



DIRECCION DE RECURSOS MINERALES

# MAPA MINERO DE ESPAÑA

E. 1:1.000.000



# MEMORIA

# **MAPA MINERO DE ESPAÑA**

**E. 1:1.000.000**

## **MEMORIA**

Depósito Legal: M. 12.009 - 1988

I.S.B.N.: 84-505-7449-8

NIPO: 232-87-007-3

Imprime ADOSA - Príncipe de Vergara 210 - 28002 Madrid







## INTRODUCCION

El Mapa Minero de España ha pasado por diferentes etapas y ediciones, en las que se han ido reflejando los rasgos de la minería española en cada momento.

El primer Mapa Geológico-Minero fue editado por el I.G.M.E. en el año 1934 y se realizó a la escala 1:2.500.000. En este Mapa, sobre una base geológica con profusa diferenciación estratigráfica, aparecían los principales rasgos mineros, en base a una representación con barras horizontales multicolores en las que cada color identificaba el tipo de mena beneficiada y su longitud la importancia económica del yacimiento. Este Mapa hacía mención expresa y comparativa de las producciones de hierro y carbón en España y el resto del Mundo, y las producciones (en 1933) de 35 sustancias minerales.

En la edición de 1936, a la escala de 1:2.500.000, se aportaban nuevos datos mineros, en función de la expansión habida en la prospección y puesta en explotación de yacimientos conocidos.

Por último, en 1964, se llevó a cabo la confección y edición del Mapa Minero de España, a la escala de 1:1.000.000, en el que con una base geológica muy simplificada, se reflejaba la situación de las minas, tanto activas como abandonadas, sin expresar la importancia de los yacimientos en sí, el tipo de paragénesis y el origen de las asociaciones minerales explotadas.

En la realización del nuevo Mapa Minero se han utilizado las técnicas del campo de la informática que han permitido tratar y representar un gran número de datos procedentes del Mapa Metalogenético, a la escala de 1:200.000, Padrón Minero y Estadística Minera.

A partir de esta información se ha realizado el Mapa Minero de España, a la escala de 1:1.000.000, sobre una base geológica simplificada, obtenida a partir del Mapa Geológico Nacional publicado por el I.G.M.E. en 1980.

Los datos representados se refieren, fundamentalmente a datos de minería activa, visualizados mediante un círculo coloreado, en el que el color indica la mena principal en explotación, y su tamaño la importancia relativa de la mina, de acuerdo con el cuadro adjunto.

Se han representado asimismo, algunas minas abandonadas que, tradicionalmente, han tenido gran importancia en la minería española; su representación se ha realizado mediante un trián-

gulo coloreado de tamaño único, en el que el color indica el tipo de mena que se explotaba.

Los criterios seguidos para la clasificación de los yacimientos están en relación a la minería internacional y con referencia a los depósitos mejor conocidos del Mundo. Así pues, cuando aparece en el Mapa un yacimiento de importancia grande, se quiere indicar que es grande a nivel mundial.

Con el fin de paliar la inexistencia de datos fiables sobre reservas en algunas explotaciones mineras, se ha considerado la producción de las mismas en la representación gráfica del tamaño o categoría de los yacimientos.

La información recogida en el nuevo Mapa Minero hace del mismo un documento de carácter infraestructural o básico, por cuanto puede ser utilizado para la programación de acciones encaminadas al desarrollo minero, para la ordenación del territorio, para fines educativos, etc.

Desde el punto de vista científico expone la potencialidad minera de los distintos distritos mineros y depósitos minerales en relación con los ámbitos geotectónicos, dominios estructurales y unidades geológicas en que se ubican.

Por otra parte, el Mapa Minero presenta un importante aspecto formativo y educacional, al familiarizar y hacer asequibles conceptos de gran interés científico, junto con divulgar el conocimiento existente sobre la minería del país.

Finalmente hay que señalar un hecho importante que condiciona el contenido del presente estudio.

