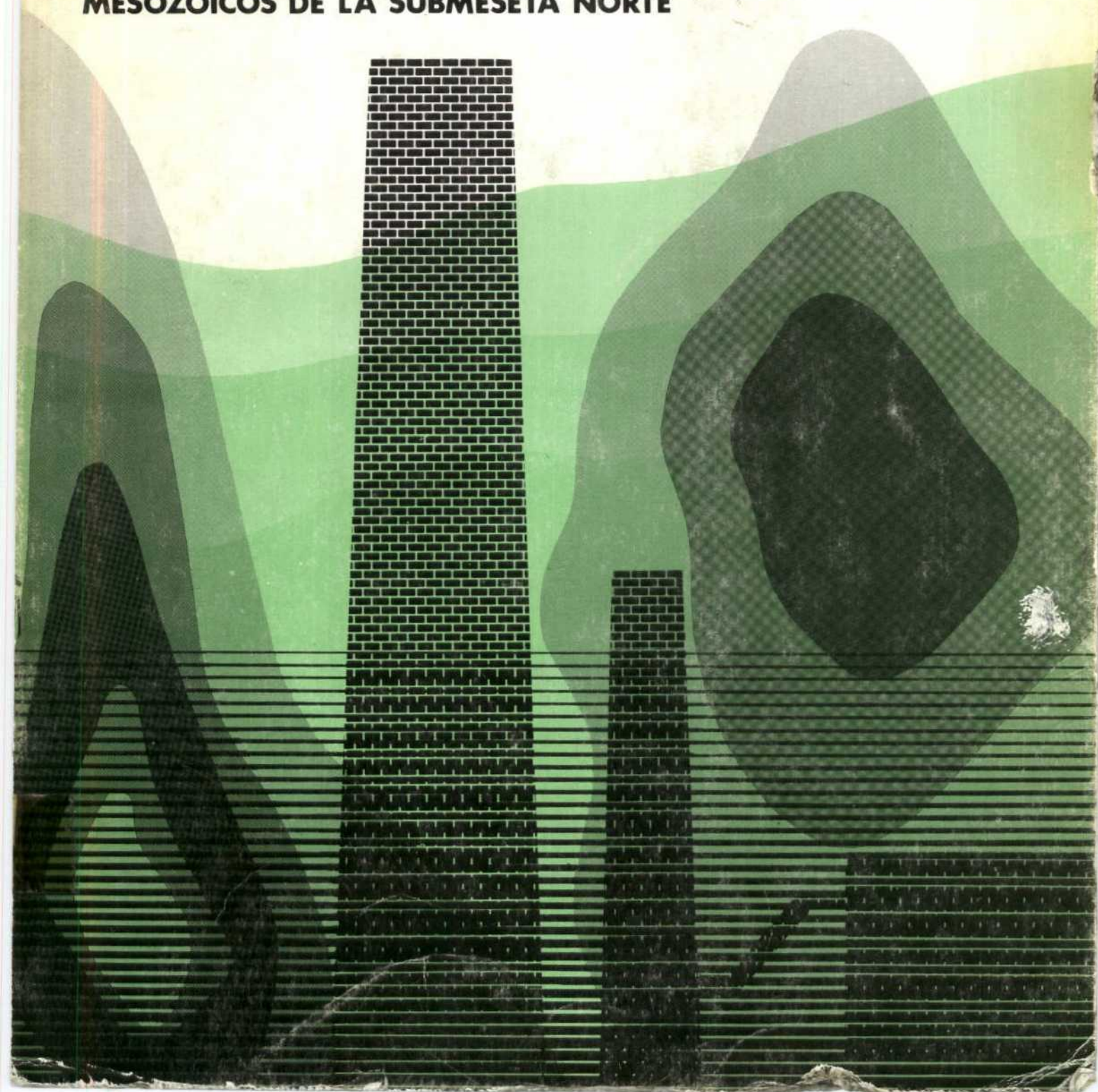


MINISTERIO DE INDUSTRIA
DIRECCION GENERAL DE MINAS
E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

PLAN NACIONAL DE LA MINERIA
PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA

**AMPLIACION DEL MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES
ESTUDIO DE LAS ARENAS CAOLINIFERAS DE LOS BORDES
MESOZOICOS DE LA SUBMESETA NORTE**



ESTUDIO DE LAS ARENAS CAOLINIFERAS DE LOS BORDES
MESOZOICOS DE LA SUBMESETA NORTE.

Agosto 1975

00388

El presente estudio ha sido realizado por GEOPRINSA, Proyectos e Informes Geológicos y Geotécnicos, S. A., como ampliación de las Hojas de Rocas Industriales números 5-3, 5-4 y 6-4 (Burgos, Aranda de Duero y Soria), llevadas a cabo en régimen de contratación con el Instituto Geológico y Minero de España.

I N D I C E

	<u>Página</u>
1.- INTRODUCCION.	1
2.- ENMARQUE GEOGRAFICO.	5
3.- ENMARQUE GEOLOGICO Y DESCRIPCION DE FACIES. ...	9
4.- ESTUDIO DETALLADO DE YACIMIENTOS.	13
4.1.- Yacimientos de la Cordillera Cantábrica..	13
4.2.- Yacimientos del borde de la Sierra de la Demanda.	17
4.3.- Yacimientos del macizo de Miñana,	23
4.4.- Yacimientos de la banda meridional.	25
5.- TIPOS DE EXPLOTACIONES.	30
5.1.- Pequeñas industrias.	30
5.2.- Grandes industrias.	31
6.- CONCLUSIONES.	34
7.- BIBLIOGRAFIA.	37

1.- INTRODUCCION.

Como indica FEAL LAGO, C., (1970), la ordenación del territorio se propone ante todo la explotación racional de los recursos humanos y materiales existentes y el aprovechamiento de las potencialidades insuficientes o mal utilizadas.

En tal sentido, el conocimiento real de las posibilidades e idónea forma de explotación, y tratamiento de rocas industriales, es un elemento económico más, en ocasiones de importancia relevante, que colabora a la movilización de fuerzas económicas para paliar la insuficiencia de ciertos medios, superar retrasos y, en definitiva, desarrollar el país.

Siguiendo este criterio, se ha elaborado el presente informe, con el que se pretende dar los puntos de partida para un estudio futuro, en el que se investigarán de forma mucho más amplia y detallada las posibilidades de las arenas caoliníferas existentes en las Hojas 1:200.000 de Soria, Aranda de Duero y Burgos.

Para la ejecución de este trabajo, después de situar las -

zonas estudiadas en su enmarque geográfico y geológico, se procede al estudio detallado de yacimientos considerados de mayor importancia. A tal fin se han elaborado unos mapas a escala 1:400.000 donde se pone de manifiesto la distribución geográfica de todas las áreas caoliníferas.

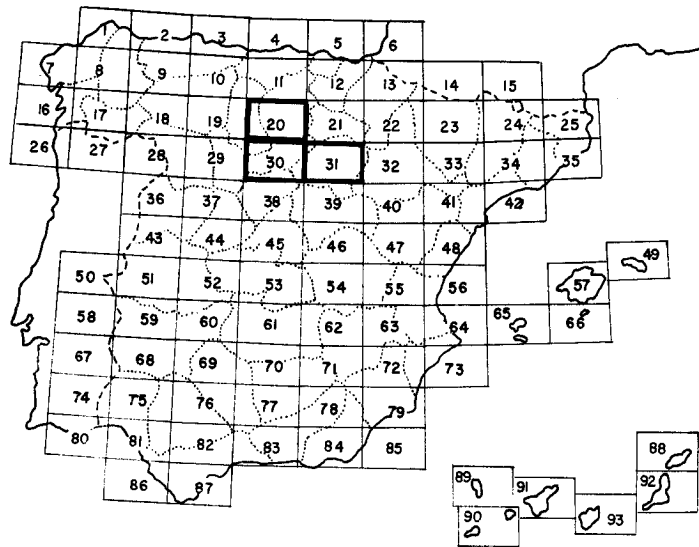
Por su proyección hacia el futuro, se ha puesto especial énfasis en la localización de yacimientos, así como en su estudio, realizado por medio de diversos tipos de análisis, con muestras tomadas en distintas estaciones. Además se ha realizado la cartografía a escala 1:50.000 de siete yacimientos considerados de mayor interés, por su localización, riqueza en caolín o reservas grandes.

Por último se pone de manifiesto el carácter de las explotaciones en las que existe actividad extractiva en la actualidad, estudiando a su vez, la concentración y comercialización actual y futura de las arenas caoliníferas, analizando las relaciones de esta materia prima con la industria y con los principales sectores económicos y centros de consumo.

El interés de este estudio viene dado por la creciente utilización de las rocas industriales en los diferentes sectores del país. Dentro del ámbito de las mismas, el caolín ocupa un lugar prioritario en orden a sus propiedades, utilización, economía y abundancia. En el marco nacional, la zona elegida tie-

ne gran interés por su posición central y equidistante de los principales centros de consumo, (Madrid, Barcelona y Bilbao) y por el hecho de que las arenas silíceas que acompañan siempre a los caolines son un subproducto valioso que permite elevar la incidencia del costo de transporte.

MAPA DE SITUACION



2.- ENMARQUE GEOGRAFICO.

El área estudiada ocupa las Hojas a escala 1:200.000 números 5-3 (Burgos), 5-4 (Aranda de Duero) y 6-4 (Soria), que están situadas en la mitad Norte de la Península. Administrativamente participan casi en su totalidad de las provincias de Burgos, Palencia y Soria, correspondiendo áreas relativamente pequeñas a las provincias de Segovia, Valladolid, Zaragoza y Logroño.

La zona tiene una densidad de la población baja, siendo de 25 h/km² en las Hojas de Burgos y Aranda, mientras que en las de Soria no supera los 11,6 h/km², con lo que esta zona es de las más pobremente pobladas de España, y si tenemos en cuenta que un alto porcentaje de la población provincial se localiza en las capitales, las densidades fuera de estas concentraciones resultan aún más bajas.

