, a los apartados de Calizas (8.4.7.), Dolomías (8.4.10.), Arcillas (8.4.1.) y Yeso (8.4.17.).

#### 8.5.5.- Cerámica estructural

El término de cerámica estructural agrupa principalmente los siguientes materiales utilizados en el sector de la construcción:

- Ladrillos: macizos, huecos ordinarios o de calidad
- Tejas
- Bovedillas

El material natural utilizado es la arcilla común, fundamentalmente illítica -esmectítica-, caolinítica, con cantidades variables de cuarzo, carbonato cálcico, feldespatos, óxidos de hierro y otras impurezas.

La marcha analítica a adoptar es la siguiente:

- Análisis químico, con expresión de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$
- Análisis mineralógico por difracción de Rayos-X

- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg
- Temperatura y margen de cocción con expresión de la contracción lineal a distintas temperaturas.
- Resistencias a compresión de productos acabados

Las principales especificaciones industriales son las siguientes:

#### Ladrillo macizo

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  < 5%  
 $\text{SO}_4$   $\text{Co}_3$  < 5%  
 Sílice libre < 10%

El índice plástico ha de estar comprendido entre 25 y 35.

#### Ladrillo hueco, Tejas y Bovedillas

La cantidad de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ha de estar comprendida entre el 5 y el 10%. El resto de las especificaciones son iguales que para el ladrillo macizo.

#### Normativa

La normativa española hace referencia únicamente a productos de fábrica.

- 7-058-52 Método de ensayo de la resistencia del grés al ataque por agentes químicos.
- 7-062- Ensayo de heladicidad en los ladrillos de arcilla cocida
- 7-063-53 Ensayo de eflorescencia en los ladrillos
- 7-191-62 Ensayo de permeabilidad de las tejas de arcilla cocida
- 7-192-62 Determinación de la resistencia a la intemperie de las tejas de arcilla cocida.
- 7-193-62 Determinación de la resistencia a la flexión de las tejas de arcilla cocida
- 7-193-77 IR Método de ensayo para la medida de la resistencia a la flexión de tejas
- 7-268-73 Determinación de la succión de los ladrillos
- 7-312-77 Método de ensayo para la medida de la resistencia a la flexotracción del material constituyente de grandes piezas cerámicas.
- 7-318-77 Determinación de la dilatación potencial de materiales cerámicos por tratamiento con agua caliente.
- 7-319-77 Medida de la resistencia a la flexión de piezas en vano de bovedillas cerámicas.
- 67-019-84 IR Ladrillos de arcilla cocida para la construcción. Características y usos.
- 67-024-78 Tejas cerámicas
- 67-026-84 Ladrillos de arcilla cocida. Determinación de la resistencia a la compresión.
- 67-027-84 Idem. Determinación de la absorción de agua
- 67-028-84 Idem. Ensayo de heladicidad

### 8.5.6.- Refractarios

El término refractario se usa para definir los materiales generalmente no metálicos usados para soportar altas temperaturas. También refractariedad se puede definir como la capacidad de mantener un grado de identidad físico-química deseado a altas temperaturas en el entorno y condiciones de uso requeridos.

La capacidad de alcanzar y soportar altas temperaturas es básica para clasificar un material como refractario, aunque, además, estos materiales deben resistir no sólo altas temperaturas, sino otras fuerzas destructivas como abrasión, impacto, choque térmico, ataque químico, alto nivel de carga, etc.

Las diversas aplicaciones industriales de los refractarios, implican una gran variedad de combinaciones y grados en las citadas fuerzas destructivas, con lo que son bastantes los materiales que se pueden considerar refractarios.

Los tipos primarios de ladrillos refractarios incluyen ladrillos de silicatos aluminicos (a base de "fireclay" y alúmina), ladrillos básicos (magnesia y cromo, solos o combinados en distintas proporciones), de sílice, aislantes, y refractarios especiales (carbono, carburo de silicio, óxido de circonio, etc.). Los ladrillos, se moldean en crudo y son tratados a altas temperaturas antes de usarlos, aunque no en todos los casos, como los de dolomía, por ejemplo. Los ladrillos también se clasifican en función de sus dimensiones y sus formas. La forma típica es la de un prisma rectangular de dimensiones: 288,6 x 114,3 x 63,5 mm o 228,6 x 114,3 x 76,2 mm.

#### Tipos y Clases de Refractarios

La norma UNE 61-001-75 clasifica los materiales refractarios por su composición química, atendiendo a su componente característico. Otras normas UNE, demasiado prolijas para ser aquí expuestas, desarrollan las características generales de cada grupo que se define a continuación.

1. Refractarios de muy alto contenido en alúmina: Contienen más del 56% de  $Al_2O_3$  y se subdividen en:
  - Productos de corindón
  - Productos fabricados a base de Hidróxido de Aluminio (Bauxita y otros).
  - Productos del grupo de la sillimanita (fabricados a partir de sillimanita, andalucita o distena).
  - Productos de mullita sintética
  - Productos de alúmina pura
2. Refractarios de alto contenido en alúmina: Contienen más del 45% y menos del 56% de  $Al_2O_3$  y se fabrican a partir de los materiales del grupo 1 o con arcillas enriquecidas en alguno de ellos.
3. Refractarios aluminosos: contienen más del 30% y hasta el 45% de  $Al_2O_3$  y se subdividen en:
  - Refractarios aluminosos entre el 43 y 45% de  $Al_2O_3$
  - Refractarios aluminosos entre el 41 y 43% de  $Al_2O_3$
  - Refractarios aluminosos entre el 39 y 41% de  $Al_2O_3$
  - Refractarios aluminosos entre el 35 y 39% de  $Al_2O_3$
  - Refractarios aluminosos entre el 30 y 35% de  $Al_2O_3$

Las materias primas de estos son las arcillas y caolines refractarios. (Ver 8.4.3. Arcillas refractarias).
4. Refractarios silicoaluminosos: Contienen del 10 al 30% de  $Al_2O_3$ , siendo el resto fundamentalmente  $SiO_2$ . Se fabrican a partir de arcillas ricas en sílice libre contenida naturalmente o añadida.
5. Refractarios de semisílice: Contienen menos del 10% de  $Al_2O_3$  y el resto es fundamentalmente sílice hasta un máximo del 93%. Se dividen en:
  - Refractarios de semisílice propiamente dichos, que se fabrican a partir de arenas arcillosas o de mezclas de arcillas y cuarzos en las proporciones adecuadas.

