

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES

Escala 1:200.000

TUDELA

HOJA Y	22
MEMORIA	7/3

00376

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES
E. 1:200.000

TUDELA

HOJA Y	22
MEMORIA	7/3

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

el presente
estudio
ha sido realizado
por
GEOTEHIC, S.A.
en
régimen de contratación
con el
Instituto Geológico y Minero
de España

Servicio de Publicaciones — Claudio Coello, 44 — Madrid - 1
Depósito Legal: M. 18328 — 1976
I.S.B.N. 84-500-1337-2

Reproducción ADOSA — Martín Martínez, 11 — Madrid-2

INDICE

	Pág.
0. RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	3
1.1 Objeto y Naturaleza del Estudio	3
1.2 Localización Geográfica y Geológica de la Zona	3
1.3 Definición y Clasificación de Rocas Industriales	4
1.4 Labor Realizada	5
2. GEOLOGIA GENERAL	7
2.1 Bosquejo Geológico	7
2.2 Mesozoico	7
2.2.1 Triásico	7
2.2.2 Cretácico	8
2.3 Terciario	8
2.3.1 Eoceno	8
2.3.2 Oligoceno	8
2.3.3 Mioceno	9
2.4 Cuaternario	9
3. YACIMIENTOS	11
3.1 Panorámica del Sector	11
3.2 Calizas	13
3.3 Arenisca	14
3.4 Yeso	16
3.5 Arcilla	16
3.6 Grava y Arena	19
3.7 Zahorra	22
4. PRODUCCION DE ROCAS INDUSTRIALES	23
4.1 Rocas de Construcción	23
4.1.1 Rocas Ornamentales	25
4.2 Aridos	27
4.2.1 Aridos de Trituración	27
4.2.2 Aridos Naturales	29
4.3 Productos Cerámicos	32
4.3.1 Ladrillería	32
4.4 Aglomerantes	34
4.4.1 Cales	34
4.4.2 Yesos	34
5. CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFIA	43

0.— RESUMEN

El estudio realizado cubre la hoja 1:200.000 número 7—3 (Tudela) integrada a su vez por las hojas 1:50.000 número 25—9 (Tafalla), 26—9 (Sangüesa), 27—9 (Sigüés), 28—9 (Jaca), 25—10 (Peralta), 26—10 (Sos del Rey Católico), 27—10 (Uncastillo), 27—10 (Agüero) 25—11 (Alfaro), 26—11 (Sadaba), 27—11 (Luna), 28—11 (Ayerbe), 25—12 (Tudela), 26—12 (Fustiñana), 27—12 (Ejea de los Caballeros) y 28—12 (Almudebar).

De manera resumida los logros alcanzados pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

- Estudio general y detallado de los yacimientos de rocas industriales existentes en la Hoja.
- Reseña de las explotaciones existentes, con la indicación expresa de su estado actual, ritmo de explotación, y, en su caso, condicionamientos de su futura reexplotación. Estos datos son referibles a Agosto—Septiembre de 1974.
- Recopilación de la información existente y actualización de los datos obtenidos en inventarios anteriores.
- Estudio sistemático de las características litológicas y geotécnicas de los materiales prospectados con miras a su racional explotación y utilización más adecuada.
- Evaluación individual y conjunta de las reservas existentes de cada tipo de material y su relación geográfica con los centros actuales y previsibles de consumo.
- Perspectivas y análisis comparativo de la producción actual y futura de rocas indus-

triales y la evaluación socio—económica previsible local y regional.

- Confección del mapa 1:200.000 de Rocas Industriales.
- Confección del Inventario de Rocas y Archivo Nacional de yacimientos y explotaciones, mediante la puesta a punto del correspondiente fichero, adecuadamente dispuesto para su tratamiento con ordenador, en el que se insertan entre otros, datos puntuales de situación de yacimientos y resultados de ensayos de laboratorio.

1.— INTRODUCCION

1.1.— OBJETO Y NATURALEZA DEL ESTUDIO

Su principal objetivo es la realización del Inventario General de Rocas Industriales de la hoja 1:200.000 7-3 (Tudela), en el que queden reseñados los principales yacimientos existentes en la región, bien se encuentren en explotación actual, bien presenten frentes abandonados o bien, finalmente que no hayan sido explotados hasta ahora. Asimismo tiene como objetivo recopilar toda la información existente sobre tales yacimientos o explotaciones.

Con la realización de este tipo de estudios se llevará a cabo la confección del Archivo de Rocas Industriales en el que se irá insertando, por medio de fichas perforadas (para su tratamiento con ordenador), toda esta información así como las variaciones que experimenten con el transcurso del tiempo. De esta manera podrá disponerse, con rapidez y eficacia, del estado más actualizado posible de un sector económico de consumo determinado a nivel regional, a la luz de las actividades extractivas de los productos interesados por ese sector, insertos en el Archivo.

1.2.— LOCALIZACION GEOGRAFICA Y GEOLOGICA DE LA ZONA

La hoja Tudela se localiza al norte de la Península, comprendida entre los paralelos 42° 00' 04" y 42° 40' 04" de latitud norte y los meridianos (referidos a Greenwich) 0° 31' 10" y 1° 51' 10" de longitud oeste.

La superficie de esta Hoja se distribuye entre las provincias de Huesca, Zaragoza, Navarra y Logroño. La provincia de Navarra ocupa la casi totalidad de la parte occidental con la excepción de un pequeño recinto, localizado en la zona de Alfaro, perteneciente a Logroño. La parte central corresponde en su totalidad a la provincia de Zaragoza, salvo unos pequeños enclaves navarros. Por último la parte oriental corresponde totalmente a la provincia de Huesca.

Morfoestructuralmente se distinguen tres unidades, escalonadas de norte a sur con orientación general NNW–SSE, denominadas: a) Sierras Prepirenaicas; b) Relieves Centrales y c) Llanura de las Bardenas.

La unidad a) (Sierras Prepirenaicas) ocupa el borde septentrional de la Hoja adoptando, aproximadamente, forma de lanza cuya base se situaría en el borde oriental, ocupando la mitad norte del mismo, para ir estrechándose hacia el noroeste situándose la punta y terminación en la zona de Unzue. Morfológicamente está integrada por una sucesión de sierras, con rumbo NNW–SSE, de gran longitud y considerable amplitud (Alaiz, Leire, Orba, Dos Ríos, San Juan de la Peña, Loarre, Caballera etc) con unas altitudes que van de 900 m a 1769 (vértice de Oroel). Separando unas sierras de otras se encuentran valles o depresiones de gran longitud y amplitud, destacando singularmente, por sus dimensiones, el valle del río Aragón, encontrándose otros como el del Gállego de notable desarrollo también. En ella se encuentran materiales triásicos y cretácicos, que se corresponden con los más antiguos de la Hoja, dando lugar a 2 afloramientos, localizados en la sierra de Leire y Loarre–Salinas respectivamente, de reducida extensión. Los materiales paleógenos son los que ocupan una mayor superficie, quedando, finalmente, los materiales cuaternarios que también están ampliamente representados.

La unidad b) (Relieves Centrales) es la más amplia de las tres y como su nombre indica ocupa toda la zona central de la Hoja extendiéndose, entre las otras dos, desde el ángulo noroccidental hasta el suroriental. Morfológicamente constituye una zona integrada por una sucesión de cerros más o menos amplios de altitud media alrededor de los 600 m, separados por otros tantos valles y depresiones de laderas escarpadas con bastante desnivel. Esta topografía configura un relieve de perfil, longitudinal y transversal, bastante quebrado con difícil acceso lo que ha dado lugar a una red de comunicaciones mala y escasa. Los materiales que cubren la mayor parte de la superficie pertenecen a afloramientos neógenos y paleógenos, quedando algunos depósitos cuaternarios que se distribuyen a lo largo de los principales ríos que atraviesan esta zona.

Por último la unidad c) (Llanura de las Bardenas) coincide con la región geográfica del mismo nombre. Ocupa todo el cuadrante suroccidental de la Hoja, prolongándose fuera de él por sus bordes oriental y septentrional. Morfológicamente constituye una amplia llanura de materiales cuaternarios con una altitud media entre 350–400 m, en medio de la cual quedan englobados algunos afloramientos terciarios de morfología suave con altitudes entre 400–500 m.

1.3.— DEFINICION Y CLASIFICACION DE ROCAS INDUSTRIALES

Se aplica el concepto de Roca Industrial a todos aquellos materiales rocosos, granulares o pulverulentos susceptibles de ser utilizados directamente (o a través de una previa manipulación y preparación, generalmente muy simple), en función de sus propiedades físicas y químicas, y no en función de las sustancias potencialmente extraíbles de los mismos, ni de su energía potencial.

Los Sectores Económicos de Consumo que utilizan los materiales así definidos a través de las correspondientes industrias son: Construcción, Siderometalúrgico, Químico y Agrícola. En relación con estos cuatro Sectores Económicos aparecen las correspondientes industrias y los productos utilizados, siendo el de la Construcción el de mayor envergadura y el que más amplia gama de industrias y productos interesa.

El cuadro sinóptico adjunto de la utilización de Rocas Industriales expresa con suficiente detalle las relaciones citadas entre Sectores Económicos de Consumo, Industrias interesadas, productos obtenidos y Rocas Industriales que constituyen la materia prima de los mismos.

1.4.— LABOR REALIZADA

De acuerdo con el Pliego de Condiciones editado por el IGME con fecha Enero—1972, el presente estudio ha constado de las siguientes fases o etapas adecuadamente coordinadas entre sí:

FASE PREVIA (GABINETE)

- Recopilación de la información existente. En esta fase se ha llevado a cabo una minuciosa recopilación de la información disponible en su doble aspecto geológico y estadístico—minero. Para ello se ha consultado la bibliografía que se expone al final de la Memoria y las relaciones actualizadas de las explotaciones reseñadas en las Delegaciones del Ministerio de Industria.
- Confección de un esquema a escala 1:200.000 de la Hoja, con indicación de los principales sectores donde se ubican las áreas de interés preferente, bien sea por la existencia prioritaria de masas explotables, bien sea porque en ellos se concentra una mayor demanda de productos industriales derivados de ellas.
- Estudio discreto de las fotografías aéreas correspondientes a las áreas citadas de interés preferencial.

FASE DE CAMPO (AGOSTO—SEPTIEMBRE 1974)

- Itinerarios de campo formando, sistemáticamente, la malla resultante de carreteras y caminos hasta el tercero y el cuarto orden de los insertos en la Hoja 1:200.000 del Mapa Topográfico Nacional (Edición Militar).

Esta fase ha supuesto:

El inventario de todos los yacimientos y explotaciones ubicados en las áreas de mayor interés así como el reconocimiento general de la superficie de la Hoja, mediante la realización de numerosas estaciones de observación con o sin fichas.

La toma estandarizada de muestras representativas, debidamente cuarteadas.

La ejecución, asimismo sistemática, de gran número de fotos que ilustran alguno o algunos de los aspectos de mayor interés de los yacimientos, explotaciones y material en sí (macro—texturas, estructuras).

La reseña y ubicación de algunos aspectos litológicos y estructurales de interés

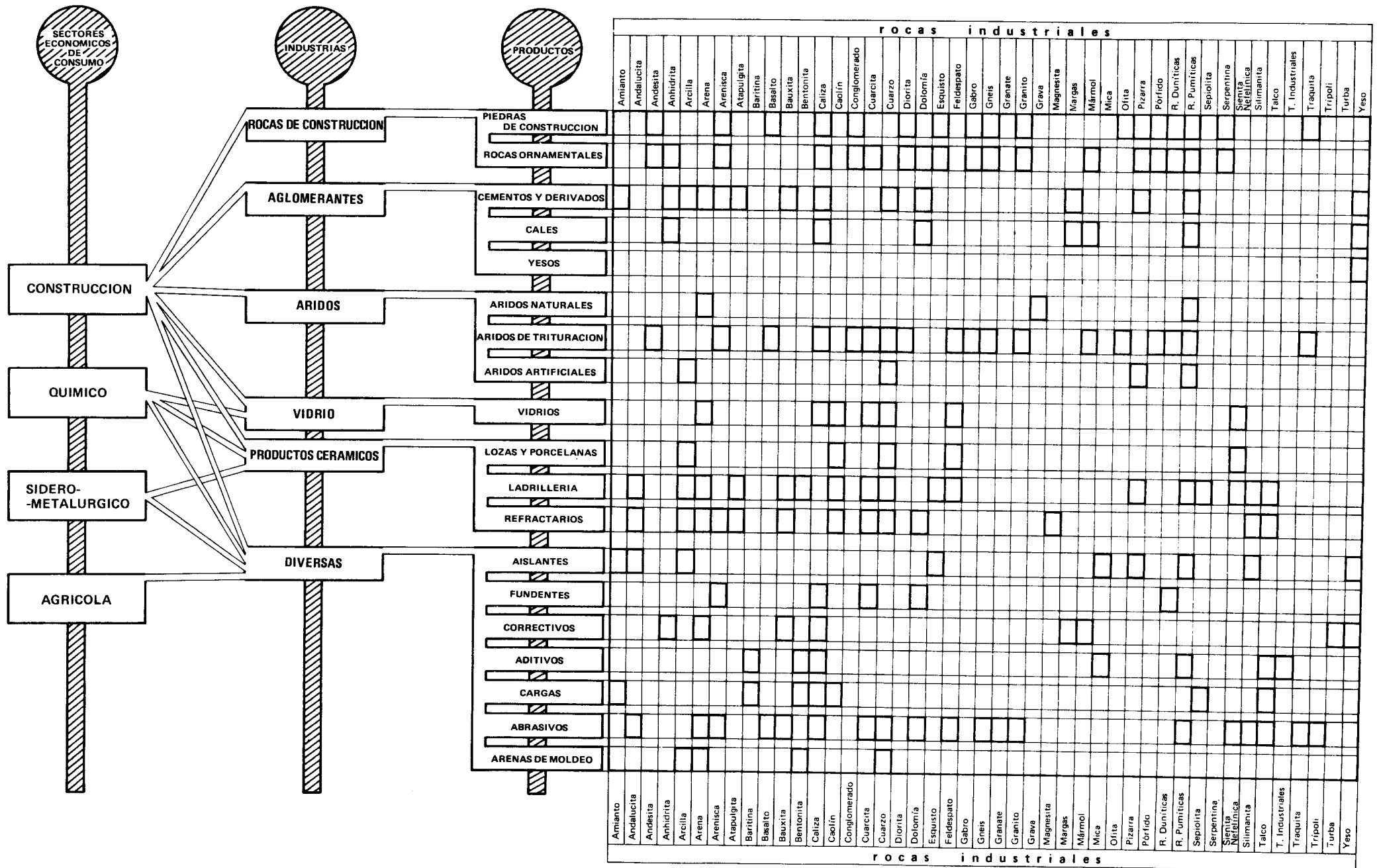
local, no insertos en la cartografía base 1:200.000 preexistente.