Por término general, los municipios no sobrepasan los mil habitantes, siendo además de un acusado carácter regresivo; en el territorio de las tres Hojas anteriormente citadas, sólo destacan Burgos con 120.000 habitantes, Aranda de Duero (15.911 habitantes), y Soria (25.030 habitantes). El resto de las pobla-

ciones difícilmente pasan de los 5.000 habitantes, entre ellas, cabe destacar Villadiego (2.336 habitantes), Briviesca (4.263 habitantes), Lerma (2.575 habitantes), Salas de los Infantes (2.122 habitantes), San Esteban de Gormaz (4.421 habitantes), Peñafiel (5.132 habitantes), Cuellar (6.663 habitantes), Venta de Baños (7.400 habitantes), Burgo de Osma (5.908 habitantes), Almazán (4.856 habitantes), Agreda (3.588 habitantes), Olvega (2.752 habitantes) y Covalada (2.280 habitantes). (Datos del I. N. E. para 1970).

Geográfica y geológicamente, la zona estudiada pertenece de un modo predominante a la Submeseta Norte, y está limitada al Norte por la Cordillera Cantábrica, al Este por la rama Septentrional de la Ibérica y al Sur por las últimas estribaciones de las Cadenas Hespéricas. En el área S-E de la Hoja de Burgos, N-E de la Hoja de Aranda y Norte de la de Soria, se encuentran la parte Sur y Oeste de la Sierra de Cameros, que comprende las Sierras de Duruelo, Portillo de Pinochos, Urbión, Cebollera, Montes Claros, Rodadero, Alcarama y Pégalo. Por medio de las Sierras de Almuerzo y del Madero se enlazan con los macizos del Moncayo y del Toranzo, (pertenecientes a la Cordillera Ibérica) y situadas al E de la Hoja de Soria.

El clima viene condicionado por dos factores: relieve y situación. El hecho de ser una cuenca elevada rodeada de montañas acentúa el carácter extremo de las temperaturas, con máximas

absolutas de 39-40° C., en los meses de Julio y Agosto y mínimas por debajo de -15° C en Diciembre y Enero. La posición interior condiciona la continentalidad y las influencias marinas son casi inapreciables. La pluviosidad es muy escasa, pudiéndose encuadrar todo el conjunto en plena Iberia seca, con precipitaciones anuales del orden de 400-500 mm. que se reparten en un número anual de días de lluvia de 100-110. (Datos climáticos tomados del M. O. P., 1964. Media de 30 años). Puede destacarse una cierta diferencia en cuanto a temperaturas y precipitaciones entre las zonas de meseta y las orlas montañosas marginales: en esta última, la intensidad y duración de los inviernos se acentúa, y la pluviosidad alcanza los 800 mm. anuales.

Desde el punto de vista hidrográfico la mayor parte de la zona estudiada pertenece a la cuenca del Duero que nace en Urbión, discurre hacia el E pasando por Soria y formando un amplio semicírculo se desvía definitivamente al Oeste, atravesando la Hoja de Aranda de Duero, de Este a Oeste.

Por la Hoja de Burgos discurren, con una dirección general NE-SW los afluentes por la derecha del Duero, siendo los principales Arlanzón, Arlanza y Pisuerga.

La vegetación en general es escasa en la zona, quedando reducida a especies perennifolias, adaptadas a la continentalidad del clima. Así, existen bosques de pinos en las sierras

marginales y en algunos puntos de la Meseta y de las terrazas - cuaternarias. En las vegas de los ríos se encuentran algunas es pecies caducifolias. El matorral más o menos denso, casi siem-- pre resultado de una intensa degradación de la vegetación origi-- nal, ocupa la mayor parte del territorio, estando constituído - fundamentalmente por labiadas olorosas, (tomillo, romero y ja-- ra).

3.- ENMARQUE GEOLOGICO Y DESCRIPCION DE FACIES.

Los yacimientos de caolín estudiados pertenecen a sedimentos del Cretácico inferior, en facies "Weald" y "Utrillas"; ambas formaciones, fundamentalmente continentales, son litológicamente muy parecidas, y no siempre son fáciles de distinguir.

Según RAMIREZ DEL POZO, J. (1969), el término "Wealdense" es solo aplicable a las facies arenoso-arcillosas pertenecientes al Cretácico inferior que tienen como techo (en la columna estratigráfica general), a las calizas marinas de edad Aptiense. Por el contrario, se denomina facies "Purbeckiense", a la facies de carácter calcáreo-detritico subyacente, que pertenece al Jurásico superior. Ambas facies se agrupan bajo el nombre genérico de facies "Weáldica".

La facies "Weáldica" se encuentra a techo de las calizas arenosas del Bathoniense superior, y es una serie predominantemente clástica, muy variada. BEUTHER Y TISCHER (1966), dividen a la serie en cinco grupos que son: "Tera", "Oncala", "Urbión", "Enciso" y "Oliván", cuyo desarrollo espacial es muy variado indicando unas condiciones paleogeográficas muy complejas. Litológicamente la facies Weáldica continental se compone a escala re

gional de tramos arenosos alterando con otros limo-arcillosos. Los tramos arenosos presentan un color blanco o amarillento y son caoliníferos; además del caolín, estos tramos arenosos con tienen cuarzo, y a veces, en cantidades menores, feldespatos po tásico (ortosa y microclina) y eventualmente albita y oligoclasa. Es frecuente la presencia de moscovita más o menos alterada, y con minerales accesorios (magnetita, biotita, etc).

Los tramos limo-arcillosos suelen ser rojizos, y en su com posición, además de caolinita e illita, tienen cuarzo. El color rojizo de estos tramos se debe a la presencia casi constante de óxidos de hierro, que tiñen de rojo a las arcillas y limos.

Según GALAN HUERTOS, E., y MARTIN VIVALDI, J. L., (1972), en la facies Weáldica existen áreas de empobrecimiento general en feldespatos; esta disminución es inversamente proporcional a la cantidad de caolín, de tal forma que cuanto menos feldespatos hay, mayor es el porcentaje de caolín, y viceversa. Es - en los tramos superiores donde el contenido en feldespatos es inferior, de donde se deduce que los tramos más importantes - con vista a la explotación industrial del caolín son los superiores.

Las facies Utrillas presentan unas características tan pa recidas a las Weáldicas, que su distinción en la mayoría de los

casos sólo se puede establecer cuando la posición estratigráfica está suficientemente clara. Las capas de Utrillas son sedimentos principalmente continentales del Cretácico medio, compuestos por arenas y arcillas o limos, de colores vivos.

Las arenas son claras, blancuzcas, amarillentas, parduzcas o rojizas, y solo ocasionalmente se presentan las de colores pardos, rojos o violetas. El tamaño de las gravas varía mucho, existiendo todos los tránsitos desde las gravas y arenas gruesas y bastas, hasta las finas y muy finas. El cemento es calizo la mayor parte de las veces, raramente silíceo. Las arenas aparecen consolidadas en formas muy diferentes e irregulares: arenas sueltas, apenas cementadas, pasan tanto en sentido vertical como horizontal, a areniscas duras. Las arenas se componen fundamentalmente de cuarzo; sin embargo se encuentra una cierta proporción de feldespatos meteorizados, hasta constituir arenas caoliníferas susceptibles de laboreo. Incluidas en estas arenas, y de forma ocasional, se pueden presentar finas alternancias de hiladas del grosor de milímetros, de arcillas grises con arenas pardo-amarillentas. (SAEFIEL, H., 1961).

La génesis de los sedimentos de las facies "Weáld" y "Utrillas" es semejante. Se han propuesto muchas teorías acerca de la conversión del feldespatos en caolín. Una de ellas se basa en la acción del agua cargada de bióxido de carbono que se filtra en sentido descendente, produciendo un envejecimiento en la superficie.

La caolinización obtenida de acuerdo con esta teoría, exige una gradación desde la base de la roca hasta el producto totalmente envejecido. De hecho, esta gradación existe en los sedimentos en facies "Weáld", como se ha dicho ya anteriormente.

Otra de las teorías que intentan explicar la formación del caolín, se base en el hecho de que muchos de los depósitos de este material, están relacionados a capas de lignito, lo cual indica que el medio donde se formó el caolín fué un pantano o un lugar con agua enfangada. Este agua podría contener sales amoniacaes y ácidos orgánicos, que pudieron ser agentes reductores activos de caolinización.

Según GALAN HUERTOS, E., y MARTIN VIVALDI, J. L., (1972), el caolín se formó a partir de rocas cristalinas, que actuaron como roca madre en la cual se produjo una erosión química, especialmente de alcalinos, alcalinotérreos, ión ferroso y parte de SiO_2 y Al_2O_3 , que sufrieron un cierto transporte. Más o menos "in situ" quedó una fase residual de origen pedogénico: costras lateríticas y arcillas caoliníferas, que posteriormente fueron transportadas y depositadas junto con las arenas y resto de rocas no alteradas.

4. ESTUDIO DETALLADO DE YACIMIENTOS.

Los yacimientos de caolín de la zona estudiada son de origen sedimentario. Estratigráficamente pertenecen al Cretácico inferior en facies "Weald" y "Utrillas".

Para el mejor estudio de los yacimientos inventariados, se han reunido en cuatro grupos diversos en su extensión, reservas y calidades.