- Productos siliciosos naturales: obtenidos por tallado de areniscas bajas en fundentes y con suficiente cohesión.
6. Refractarios de sílice: Contienen más del 93% de  $\text{SiO}_2$  y se fabrican a partir de materiales silíceos.
7. Refractarios básicos: Se dividen en:
- Refractarios de magnesia: Contienen más del 80% de  $\text{MgO}$ . La materia prima fundamental es la magnesia sinterizada preparada a partir de carbonatos magnésicos, brucita o hidróxidos de magnesio obtenidos de agua marina.
  - Refractarios de magnesia-cromo: Obtenidos por mezclas de magnesia y cromita. Contienen del 5 al 18% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
  - Refractarios de cromo-magnesia: Contienen entre el 18 y 32% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
  - Refractarios de Forsterita. Su constituyente principal es el ortosilicato magnésico ( $\text{SiO}_2\text{MgO}$ ) y pueden obtenerse a partir de olivino o por síntesis a partir de materiales siliciosos y magnesianos.
  - Refractarios de dolomía. Productos obtenidos a partir de dolomía sinterizada, estabilizados y semiestabilizados.
  - Refractarios de espinela
  - Refractarios de cromita. Contienen más del 32% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
8. Refractarios que contienen Carbono.
- Refractarios a base de coque o antracita. Están obtenidos a base de coque de petróleo, de coque metalúrgico, o de antracita, aglomerados con alquitrán de coquería.
  - Refractarios a base de grafito. Se preparan con arcilla a la que se añade no más de un 30% de grafito.
9. Refractarios a base de carburo de silicio. Contienen más del 50% de  $\text{CSi}$ .
10. Refractarios que contienen circonio:
- Refractarios a base de óxido de circonio ( $\text{ZrO}$ ). Utilizan el material circona como materia prima.
  - Refractarios a base de silicato de circonio ( $\text{ZrOSiO}_2$ ). Utilizan el mineral circón como materia prima.
11. Refractarios especiales.
- Refractarios a base de carburos: Obtenidos de Carburo de circonio ( $\text{ZrC}$ ), de Tántalo ( $\text{TaC}$ ), Boro ( $\text{BC}$ ), Titanio ( $\text{TiC}$ ), etc.
  - Refractarios a base de Nitruros:  $\text{ZrN}$ ,  $\text{BN}$ ,  $\text{AlN}$ , etc.
  - Productos a base de Boruros:  $\text{CrB}$
  - Productos a base de Siliciuros:  $\text{MoSi}_2$ ,  $\text{WSi}_2$ , etc.
  - Productos a base de óxidos altamente refractarios: obtenidos a partir de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{ThO}$  y, prácticamente puros, el  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
  - Cermets: Compuestos metalocerámicos.

En los productos donde el compuesto principal es la Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), aunque era habitual clasificarlos considerando el conjunto  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$  (Alúmina comercial), en la actualidad el  $\text{TiO}_2$  se fija sólo en las especificaciones de calidad.

Normas UNE para Materiales refractarios

- 61-001-75 Definición y clasificación por su composición química.
- 61-002-75 Clasificación por su conformación
- 61-003-75 Toma de muestra de materiales con forma
- 61-004-75 Toma de muestra de materiales sin forma
- 61-005-75 Comprobación de formas y dimensiones. Tolerancias. Criterios de aceptación y rechazo.
- 61-006-75 Defectos internos. Criterios de aceptación y rechazo.
- 61-007-75 Productos refractarios aislantes con forma. Clasificación y división
- 61-008-75 Ensayos de Materiales refractarios
- 61-009-75 Características generales de los refractarios de muy alto contenido en alúmina. Refractarios de corindón.
- 61-010-75 Características generales de los refractarios de muy alto contenido en alúmina fabricados a base de un hidróxido de aluminio.
- 61-011-75 Características generales de los refractarios de muy alto contenido en alúmina. Productos del grupo de la sillimanita.
- 61-012-75 Características generales de los refractarios de muy alto contenido en alúmina. Productos de mullita sintética.
- 61-013-75 Características generales de los refractarios de alto contenido en alúmina.
- 61-014-75 Características generales de los refractarios aluminosos. Refractarios de 43 a 45% de alúmina.
- 61-015-75 Características generales de los refractarios aluminosos. Refractarios de 41 a 43% de alúmina.
- 61-016-75 Características generales de los refractarios aluminosos. Refractarios de 39 a 41% de alúmina.
- 61-017-75 Características generales de los refractarios aluminosos. Refractarios de 35 a 39% de alúmina.
- 61-018-75 Características generales de los refractarios aluminosos. Refractarios de 30 a 35% de alúmina.
- 61-019-75 Características generales de los refractarios silicoaluminosos.
- 61-020-75 Características generales de los refractarios de semisilice.
- 61-021-75 Características generales de los refractarios de sílice.
- 61-022-75 Características generales de los refractarios de magnesia cocidos.
- 61-023-75 Características generales de los refractarios de magnesia-cromo cocidos.
- 61-024-75 Características generales de los refractarios de magnesia-cromo aglomerados químicamente.
- 61-025-75 Características generales de los refractarios de cromo-magnesia cocidos.
- 61-026-75 Características generales de los refractarios de cromo-magnesia aglomerados químicamente.
- 61-027-75 Características generales de los refractarios de forsterita.
- 61-028-75 Características generales de los refractarios de dolomita.
- 61-029-75 Características generales de los refractarios de cromita.
- 61-030-75 Características generales de los refractarios de carbono.
- 61-031-75 Características generales de los refractarios de carburo de silicio.
- 61-032-75 Densidad real.
- 61-033-75 Densidad aparente, absorción de agua y porosidad abierta.
- 61-034-75 Densidad aparente y porosidad abierta de materiales hidratables.
- 61-035-75 Porosidad total.
- 61-036-75 Permeabilidad al aire
- 61-037-75 Resistencia a la compresión en frío
- 61-038-77 Refractariedad bajo carga constante y temperatura creciente. Método convencional.
- 61-039-77 Resistencia a la flexión en frío
- 61-040-77 Variación permanente de dimensiones
- 61-041-77 Resistencia a los cambios bruscos de temperatura (choque térmico)
- 61-042-77 Refractariedad (ensayo de resistencia pirosférica)