El estudio geológico pertinente para la adecuada coordinación cartográfica entre áreas geológicas procedentes de diversas fuentes de información.

FASE FINAL (GABINETE Y LABORATORIO):

- Selección y estudio de muestras en su triple aspecto petrológico—mineralógico (microscopio o análisis mineralógico), geotécnico y químico.
- Confección de los gráficos y esquemas que se han estimado convenientes para mostrar, de manera sencilla, interesantes aspectos que relaciona la producción y las reservas de explotaciones y yacimientos en general, respectivamente, con la ubicación de los principales centros de consumo y evolución del nivel socio—económico de la región.
- Confección del Mapa de Rocas Industriales y redacción de la presente Memoria.

SINOPSIS DE LA UTILIZACION DE ROCAS INDUSTRIALES



2.— GEOLOGIA GENERAL

2.1.— BOSQUEJO GEOLOGICO

En esta Hoja afloran materiales pertenecientes al Mesozoico, Terciario y Cuaternario. Su litología es poco diversificada, estando representados exclusivamente materiales sedimentarios. Su estudio puede sistematizarse siguiendo la columna estratigráfica regional.

2.2.— MESOZOICO

Los materiales de esta edad ocupan una pequeña superficie de la Hoja, localizándose en dos afloramientos al norte y este respectivamente. Unicamente se encuentran representados el Triásico y Cretácico, faltando por completo el Jurásico.

2.2.1.— TRIASICO

En esta Hoja faltan por completo los afloramientos de materiales detríticos correspondientes al Triásico Inferior (Buntsandstein). Los materiales más antiguos que afloran corresponden a unas masas calcodolomíticas englobadas en las inconfundibles arcillas abigarradas del Keuper, razón por la cual se les asigna edad Muschelkalk. Los afloramientos de estos materiales constituyen una sucesión de sierras denominadas, Caballera,

Loarre, Salinas y montaña de Santo Domingo, que discurren, en forma de banda alargada y estrecha con rumbo SSE–NNW, desde la zona de Loarre, (en la mitad oriental de la Hoja), hacia el vértice de Santo Domingo. Desde el punto de vista industrial estos materiales carecen de interés por no reunir condiciones apropiadas para su explotación tanto por razones geográficas como de accesibilidad y disposición estructural.

2.2.2.– CRETACICO

Este sistema está representado únicamente por el Cretácico Superior que aparece transgresivo sobre el Triásico.

Los materiales que lo integran están constituidos básicamente por calizas, margocalizas y margas, encontrándose, en ocasiones alguna secuencia areniscosa. Sus afloramientos se localizan en la Sierra de Leire, al norte, y adosados al Triásico en el afloramiento oriental de las sierras del Loarre, Salinas etc.

Industrialmente son materiales de escaso valor industrial por las circunstancias que concurren en ellos, (baja calidad del material y localización desfavorable), no existiendo ninguna explotación de los mismos.

2.3.– TERCIARIO

Los materiales de esta edad son los que ocupan la mayor superficie de la Hoja. Pertenecen al Eoceno, Oligoceno y Mioceno.

2.3.1.– EOCENO

Los materiales que integran la serie eocena están constituidos, en su parte basal, por un tramo en el que suceden arcillas, calizas y margas, todos ellos de escaso interés industrial. A este tramo le sigue una potente formación calcárea de tonos claros y marrones, con numerosos restos fosilíferos (Alveolinas, Nummulites). Estos materiales son de gran interés industrial, siendo explotados en diversos lugares. Por último, hacia el techo se encuentra un tramo flychoide, de centenares de metros de potencia, constituido fundamentalmente por margas entre las que se intercalan niveles de arenisca o caliza, siendo coronado por una formación conglomerática seguida de una alternancia de margas, arcillas y areniscas. Industrialmente todos estos materiales carecen de interés, por una u otra razón.

2.3.2.– OLIGOCENO

Comienza la serie oligocena, en su parte inferior, por una formación alternante, muy potente, de yesos marrones, blancos y grises, en capas muy replegadas delgadas y potentes, a veces se encuentra algún banco de 5–6 m, que incluyen fragmentos margosos de tamaños que van desde grava hasta bloque; y margas marrones en capas de potencia similar a los yesos. Sus afloramientos se localizan en la parte occidental de la Hoja, siendo de interés industrial, exclusivamente, los niveles yesíferos, existiendo diversas explo-

taciones de los mismos.

En la parte nororiental de la Hoja los materiales que afloran están constituidos por una formación esencialmente margosa y calcárea en el muro, que pasan a ser conglomerados masivos en la parte superior. Estos materiales carecen de todo interés industrial no existiendo ninguna explotación de los mismos.

2.3.3— MIOCENO

Los materiales de esta edad se extienden ampliamente por toda la superficie de la Hoja.

Están constituidos por una formación alternante, muy potente, de arcillas marrones, rojas y claras, a veces algo margosas, en capas de 0,5—4 m, horizontales casi siempre, y areniscas marrones de grano fino a medio, generalmente con cemento débil, en capas de 0,3—2 m. Unos y otros materiales son explotados industrialmente, pero destacan primordialmente las arcillas, las cuales son explotadas intensamente.

2.4.— CUATERNARIO

Los materiales de esta edad están ampliamente representados en la Hoja, encontrándose 2 tipos de sedimentos: aluviones, en los actuales cauces fluviales, y terrazas, fluviales y fluvioglaciares. Los materiales integrantes son de naturaleza poligénica, variando su composición de unos afloramientos a otros. Las reservas son muy grandes encontrándose numerosas explotaciones de las mismas ya que presentan magníficas condiciones de explotación, aunque en el caso de las terrazas suelen tener un suelo vegetal cultivado.

3.— YACIMIENTOS

3.1.— PANORAMICA DEL SECTOR

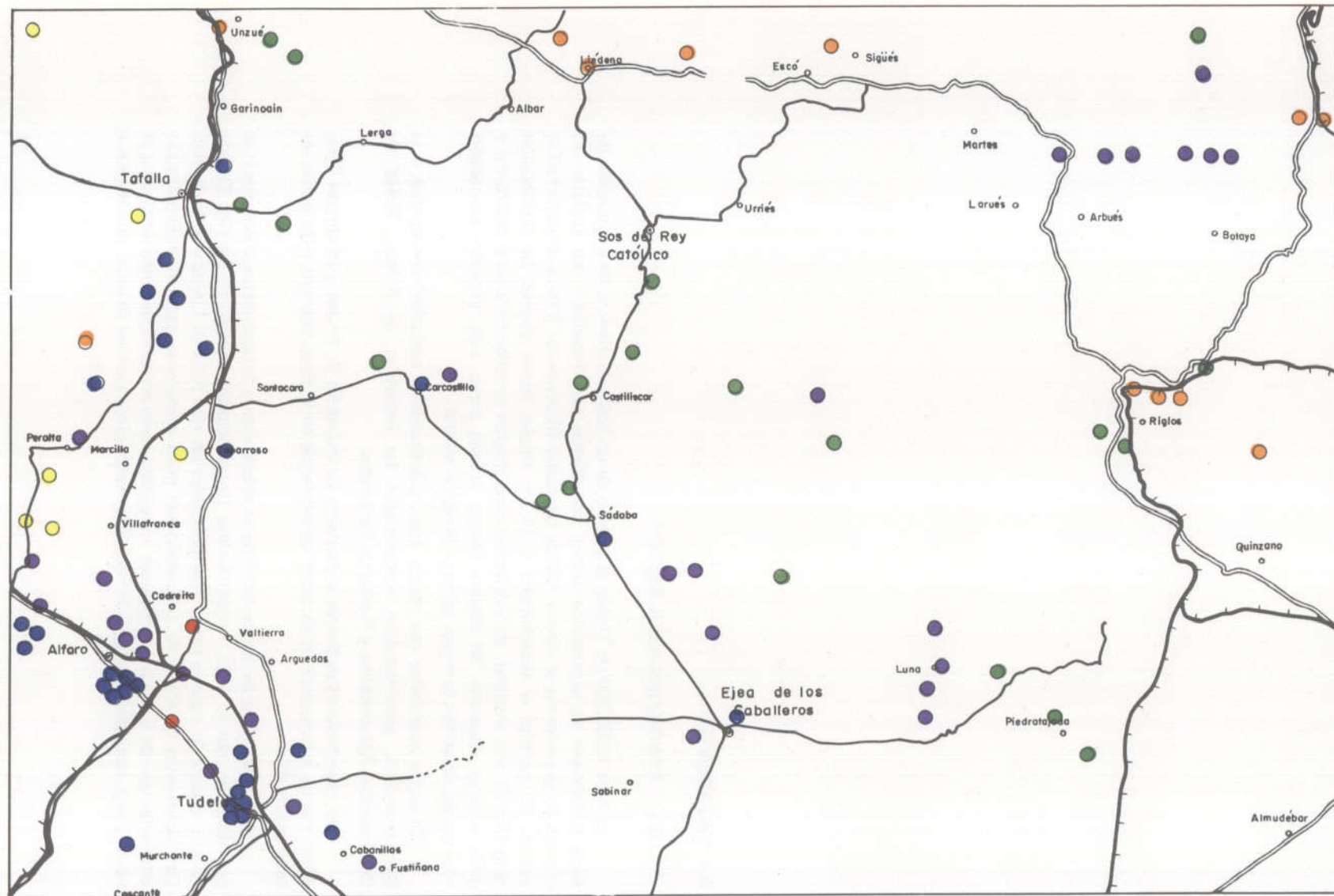
La hoja 1:200.000 de Tudela es asiento de un limitado número de yacimientos de rocas industriales en explotación activa, con frentes abandonados o sin explotar. El número de yacimientos se eleva a 102 de las cuales 48 presentan frentes de explotación activas, 40 parados o abandonados y 14 sin ningún frente abierto. Su distribución geográfica es muy irregular, encontrándose áreas de gran densidad en la parte occidental y otros núcleos dispersos. Al mismo tiempo existen zonas muy extensas sin ningún yacimiento, ocupando la mayor parte de la región central.

El sector económico con mayor auge, prácticamente exclusivo, corresponde a la Construcción, encontrándose representadas las industrias de Aridos, Rocas de Construcción, Aglomerantes y Productos Cerámicos.

Las explotaciones dedicadas a abastecer las industrias de Aridos y Productos Cerámicos son las más numerosas de todas las existentes en la Hoja, con una cifra similar en cada una de ellas.

Los yacimientos de áridos naturales se distribuyen a lo largo de los principales ríos que discurren por la Hoja, encontrándose los principales núcleos en los ríos Ebro y Aragón, quedando algunos otros repartidos entre los ríos Arba de Luesia y Arba de Biel. Los yacimientos de áridos de trituración son poco numerosos, estando en explotación solamente uno de ellos, encontrándose repartidos entre dos afloramientos localizados al norte y este, respectivamente, de la Hoja. Las explotaciones activas de estos yacimientos a

ESQUEMA DE SITUACION DE YACIMIENTOS Y EXPLOTACIONES



MATERIALES

- 1.— Arcilla
- 2.— Grava y Arena
- 3.— Zahorra

- 4.— Yeso
- 5.— Caliza
- 6.— Arenisca

veces muestran una elevada mecanización y otras, por el contrario, disponen de instalaciones rudimentarias. Las reservas son grandes alcanzándose un volumen de producción muy considerable.

Dentro de la industria de Productos Cerámicos existe un elevado número de yacimientos, todos ellos localizados en la parte occidental de la Hoja, con la salvedad de un par de ellos repartidos por la zona centro-sur. Las explotaciones activas de estos yacimientos alcanzan un elevado número, siendo destinada toda la producción obtenida a ladrillería. El volumen de reservas es muy grande disponiendo de instalaciones de tratamiento bastante modernas, en general, lo cual permite obtener una producción bastante elevada.