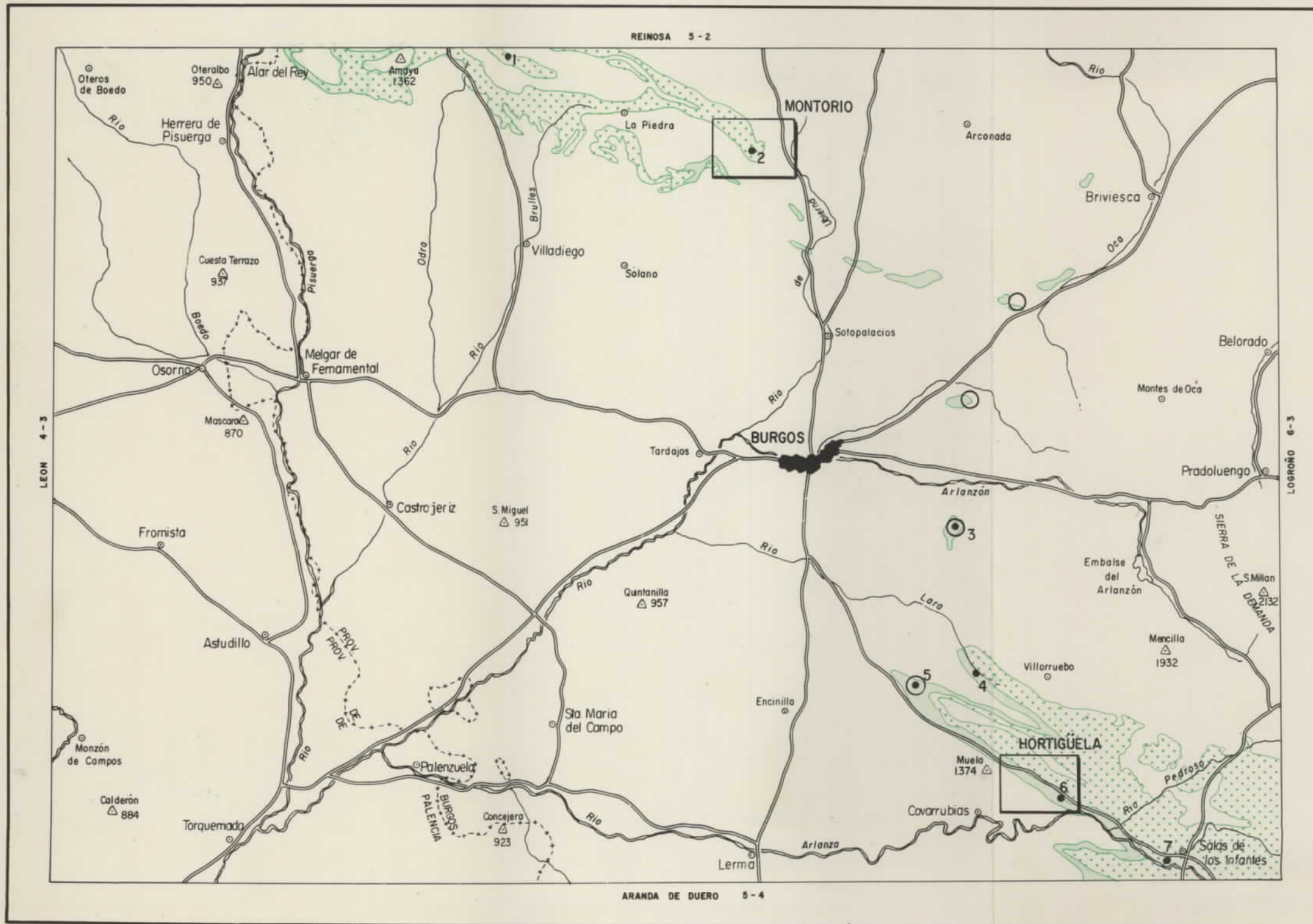
El primero de estos grupos lo forma una franja que se localiza en la parte meridional de la Cordillera Cantábrica, el segundo constituye el borde de la Sierra de la Demanda, el tercero se localiza en el macizo de Miñana; y por último, el cuarto grupo lo constituye una banda que forma el borde Sur del área estudiada, y corresponde al borde cretácico de la Cadenas Hespéricas.

4.1.- Yacimientos de la Cordillera Cantábrica.

Las formaciones arenosas que constituyen esta banda pertenecen fundamentalmente a materiales en facies "Weald", estando pobremente representados los sedimentos en facies "Utrillas". Estos depósitos constituyen una amplia franja que se extiende por las Hojas de Herrera de Pisuerga, Villadiego, Montorio, y



BURGOS	5-3
	20



SEPARACION DE FACIES

- Facies Utrillas
- Facies Wealdica
- Explotación activa
- Punto de toma de muestra
- Areas cartografiadas a escala 1:50.000

ESCALA 1:400.000

parte de las de Burgos y Belorado (Hoja 1:200.000 de Burgos), formando el borde meridional de la Cordillera Cantábrica.

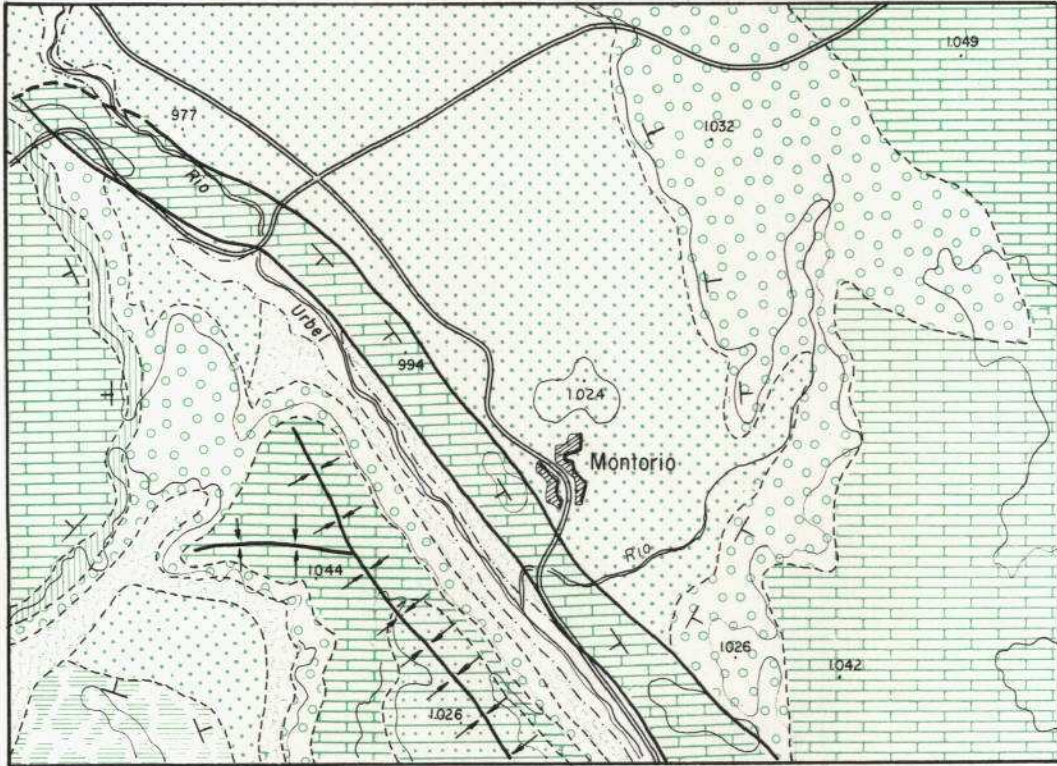
Los sedimentos en facies "Weald" de esta zona presentan para su explotación las ventajosas características de homogeneidad, accesibilidad y grandes reservas. Se trata de una potente formación de materiales algo más conglomeráticos que las formaciones de "Utrillas", pero cuya litofacies parece en principio favorable en cuanto a la riqueza en caolín, dada la heterometría, abundante matriz y escasas estructuras hidrodinámicas, factores que sugieren una no muy alta elaboración y por consiguiente escaso lavado de los sedimentos aportados desde el área madre.

Los materiales pertenecientes a la facies "Utrillas" tienen escasa representación en esta zona. Los afloramientos se localizan en los núcleos anticlinales de los relieves mesozoicos de la Sierra de Santa Casilda. Por regla general, el contenido en caolín no suele ser elevado.

Se han tomado muestras en dos puntos de esta franja. Estas muestras corresponden a las estaciones 1 y 2 (Alrededores de Montorio).

En esta misma zona, se ha efectuado una cartografía a escala 1:50.000, porque el enriquecimiento en caolín, y la pureza de las arenas del lugar, permiten pensar en la posible explotación.

YACIMIENTO DE MONTORIO



ESCALA 1:50.000

Simbolos geológicos

- Contacto normal
- - - - - Contacto discordante
- Falta
- - - - - Falta supuesta
- + Dirección y buzamiento
- ||| Sinclinal

Leyenda

		CUATERNARIO		Aluviones
CRETACICO	SUPERIOR	SENOENSE		Calizas y calizas arenosas
		TURONENSE		Calizas
		CENOMANENSE		Calizas y margas
		ALBENSE		Areniscas y margas
	INFERIOR	BARREMI. (EN F NEOCOMI. WEALDICA		Arcillas, areniscas y margas
		JURASICO		Margas y calizas margosas

Los resultados obtenidos en los análisis realizados a las muestras 1 y 2, son los siguientes:

Granulometría de la fracción > 44 micras, en tanto por ciento.

TABLA 1

<u>MUESTRA</u>	<u>GRAVA.</u>	<u>ARENA G.</u>	<u>ARENA M.</u>	<u>ARENA F.</u>	<u>ARENA MUY FINA</u>
1	3,58	24,41	37,07	23,51	11,43
2	--	0,14	7,47	60,83	31,56

La muestra 1, contiene un 17,35 de fracción arcilla y un 82,65 de fracción arena.

La muestra 2, tiene un 22,85 de fracción arcilla y 77,15 de fracción arena.

Análisis químico de la fracción arcilla, en tanto por ciento.

TABLA 2

<u>ESTACIONES:</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
SiO ₂	54,00	65,49
Al ₂ O ₃	27,37	16,87
Fe ₂ O ₃	0,70	1,13
TiO ₂	0,12	0,51
CaO	0,28	0,47
MgO	0,15	0,46
K ₂ O	3,18	3,09
Na ₂ O	0,25	0,57
SO ₃	no	no
P.p.c.	14,1	9,68

Difracción de Rayos X de la fracción < 20 μ en tanto por ciento.