Tras la última crisis económica se produjo un estancamiento en la demanda de materias primas minerales, y como consecuencia, un exceso de oferta que llevó a una baja de los precios, sobre todo, de los metales base. Esta situación de crisis de precios, acentuada en los últimos años, condujo al cierre de numerosas minas en todo el mundo y como es lógico en nuestro país. En los tres últimos años, han cerrado numerosas instalaciones mineras o han experimentado paradas y reactivaciones en función de circunstancias coyunturales. Diversos proyectos mineros se hallan en situación de espera, a la expectativa de una situación más favorable.

Por ello, y dada la situación variable del sector, se refleja en este estudio el estado de las principales instalaciones en 1985, época en la que puede estimarse que la inestabilidad se hizo más patente.

## 1 MARCO GEOLOGICO

Los terrenos que afloran en la Península Ibérica pueden agruparse según pertenezcan a dominios o áreas de plataforma, o de orógenos (cordilleras), considerando como áreas de plataforma aquellas cuya cobertera está poco o nada deformada y reposa sobre un zócalo cratonizado<sup>1</sup>.

Las áreas o dominios de plataforma en España son zonas en que una cobertera mesozoica y/o cenozoica se apoya sobre un zócalo herciniano. El resto de los terrenos pertenecen a los dominios de la orogenia hercínica y antehercínica, y de la alpina; los terrenos precámbricos han sido incorporados de hecho a la cadena hercínica.

La mitad occidental de España está ocupada por el Macizo Hespérico, área de basamento

### CATEGORIA DE LOS YACIMIENTOS

Sustancia	Pequeño	Medio	Grande
Fe (t mineral)	$< 20 \cdot 10^6$	$20 \cdot 10^6 - 1.000 \cdot 10^6$	$> 1.000 \cdot 10^6$
Mn (t mineral)	$< 1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6 - 5 \cdot 10^6$	$> 5 \cdot 10^6$
Sn (t Sn)	$< 2.000$	$2.000 - 25.000$	$> 25.000$
W (t $WO_3$ )	$< 2.000$	$2.000 - 25.000$	$> 25.000$
Cu (t Cu)	$< 10.000$	$10.000 - 250.000$	$> 250.000$
Pb-Zn (Ag) (t Pb + Zn)	$< 50.000$	$50.000 - 1.000.000$	$> 1.000.000$
Sb (t Sb)	$< 2.000$	$2.000 - 25.000$	$> 25.000$
Au (t Au)	$< 5$	$5 - 100$	$> 100$
Hg (frascos Hg)*	$< 10.000$	$10.000 - 100.000$	$> 100.000$
U (t $U_3 O_8$ )	$< 500$	$500 - 10.000$	$> 10.000$
Pirita-Sulfuros complejos (t de mineral)	$< 1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6 - 30 \cdot 10^6$	$> 30 \cdot 10^6$
Aluminio (t bauxita)	$< 500.000$	$500.000 - 5 \cdot 10^6$	$> 5 \cdot 10^6$
Fluorita (t mineral)	$< 100.000$	$100.000 - 2,5 \cdot 10^6$	$> 2,5 \cdot 10^6$
Barita (t mineral)	$< 10.000$	$100.000 - 2,5 \cdot 10^6$	$> 2,5 \cdot 10^6$
Potasas (t mineral)	$< 2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6 - 200 \cdot 10^6$	$> 200 \cdot 10^6$
Sal gema (t mineral)	$< 1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6 - 200 \cdot 10^6$	$> 200 \cdot 10^6$
Glauberita-Thenardita (t mineral)	$< 200.000$	$200.000 - 2 \cdot 10^6$	$> 2 \cdot 10^6$
Magnesita (t mineral)	$< 10^6$	$10^6 - 50 \cdot 10^6$	$> 50 \cdot 10^6$
Caolín (t mineral)	$< 500.000$	$500.000 - 5 \cdot 10^6$	$> 5 \cdot 10^6$
Arcillas especiales (t mineral)	$< 500.000$	$500.000 - 5 \cdot 10^6$	$> 5 \cdot 10^6$
Estroncianita (t mineral)	$< 10.000$	$10.000 - 100.000$	$> 100.000$
Talco (t mineral)	$< 100.000$	$100.000 - 1 \cdot 10^6$	$> 1 \cdot 10^6$
Cuarzo (t mineral)	$< 2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^6$	$> 20 \cdot 10^6$
Feldespato (t mineral)	$< 200.000$	$200.000 - 5 \cdot 10^6$	$> 5 \cdot 10^6$
Carbón (t mineral)	$< 10 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^6 - 1.000 \cdot 10^6$	$> 1.000 \cdot 10^6$
Petróleo ( $m^3$ )	$< 15 \cdot 10^6$	$15 \cdot 10^6 - 1.000 \cdot 10^6$	$> 1.000 \cdot 10^6$
Gas ( $m^3$ )	$< 50 \cdot 10^9$	$50 \cdot 10^9 - 5 \cdot 10^{12}$	$> 5 \cdot 10^{12}$