En la industria de Rocas de Construcción existe un estimable número de yacimientos repartidos por muy diversos lugares de la Hoja. Las explotaciones activas de estos yacimientos están reducidas a un corto número de ellos, siendo utilizada toda la producción para rocas ornamentales. Las reservas son bastante considerables, sin embargo muchos de ellos no reúnen condiciones óptimas para esta industria. Las explotaciones activas de estos yacimientos son totalmente manuales con la cual se obtiene una producción pequeña.

La industria de Aglomerantes comprende el menor número de yacimientos de la Hoja. Todos ellos se encuentran repartidos por el cuadrante noroccidental, correspondiendo la mayor densidad a la zona de Funes-Caparroso. Aunque el número de yacimientos sea escaso, las reservas pueden considerarse como grandes obteniéndose de los mismos cal y yeso, para lo cual disponen de instalaciones bastante modernas.

En los apartados que siguen y dentro de este capítulo se hace una ordenada exposición de los yacimientos prospectados en la Hoja, por tipos de materiales.

3.2.— CALIZAS

Dentro de este litotipo se han inventariado 13 yacimientos de los cuales 3 presentan explotaciones en activo, 9 frentes de explotación abandonados o parados, y 1 carece de frente abierto.

Desde el punto de vista estratigráfico, con la excepción de uno de ellos, correspondiente al Oligoceno, todos los demás pertenecen al Eoceno, aunque distribuidos en distintos pisos del mismo.

Al Eoceno Inferior pertenecen 9 yacimientos de los que solamente 1 está en explotación, permaneciendo 7 con los frentes abandonados o parados y 1 sin frente abierto. Están constituidos por una formación muy potente de caliza clara y marrón, dura, compacta, fosilífera, en capas potentes y masivas, fracturadas. Estos yacimientos se distribuyen entre 3 afloramientos localizados en las sierras de Alaiz y Leire, al norte, y Cerro Triste, al este de la Hoja. Las reservas de todas ellas son muy grandes, sin embargo las condiciones de explotabilidad varían notablemente de unos a otros. Los que mejores condiciones reúnen son los situados en las cercanías de Liedana, en la sierra de Leire, encontrándose aquí la única explotación activa. Los yacimientos localizados en el Cerro Triste carecen de accesibilidad, siendo posible el acceso, exclusivamente por el ferrocarril que discurre al borde del mismo. Los análisis efectuados con las muestras recogidas en las sierras de Alaiz y Leire han dado los siguientes resultados:

CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CO ₂
55 – 55,2	0,00–0,36	0,25–0,4	0,08 – 0,3	0,27 – 0,8	42,6 – 42,98

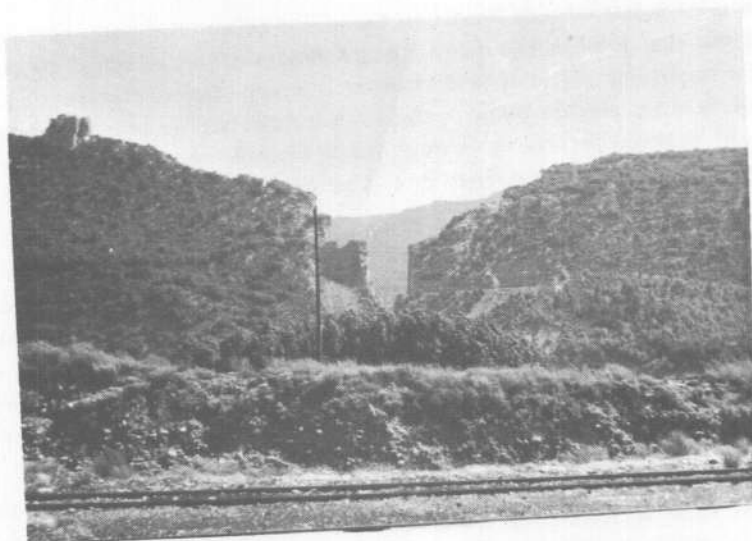


Foto 1.— Explotación abandonada de caliza eocena en el Cerro Triste (Huesca).

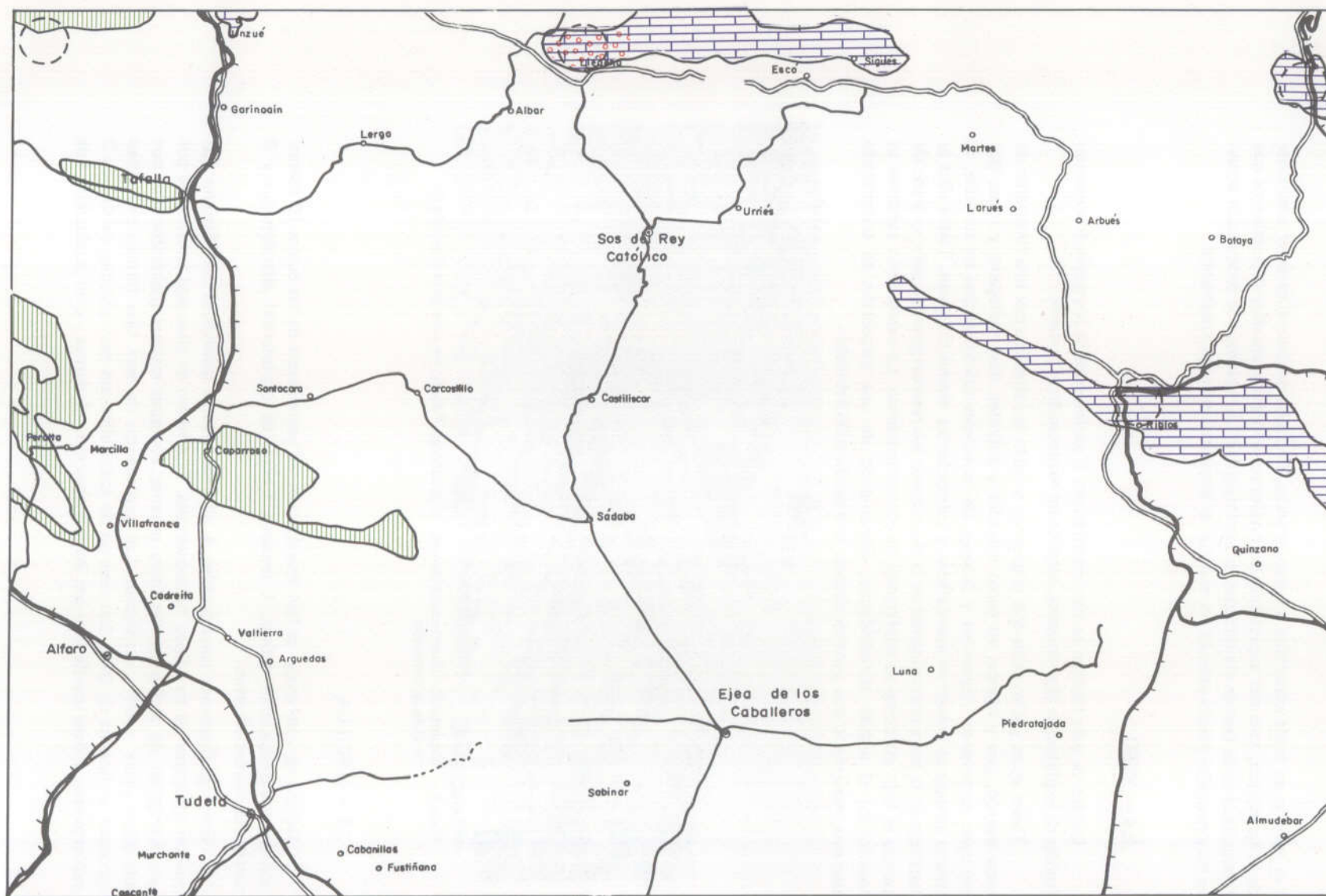
Al Eoceno Superior pertenecen 3 yacimientos de los cuales 2 se encuentran en explotación activa y 1 abandonada. Están constituidos por una formación de caliza negra, de 6–8 m, con numerosos granos silíceos incluidos, dura, compacta, en capas de 0,3–1 m bien delimitadas y buzamiento muy fuerte. Todos estos yacimientos se localizan en la zona de Jaca, aflorando en ocasiones una amplia superficie de las capas y en otras alguna sección de las mismas, discurriendo, en este último caso, flanqueadas por otras formaciones que prácticamente impiden su explotación. Las reservas conjuntas pueden estimarse como medias, siendo muy adecuadas para su empleo como Rocas de Construcción.

Finalmente al Oligoceno pertenece un yacimiento localizado al oeste de la Hoja, en término de Falces. Está integrado por una formación de caliza margosa, clara, compacta, en capas potentes horizontales. Su explotación está abandonada al ser pequeñas las reservas explotables y de costoso arranque, ya que la cobertera en pocos metros de fondo aumenta hasta espesores de decenas de metros.

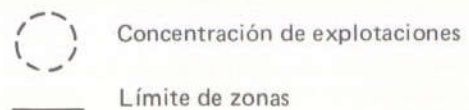
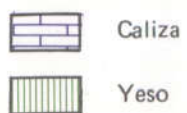
3.3.— ARENISCA

Dentro de este grupo se han inventariado 20 yacimientos de los cuales solamente se explotan 2 estando los 18 restantes con los frentes abandonados.

Estratigráficamente considerados, todos ellos corresponden a diversos niveles del Mioceno de análoga composición mineral. Están constituidos por una formación alter-nante de areniscas marrones de grano medio silíceo y calcáreo, cemento bastante fuerte, en capas de 0,5–1,5 m subhorizontales, y arcillas pardas y rojizas con potencias similares.



LEYENDA



Las reservas en estos materiales son muy grandes, sin embargo dado el carácter alternante de la formación, solo son explotables los niveles superiores de aquellos alforamientos que topográficamente reúnen condiciones de explotabilidad. El volumen de producción actual es muy pequeño siendo utilizado el material arrancado como roca ornamental.

3.4.— YESO

Dentro de este litotipo se han inventariado 6 yacimientos de los cuales 5 presentan frentes de explotación abandonados, estando en explotación el restante.

Todos estos yacimientos son oligocenos y están constituidos por una formación de yeso marrón, gris y blanco, en capas delgadas y potentes, muy replegadas y rotas, que incluyen numerosos fragmentos y bloques de materiales calcomargosos en su masa, al mismo tiempo se presentan intercalados y concordantes niveles margosos. Todos ellos se localizan en la parte noroccidental de la Hoja siendo sus reservas grandes, pero su grado de pureza es bajo así como su coeficiente de aprovechamiento. La explotación existente se localiza en el angulo noroccidental, disponiendo de una instalación de tratamiento bastante moderna lo que permite obtener una producción estimable.



Foto 2.— Explotación abandonada de yeso oligoceno en Tafalla. Se aprecia la charnela de un pliegue tumbado.

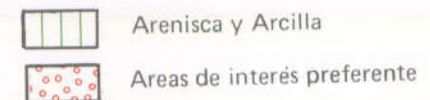
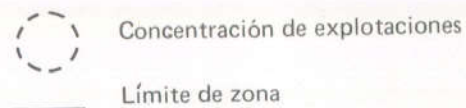
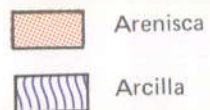
3.5.— ARCILLA

Dentro de este grupo se han inventariado 29 yacimientos de los cuales 20 corresponden a explotaciones activas, 1 presenta frentes de explotación abandonados y 8 carecen de frentes abiertos.

Estratigráficamente corresponden a diversos tramos geológicos del Mioceno que pueden agruparse en tres tipos fundamentales. El primero de ellos está constituido por una formación de arcilla marrón, muy potente, en capas masivas subhorizontales que intercalan algún nivelillo arenoso. Los yacimientos de este tipo forman un núcleo agrupado en la zona de Olite. Las reservas de todos ellos son muy grandes, existiendo 2 explotaciones activas una de ellas con instalaciones muy modernas y gran producción. Los



LEYENDA



análisis mineralógicos efectuados con las muestras tomadas en la explotación núm. 56 han dado la siguiente composición mineral:

Minerales principales: Cuarzo y Calcita.

Fracción arcillosa: Yeso, Illita, Sericita y Clorita.

El segundo tipo está constituido por una formación de arcillas rojas y marrones, muy potente, en capas de 0,3—1 m subhorizontales que intercalan algún nivel de arenisca. Los yacimientos de este tipo se localizan en el ángulo suroriental de la Hoja, agrupados en 3 núcleos correspondientes a las zonas de Tudela, Alfaro y Rincón del Soto. La producción conjunta es muy elevada existiendo instalaciones de tecnología muy avanzada. Los análisis mineralógicos efectuados con las muestras tomadas en las explotaciones núm. 17 y 50 han dado la siguiente composición mineral:

Mineral principal: Cuarzo y Calcita.

Mineral secundario: Albita.

Fracción arcillosa: Illita, Sericita, indicios de Clorita, Montmorillonita y Yeso.

Finalmente el tercer tipo está constituido por una formación de arcillas claras y amarillentas, en capas de 2—3 m que intercalan niveles areniscosos. Los afloramientos de estas arcillas tienen grandes reservas aunque morfológicamente no constituyen cerros o prominencias tan destacadas como en los otros tipos. Se distribuyen por la región central y sur de la Hoja, en las zonas de Egea de los Caballeros, Sadaba y Carcastillo. El número de yacimientos es poco numeroso así como el de explotaciones, obteniéndose una producción bastante limitada. Los análisis mineralógicos efectuados con las muestras tomadas en las explotaciones núm. 5 y 11 han dado la siguiente composición mineral:

Mineral principal: Cuarzo, Calcita.