- 61-043-79 Superficie específica con el permeabilímetro Blaine  
 61-044-77 Ataque por monóxido de carbono  
 61-045-77 Aislantes conformados. Densidad aparente  
 61-046-77 Resistencia a la flexión en caliente

### 8.5.7.- Lozas y porcelanas

Bajo este epígrafe se agrupan productos tan diversos como porcelanas de mesa, porcelana sanitaria, azulejos, loza de mesa, porcelana electrocerámica, baldosas de gres, gres sanitario, etc., es decir productos que se podrían denominar en conjunto "cerámica fina".

Estos productos se obtienen por cocción de una pasta compuesta generalmente por materias plásticas, fundentes y desengrasantes; en general, para la formación de la pasta se necesitan entre 5 y 10 materias primas o componentes, cuya mezcla, en las cantidades precisas, permite obtener las características deseables (en general, blancura, resistencia mecánica, floculación, dilatación, etc.).

Las arcillas nobles no son más que una parte de la pasta que va a dar lugar a la cerámica fina.

La composición media de las pastas, con sus correspondientes temperaturas de cocción, para cerámicas finas viene reseñada en la tabla siguiente:

Producto	% Materiales Plásticos		% Materiales desengrasantes		% Materiales Fundentes		Temperatura de Cocción (°C)	
	Arcilla		Silice	Chamota	Caliza			
	Noble	Caolín			Feldespatos	Dolomía		
Lozas								
	Feldespática	25-30	25-30	25-35	-	10-20	-	1250-1300
	Calcárea	25-30	25-30	20-40	-	-	(30	1000-1100
Vitrificados	Vajilla	10	30-35	20-40	-	15-40	-	1210-1300
	Sanitarios	25	25	20-25	-	25-30	-	-
Gres Sanitario		35-45	5-15	-	40-50	(10	-	1200-1300
Porcelana dura		5-10	45-50	10-30	-	15-40	(5	1350-1400

Fuente: Guide de Prospection des matériaux de carrière (B.R.G.M., 1983)

La materia prima fundamental, la arcilla, ha de cumplir las siguientes especificaciones:

Caolinita: entre el 50 y el 80%

Si el producto ha de ser blanco:  $Fe_2O_3$  (<2%;  $TiO_2$  (< 2%

Presencia de cuarzo: hasta el 25%

Para gres: Feldespato + illita + calcita: hasta el 25%

Esmectitas (<5%), haloisita, materia orgánica para mejorar las propiedades reológicas.

Ausencia total de yeso y de sales solubles

Granulometría < 100  $\mu$  todos los elementos.

Los análisis a realizar para todas las muestras que se tomen son:

- Granulometría: determinación de elementos superiores a 40 micras

- Calimetría
- Análisis mineralógico por difracción de rayos-X.
- Análisis químico con determinación de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ .

En algunas muestras:

- Ensayo de cocción a 1000, 1100, 1200 y 1300°C sobre pasta normal y definición de la pérdida al fuego, color, absorción de agua, contracción lineal, resistencia mecánica y resistencia pirosfópica.

Para algunas porcelanas especiales, como las electrotécnicas, el contenido en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ha de ser del 33%, con una pérdida al fuego entre el 11 y el 13% y un contenido máximo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  del 0,5%.

La granulometría ha de ser tal que el 65% sea menor de 10  $\mu$ , mientras que el 35% restante sea menor de 40  $\mu$ .

Módulo de rotura en verde 15  $\text{Kg/cm}^2$ .

Contracción de secado 6-9%

Contracción de seco a cocido 17-21%

Las especificaciones medias del análisis químico de la arcilla son las siguientes:

	Porcelana Sanitaria	Porcelana de Mesa
$\text{SiO}_2$	46-48%	50%
$\text{Al}_2\text{O}_3$	37-38%	34%
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,7-0,78%	0,5%
$\text{TiO}_2$	0,06-0,07%	0,1%
MgO	0,15-0,24%	
CaO	0,08-0,1%	3%
$\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$	1,5-2%	3%
Sílice libre	< 5%	< 5%

Fuente: I.G.M.E. (1981) Actualización del Inventario de Rocas Industriales.

Para cualquier tipo de porcelanas, la relación caolín/arcillas diversas >5 y aprox. 1 para lozas.

### 8.5.8.- Vidrio

Dentro de la industria del vidrio se incluyen sectores muy variados: Vidrio plano, envases de vidrio, vidrio óptico, vidrios especiales, fibra de vidrio, ..., cada uno de los cuales presenta sus propios requisitos en cuanto a materias primas y especificaciones.