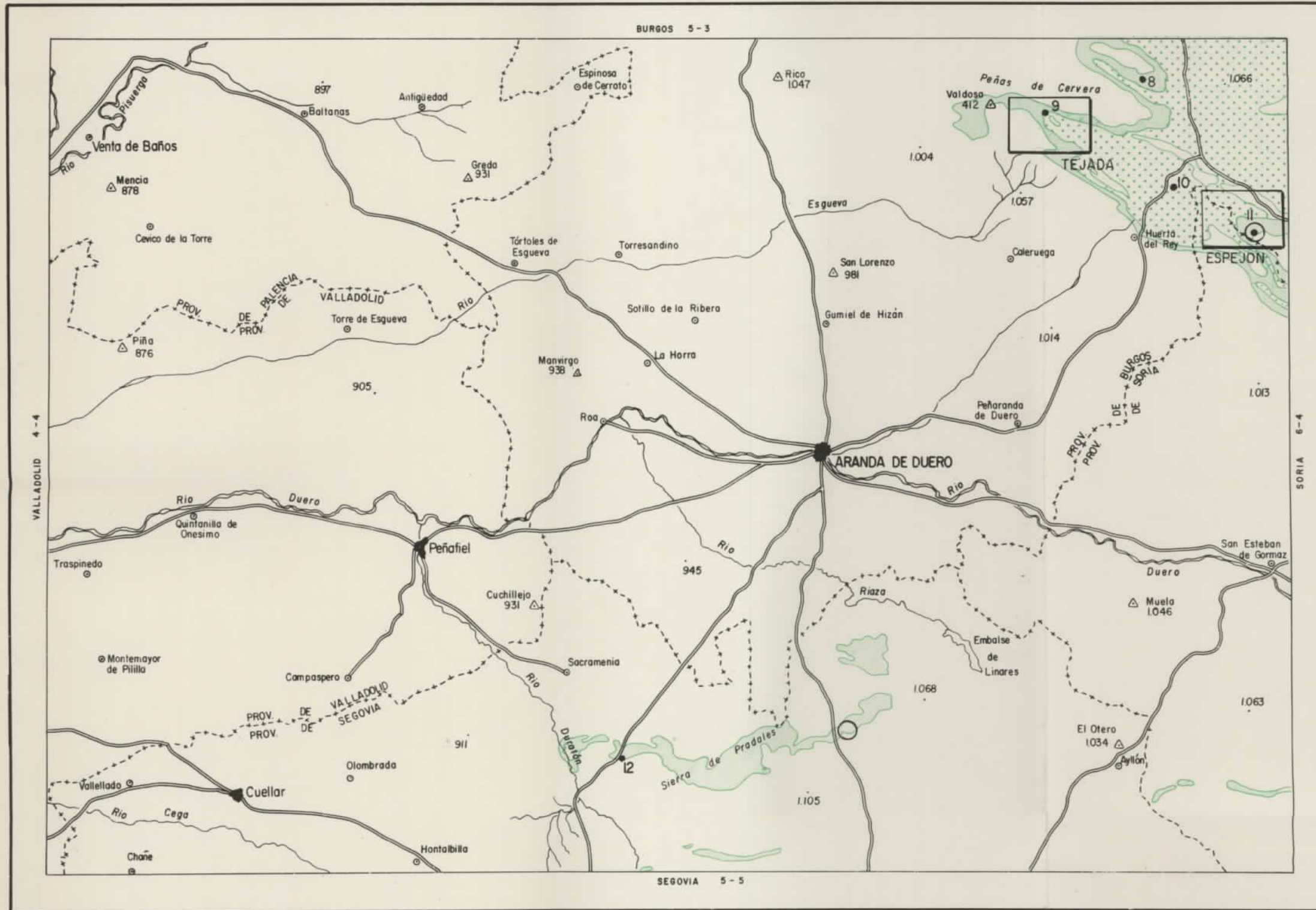
TABLA 3

<u>ESTACION</u>	<u>MINERALES CAO LINITICOS.-</u>	<u>MINERALES MICACEOS.</u>	<u>CUARZO</u>	<u>FELDESPATO</u>	<u>CALCITA</u>
1	80	10	5	< 5	indic.
2	55	30	10	< 5	-

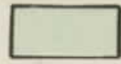



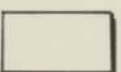
Según los resultados expuestos en las tablas anteriores, - la muestra de la estación 2, es especialmente rica en fracción fina.

El análisis químico de la fracción fina, considerado en su totalidad, indica que la proporción de K_2O , es relativamente alta, lo que hace pensar en la presencia de minerales micáceos y de feldespatos. La proporción de Al_2O_3 es alta. El contenido en MgO es bajo; los iones Mg^{++} deben hallarse formando parte de - las redes de los silicatos complejos. Las proporciones de CaO , algo elevadas, (especialmente en la estación 2), hacen pensar - en la posibilidad de existencia de pequeñas cantidades de calcita. El tanto por ciento de SiO_2 , indica la existencia de cuarzo libre en proporciones variables.

Los resultados de la difracción de Rayos X, y teniendo en cuenta los de los análisis químicos, de acuerdo con las ideas - de HOFMAN y HOOKE, presentan a estas muestras como una mezcla - de minerales, entre los que predominan las Kanditas. En la muestra 1, existe una cantidad muy pequeña de Vermiculita.



SEPARACION DE FACIES

-  Facies Utrillas
-  Facies Wealdica
-  Explotaciones activas
-  Punto de toma de muestra
-  Zona cartografiada a escala 1:50.000

ESCALA 1:400.000

4.2.- Yacimientos del borde de la Sierra de la Demanda.

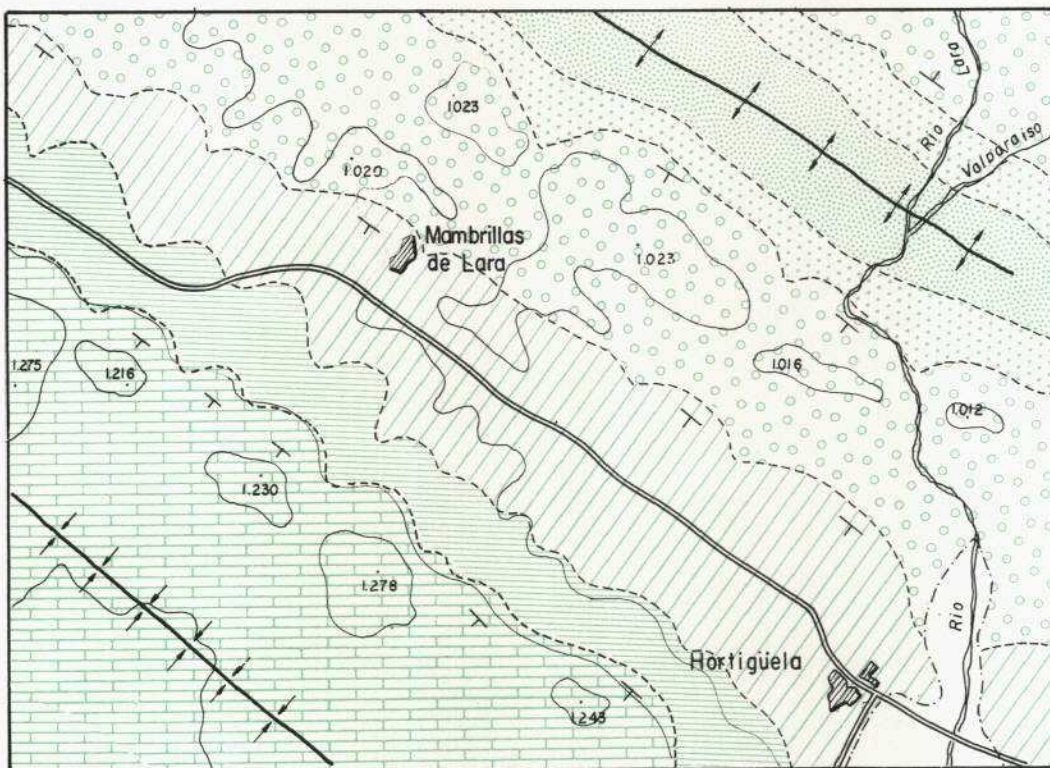
Se extienden a lo largo de los relieves mesozoicos que constituyen el borde de la Sierra de la Demanda. Forman una amplia franja que ocupa parte de las Hojas de Lerma, Pradoluengo, Covarrubias, Santo Domingo de Silos, Cilleruelo de Abajo, Peñaranda de Duero, San Leonardo de Yague y Cabrejas del Pinar, llegando hasta las proximidades de la ciudad de Soria.

Esta franja, señala el límite entre los materiales wealdenses, que ocupan la parte Norte y Este de la banda, y los depósitos calizos cretácicos, que forman la aureola Sur y Oeste de dicho afloramiento.

Esta es la zona con mayor interés potencial, en cuanto a sus reservas de caolines. Aunque son más abundantes los materiales wealdenses, los de facies Utrillas son los importantes, ya que tienen un mayor porcentaje en caolín. No obstante, se observa una variación en dicha proporción, en el sentido de disminuir hacia el Este y hacia el Norte (Burgos). Por el contrario, en el ámbito de la Hoja de Aranda de Duero, existen yacimientos con un contenido francamente alto.

Como consecuencia del mayor interés que presenta esta zona, se ha realizado la cartografía a escala 1:50.000, de las áreas de Hortiguera (Burgos), Tejada y Espejón (Aranda de Duero) y Casarejos (Soria), que queda reseñada en los mapas adjuntos.

YACIMIENTO DE HORTIGÜELA



ESCALA 1: 50.000

Simbolos geológicos

- Contacto normal
- Contacto discordante
- ↓ ↓ ↓ Sinclinal
- ↑ ↑ ↑ Anticlinal
- └─ Dirección y buzamiento

Leyenda

CUATERNARIO			Aluviones
CRETACIC.	TURONENSE		Calizas
	ALBENSE		Areniscas y margas
JURASICO	MALM	(EN FS. WEALDICA	Cuarzarenitas y arcillas arenosas finas
			Cuarzarenitas conglomeráticas, limonitas y calizas
	LIAS		Calizas y calizas margosas
			Carmiolas