Fracción arcillosa: Illita y Sericita, indicios de Clorita y Montmorillonita.



Foto 3.— Explotación abandonada de arcilla miocena (margosa) en Murillo del Fruto. Se aprecia la intercalación de niveles areniscosos.

3.6.— GRAVA Y ARENA

Dentro de este grupo de materiales se han inventariado 30 yacimientos de los cuales 19 constituyen explotaciones activas, 6 abandonadas y 5 carecen de frentes de explotación.

Estos yacimientos se distribuyen a lo largo de los cauces y terrazas de los principales ríos de la Hoja (Ebro, Aragón, Arga, Arba de Biel y Arba de Luesia).

Los materiales de los ríos Ebro, Arga y Aragón son de naturaleza poligénica encontrándose cantos de caliza, arenisca, granito, metamórficos y volcánicos; por el contrario los depósitos de los ríos Arba de Biel y Arba de Luesia son exclusivamente, de naturaleza calcárea y areniscosa.

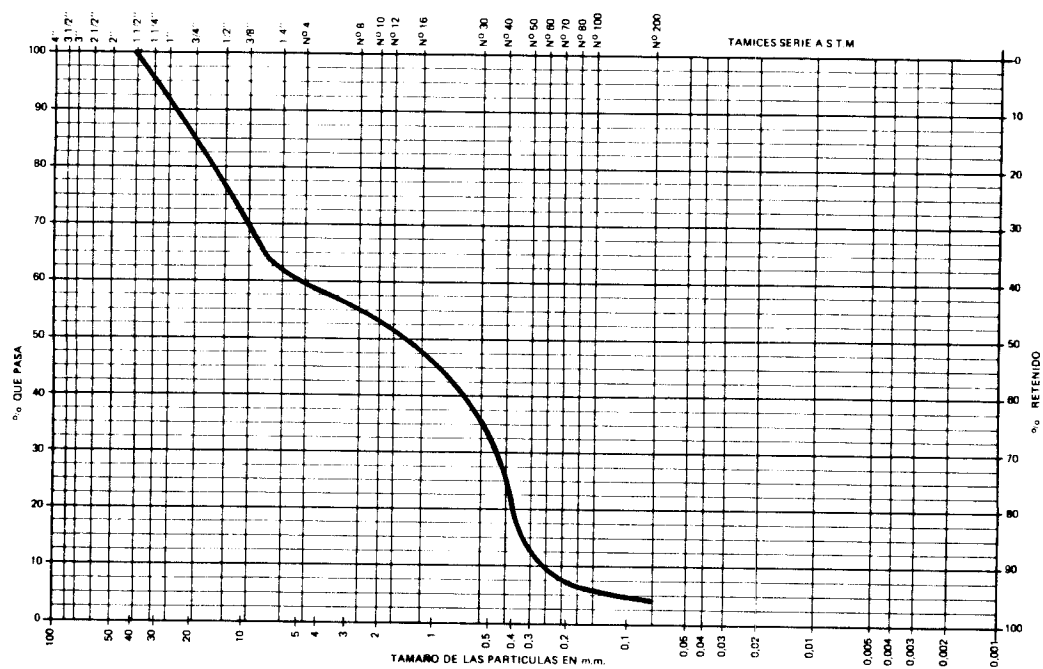


Foto 4.— Aluviones del río Ebro a su paso por el término de Alfaro.

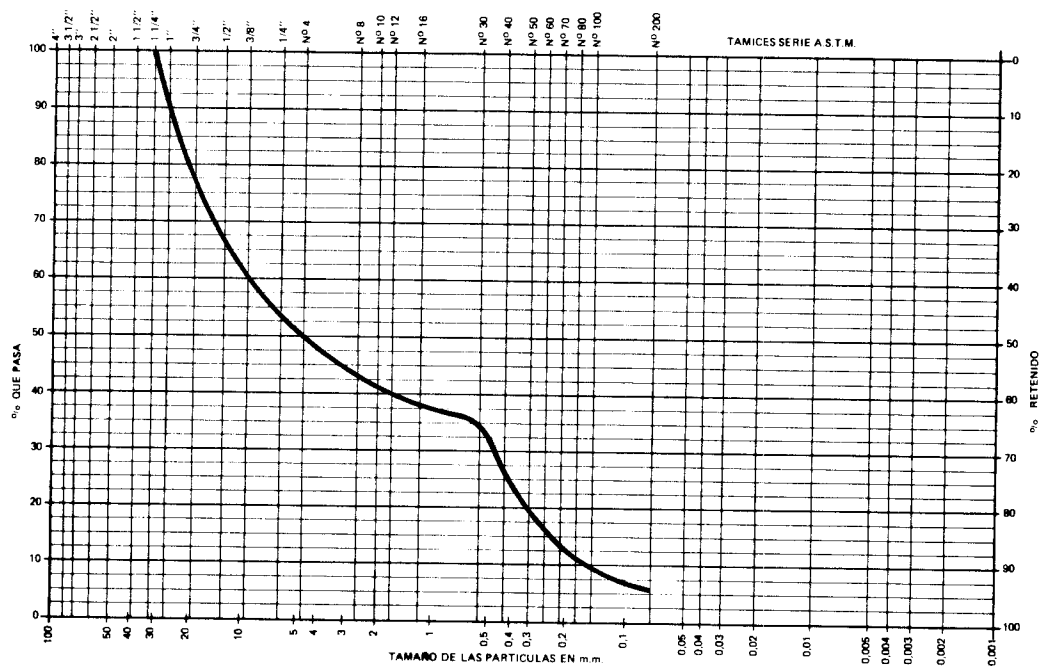
En el río Aragón los principales y más numerosos yacimientos se localizan en el ángulo nororiental de la Hoja, aguas arriba del embalse de Yesa. Sus reservas son muy grandes aunque el acceso no siempre es fácil. Un yacimiento aislado se encuentra a la altura de Carcastillo, pero sus reservas y producción son notablemente inferiores a las anteriores.

El río Ebro cruza la Hoja por el ángulo suroccidental encontrándose en sus márgenes y terrazas la mayor concentración de yacimientos, los cuales se suceden en todo su recorrido. Sus reservas son muy grandes, encontrándose explotaciones de gran producción.

El río Arga discurre por el borde occidental de la Hoja, hasta su encuentro con el Ebro en el ángulo suroccidental. Los depósitos de este río a lo largo de su recorrido son muy escasos y únicamente a la altura de Peralta llegan a constituir un yacimiento de considerables reservas, explotadas en muy pequeña escala.



Grava y arena del río Aragón.



Grava y arena del río Ebro.

3.6.— GRAVA Y ARENA

Dentro de este grupo de materiales se han inventariado 30 yacimientos de los cuales 19 constituyen explotaciones activas, 6 abandonadas y 5 carecen de frentes de explotación.

Estos yacimientos se distribuyen a lo largo de los cauces y terrazas de los principales ríos de la Hoja (Ebro, Aragón, Arga, Arba de Biel y Arba de Luesia).

Los materiales de los ríos Ebro, Arga y Aragón son de naturaleza poligénica encontrándose cantos de caliza, arenisca, granito, metamórficos y volcánicos; por el contrario los depósitos de los ríos Arba de Biel y Arba de Luesia son exclusivamente, de naturaleza calcárea y areniscosa.



Foto 4.— Aluviones del río Ebro a su paso por el término de Alfaro.

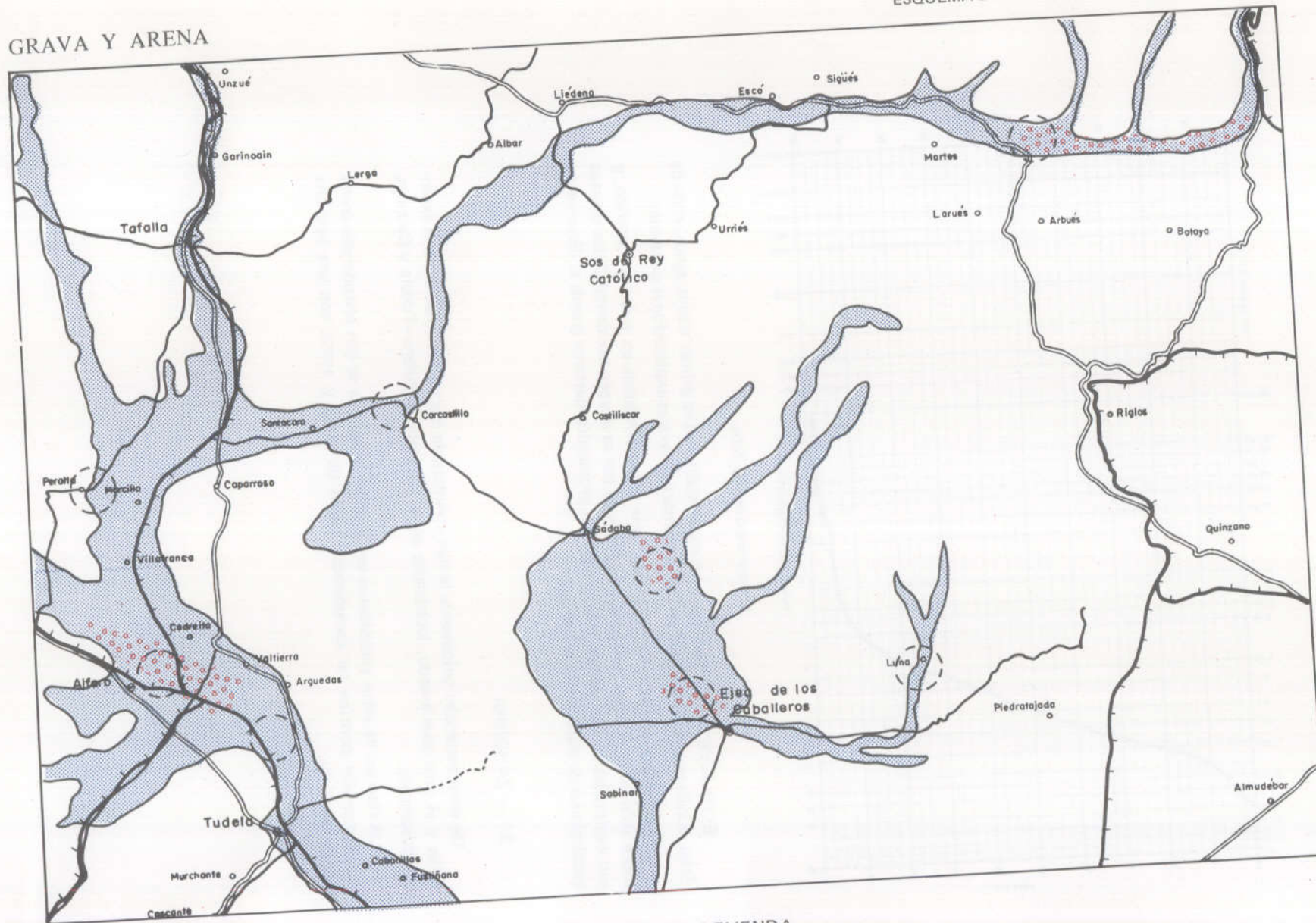
En el río Aragón los principales y más numerosos yacimientos se localizan en el ángulo nororiental de la Hoja, aguas arriba del embalse de Yesa. Sus reservas son muy grandes aunque el acceso no siempre es fácil. Un yacimiento aislado se encuentra a la altura de Carcastillo, pero sus reservas y producción son notablemente inferiores a las anteriores.

El río Ebro cruza la Hoja por el ángulo suroccidental encontrándose en sus márgenes y terrazas la mayor concentración de yacimientos, los cuales se suceden en todo su recorrido. Sus reservas son muy grandes, encontrándose explotaciones de gran producción.

El río Arga discurre por el borde occidental de la Hoja, hasta su encuentro con el Ebro en el ángulo suroccidental. Los depósitos de este río a lo largo de su recorrido son muy escasos y únicamente a la altura de Peralta llegan a constituir un yacimiento de considerables reservas, explotadas en muy pequeña escala.

GRAVA Y ARENA

ESQUEMA DE DISTRIBUCION DE MATERIALES



LEYENDA



Grava y Arena



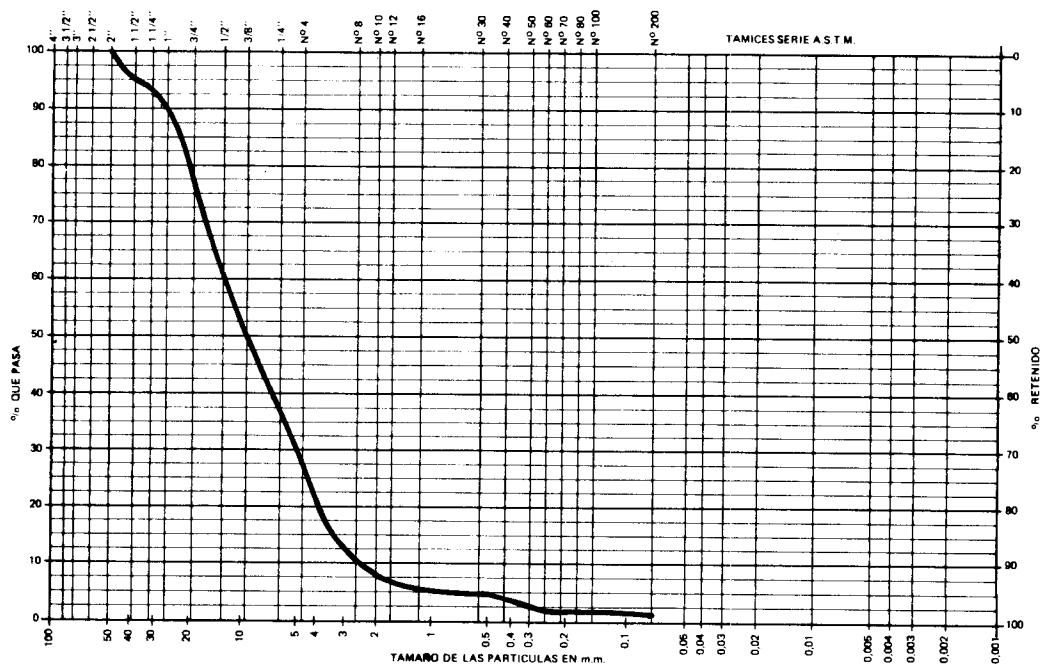
Concentración de explotaciones



Áreas de interés preferente



Límite de zonas



Grava y arena del río Arba.