#### - Materias primas

Los principales materiales utilizados son:

	<u>Oxido o elemento</u>
Arena silicea.....	SiO <sub>2</sub>
Carbonato sódico.....	Na <sub>2</sub> O
Caliza y dolomía.....	CaO, CaO + MgO
Feldespato, aplita, sienita nefelínica	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O
Boratos.....	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Sulfato sódico.....	SO <sub>3</sub> +Na <sub>2</sub> O
Yeso.....	SO <sub>3</sub> +CaO
Barita.....	SO <sub>3</sub> +BaO
Fluorita.....	F <sub>2</sub>
Arsénico.....	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Cromita férrica.....	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Piritas de hierro.....	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +S
Nitrato sódico.....	Na <sub>2</sub> O
Selenio.....	Se
Carbono.....	C

De todos ellos, los vidrios de sílice-sosa-cal constituyen el volumen más importante de la producción, donde el SiO<sub>2</sub> es el agente formador de vidrio, Na<sub>2</sub>O actúa como fundente y CaO ó CaO+MgO actúa como material estabilizante.

La alúmina imparte resistencia y durabilidad, inhibe la desvitrificación y aumenta la viscosidad durante el proceso de fabricación. El B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> proporciona resistencia a choques térmicos y a ataques químicos. Los sulfatos promueven la fusión y actúan fijando los procesos. El resto de los óxidos o elementos actúan como modificadores.

### Especificaciones

Los principales requisitos hacen referencia a composición química y granulometría.

#### - Composición

Dentro de todos los componentes químicos, el contenido en óxidos de hierro es el que presenta mayores restricciones, especialmente en vidrios transparentes. La presencia de impurezas refractarias (sillimanita, distena, andalucita, caolín, zircón, ...) se traduce en la formación de "piedras" o inclusiones sólidas indeseables, al no obtenerse la fusión de estos minerales.

#### - Granulometría

La distribución granulométrica es otro factor crítico que afecta a la fusibilidad de los materiales, especialmente en la arena silicea, feldespato, sienita nefelínica, aplita, ..., debiendo eliminarse las partículas gruesas (límite máximo: 30 mesh); las partículas demasiado finas deben ser asimismo eliminadas (límite mínimo: 100 mesh).

El conjunto de materiales a emplear en la fabricación de un vidrio debe presentar uniformidad granulométrica al objeto de obtener mezclas homogéneas. Las principales especificaciones aparecen



resumidas en la siguiente tabla :

<u>Principales especificaciones</u>	<u>Composición química</u>	<u>Granulometría</u>
Arena silicea para vidrio incoloro	SiO <sub>2</sub> ) 99,5 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 0,003-0,008 Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 0,0003 - 0,0006 TiO <sub>2</sub> ( 0,003	+ 20 mesh - 0  + 30 mesh - 1% max.
Arena silicea para vidrio laminado	SiO <sub>2</sub> ) 96 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 0,1 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 0,2-1,6	- 100 mesh - 15% max.
Vidrio coloreado	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 0,1-0,3	
Carbonato sódico	Na <sub>2</sub> O ) 57,25 NaCl ( 0,5 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 0,005	+ 16 mesh - 0 + 30 mesh - 3% max. - 200 mesh - 3% max.
Caliza	CaO ) 55 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO ( 0,035 Mat. orgánica ( 1,0 Humedad ( 2,0 MnO, PbO, P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , S ( 0,1	+ 16 mesh - 1% max. + 20 mesh - 15% max. - 100' mesh - 20% max.
Feldespató	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 19 Alcalis ) 11 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 0,1	+ 16 mesh - 0 + 20 mesh = 1% max. - 100 mesh - 25% max.
Sienita nefelínica	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 22 Alcalis ) 13 SiO <sub>2</sub> ( 62 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 0,1	+ 30 mesh - 0 + 40 mesh - 3,5% max. - 100 mesh - 35% max.
Aplita	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 22  Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 0,1	+ 16 mesh - 0  + 20 mesh - 2 max. + 30 mesh - 20 max. - 100 mesh - 30 max.
Sulfato sódico	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) 99 NaCl ( 0,2 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 0,002	+ 16 mesh - 0 + 20 mesh - 1 max. + 30 mesh - 2 max. - 100 mesh - 54 max.
Yeso	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 0,25	+ 16 mesh - 0 + 20 mesh - 0,5% max. + 30 mesh - 12% max. - 100 mesh - 25% max.

### Normativas

BS-2975	Specifications for silica sand for colourless glass
BS-3108	Specifications. Limestone for colourless glass
BS-3674	Specification for sodium Carbonate (Technical Grades)
UNE 43-501-84	Fibra de vidrio, vidrio textil. Terminología
UNE 43-603-	Vidrio, nomenclatura y terminología. Cristal. Vidrio Sonoro
UNE 43-751-	Ensayos de vidrio. Materias primas. Análisis granulométrico.

### 8.5.9.- Pigmentos minerales naturales

Los únicos minerales naturales coloreados capaces de ser usados como pigmentos después de pulverizados son los óxidos de hierro. El resto de productos como  $SO_4Ba$ ,  $TiO_2$ ,  $CaO$ , etc. se contemplan a nivel internacional como cargas blancas.

Los óxidos de hierro constituyen el 7% de la corteza terrestre y tienen la ventaja de su bajo coste, son permanentes y no son tóxicos.

En el último siglo, la industria química ha sido capaz de crear pigmentos coloreados artificiales que sustituyen ventajosamente a los ocres naturales.

Con la creciente importancia que están adquiriendo los óxidos de hierro sintéticos, es necesario hacer distinciones entre pigmentos minerales o naturales y pigmentos sintéticos.

Los pigmentos naturales son aquellos productos que derivan de ciertas menas y que no deben ser confundidos con óxidos de hierro utilizados para la producción de acero. Las fuentes naturales de óxidos para pigmentos se seleccionan por sus características físico-químicas especiales y alcanzan mayores precios que los óxidos de hierro con fines siderúrgicos.