\*1 frasco = 34,473 kg

paleozoico deformada por la orogenia herciniana, y por la Meseta, una extensa penillanura que consta de dos zonas, la cuenca del Tajo y la del Duero, separadas por el Sistema Central.

Las unidades correspondientes al dominio alpino incluyen los Pirineos y la Cordillera Bética.

### DOMINIO HERCINICO

La cordillera hercínica aflora en una gran extensión en la mitad occidental de España, formando el llamado Macizo Hespérico con el que se relacionan los núcleos paleozoicos de la Cordillera Ibérica. Otros afloramientos paleozoicos se encuentran en las Cadenas Costeras Catalanas, y con mucha menor entidad en la zona axial de los Pirineos y en las zonas internas de la Cordillera Bética.

#### El Macizo Hespérico

El Macizo Hespérico puede ser dividido en un cierto número de zonas cuya dirección está controlada por los esfuerzos de la orogenia hercínica. Considerado en su conjunto, presenta una simetría bilateral, con terrenos más modernos en las zonas periféricas, en contraste con terrenos más antiguos, del Paleozoico Inferior y Precámbrico, en la zona central.

Los terrenos más antiguos del Precámbrico se componen principalmente de anfibolitas, peridotitas, neises, eclogitas y granitos. En el noroeste de la península, estas rocas afloran en los complejos polimetamórficos de Cabo Ortegal, Ordenes, Lalín, etc, y también en una amplia zona paralela a la costa occidental de Galicia; con ellas se relacionan las explotaciones de cobre de Arinteiro, las de dunitas de la Sierra de la Capeleda, del área de Ortigueira y de Narón, y las de serpentininas de la provincia de Pontevedra.

El Precámbrico Superior ocupa una mayor extensión y está constituido principalmente por neises, esquistos, pizarras, areniscas, cuarcitas y volcánicas ácidas y básicas.

El plutonismo prehercínico es prácticamente estéril al igual que el volcanismo, al menos en lo que a depósitos minerales económicamente explotables se refiere.

El Cámbrico está constituido predominantemente por conglomerados, pizarras, areniscas, calizas y volcánicas. A las calizas y dolomías se asocian importantes mineralizaciones como las de Pb-Zn de Rubiales (Lugo), las de hierro de Cala (Huelva) y las de magnésitas en Rubián (Lugo).

El Ordovícico está constituido esencialmente por pizarras, areniscas, cuarcitas y calizas, mientras que el Silúrico lo está por pizarras y areniscas. Importantes yacimientos se relacionan con su litología y estratigrafía, como los de cinabrio de Almadén (Ciudad Real), de hierro en la región noroeste, y las explotaciones de pizarras de Galicia, León y Zamora.

Los terrenos devónicos, pizarras, areniscas, cuarcitas, y calizas, afloran preferentemente en las áreas periféricas del Macizo.

El Carbonífero presenta una gran variedad de facies y litologías y, al igual que el Devónico, se encuentra en las áreas periféricas. En la zona de Asturias los depósitos de fluorita se sitúan en el tránsito del Carbonífero Inferior al Pérmico; en la provincia de León se explotan talcos; y en la región suroeste, la gran provincia metalogénica de sulfuros polimetálicos se asocia a un complejo volcánico-sedimentario del Carbonífero Inferior.

Especial importancia presentan las explotaciones mineras de carbón de las cuencas de Asturias, León, Palencia, Puertollano (Ciudad Real) y Espiel-Peñarroya (Córdoba).