El río Arba de Biel tiene reservas considerables en su primer tramo, aguas arriba de Erba, donde es explotado bastante intensamente por las tres explotaciones existentes.

Finalmente el río Arba de Luesia tiene grandes reservas en todo su recorrido, y sobre todo en la extensa terraza que le flanquea por su margen occidental. Estas reservas son explotadas en dos puntos obteniendo una producción bastante grande al disponer de instalaciones de tratamiento modernas.

3.7.- ZAHORRA

De estos materiales únicamente se han inventariado dos yacimientos, unos en explotación y el otro abandonado, localizados en la carretera de Alfaro—Tudela y Cadreita, respectivamente.

Las reservas de estos yacimientos son grandes, y aunque se han considerado como zahorra también podrían ser considerados como de grava y arena, con una pequeña fracción de arcilla.

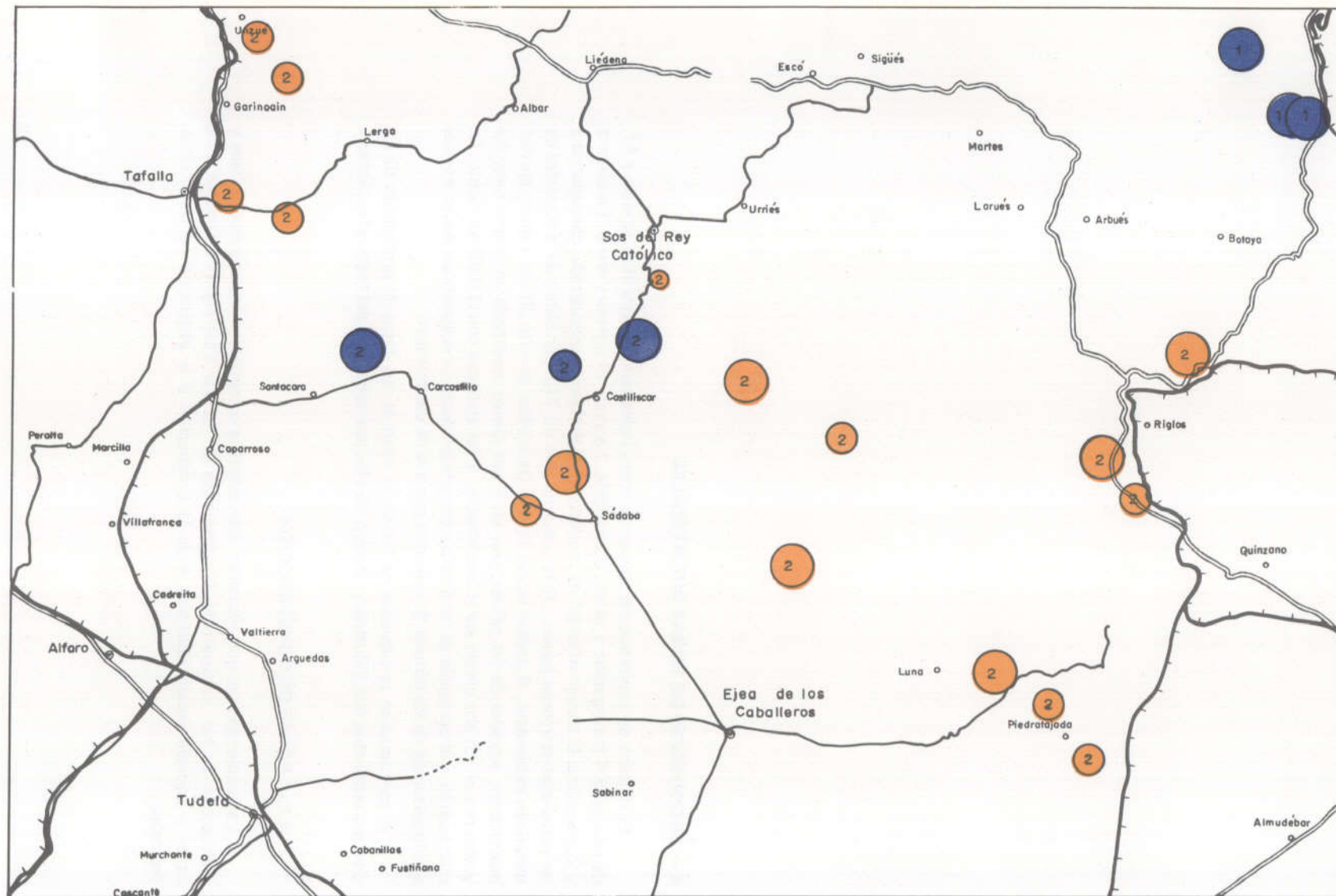
4.— PRODUCCION DE ROCAS INDUSTRIALES

El número de explotaciones activas de rocas industriales en esta Hoja se eleva a 47, de las cuales 4 corresponde a caliza, 20 a arcilla, 1 a yeso, 19 a grava y arena, 1 a zahorra y 2 a arenisca. El mayor volumen de producción, globalmente considerada, corresponde a los materiales detríticos (grava, arena, zahorra) con un 71,5 por ciento de la totalidad de materiales explotados. A continuación figuran las arcillas, con un 20 por ciento, aproximadamente, seguidas de las calizas, con un 7 por ciento, quedando en último lugar los yesos, con el 1,5 por ciento aproximadamente, y las areniscas con el 0,05 por ciento. La distribución e importancia de los diversos centros productores responde en mayor medida a la localización de los centros de consumo que a la de yacimientos.

A continuación se exponen en forma de cuadros, los datos de producción de los diversos productos por industria y, dentro de ella, por naturaleza del material explotado.

4.1.— ROCAS DE CONSTRUCCION

Las explotaciones que abastecen esta industria comprenden materiales calcáreos y areniscosos. Se han inventariado 4 yacimientos de los que 2 corresponden a caliza y los otros a arenisca siendo destinada toda la producción a la obtención de rocas ornamentales.



UTILIZACION

Rocas Ornamentales

Rocas de Construcción

MATERIALES

1.- Caliza

2.- Arenisca

RESERVAS

Grande

Mediana

Pequeña

4.1.1.— ROCAS ORNAMENTALES

Las 2 explotaciones de caliza se localizan en la zona de Jaca. Explotan un paquete de, 6—8 m, caliza negra con numerosos granos silíceos, dura, compacta, en capas subverticales y subhorizontales de 0,3—1 m, con los planos de estratificación bien marcados.

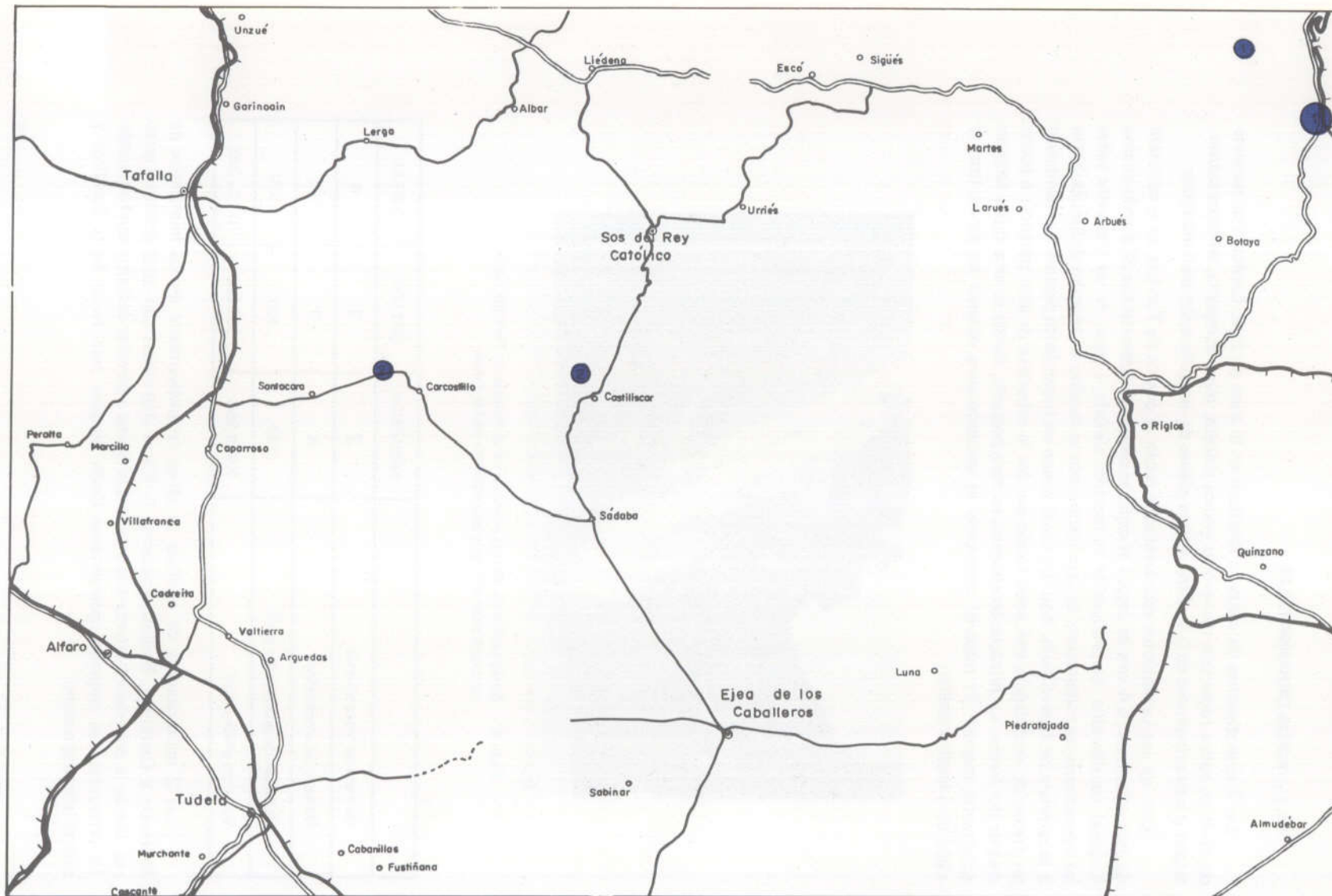
Uno de los yacimientos está localizado junto al puente de Torrijos, en la carretera de Jaca a Canfranc, a 4 kms de Jaca. Las capas se presentan subverticales aflorando en una longitud considerable. La producción es bastante elevada, a pesar de ser manuales todas las operaciones de tratamiento. El otro yacimiento se localiza en término de Sinués, junto a la carretera de Jaca—Sinués. Aquí las capas tienen un buzamiento pequeño, presentando un frente de explotación con poco fondo por ser la cobertera de gran potencia a pocos metros del frente. La producción obtenida es muy pequeña, siendo su arranque y laboreo totalmente manual. El material arrancado es utilizado para obtener bordillos, losas y algún otro motivo similar.



Foto 5.— Explotación de calizas arenosas en el Puente de Torrijos (Jaca), aprovechando el fuerte buzamiento de las capas.




	ARENISCA	CALIZA	TOTAL
Número de instalaciones	2	2	4
Número de empleados	5	7	12
Volumen de producción (m ³)	320	400	772
Valor de producción	2.900.000	3.330.000	6.230.000

Las 2 explotaciones de arenisca se ubica respectivamente en los municipios de Santacara y Castiliscar. Explotan capas de 1—1,5 m alternantes con otras arcillosas gruesas, siendo la cobertera bastante potente lo que obliga a cambiar de frente con frecuencia. La producción es pequeña obteniéndose desde bloques para serrar hasta bordillos y sillares labrados a mano.



UTILIZACION
 Rocas Ornamentales

MATERIALES
 1.— Caliza
 2.— Arenisca

PRODUCCION
 Grande
 Mediana
 Pequeña

4.2.— ARIDOS

Los yacimientos explotados para abastecer esta industria están formados indistintamente por materiales rocosos (caliza) y granulares (grava, arena y zahorra). En total se han inventariado 21 explotaciones de las cuales 20 corresponden a áridos naturales y 1 a áridos de trituración.

4.2.1.— ARIDOS DE TRITURACION

El único yacimiento explotado para la obtención de este producto se localiza en la sierra de Leire, en las inmediaciones del núcleo urbano de Liedana.