Clasificación. Se hace atendiendo al color.

#### 1. Pigmentos de óxidos de hierro amarillos

- a) Naturales
  - Goethita
  - Lepidrocrocita
  - Ocres
  - Sienas
  - Limonitas
- b) Sintéticos
  - Goethita

#### 2. Rojos

- a) Naturales
  - Hematites
  - Siderita calcinada
  - Pirita calcinada
- b) Sintéticos
  - Hematites

### 3. Marrones

#### a) Naturales

- Ocre oscuro
- Limonita calcinada
- Siderita calcinada
- Goethita

#### b) Sintéticos

- Mezclas de hematites goethita y magnetita
- Precipitados de hematites-goethita
- Maghemita

### 4. Negros

#### a) Naturales

- Magnetitas
- Pizarras

#### b) Sintéticos

- Magnetita

Estos pigmentos minerales naturales o sintéticos tienen propiedades físico-químicas importantes y por ellas se distinguen de minerales similares con aplicaciones en metalurgia, cementos, construcción, agricultura, etc.

#### Propiedades químicas

Los hierros pigmentarios han de ser químicamente inertes, conteniendo sólo trazas de minerales pesados y tóxicos, fundamentalmente: plomo, antimonio, arsénico, cadmio, mercurio y selenio.

Tienen que resistir, igualmente, la exposición a energía radiante con cambios físico-químicos mínimos.

#### Propiedades físicas

Son importantes de determinar en pigmentos de hierro:

- Absorción de aceite
- Superficie de reacción
- Tamaño de partículas
- Forma de los cristales
- Propiedades ópticas
- Propiedades magnéticas

No obstante, las propiedades físico-químicas de los pigmentos naturales, son muy variadas y, por tanto, sus aplicaciones van a depender de ellas.

Como ejemplo de composición de pigmentos naturales, se puede observar la tabla que se expone a continuación:

#### Normativa UNE

48-045-56 Peso específico de los pigmentos

Mineral	Hematites	Hematites	Hematites	Hematites	Hematites	Hematites	Hematites	Hematites	Goethita (Dcre)	Goethita (Siena)	Dcre Oscuro	Magnetita Dcre oscuro
Pais o Fuente	USA	Venezuela	Golfo Pérsico	"Spanish oxide"	Austria	Keniza de Piritas	Francia	Italia	Chipre	USA		
% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	63,0	96,5	73,0	85,0	90,0	82,0	20,0	62,0	45,0	98,5		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO
% SiO <sub>2</sub>	12,6	1,5	21,0	6,5	3,5	-	50,0	-	-	-	-	-
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,8	1,5	3,0	1,0	2,4	-	18,0	-	-	-	-	-
% MgO	3,2	0,02	0,33	1,0	1,0	-	0,25	-	-	-	-	-
% CaO	7,5	0,03	0,80	3,0	0,5	-	0,25	-	-	-	-	-
% MnO <sub>2</sub>	-	0,02	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% ppc a 1000°C	8,2	0,5	2,52	3,0	0,15	-	9,0	15 - 20	10 - 15	-	-	-
% Sales solubles	0,8	0,2	( 3,0	1 - 2	0,08	3 - 3,5	-	0,45	0,8	0,10	-	-
Color	Rojo marrón	Marrón rojizo	Rojo brillante	Rojo brillante	Rojo marrón	Rojo	Amarillo	Marrón amarillento	Marrón	Negro		
% Absorción												
aceite	15	14	13	17	11	21	32	36	44	15		
Tamaño medio de partículas (μ)	0,8	3,0	0,6	1,5	25	2,0	4,0	0,6	3,0	5		
Superficie de reacción g/m <sup>2</sup>	8,0	6,1	4,7	5,8	0,08	8,73	-	33,4	101,7	4,3		
Peso específico	3,78	4,90	4,35	4,67	4,8	4,48	2,88	3,58	3,24	5,03		

Fuente: Industrial Minerals and Rocks (1983)

Los contenidos máximos admisibles en metales pesados y tóxicos son, en ppm, en el "rojo español": Arsénico: 50 - 100; Antimonio: 40 - 80; Cadmio: < 50; Selenio: < 100; Mercurio: < 0,1; Bario: 100 - 200.

- 48-046-56 Pigmentos. Determinación de la humedad higroscópica y de los volátiles.  
 48-047-56 Absorción del aceite por los pigmentos  
 48-067-41 Determinación del pH en los pigmentos  
 48-101-64 IR Clasificación de los pigmentos empleados en la fabricación de pinturas y barnices  
 48-103 Colores normalizados  
 48-104-62 Partículas gruesas en los pigmentos y pinturas  
 48-105-81 Materia soluble en agua de los pigmentos (método de extracción en caliente)  
 48-106-81 Idem. (método de extracción en frío)  
 48-108-82 Determinación de la acidez o alcalinidad del extracto acuoso en los pigmentos  
 48-109-82 Resistividad del extracto acuoso de los pigmentos  
 48-174-61 Finura de molienda de los pigmentos, en las pinturas y esmaltes.  
 48-193-63 Pigmentos. Óxido de hierro amarillo

#### 8.5.10.- Industria química

Casi todos los minerales industriales y muchas rocas industriales (ya descritas en el apartado 4.) encuentran importantes aplicaciones en la industria química y sus derivados.