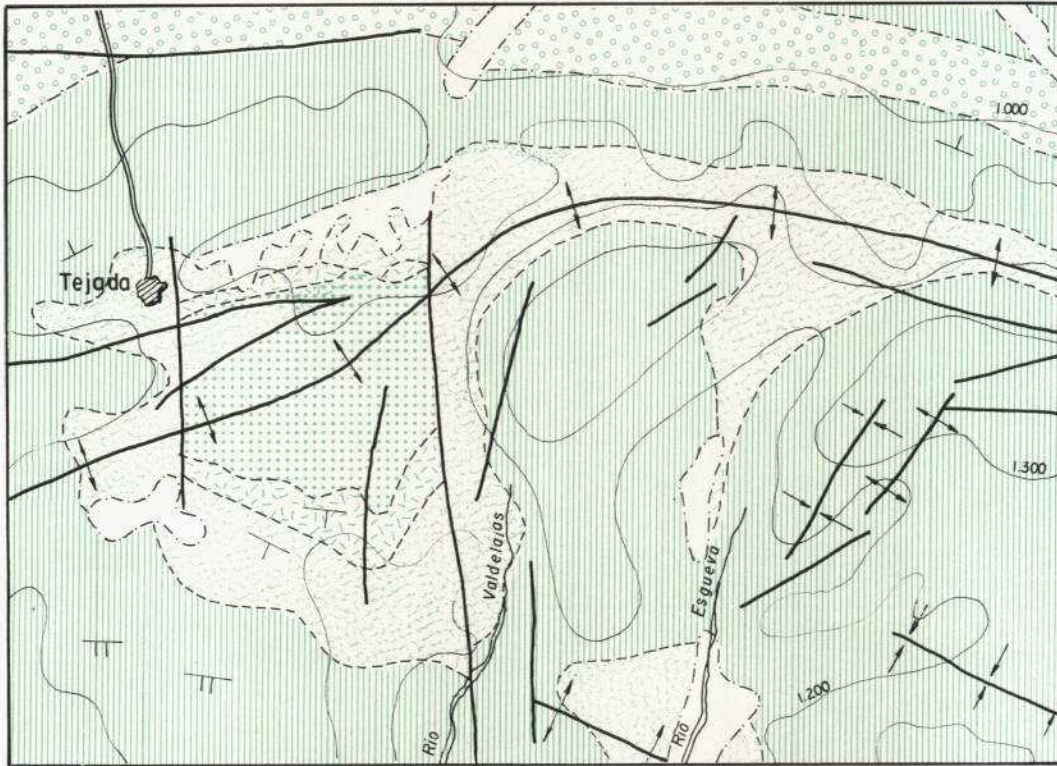
Las reservas conjuntas son importantes, pudiéndose estimar en una cantidad no menor a 5.000.000 m³. La potencia de esta formación varía mucho de unos lugares a otros, por ejemplo, entre Cuevas de San Clemente y Membrilles de Lara, la potencia es de 110 m., al S.E. de Fuentetoba (Soria), la misma formación tiene 375 m., mientras que en las cercanías de Tordesalas sólo se alcanzan 95 m. Calculando la media de la potencia en 18 estaciones se ha obtenido el valor de 155 m. (SAEFTEL, H. 1961).

Los análisis granulométricos realizados, han dado los siguientes valores en tanto por ciento:

TABLA 4

ESTAC.	GRAVA	ARENA G	ARENA M	ARENA F	ARENA MUY FINA	LIMO Y ARCILLA
5	10	40	14	10	10	16
6	-	0,14	4,79	69,47	12,63	12,97
7	20	22	18	14	10	16
8	12	12	44	12	8	12
9	11,24	38,34	26,54	13,69	4,31	5,88
10	50,84	20,52	6,75	6,49	3,93	12,47
11	8	5	25	14	14	34
12	12	38	24	12	6	8
13	-	3	29	34	12	22
14	6	34	14	20	12	14
15	-	4	23	25	17	31
16	14	26	34	14	5	7
17	9	27	30	13	5	16
18	-	10	40	17	13	20

YACIMIENTO DE TEJADA



ESCALA 1:50.000

Simbolos geológicos

- Contacto normal
- - - - - Contacto discordante
- Falla
- ┌ Direction and dip
- ↑ Anticlinal
- ↓ Sinclinal

Leyenda

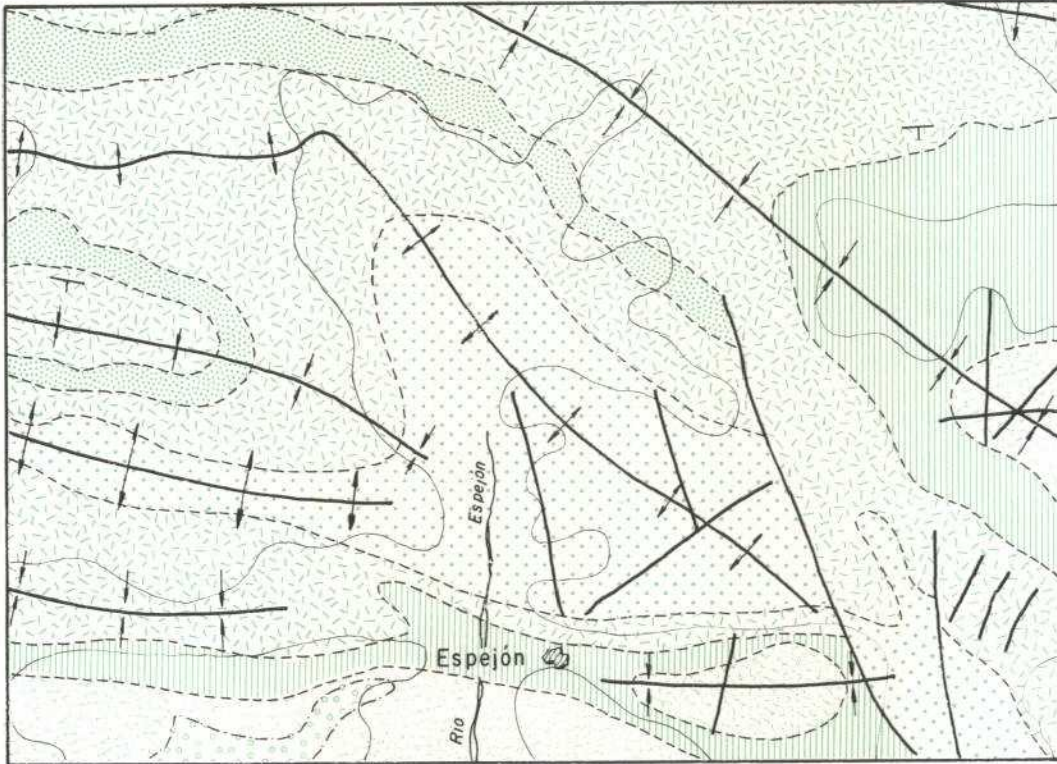
CUATERNARIO		[Blank pattern]	Aluviones
TERCIARIO		[Stippled pattern]	Arcillas y conglomerados
CRETACICO	SUP.	CENOMANENSE TURONENSE SENONENSE	Calizas y margas
	INF.	ALBENSE	Arenas, areniscas y margas
JURASICO	CONTINENTAL EN FACIES WEALDICA		Conglomerados, areniscas, arenas y arcillas
	MARINO		Calizas y dolomias

La proporción de finos (tamaño inferior a 200 mallas), es relativamente elevada, oscilando entre el 5,88 y el 34%. Hallando la media de todos los valores obtenidos en los análisis granulométricos, vemos que la "moda" corresponde a "arenas medias" (0,5 - 0,25 mm) con un 27%; le siguen en importancia las "arenas gruesas" (21,28% del total, "limos y arcillas" (17%), "arenas finas" (14,44%), "arenas muy finas" (10,28%) y por último "gravas" con un 10%.

Los valores obtenidos a partir de la media de todos los resultados, únicamente son válidos para dar una idea de conjunto, pero (como se puede apreciar en la tabla nº 4), varían enormemente de una zona a otra, e incluso dentro de un mismo yacimiento se encuentran variaciones muy grandes, por lo que sería aconsejable un estudio más detallado de las formaciones caoliníferas del área, en base a la adquisición de un conocimiento más real de las características y posibilidades de estas arenas.

En general, puede adelantarse que las arenas tendrán su aplicación óptima en los campos de la fabricación de vidrio, especialmente los materiales de las estaciones 8, con un 64% de arena comprendido entre 20-140 mallas, y 18, con un 70% de arenas de igual granulometría. La estación 11, es la que tiene una mayor proporción de arena, que se podría utilizar como "arenas de moldeo", con un 28% comprendido entre 50-150 mallas, al igual que la estación 14 que tiene un 32%.

YACIMIENTO DE ESPEJON



ESCALA 1:50.000

Simbolos geológicos

- Contacto normal
- - - - - Contacto discordante
- Fallo
- ⊥ Dirección y buzamiento
- ↑ ↑ ↑ Anticlinal
- ↓ ↓ ↓ Sinclinal

Leyenda

CUATERNARIO			Aluviones
TERCIARIO			Arcillas y conglomerados
CRETACICO	SUP.	CENOMANENSE TURONENSE SENONENSE	Calizas y margas
	INF.	ALBENSE	Arenas, areniscas y margas
JURASICO	CONTINENTAL EN FACIES WEALDICA		Conglomerados, areniscas, arenas y arcillas
	MARINO		Calizas y dolomias

Tanto las arenas de la parte Norte de esta franja (Burgos, estaciones 5 y 7), como las de la zona oriental, (Soria, estaciones 14-16), son de granulometría más gruesa, por lo que tendrían su utilización óptima como abrasivos de tipo medio (12-30 mallas), filtros silíceos (10-45 mallas) y prefabricados a base de cemento.

Por lo que se refiere a la composición mineralógica, se distingue una fracción gruesa rica en sílice, con feldespatos como minerales accesorios. La fracción arcilla (20 micras), presenta un contenido en caolinita que varía entre 75 y 95%. El resto son micas, careciendo estos materiales de cualquier otro mineral arcilloso.

Los análisis químicos, han dado los siguientes resultados en tantos por ciento.

TABLA 5

ESTACIONES:	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>11</u>	<u>16</u>
SiO ₂	88,61	87,85	90,92	87,04
Al ₂ O ₃	4,02	6,06	6,--	8,02
Fe ₂ O ₃	1,78	0,94	0,17	0,40
TiO ₂	no	0,07	no	0,03
CaO	0,23	0,09	0,04	indc.
MgO	0,09	0,06	0,02	indc.
K ₂ O	2,61	2,88	1,86	2,31
Na ₂ O	0,13	0,15	0,12	0,30
SO ₃	no	no	no	no
P.p.c.	2,53	1,90	0,87	1,90

Análisis químicos en tanto por ciento.