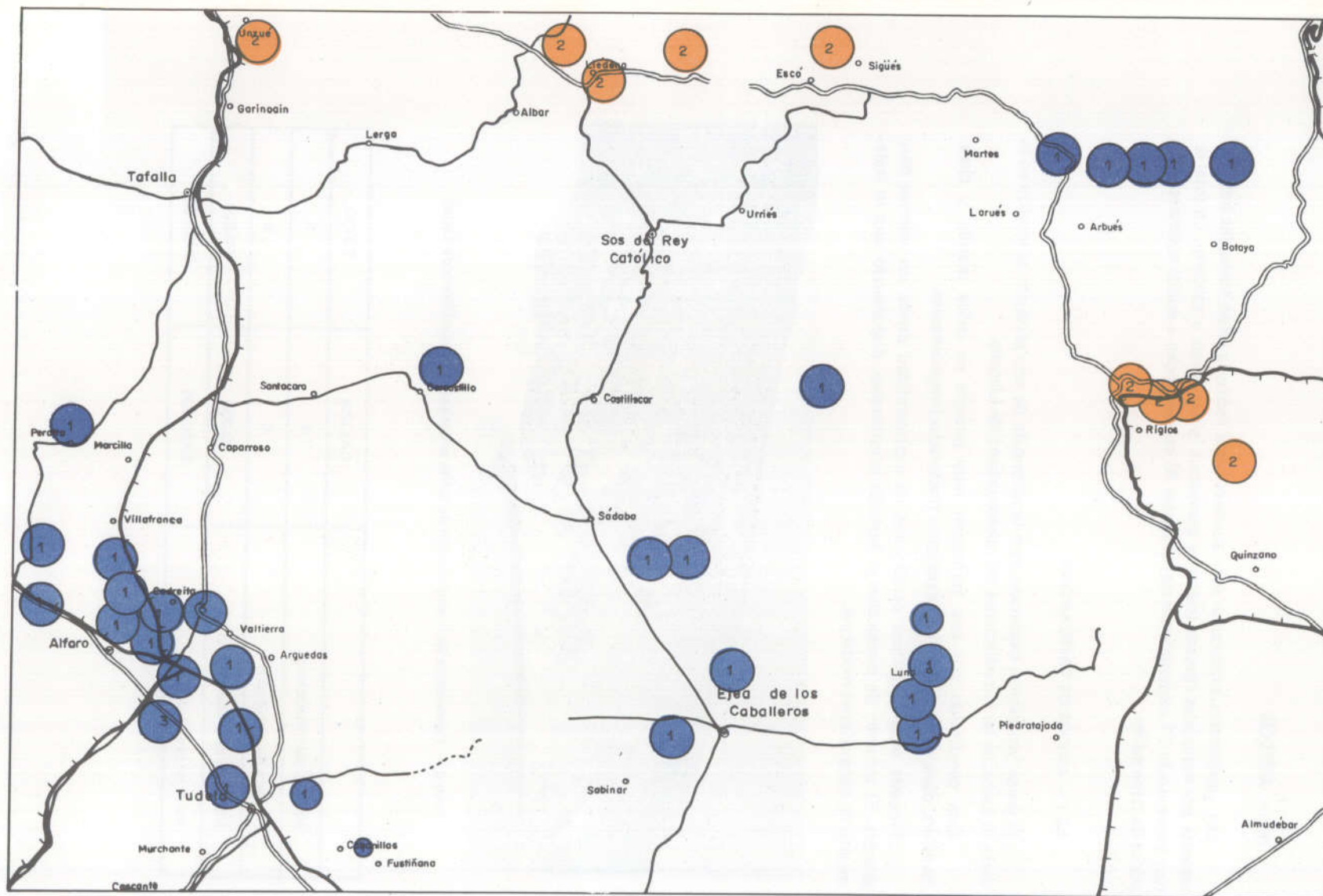
Está constituido por una formación muy potente de caliza marrón y clara, fosilífera, dura, compacta, en capas potentes fracturadas irregularmente.

Presenta unas magníficas condiciones de explotabilidad siendo sus reservas muy grandes. El volumen de producción es bastante considerable, disponiendo para su tratamiento de instalaciones modernas.



Foto 6.— Panorámica de la explotación de caliza eocena en Liedana (Sierra de Leire).

	CALIZA	TOTAL
Número de instalaciones	1	1
Número de empleados	6	6
Volumen de producción (Tm)	90.000	90.000
Valor de producción	9.450.000	9.450.000



UTILIZACION

Arídos Naturales

Arídos de Trituración

MATERIALES

1.— Grava y Arena

2.— Caliza

3.— Zahorra

RESERVAS

Grande

Mediana

Pequeña

4.2.2.— ARIDOS NATURALES

De las 20 explotaciones existentes 19 corresponden a depósitos de grava y arena, y 1 a zahorra.

Las explotaciones de grava y arena se distribuyen por los cauces y terrazas de los principales ríos que discurren por la Hoja.

Las 2 explotaciones del río Aragón se localizan en el Puente de la Reina; zona de Jaca, y Carcastillo, tramo final del río. Las reservas son grandes en ambos yacimientos, sobre todo en Puente de la Reina, donde disponen de una instalación bastante aceptable. Por el contrario en Carcastillo la instalación es muy elemental y la producción pequeña.

A la altura de Peralta, en el cauce del río Arga, se localiza una explotación intermitente con una instalación de clasificación rudimentaria. La producción que se obtiene es muy pequeña, aunque las reservas son grandes y el material de buena calidad.

En la zona del río Ebro se encuentra la mayor concentración de explotaciones, siendo unas de terraza y otras de cauce. En total se han inventariado 11 explotaciones, de las cuales únicamente 3 disponen de instalaciones de tratamiento adecuadas. El resto solamente disponen de instalaciones precarias o de una criba para separar los tamaños mayores.

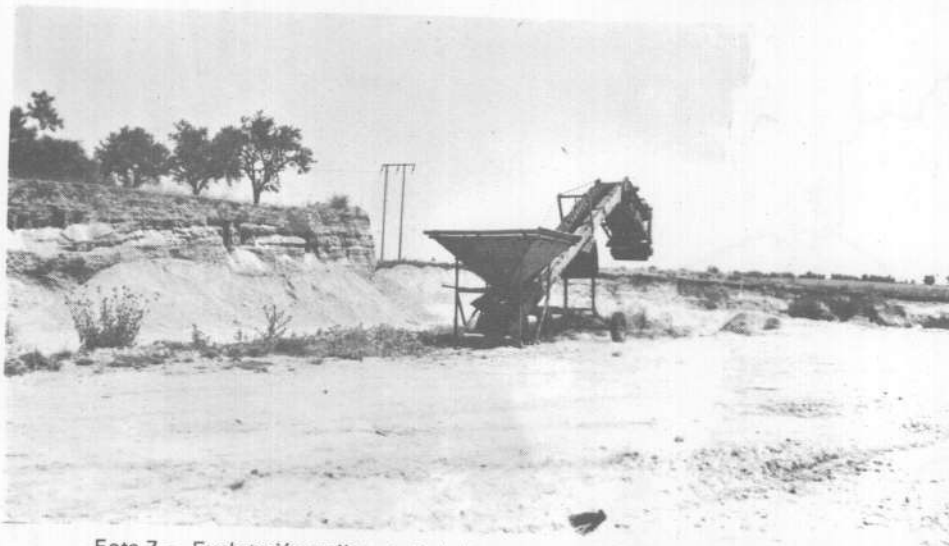
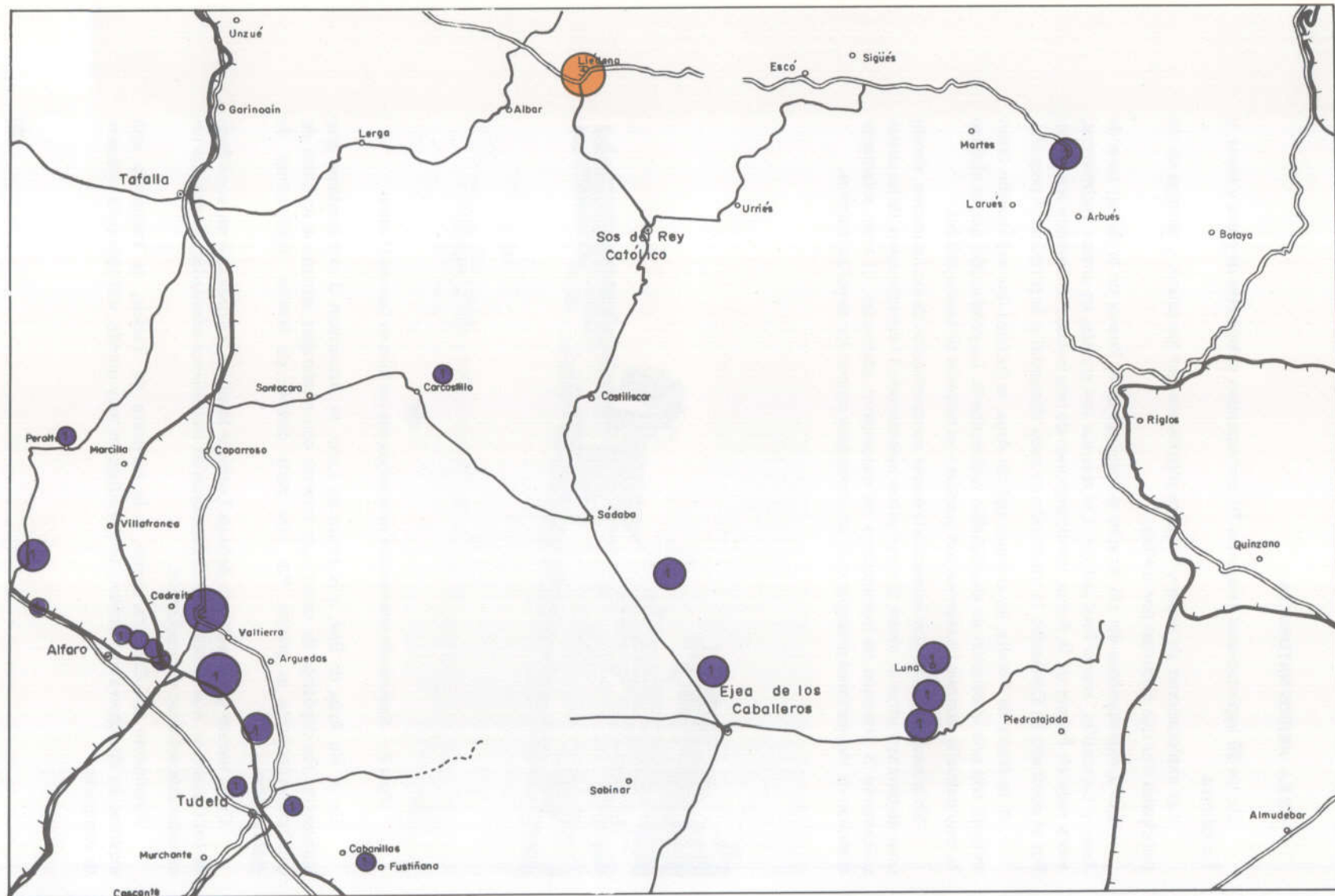


Foto 7.— Explotación rudimentaria de la terraza alta del Ebro en Canraso (Tudela)

En el río Arba de Biel, a la altura de Luna, se encuentran 3 explotaciones que aprovechan los depósitos de cauce. Las reservas son moderadas, aunque el volumen de producción conjunto es grande. Por otra parte carecen de buenas instalaciones de clasificación.