Según Jones (1973), los minerales más comunes, los productos químicos derivados de ellos y los usos finales, se pueden glosar en la siguiente tabla:

Mineral	Reactivos	Producto	Usos finales
Espodumena	Acido sulfúrico Caliza	Sulfato de Litio	Cerámica, vidrio, moldeos Refrigerantes, brillantinas, vidrios altamente resistentes
		Hidróxido de Litio	
Halita	Electricidad, agua	Sosa caústica	Productos químicos diversos, textil, papel, metales Productos químicos, papel Síntesis de amoníaco, metalur- gia, productos químicos
		Cloro Hidrógeno	
	Amoníaco, Cal, CO <sub>2</sub>	Carbonato sódico Cloruro cálcico	Productos químicos, vidrio, jabones y metalurgia Supresión de polvo, tratamiento para carreteras
Silvina	Electricidad, agua	Hidróxido potásico	Fertilizantes, detergentes ver Halita ver Halita
		Cloro Hidrógeno	
Berilo	Fluoroferrito sódico	Hidróxido de berilio	Tubos fluorescentes, tubos TV, vidrio, cerámica
Caliza	Calor, oxígeno	Cal	Sosa caústica, tratamientos de aguas Productos químicos, carbonato Na
		CO <sub>2</sub>	
Anhidrita	Gas, Carbón, Oxígeno	Acido sulfúrico	Fertilizantes, química, pigmen- tos, refinado de petróleo, metalurgia Ver Caliza
		Cal	

Epsomita Magnesita Salmueras	Dolomías Calor, oxígeno	Oxido Magnésico (Magnesia) Acido clorhídrico	Refractarios, Productos químicos diversos, cementos Química orgánica
Celestina	Carbón	Carbonato de estroncio	Vidrio, cerámica, pirotecnia, Tubos TV
Barita	Carbón	Carbonato de bario Cloruro de bario	Vidrio, cerámica, tubos TV, pirotecnia, oxigenoterapia, magnetos, medicinas, ladrillos, detergentes para metales
Bastnaesita Monacita Xenotima	Acido sulfúrico	Oxidos de Tierras raras	Colorantes para vidrio, polvos abrasivos, catálisis, lentes fotográficas, arcos de carbono
Zircón	Cloro, coque	Oxicloruro de circonio	Producción de metales, produc- tos químicos especiales
Rutilo	Cloro, coque	Tetracloruro de titanio	Pigmentos, Titanio (metal) agentes resistentes al agua
Pirolusita	Acido Clorhídrico	Cloruro de Manganeso	Baterías, detergentes, fertili- zantes, vidrio, esmaltes
Colemanita	Carbonato sódico	Borato sódico	Detergentes, filtrantes
Bauxita	Acido sulfúrico	Hidróxido aluminico Sulfato aluminico	Tratamientos de aguas, refrac- tarios, floculantes, cataliza- dores
Cuarzo	Carbonato sódico	Silicato sódico	Adhesivos, cementos, jabones, defloculantes
	Cloro, coque	Tetracloruro de silicio	Siliconas y cauchos
Caliches	Acido sulfúrico	Acido Nítrico	Fertilizantes, química en general
Rocas fosfatadas	Acido sulfúrico	Acido fosfórico	Fertilizantes, detergentes, cargas en alimentación
	Sílice, coke	Fósforo	tratamiento en agua
Azufre	Aire, calor	SO <sub>2</sub>	Fungicidas, insecticidas, di- solventes, agentes reductores
		Acido sulfúrico	Ver anhídrita
Pirita	Aire, calor	Acido sulfúrico	Ver anhídrita
Fluorita	Acido sulfúrico	Acido fluorhídrico	Química orgánica, fundentes, metalurgia, dentífricos, sepa- ración de isótopos, grabados de agua fuerte

### 8.5.11.- Abrasivos

Se consideran como abrasivos aquellos minerales o rocas que pueden ser utilizados para pulir, desbastar, moler, raspar, limpiar mecánicamente, etc., otros materiales sólidos.

Las propiedades físicas de interés en estas sustancias son: dureza, fragilidad, granulometría y forma de los granos, tipo de fractura, pureza, etc. La variabilidad en estos parámetros condicionará los posibles campos de aplicación de los distintos abrasivos.

#### Principales abrasivos naturales

- \* Dureza superior (H)7)
  - Diamante
  - Corindón
  - Esmeril
  - Granate
  - Estauroлита
  
- \* Dureza media (H = 5,5-7)
  - Calcedonia
  - Silix
  - Cuarzo
  - Cuarzita
  - Arenisca
  - Arena silícea
  - Basalto
  - Feldespato
  - Granito
  - Perlita
  - Pumita, etc.
  
- \* Dureza inferior (H (5,5)
  - Apatito
  - Calcita
  - Arcilla
  - Diatomita
  - Dolomita
  - Oxidos de hierro
  - Caliza
  - Talco
  - Trípoli

La progresiva introducción de abrasivos artificiales (Carburo de silicio, alúmina, carburo de boro, nitruro de boro, carburo de tungsteno, diamante artificial, ...) ha desplazado del mercado a los abrasivos naturales de alto grado con excepción hecha del granate y el diamante.

La industria consume materiales abrasivos en tres formas:

#### \* Granos sueltos

Se emplea una amplia gama de minerales: arena silícea, corindón, granate, silix, ...

Para chorros de arena se requiere, en general, una dureza >7, siendo importantes la resistencia al impacto, peso específico, uniformidad granulométrica, ...

Gradación de arenas	Núm. 1	20-35 mesh
silíceas para "chorros	Núm. 2	10-28
de arena" en Canadá	Núm. 3	6-10
	Núm. 4	4-8

Los materiales abrasivos granulares son fundamentalmente utilizados para manufactura de otros productos abrasivos: papeles, telas, aglomerados, ...

#### \* Aglomerados

Se utilizan habitualmente granos con una rígida granulometría, de corindón, esmeril, y abrasivos artificiales de alto grado. Las características de los mismos vienen definidas en UNE-16-305-75.

La aglomeración se obtiene habitualmente mediante vitrificación, aunque también puede realizarse mediante resinas, caucho, ...

#### \* Papeles y telas abrasivas

Se utilizan en este sector: granate, cuarzo, sílex, ..., para lijado de materiales de dureza media. Para metales se utilizan abrasivos artificiales: alúmina, carburo de silicio, ...