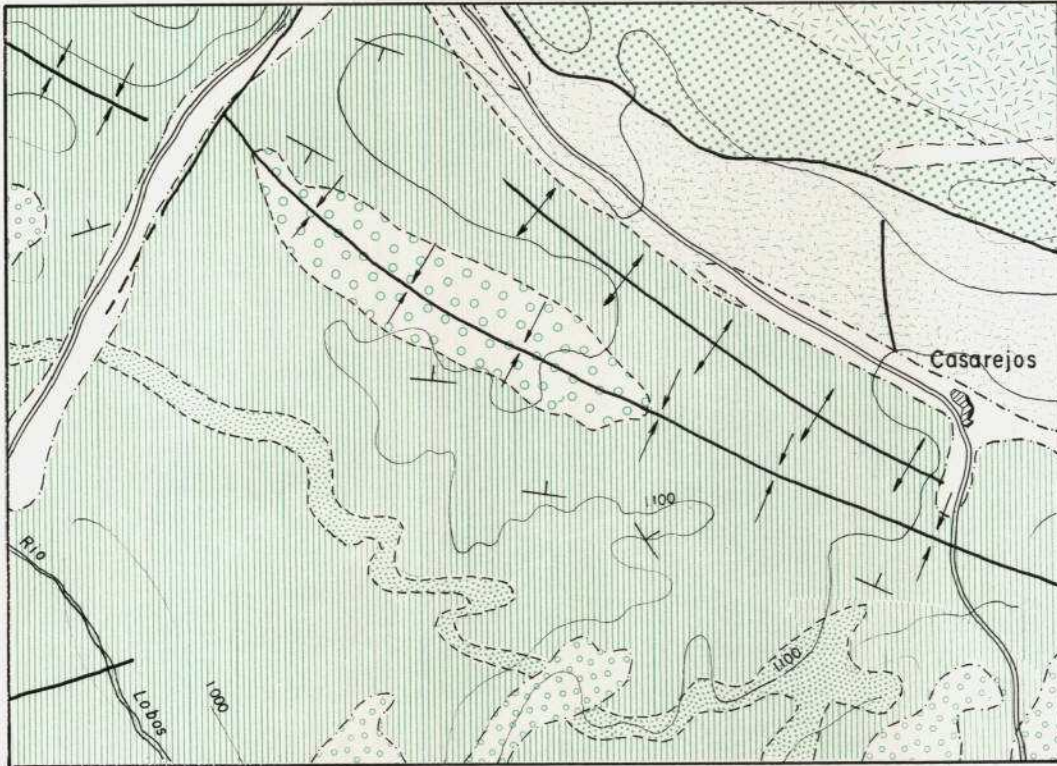
ESTACIONES:	<u>13</u>	<u>15</u>	<u>16</u>
SiO ₂	88,89	84,95	87,04
Al ₂ O ₃	6,90.	9,12	8,02
Fe ₂ O ₃	0,19	0,28	0,40
TiO ₂	no	no	0,03
CaO	0,02	0,02	indc.
MgO	0,01	0,01	indc.
K ₂ O	1,22	0,89	2,31
Na ₂ O	0,83	0,78	0,30
SO ₃	no	no	no
P.p.c.	1,94	2,95	1,90

Se han efectuado análisis químicos de la fracción arcilla, a las muestras tomadas en las estaciones 6, 8, 9 y 10, - en tantos por ciento:

TABLA 6

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P.p.c.
6)	64,58	22,04	0,80	0,62	6,40	0,44	1,57	0,95	no	8,29
8)	47,33	21,96	0,79	0,04	0,74	0,40	6,27	1,18	no	16,35
9)	66,63	18,80	0,65	0,03	0,47	0,47	6,12	0,96	no	5,78
10)	46,08	33,06	0,73	0,13	0,35	0,22	0,64	0,12	no	16,49

YACIMIENTO DE CASAREJOS



ESCALA 1:50.000

Simbolos geológicos

-----	Contacto normal
- - - - -	Contacto discordante
—————	Falla
⊥	Dirección y buzamiento
↑ ↑ ↑	Anticlinal
↓ ↓ ↓	Sinclinal

Leyenda

CUATERNARIO		[Blank box]	Aluviones
TERCIARIO		[Stippled box]	Arcillas y conglomerados
CRETACICO	SUPE.	GARUMNENSE	Calizas margas
		CENOMANENSE TURONENSE SENONENSE	Calizas, calizas mativas y margas
	INF.	ALBENSE	Arenas, areniscas y margas
JURASICO	CONTINENTAL EN FACIES WEALDICA		Conglomerados, areniscas, arenas y arcillas
	MARINO		Calizas y dolomias

Análisis mineralógico semicuantitativo de la fracción arcilla.

TABLA 7

<u>ESTACION</u>	<u>MINERALES CAO LINITICOS.</u>	<u>MINERALES MICACEOS.</u>	<u>CUARZO</u>	<u>FELDES PATO.-</u>	<u>CALCITA.</u>
6	70	20	10	indc.	-
8	65	15	5	10	25
9	60	15	15	10	indc.
10	85	10	5	-	indc.

Análisis mineralógicos semicuantitativos.

TABLA 8

<u>MUESTRA</u>	<u>FRACCION ARENA</u>	<u>FRACCION ARCILLA</u>
	<u>PRINC. ACCESORIOS.</u>	<u>PRINC. ACCESORIOS.</u>
14	Cuarzo Feldespato	Caolinita 81% Mica 19%
16	Cuarzo Feldespato	Caolinita 90% Mica 10%

Otros análisis:

TABLA 9

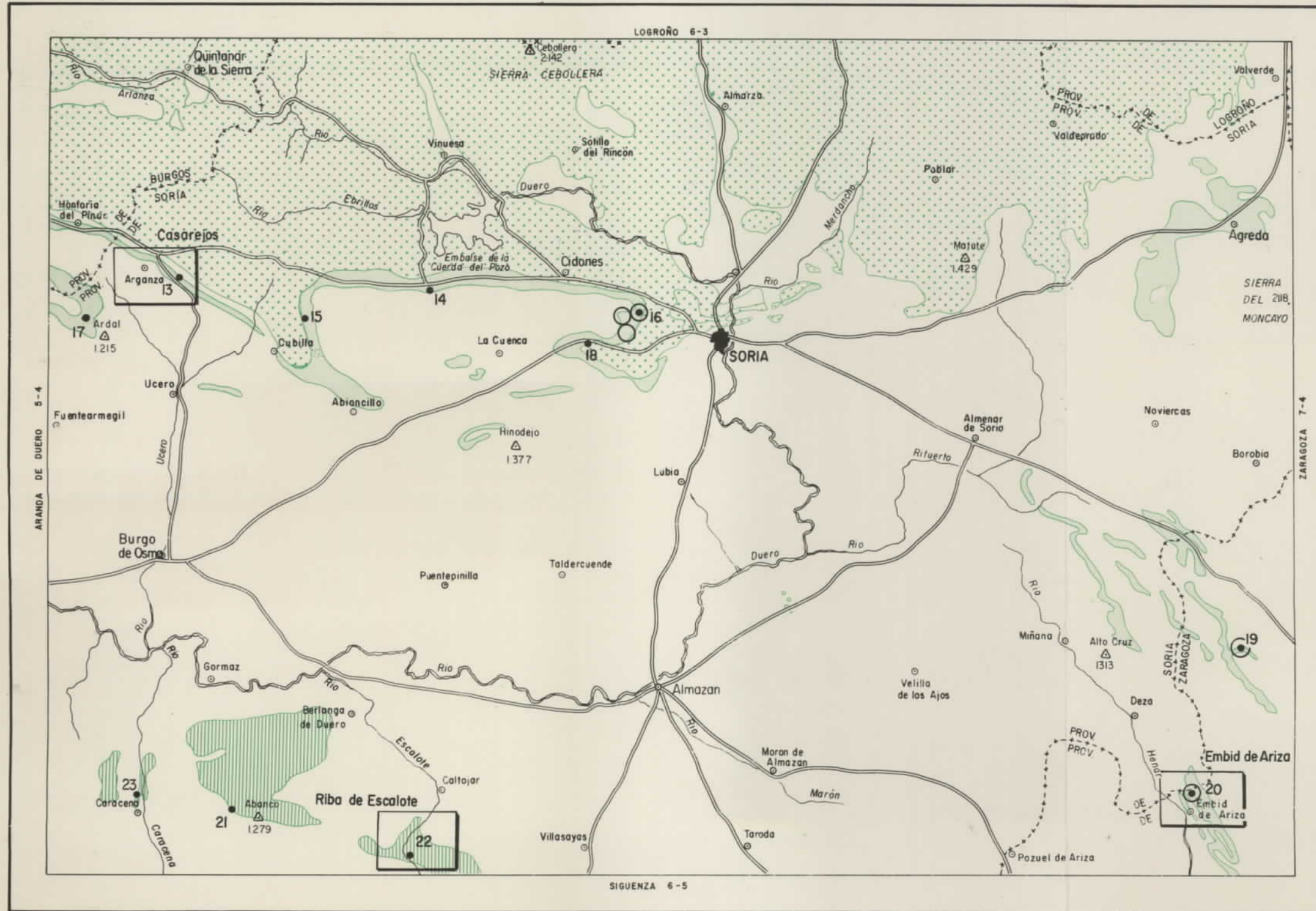
<u>ESTACION</u>	<u>% MATERIA ORGANICA</u>	<u>EQUIVALENTE EN ARENA %</u>	<u>PRESENCIA DE SUL FATOS.-</u>
3	0,100	13,79	si
4	0,065	22,96	si
5	--	31,39	--
7	--	31,51	--

4.3.- Yacimiento del macizo de Miñana.

Corresponde a los afloramientos de arenas del Cretácico inferior en los bordes del anticlinal tectonizado, con núcleo paleozoico, que forma gran parte de las Hojas de Torrijo y Borobia, al Sureste de la Hoja 1:200.000 de Soria.

Sobre el Jurásico, constituido por rocas calcáreas (calizas brechoides estratificadas, masivas, etc)., yace el Cretácico, ampliamente representado en este sector de la Ibérica, y cuya base está constituida por una alternancia irregular de materiales arenosos, con intercalaciones limosas, limo-arenosas y limo-arcillosas, a veces con cemento carbonatado. El espesor es de 60-70 mts., aunque puede variar sensiblemente de un punto a otro, por efectos de la erosión o la tectónica. En la zona de Torrelapaja la potencia atribuida es de 50 mts., y la serie está formada "grosso modo" por alternancia de arenas blancas y amarillentas con arcillas rojizas. Sobre el Cretácico inferior "Utrillas" se depositaron margas y calizas del Cenomaniense y Senoniense-Turonense. (GALAN, E. BRÉLL. J. M., y LA IGLESIA, A., 1974).

Las formaciones de "Utrillas" que afloran en esta zona son predominantemente arenosas, estando la "moda de los granos" comprendida entre 0'1 - 1 mm. El valor medio del porcentaje de arenas comprendidas entre 0'1 y 0'2 mm., es del 20% aproximadamente, y del 25% para la fracción comprendida entre 0'2 - 0'4 mm.




SEPARACION DE FACIES

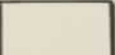
 Facies Utrillas

 Facies Wealdica

 Indiferenciado

 Explotación activa

 Punto de toma de muestra

 Areas cartografiadas a escala 1:50.000

El porcentaje de la fracción fina es de escasa importancia; la media regional es del 10% aproximadamente, a excepción de la zona del Portillo de Soria, La Quiñonería y Carabantes, en donde la proporción alcanza el 25%.