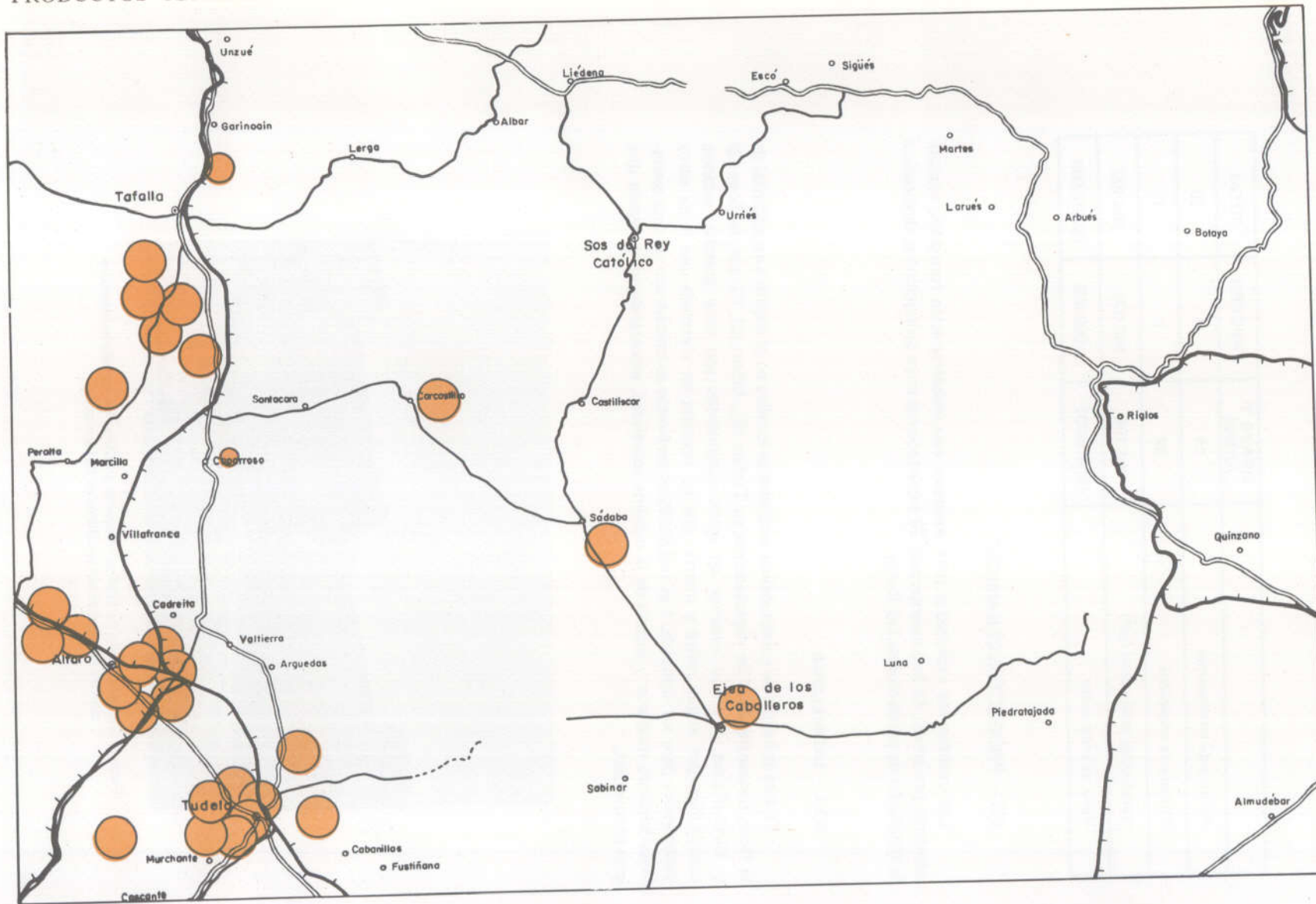
En la terraza y cauce del río Arba de Luesia se localizan 2 explotaciones, zona Egea de los Caballeros, que disponen de instalaciones de tratamiento adecuadas, obteniendo un considerable volumen de producción.

Finalmente en Cadreita, junto a la carretera de Tudela, se encuentra una explotación de zahorra que obtiene una producción muy grande, utilizada para subbases de carreteras.



PRODUCTOS CERAMICOS

ESQUEMA DE YACIMIENTOS SEGUN UTILIZACION Y RESERVAS



UTILIZACION
Ladrillería

MATERIALES
1.- Arcilla

RESERVAS
Grande
Mediana
Pequeña

	GRAVA Y ARENA	ZAHORRA	TOTAL
Número de instalaciones	19	1	20
Número de empleados	39	2	41
Volumen de producción (m ³)	404.100	500.000	904.100
Valor de producción	60.615.000	20.000.000	80.615.000

4.3.— PRODUCTOS CERAMICOS

Los yacimientos explotados para abastecer esta industria están formados, exclusivamente, por arcilla. Se han inventariado 20 explotaciones cuya producción es destinada a la obtención de productos de ladrillería.

4.3.1.— LADRILLERIA

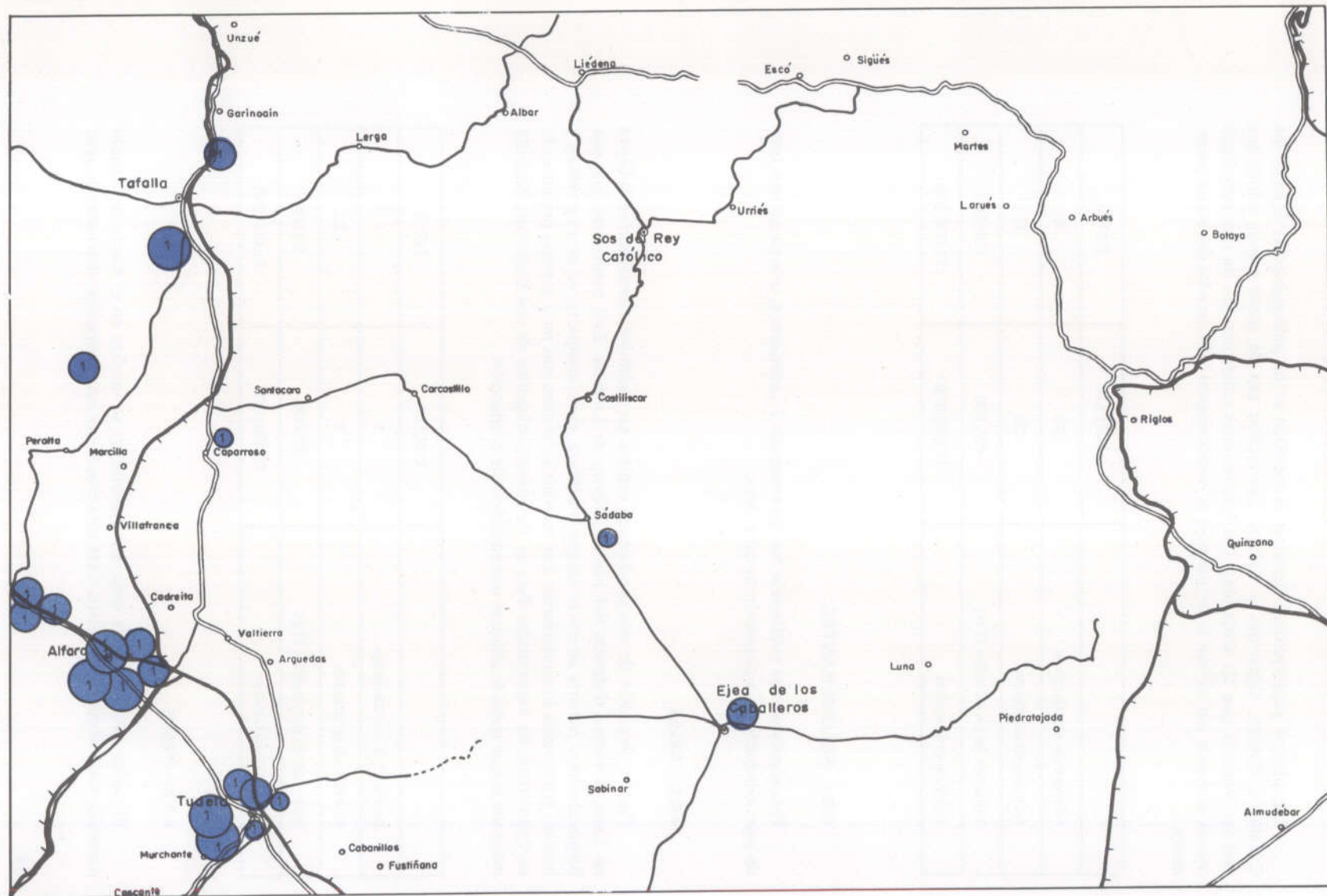
El área principal de explotaciones arcillosas se localiza en el ángulo suroccidental de la Hoja, concentrándose las explotaciones en Tudela (6), Alfaro (5), Rincón del Soto (3) y Olite—Falces (2). Las reservas de estos yacimientos son muy grandes, estando constituidas por arcilla rojiza y marrón que no necesita ser mezclada con la de otros yacimientos para ser utilizada. Las instalaciones cerámicas existentes son de una tecnología bastante moderna y alguna de la máxima actualidad, alcanzando en conjunto una gran producción.



Foto 8.— Explotación de arcillas miocenas en Olite. Se aprecia la intercalación de capas areniscas duras en la formación.




PRODUCTOS CERAMICOS

ESQUEMA DE EXPLOTACIONES SEGUN UTILIZACION Y PRODUCCION



UTILIZACION
 Ladrillería

MATERIALES
 1.- Arcilla

PRODUCCION
 Grande
 Mediana
 Pequeña

Las otras 4 explotaciones restantes se localizan en las poblaciones de Egea de los Caballeros, Sadaba, Caparros y Tafalla. Las arcillas son de tonos claros, siendo sus reservas menores que las anteriores. Las instalaciones existentes son de una tecnología menos avanzada por lo que la producción es notablemente inferior a los del grupo precedente.

	ARCILLA	TOTAL
Número de instalaciones	20	20
Número de empleados	20	20
Volumen de producción (Tm)	425.200	425.200
Valor de producción	17.008.000	17.008.000

4.4.- AGLOMERANTES

Para abastecer esta industria se han inventariado 2 yacimientos, uno de caliza y otro de yeso, destinados a la obtención de cal y yeso.

4.4.1.- CALES

Para la obtención de este producto se explota un yacimiento localizado en la Sierra de Leire, a escasa distancia del núcleo urbano de Liedena. Está constituido por una formación muy potente de caliza eocena, fosilífera, dura, compactas en capas potentes y masivas fracturadas irregularmente. Las reservas existentes son muy grandes presentando un buen frente de explotación. Para su tratamiento disponen de una tecnología bastante avanzada lo que permite alcanzar una considerable producción.

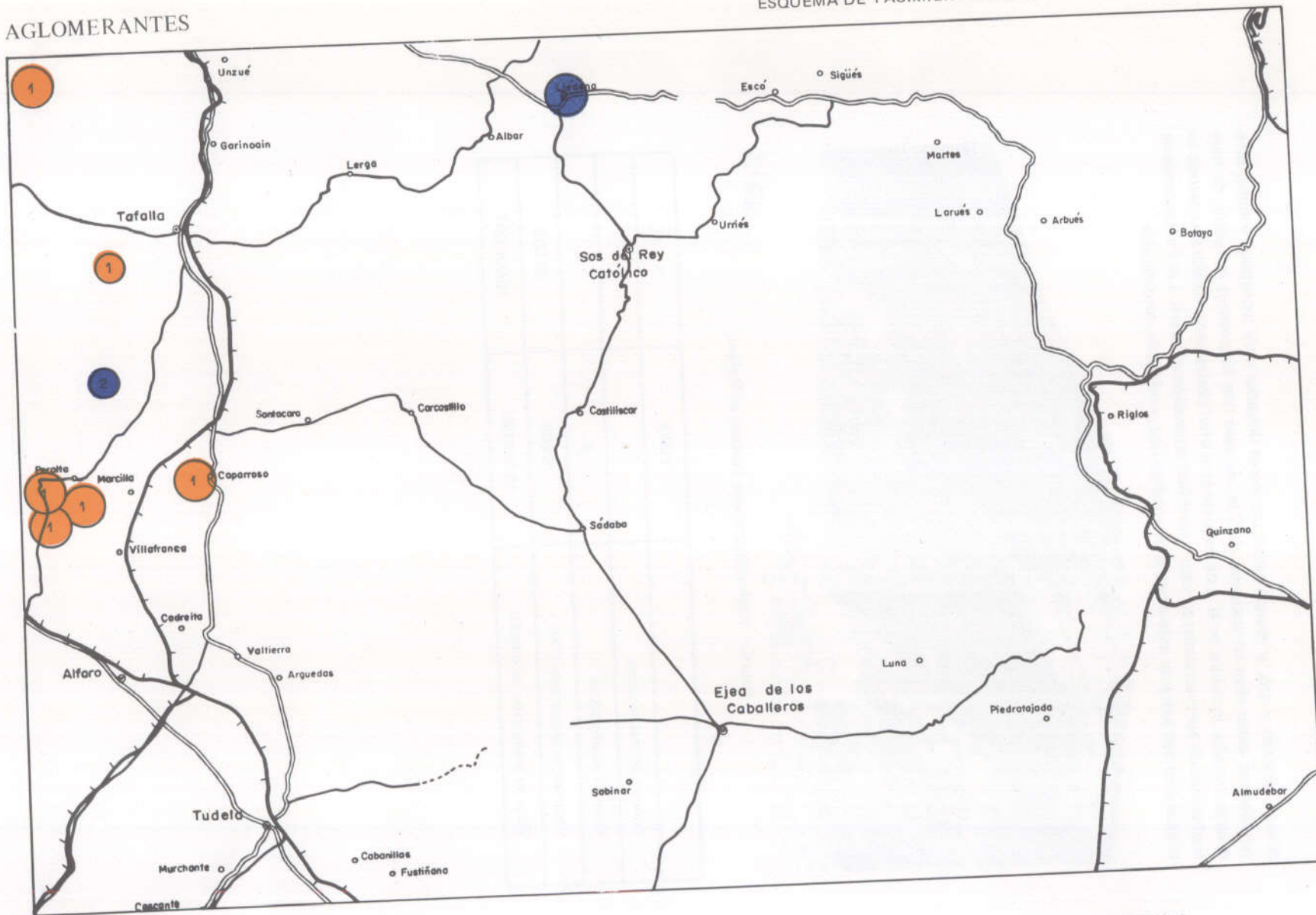
	CALIZA	TOTAL
Número de instalaciones	1	1
Número de empleados	6	6
Volumen de producción (Tm)	60.000	60.000
Valor de producción	81.000.000	81.000.000

4.4.2.- YESOS

El único yacimiento de yeso en explotación se localiza en el borde del angulo noroccidental, término de Mañeru. Está constituido por una formación alternante de yeso

AGLOMERANTES

ESQUEMA DE YACIMIENTOS SEGUN UTILIZACION Y RESERVAS



UTILIZACION

1.- Yesos

2.- Cales

MATERIALES

1.- Yeso

2.- Caliza

RESERVAS

Grande

Mediana

Pequeña

blanco, marrón y gris, y margas grises, en capas delgadas muy replegadas y rotas, diferenciándose entre ellas un paquete, de 5 m, de yeso con fragmentos margosos, de muy diverso tamaño, incluidos en él. Este paquete es el nivel básicamente explotable, siendo su coeficiente de aprovechamiento bajo y de difícil separación el esteril. Las instalaciones de tratamiento son bastante modernas, alcanzándose una producción considerable.