#### \* Abrasivo en polvo, para jabones y productos de limpieza.

Se utilizan habitualmente materiales de dureza inferior ( $H = 3-5$ ): feldespatos, pumita, trípoli, diatomita, caolín, ...

El tamaño de grano es extremadamente fino: 100-325 mesh o superior.

#### Normativa UNE

La normativa es escasa en lo referente a materias primas, refiriéndose habitualmente a herramientas abrasivas industriales.

16-162-82 Definición y designación de los abrasivos aplicados

16-300-75 Definición, designación, gama de medidas y perfiles de los productos abrasivos aglomerados (150 R/525)

16-326 a 328 Rollos de tela y papel abrasivo (150-3366 a 3368)

16-330-81 Hojas de abrasivo aplicado (150/015-2235)

16-331-82 Discos abrasivos (150/015-3017)

16-332-80 Piedras al aceite. Dimensiones

#### Otras normativas

BS 871-1981 Abrasive papers and cloths

ANSI-B 74.2-1982 Grading of abrasive microgits

74.4-1977 Test for bulk density of abrasive grains

74.5-1974 Test for capillarity of abrasive grains

17.6-1977 Procedure for sampling of abrasive grains

74.8-1977 Friability of abrasive grains; ball mill test

74.18-1977 Grain of coated abrasive products, specification for grading of certain abrasives

74.19-1980 Abrasive grains. Test for determining magnetic content of abrasive.



### 8.5.12.- Cargas, filtros y absorbentes

Las cargas minerales son materiales inertes que son incorporados a otras sustancias con el fin de modificar algunas propiedades:

- Coste de elaboración
- Características físicas
- Flujo y/o reología
- Resistencia al fuego
- Densidad
- Conductividad térmica
- Color, brillo, opacidad
- Dureza, fragilidad, resistencia a impactos
- Deformabilidad, viscosidad, punto de reblandecimiento
- Conductividad eléctrica
- Textura superficial
- Expansión térmica
- Resistencia a la abrasión, etc...

Estos efectos son consecuencia de las propiedades específicas de la sustancia utilizada como carga: inercia química, granulometría, forma de partículas, color índice de refracción, etc.

Los ensayos para evaluar estas propiedades son muy variados, dependiendo de cada mineral, de la propiedad que se quiera estudiar y de las especificaciones concretas del sector. Los más habituales son:

- Análisis químico y mineralógico
- Granulometría; tamaño, forma y distribución de los granos
- Blancura
- Humedad
- Densidad
- pH
- Absorción de aceite (Normas Ford y Westinghouse)

Principales propiedades de algunas cargas minerales

	Peso específico	Dureza	Indice Refracción	pH	Absorción aceite cc/100 gr
Asbestos	2,5-2,6	2,5-4,0	1,51-1,55	8,5-10,3	40-90
Barita	4,3-4,6	2,5-3,5	1,64	7	6-10
Bentonita	2,3-2,8	1,5	1,55-1,56	6,2-9,0	20-30
Diatomita	2,0-2,35	4,5-6,0	1,42-1,49	6-8,5	100-300
Calcita	2,7	3	1,66	7,8-8,5	6-30
Caolín	2,6	2,0-2,5	1,56-1,58	4,5-7	25-50
Mica	2,7-3,0	2,0-3,0	1,59	7,4-9,4	25-50
Perlita	2,5-2,6	5,0	1,72	11,0-12,6	20
Pumita	2,2-2,6	5-6	1,49-1,50	7-9	30-40
Pirofilita	2,8-2,9	1-2	1,57-1,59	6-8	40-70
Pizarra	2,7-2,8	4-6	-	6,8	20-25
Sílice cristalina	2,6-2,65	6,5-7,0	1,53-1,54	6-7	20-50
Talco	2,6-3,0	1-1,5	1,57-1,59	8,1-9	20-50
Vermiculita	2,2-2,7	1,5	1,56	7	-
Yeso	2,3	1,5-2,0	1,52	6,5-7	17-25

Condensado de Ind. Minerals and Rocks, AIME, 1983

Filtros

Para que una sustancia pueda ser utilizada como filtro industrial, debe reunir las siguientes características:

- Formar una costra o torta muy porosa
- Area superficial baja
- Correcta distribución granulométrica acorde al tipo de filtrado a realizar
- Baja retención
- Resistencia a colapso bajo presión
- Posibilidad de poder ser suministrada en varios grados

Los materiales más frecuentemente utilizados son:

- Arenas silíceas
- Diatomita
- Perlita expandida
- Asbestos
- Turba
- Zeolitas
- Tierras de Fuller (arcillas paligorskíticas y/o esmectíticas)
- Bauxitas activadas

Absorbentes

Los principales minerales utilizados son:

- Sepiolita y Paligorskita
- Bentonitas
- Bauxitas activadas
- Tierras de Fuller

Los ensayos generales a realizar son:

- Absorción de agua y aceite (Normas Ford y Westinghouse)
- Poder decolorante
- Degradación granulométrica
- Humedad

#### 8.5.13.- Usos agrícolas

Se incluyen en este grupo:

- Fertilizantes
- Correctores de suelos
- Sustratos para cultivos

El objetivo de los fertilizantes es suplir las deficiencias en nutrientes de un determinado suelo. En este sentido, los nutrientes esenciales, considerados como minerales fertilizantes, pueden ser divididos en:

- Primarios: Nitrógeno, Fósforo y Potasio
- Secundarios: Calcio, Magnesio y Azufre
- Trazas: Boro, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Molibdeno y Cloro

Los principales minerales y rocas, directa o indirectamente utilizados son:

- Nitratos: Potásico, cálcico, magnésico
- Fosfatos y apatito
- Potasas
- Caliza, calcita, dolomita, magnesita
- Azufre, piritas
- Yeso
- Borax, colemanita
- Calcopirita, cuprita, esfalerita, molibdenita

En el capítulo de corrección de suelos, las principales sustancias utilizadas son los carbonatos: Caliza, calcita, mármol, etc. Aparte del  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  que se aportan como nutrientes, el principal factor a evaluar es el valor neutralizante y la solubilidad carbónica. Ver apartado 4.7.