Según GALAN E., y otros (1974), la arena en general es de buena calidad, aunque contiene como impurezas feldespatos y micas, y como minerales pesados más abundantes turmalina, circón, rutilo, hematites y pirita. Estas arenas (según el mismo autor), tendrían su utilización óptima en las industrias del vidrio y de refractarios, especialmente las localizadas en Torrijo, Ciriá, Sauquillo y La Quiñonería.

En cuanto al caolín, su composición mineralógica es principalmente de caolinita, pero contiene como impureza cuarzo, feldespato y moscovita, y rara vez calcita e interestratificados de illita-montmorillonita.

Análisis granulométrico en tanto por ciento.

TABLA 10

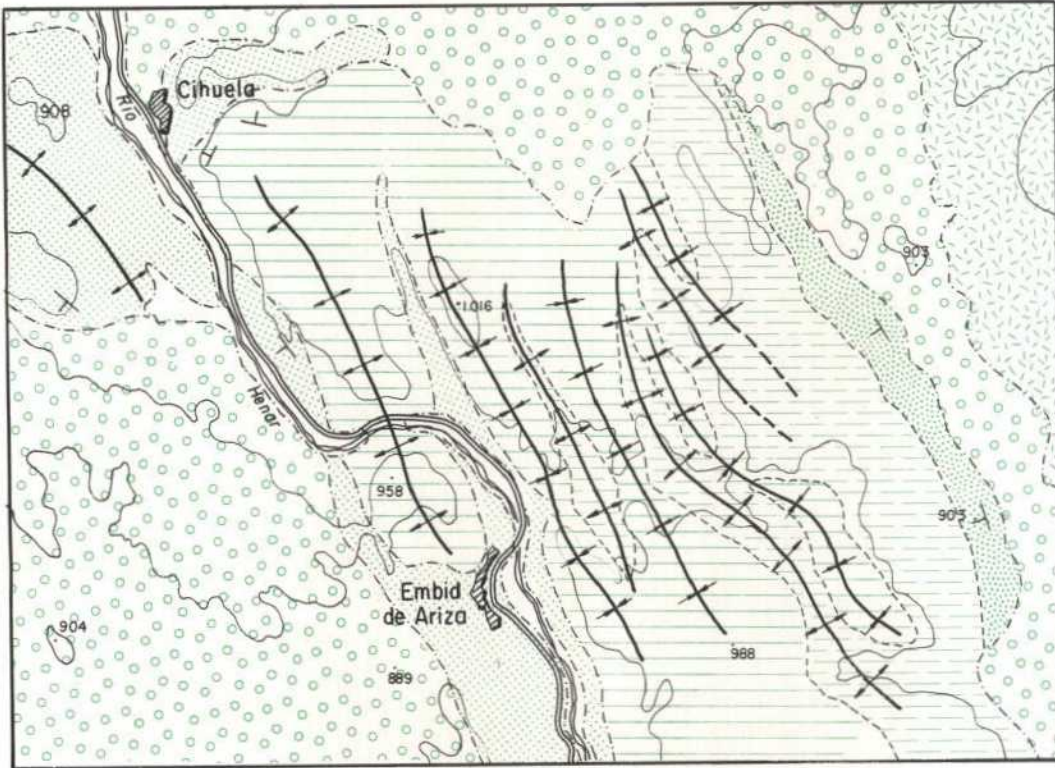
<u>ESTACION</u>	<u>GRAVA</u>	<u>ARENA G</u>	<u>ARENA M</u>	<u>ARENA F</u>	<u>ARENA MF</u>	<u>ARCILLA</u>
20	4,86	31,47	26,74	15,91	8,47	12,55

Análisis químicos en la fracción arcilla, en tanto por ciento.

TABLA 11

<u>ESTACIONES:</u>	<u>19</u>	<u>20</u>
SiO ₂	60,34	55,02

YACIMIENTO DE EMBID DE ARIZA



ESCALA 1:50.000

Simbolos geológicos

- Contacto normal
- · - · - · - · Contacto discordante
- ┌ Dirección y buzamiento
- ↓ ↓ ↓ Sinclinal
- ↑ ↑ ↑ Anticlinal

Leyenda

CUATERNARIO		[Blank pattern]	Aluviones
NEOGENO		[Dotted pattern]	Arenas y margas
PALEOG.	OLIGOCENO	[Cross-hatched pattern]	Conglomerados, margas y calizas
CRETACIC.	SUPERIOR	[Horizontal line pattern]	Calizas y margas
	INFERIOR EN FUTRILLAS	[Horizontal line pattern]	Arenas y areniscas
TRIASICO	MUSCHELKALK	[Dotted pattern]	Calizas, arcillas y areniscas
CAMBRIC.	POSTDAMIENSE	[Irregular pattern]	Cuarcitas, pizarras, areniscas y rocas volcánicas

(continuación)

ESTACIONES:	<u>19</u>	<u>20</u>
Al ₂ O ₃	27,01	26,01
Fe ₂ O ₃	1,14	0,67
MgO	0,03	0,20
CaO	0,12	0,33
K ₂ O	3,70	1,73
Na ₂ O	0,44	0,26
TiO ₂	indc.	0,10
P.p.c.	7,03	14,03

Análisis mineralógico semicuantitativo de la fracción <20 μ en tanto por ciento.

TABLA 12

<u>ESTACIONES</u>	<u>MINERALES CAO LINIFEROS.</u>	<u>MINERALES MICACEOS.</u>	<u>CUARZO</u>	<u>FELDES- PATOS.-</u>	<u>CALCITA</u>
19	50	15	25	10	-
20	85	5	10	indc.	indc.

4.4.- Yacimientos de la banda meridional.

Está constituido por dos afloramientos de cierta extensión que se localizan uno en la Sierra de Pradales, (Aranda de Duero), y el otro a lo largo de los relieves mesozoicos que marcan el borde de las Hojas de Berlanda de Duero y Alma-

zán. Aún cuando por su extensión no son muy importantes, por su calidad merecen consideración.

Uno de los yacimientos más característicos de esta zona, es el localizado en Riba de Escalote, del cual se ha elaborado la cartografía a escala 1:50.000.

En la aureola mesozoica de la Sierra de Pradales, el yacimiento presenta unas características estratigráficas y litológicas semejantes a las descritas ya en otros puntos.

A continuación se exponen los resultados de los análisis realizados a muestras tomadas en la estación número 12.

Granulometría en tanto por ciento.

<u>GRAVA</u>	<u>ARENA G</u>	<u>ARENA M</u>	<u>ARENA F</u>	<u>ARENA MF</u>	<u>LIMO-ARCILLA</u>
12	42	22	10	6	8

Análisis químico en tanto por ciento.

<u>SiO₂</u>	<u>Al₂O₃</u>	<u>Fe₂O₃</u>	<u>TiO₂</u>	<u>CaO</u>	<u>MgO</u>	<u>K₂O</u>	<u>Na₂O</u>	<u>SO₃</u>	<u>P.p.c.</u>
96,96	1,24	0,78	no	indc.	indc.	0,06	0,03	no	0,93

Como se ve, se trata de unas arenas muy silíceas, (con bajos valores en los óxidos), lo cual permite su utilización en la industria del vidrio.

En general, la importancia desde el punto de vista de aprovechamiento del caolín de estas arenas, es mucho menor que la de las facies correspondientes al borde de la Sierra de la Demanda.

La otra franja que se localiza en la parte meridional de la zona estudiada pertenece a la facies "Utrillas" y es fácil de distinguir por sus características litológicas que por lo demás, son similares a las ya descritas en apartados anteriores.

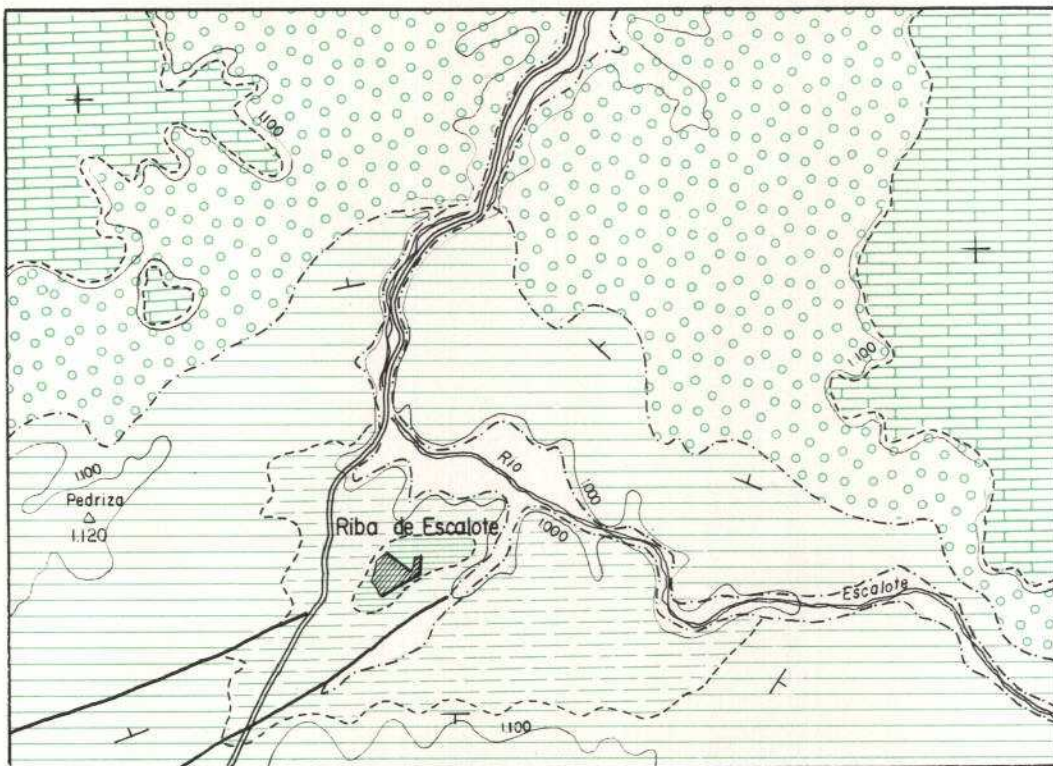
Los problemas que pueden presentar los yacimientos de esta banda, son la falta de potencia necesaria para su explotación y la dificultad de acceso, dada la escasez de carreteras.