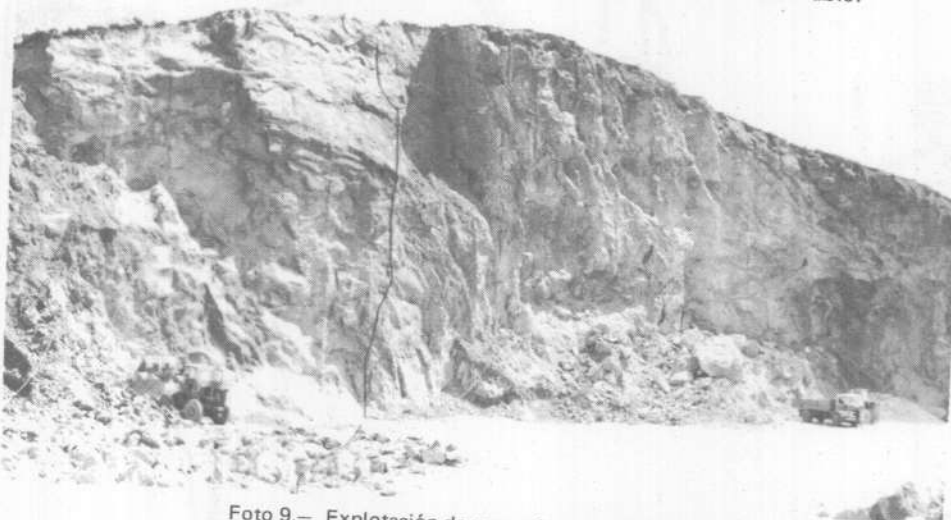
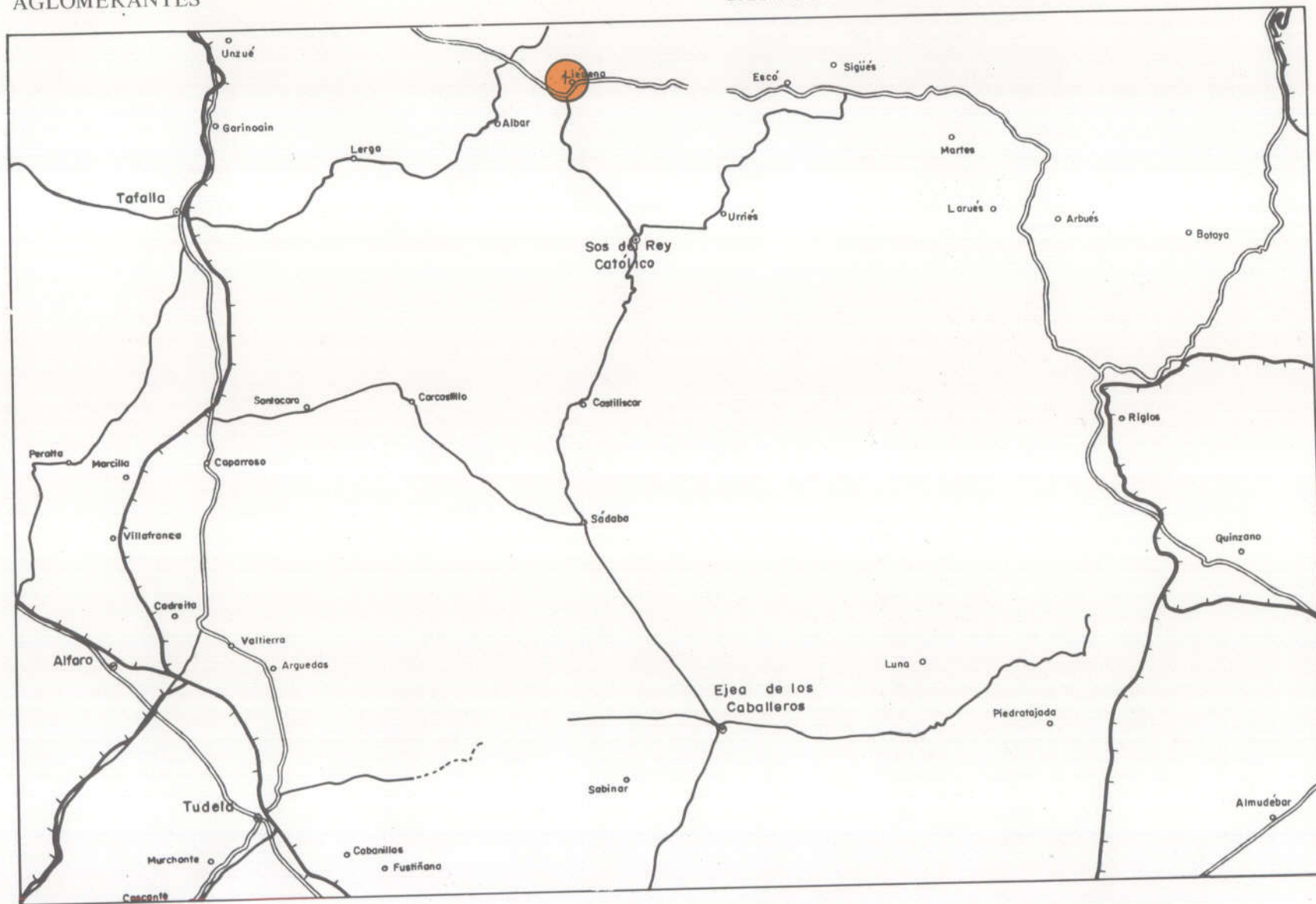


Foto 9.— Explotación de yeso mioceno en Mañeru.

	YESO	TOTAL
Número de instalaciones	1	1
Número de empleados	4	4
Volumen de producción (Tm)	35.000	35.000
Valor de producción (calcinado)	18.000.000	18.000.000

AGLOMERANTES

ESQUEMA DE EXPLOTACIONES SEGUN UTILIZACION Y PRODUCCION



UTILIZACION
Cales

MATERIALES
1.- Caliza

PRODUCCION
Grande
Mediana
Pequeña

5.- CONCLUSIONES

El estudio realizado ha permitido hacer una evaluación cualitativa y cuantitativa de las reservas explotables en los distintos tipos de rocas industriales que se encuentran dentro de la Hoja, así como del grado actual de su aprovechamiento.

También ha permitido conocer de forma directa, la importancia relativa de los distintos tipos de rocas industriales en explotación, y su incidencia dentro del marco de la economía regional. En ocasiones los datos de costes directos o indirectos de explotación, y precios unitarios del material, han tenido que ser estimados o deducidos a partir de consideraciones y comparaciones con precios y costes fiables, ante la imposibilidad de obtenerlos de manera directa con un cierto grado de verosimilitud. En cualquier caso, los valores consignados en los cuadros de producción procedentes, se hallan dentro de los límites reales y razonables encontrados en la región.

El nivel medio de empleo en lo que a explotaciones activas o intermitentes se refiere alcanza su más alto grado en las de caliza para áridos y cales; medio en alguna de rocas ornamentales y yeso, y bajo en las de áridos naturales, ladrillería y las restantes de rocas ornamentales.

El grado de mecanización y tecnología de tratamiento alcanzado en alguna explotación de arcilla para ladrillería puede considerarse como muy alto, entre medio y alto en las de áridos de trituración, cales, yesos, algunos de áridos naturales y mayor parte de ladrillería, y bajo en las restantes de áridos naturales, rocas ornamentales y una de ladrillería.

En el cuadro que figura al final se exponen, de manera esquemática los datos

relativos al número total de explotaciones por tipo de producto obtenido, personal empleado en ellos, volúmenes de producción total y por empleado, así como el valor de la producción anual.

El total de material extraído se cifra en unos 2,2 millones de toneladas anuales, correspondiendo el 71,5 por ciento a los áridos naturales, el 19,8 a ladrillería, el 4,2 a áridos de trituración, el 2,8 a cales, el 1,65 a yesos y solamente el 0,05 a rocas ornamentales.

El valor de la producción se eleva a 212 millones de pesetas, habiendo considerado en cada caso el valor del producto final vendible, salvo el caso de la arcilla en que se ha tenido en cuenta únicamente el valor de la materia prima en cantera. De esta cantidad el 38,3 por ciento corresponde al valor de las cales, el 37,9 a áridos naturales, el 8,4 a yesos, el 8,1 a ladrillería, el 4,4 a áridos de trituración y el 2,9 a rocas ornamentales.

La mayor rentabilidad por individuo corresponde a las cales, en función de su alto precio. A continuación figuran los yesos en razón a la tecnología de las instalaciones de tratamiento. A estos le siguen los áridos con un índice medio por individuo, en razón a la mecanización y fácil arranque de los materiales en los áridos naturales. En último lugar figuran las arcillas para ladrillería, debido al bajo precio del material, y rocas ornamentales, por ser manuales todos los procesos con escaso volumen de producción.

El número de explotaciones abandonadas o paradas es análogo al de las activas, correspondiendo la cifra más elevada a los yacimientos de arenisca (18), seguidos de caliza (9), grava y arena (6), yeso (5) y arcilla y zahorra (1). Las razones de su paro o abandono obedecen a motivaciones distintas en cada caso. En el caso de la arenisca hay que buscarla en la sustitución de este material de construcción por otros de diversa naturaleza, y no en el agotamiento de las reservas. En las de caliza la razón primordial es la mala situación geográfica y accesibilidad; en el caso de la caliza arenosa estriba en las labores de extracción que son antieconómicas. En los de grava y arena, y zahorra el abandono obedece a razones de mercado y no de agotamiento. En el caso del yeso el abandono ha sido motivado por la baja calidad del material y además, en algún caso, accesibilidad mala. En el caso de la zahorra el paro hay que atribuirlo a la falta de mercado en estos momentos y en el de arcilla a razones puramente financieras y no de mercado o reservas.

Finalmente es preciso indicar, a modo de resumen de lo expuesto a lo largo de los capítulos precedentes, que los yacimientos de arcilla son intensamente explotados dando lugar a la industria más significativa de la Hoja, aunque las reservas existentes permiten una explotación notablemente superior. Los yacimientos de grava y arena son explotados muy por debajo de sus posibilidades pero en la medida necesaria para atender el mercado actual. El yacimiento de yeso en explotación se explota con gran intensidad, de acuerdo con las condiciones que presenta. La explotación de caliza para áridos de trituración y cales es explotada con bastante intensidad pero sus posibilidades reales permiten un aprovechamiento muy superior de las reservas existentes.

Finalmente los yacimientos de arenisca y caliza para rocas ornamentales son explotados de forma un tanto rudimentaria pero las condiciones que presentan no permiten un aprovechamiento muy superior de las reservas existentes.

CUADRO RESUMEN DE PRODUCCION

Productos Materiales	Aridos de Trituración	Aridos Naturales	Rocas Ornamentales	Ladrillería	Yesos	Cales	Totales
Caliza	1		2			1	4
Arcilla				20			20
Yeso					1		1
Grava y Arena		19					19
Zahorra		1					1
Arenisca			2				2
Número de Explotaciones	1	20	4	20	1	1	47
Número de Empleados	6	41	12	20	4	6	89
Volumen de Producción (Tm/año)	90.000	1.536.970	1.240	425.200	35.000	60.000	2.148.410
Valor de Producción (Pts./año)	9.450.000	80.615.000	6.230.000	17.008.000	18.000.000	81.000.000	212.303.006
°/o en el Volumen de Producción	4,2	71,5	0,05	19,8	1,65	2,8	100
°/o en el Valor de la Producción	4,4	37,9	2,9	8,1	8,4	38,3	100

BIBLIOGRAFIA

- *Atlas Nacional de España. Instituto Geográfico y Catastral. Madrid 1965.*
- *Boletín del Instituto Nacional de Estadística. Diciembre 1970.*
- *Directorio de canteras de la provincia de Navarra, Huesca y Zaragoza. Delegación de Industria 1974.*
- *Estadística Minera y Metalúrgica de España. Años 1967 y 1974. Ministerio de Industria.*
- *Geografía de España y Portugal. Solé Sabaris, L. Tomo I. Edic. Montaner y Simón. Barcelona 1952.*
- *Geology of the Industrial Rocks and Minerals. Robert L. Botex. Horper al Brothers, Publishers. New York 1960.*
- *Instruction pour L'Inventaire des substances utiles de la France BRGM. Orleans, 68 SGLO 71 BGA.*
- *La industria ladrillera, P. Reverté. Ing. Edit. Reverté. Barcelona 1950.*

- *Plan Nacional de Minería P.M.I.M. Programa Sectorial de Investigación Geotécnica. División General de Minas. Madrid 1971.*
- *Relación de explotaciones de Minas y Canteras. Mutualidad de los Cuerpos de Minas al servicio del Ministerio de Industria. Madrid 1964.*
- *Síntesis geológica a escala 1:200.000. Hoja núm 7-3 (Tudela), Dpto. de Public del IGME, Madrid, 1973.*
- *Técnica y práctica de la Industria de Ladrillería. Eloy Robuste. Ediciones CEAC. Barcelona, 1963.*