La principal sustancia utilizada como sustrato para cultivos es la turba

Otras sustancias son: Perlita, Pumita, Vermiculita .

Entre otros factores, interesan:

- pH
- Retención de agua
- Contenido en materia orgánica y azufre (turba)
- Granulometría adecuada a la demanda aire/agua específica de cada planta.

### 8.5.14.- Fundentes

Se pueden clasificar en básicos, neutros y ácidos, dentro de la metalurgia, en función de la naturaleza ácida o básica de sus soluciones en agua o, más directamente, por el hecho de que reaccionarán con componentes metálicos (ácidos o básicos) que se liberan del material que se está fundiendo, formando una escoria igualmente fusible.

Para que un producto natural sea considerado fundente, no debe reaccionar con cantidades apreciables del metal que se está fundiendo, pero sí con sus impurezas.

Los fundentes más comúnmente utilizados en la industria metalúrgica son las calizas, sílice y fluoritas.

La Caliza es el fundente básico más común en la metalurgia, tanto ferrosa como no ferrosa.

La Caliza se descompone a altas temperaturas en  $\text{CaO}$  y  $\text{CO}_2$ , y al ser básica reacciona bien con menas de cobre y plomo, ácidas en su mayoría. El óxido de calcio disminuye el peso específico y la temperatura de fusión de la escoria; además, si se mezcla con óxido de hierro, hace más fluida la escoria, con su consiguiente descenso del punto de fusión.

El óxido de calcio en forma de cal, es muy empleado en la industria del acero.

La Sílice es uno de los fundentes más baratos y más utilizados industrialmente, en forma de arena, grava, cuarzo, areniscas y cuarcitas. Los silicatos, sin embargo no son convenientes debido a que es frecuente que contengan hornblenda, micas o feldespatos.

La sílice es el fundente ácido más característico y normalmente se emplea en metalurgia para contrarrestar la basicidad de la cal si se ha utilizado con exceso.

La Fluorita se considera como un fundente neutro y se utiliza para dotar de inferior punto de fusión y de mayor viscosidad a las escorias.

En la tabla adjunta, se pueden observar composiciones medias de los principales fundentes, datos tomados de la Asociación Estadounidense del Acero.

%	Caliza	Cal	Dolomía	Dolomía Calcinada	Fluorita
$\text{CaCO}_3$	95,06	-	54,74	-	12,25
$\text{MgCO}_3$	0,54	0,76	39,61	-	-
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	0,70	0,93	0,43	1,57	1,00
$\text{SiO}_2$	1,73	2,55	0,74	1,53	4,65
S	0,049	0,07	0,026	0,037	1,00
$\text{CaF}_2$	-	-	-	-	81,0
P	0,020	0,03	0,006	0,009	-
$\text{H}_2\text{O}$	1,70	-	4,00	-	-
OCa	-	81,36	-	-	-
OMg	-	-	-	56,35	-
Ppc	-	14,00	-	1,60	-

Además, son impurezas no deseables en los fundentes los óxidos de cinc, bario, magnesio y manganeso.

### 8.5.15.- Arenas de moldeo

Las arenas utilizadas en fabricación de moldes de fundición pueden ser clasificados como:

- \* Naturales: arenas arcillosas, donde la arcilla actúa como un aglomerante natural. Son poco usadas por los problemas inherentes al control de calidad.
- \* Sintéticas: arenas silíceas, de alto grado, a las que se incorpora bentonita como ligante arcilloso (o resinas).

Las arenas de fundición deben responder a las siguientes propiedades:

- \* Análisis químico:
 

	SiO <sub>2</sub>	Carbonatos
		(CO <sub>2</sub> )
Arena silícea	) 95	( 0,4
Arena extrasilícea	) 98	( 0,1
- \* Granulometría: la curva granulométrica debe tener forma de campana de Gauss con las siguientes características:
  - 97 % retenido sobre 5 tamices sucesivos (tamices UNE: 7,20 - 1,60 - 0,80 - 0,63 - 0,4 - 0,32 - 0,2 - 0,16 - 0,1 - 0,08 - 0,05).
  - Fracción arcillosa, ((20 μ)
    - Arena silícea ..... ( 4%
    - Arena extrasilícea ..... 0,3-0,8%
  - Índice de finura AFS (American Foundrymen's Society)
    - Acero ..... 35 - 70 ± 5
    - Aleaciones de cobre y metales ligeros .... 90 - 140 ± 5
    - Hierro colado ..... 40 - 140 ± 5

#### Otros materiales

Otros minerales utilizados como arenas de fundición son zircón, estaurolita, olivino y cromita. Se obtienen con ellos valores de refractariedad más altos, en general, y menor expansión térmica.

Arena silícea	1682°C	
Arena de zircón	2538°C	Diferentes puntos de fusión
Arena de estaurolita	1538°C	de arenas de moldeo
Arena de cromita	1816°C	

Las arcillas utilizadas como aglomerantes en las arenas de moldeo son bentonitas, en una proporción de 4-8% con respecto a la arena.

Las especificaciones propuestas por el SFSA (Steel Founders Society of America) son las siguientes para bentonitas sódicas:

- Contenido en agua = 6-12 % (Límites mínimo y máximo)
- pH > 8,2
- Ca < 0,7%

Los test habituales a efectuar son:

- Análisis químico
- Difracción de R-X
- A.T.D.
- Resistencia a la compresión en verde y en seco
- Durabilidad
- Límites de Atterberg