Los análisis realizados han dado los siguientes resultados:

Análisis granulométricos, en tanto por ciento.

	<u>TABLA 13</u>		
ESTACIONES:	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>
Grava	8	18	8
Arena gruesa	24	26	38
Arena media	16	12	14
Arena fina	32	16	12
Arena muy fina	5	2	4
Limo y arcilla	15	28	24

YACIMIENTO DE RIBA DE ESCALOTE



ESCALA 1:50.000

Simbolos geológicos

- Contacto normal
- - - - - Contacto discordante
- + Dirección y buzamiento
- + Estratos horizontales
- Falla

Legenda

CUATERNARIO			Aluviones
NEOGENO	MIOCENO	PONTIENSE	Calizas
		VINDOBONIENSE	Arenas y margas
CRETACI.		SUPERIOR	Calizas y margas
	INFE.	APTENSE	Arena y arenisca
JURASICO			Calizas

Análisis químico en tanto por ciento.

TABLA 14

ESTACIONES:	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>
SiO ₂	95,75	75,41	80,30
Al ₂ O ₃	1,14	14,96	12,27
Fe ₂ O ₃	1,02	2,09	1,73
TiO ₂	indc.	0,06	0,03
CaO	0,03	0,32	0,11
MgO	0,02	0,05	0,09
K ₂ O	0,75	0,48	0,51
Na ₂ O	0,05	0,09	0,06
SO ₃	no	no	no
P.p.c.	1,24	6,54	4,09

Análisis mineralógico semicuantitativo, en tanto por ciento.

TABLA 15

<u>ESTACION</u>	<u>FRACCION GRUESA</u>		<u>FRACCION FINA</u>		
	<u>CUARZO</u>	<u>CALCITA</u>	<u>INTERESTRATIF. ILLITA-MONT.</u>	<u>MICAS</u>	<u>CAOLINITA</u>
22	74	-	-	1	25
23	59	6	4	3	28

Como se puede observar en los análisis realizados, el tamaño predominante en las arenas, es el comprendido entre los tamices números 10-30 (0'5-2 mm., arenas gruesas), siguiéndole en importancia la arena fina (0'25 - 0'15 mm). Atendiendo únicamente a las características granulométricas, se puede adelantar, que en general estas arenas podrían ser utilizadas como filtros silíceos y abrasivos de tipo medio, las gruesas, y en las industrias del vidrio, abrasivos y moldeo, las arenas finas.

La fracción limo-arcillosa, alcanza valores relativamente altos (15-28%), y es muy rica en caolinita, pero tiene un elevado contenido en óxidos, lo cual impide en principio que este caolín, sea utilizado en la fabricación de porcelana fina, cargas para papel, colorantes y otros.

5.- TIPOS DE EXPLOTACIONES.

Por las características de extracción, tratamiento de la roca, producción, utilización y comercialización, se hace necesario establecer una diferencia entre grandes y pequeñas industrias, ya que los procesos que siguen unas y otras son totalmente diferentes.

5.1.- Pequeñas Industrias.

Las instalaciones extractivas incluídas en este grupo, constituyen la mayoría de las explotaciones de arenas caoliníferas en la zona estudiada.

La extracción del material, se realiza en el mejor de los casos, con la ayuda de palas excavadoras, ya que existen canteras, en las que la explotación es completamente manual.

Los trabajos de extracción, suelen ser irregulares, dependiendo ello de la demanda, por otra parte, y como consecuencia de los encharcamientos que se producen en invierno, suele trabajarse sólo en verano.

El material extraído no sufre ningún tipo de clasificación y frecuentemente es empleado como árido natural.

De todo ésto se deduce que por la falta de medios, se produce una subutilización de estas arenas, ya que, como se puede observar en los análisis realizados, el bajo equivalente en arena y el alto contenido en fracción limo-arcillosa, no aconseja utilizar este material como árido natural. Por otra parte, si se efectuase la debida separación del caolín de la arena, y posterior clasificación de la misma, el rendimiento sería mayor y la utilización más adecuada.

Las producciones de estas explotaciones suelen ser muy poco importantes, debido al carácter intermitente de la extracción, sin embargo, existen algunas explotaciones, incluidas dentro de este grupo, que tienen una producción que llega hasta 180.000 Tm/año. Las producciones más frecuentes suelen ser del orden de 5.000 a 10.000 m³/año.

5.2.- Grandes Industrias.

Como ya se dijo al principio de este capítulo, los procesos que sigue este tipo de explotaciones, son absolutamente distintos a los anteriores.

En la zona estudiada, existen un total de 3 grandes insta

laciones extractivas de arenas caoliníferas, que se encuentran situadas, una en Hontoria del Pinar, y las otras dos al E de la Hoja de Soria, en el Macizo de Miñana, cerca de los pueblos de Borobia y Embid de Ariza.

Las explotaciones se realizan a cielo abierto, y para extraer el material, se suelen emplear explosivos y palas excavadoras.

Las canteras se encuentran a una distancia de las plantas de tratamiento, que oscila entre 10 y 20 km; esta distancia, que resulta poco frecuente, es permisible en este caso, ya que aquí el caolín, tiene un subproducto que es la arena silícea, que llega a tener un alto costo, y que permita por ello, encarecer el transporte.

En Hontoria del Pinar, existe una planta de tratamiento importante donde la arena caolinífera sufre una serie de clasificaciones de una forma mecanizada obteniéndose, el caolín por una parte, y la arena separada según tamaño, por otra. Las plantas del Macizo de Miñana, son más anticuadas y obtienen un peor rendimiento, pero también son importantes.

La utilización del material obtenido es muy amplia. El empleo más frecuente del caolín es en las industrias de productos cerámicos y papeleras. Las arenas se utilizan principalmente en la industria siderometalúrgica y del vidrio.

En la zona estudiada no existe ningún centro de consumo, que absorba ni siquiera parte de la producción del caolín. La producción tiene como destino, las áreas del Norte y Levante.

6.- CONCLUSIONES.

El estudio realizado ha permitido, dentro de los límites de trabajo y escala elegida, hacer una estimación del grado actual del aprovechamiento de las arenas caoliníferas, así como el conocer de una forma cualitativa y cuantitativa, la importancia de este material, y su incidencia dentro del marco de la economía regional. El trabajo de campo ha permitido valorar la importancia de los yacimientos y su posible explotación.

Las áreas cartografiadas a escala 1:50.000, representan zonas importantes, por tener una riqueza considerable en caolín en unos casos, por ser representativas de toda una banda, en otros, o porque la proximidad y buena comunicación con posibles centros de consumo, hacen de estas áreas, zonas de posible explotación rentable.

En el cuadro adjunto, puede verse el resumen de la producción de arenas caoliníferas, en la zona estudiada.

n° de instalaciones extractivas	12
n° total de empleados	43
Volumen total de la producción	576.470 Tm/año.
Volumen de producción por empleado	95.200.180
Valor de la producción por empleado	2.213.957
Valor de la Tm.	165,14

El valor obtenido, por tonelada, es realmente bajo, y no representa el precio real de las arenas caoliníferas; esto es consecuencia de la subutilización a la que se somete a este material empleándose como árido natural, cuyo precio no supera las 100 Pts/tm., mientras que la arena caolinífera, debidamente tratada, alcanza un valor superior a 1.000 Pts/tm.

En general, puede afirmarse que la explotación de arena caolinífera, tiene en la zona un grado de desarrollo bajo, si exceptuamos las tres canteras que poseen plantas de tratamiento adecuadas.

Sería necesario, efectuar una planificación más racional de las explotaciones de estas arenas, para obtener de ellas rendimientos mayores de los que se están produciendo en la actualidad.

Como consecuencia de la escala elegida, el estudio sólo pretende resaltar la importancia industrial de las arenas cao

liníferas de la zona. Posteriores estudios a escala más detallada, determinarán con más precisión los lugares de óptima explotación y destacarán las características de los materiales que en ellas se encuentren.

BIBLIOGRAFIA,

- BEUTHER, A. (1965). Geologische untersuchungen in Wealden und Utrillas Schichten im Westteil der Sierra de los Cameros. - Beith Geol. Ib. 44, 103-122.
- BEUTHER, A. Y TISCHER G. (1966). Der Jure und Wealden in Nordost-Spanien. Hannover.
- FEAL LAGO, C. (1970). La política francesa de ordenación del territorio en la última década. Servicio Central de Publicaciones. Ministerio de la Vivienda. Madrid.
- GALAN, E., BRELL, J. M. e IGLESIA A., La. (1974). "Interessi Economici per le Sabbie Baolini fere de un Settore della cordigliera Ibérica". Publicación del Congreso Internacional de Rocas Industriales de Turín.

- GALAN E., MARTIN VIVALDI, J. L. (1972). "Caolines españoles". Geología, minerología y génesis. Tesis. Facultad de Ciencias. Universidad Complutense de Madrid.
- I. G. M. E. (1971). Síntesis geológica a 1:200.000 Aranda de Duero. Madrid.
- I. G. M. E. (1970). Síntesis geológica a 1:200.000 Burgos. Madrid.
- I. G. M. E. (1970). Síntesis geológica a 1:200.000 Soria. Madrid.
- I. N. E. (1970). Censo de la población de España. Tomo I. Presidencia del Gobierno. Madrid.
- M. O. P. (1964). Datos climáticos para carreteras. Dirección General de Carreteras. Madrid.
- MORILLO-VELARDE, M. J., MELENDEZ HEVIA, F. (1972). La falla de San Leonardo. Interpretación paleogeográfica (Cordillera Ibérica, Soria-Burgos). Estudios Geológicos., Vol., XXVIII. pp. 65-76.

PLAN NACIONAL DE LA MINERIA.- Tomo II. Ministerio de Industria
Dirección General de Minas.

PROGRAMA NACIONAL DE EXPLOTACION MINERA. Minería de minerales
no metálicos. Ministerio de In-
dustria. Dirección General de -
Minas.

SAEFTEL, H, (1961). Paleogeografía del Albense en las Cadenas
Celtibéricas de España. Notas y
Comens. Inst. Geol. y Minero de
de España. Núm. 63.

TERAN, M. DE., SOLE SABARIS, L. y otros. (1968). Geografía re
gional de España. Ediciones --
Ariel. Barcelona.

TISCHER, G. (1966). El delta Weáldico de las montañas Ibéri -
cas Occidentales y sus enlaces
tectónicos. (Not. y Coms. IGME.
81, 53-78).