Al final del Carbonífero la orogenia hercínica plegó intensamente los sedimentos del orógeno, iniciada con anterioridad en la llamada fase Bretónica y que siguió con las fases Sudética y Astúrica. Generalmente, el metamorfismo y la granitización acompañaron al plegamiento, principalmente en las áreas de escasa subsidencia. Los episodios magmáticos originaron la mayor parte de las mineralizaciones de estaño y volframio (San Finx, Santa Comba, Calabor, Barruecopardo, etc.), de antimonio (Alburquerque y Herrera del Duque), de plomo y cinc de Linares-La Carolina-Santa Elena (Jaén), de fluorita de Cerro Muriano (Córdoba), de hierro de Cala, etc.

### DOMINIOS DE PLATAFORMA Y CORDILLERAS DE TIPO INTERMEDIO

El Macizo Hercínico constituyó durante todo el Mesozoico un área con tendencia a la elevación, rodeada por zonas de sedimentación marina; los mares mesozoicos avanzaron, según las diferentes épocas, más o menos profundamente hacia el interior del Macizo. Este se encuentra desprovisto de cobertera a causa de la falta de sedimentación y/o por la erosión experimentada. La extremidad sudeste del Macizo está delimitada por la depresión del Guadalquivir y por la Cordillera Bética de tipo alpino. Al este del Macizo se extiende una amplia plataforma, que al-

canza el Mediterráneo, dentro de la cual existen las siguientes unidades de significación muy diferente.

### **Las Depresiones Terciarias de la Meseta**

El Sistema Central, relieve constituido por bloques elevados del zócalo, separa la cuenca del Duero de la del Tajo. Ambas cuencas están constituidas por sedimentos continentales y lacustres terciarios. Asociados con las facies lacustres aparecen depósitos de yesos ampliamente distribuidos, de glauberita en la provincia de Burgos, de thenardita en la de Toledo, de sepiolita en Madrid y Toledo, y de attapulgita en la provincia de Cáceres.

Separadas de la cuenca del Tajo propiamente dicha se encuentran otras depresiones, de las cuales la más extensa es la de Badajoz, también con sedimentos terciarios.

### **La Cordillera Ibérica**

La Cordillera Ibérica es una típica cordillera de zócalo y cobertera, constituida por rocas del Precámbrico y del Paleozoico cobijadas por una bien desarrollada secuencia del Mesozoico y Terciario.

Si bien existieron movimientos intramesozoicos, no es hasta el Terciario cuando se produce la verdadera deformación de la Cordillera Ibérica. El zócalo aparece fracturado en bloques y, en algunos casos, llega a cabalgar claramente a los materiales de cobertera, la cual se adapta en parte a la estructura de aquél, dando estructuras de revestimiento, aunque también se pliega en parte a favor de despegues en los niveles más plásticos del Keuper. Por último, durante el Neógeno, la Cordillera Ibérica fue afectada por la tectónica de fracturas que se desarrolló sobre grandes áreas de Europa y del Mediterráneo occidental, pertenecientes o no al dominio de las cordilleras alpinas.

En relación con rocas del Paleozoico destacan los depósitos de hierro de Sierra Menera-Almohaja, en las provincias de Teruel y Guadalajara, encajados en dolomías del Asghill, y las mineralizaciones de barita de la provincia de Zaragoza; concentraciones de sal y yeso existen en el Trías, depósitos de caolín y arenas silíceas aparecen en la "facies Utrillas" del Albense, y con menor entidad en el Wealdense; y en el tránsito Aptense-Albense, los yacimientos de lignitos negros de la provincia de Teruel.

Una orla de terrenos mesozoicos y terciarios

bordea por el norte al Macizo Hespérico y se extiende, sumergida bajo el mar, por toda la plataforma continental. También, desde el límite de las provincias de Asturias y Santander hacia el este, existe una amplia zona mesozoica con una potente cobertera que forma la mitad oriental de la Cordillera Cantábrica, comprendida entre el borde indeformado del Macizo Hespérico, la Cordillera Ibérica y el Pirineo. Existe una tectónica de bloques, análoga a la de la Cordillera Ibérica, y diapiros triásicos.

### **La Cuenca del Ebro**

Comprendida entre el Pirineo, la Cordillera Ibérica y las Cadenas Catalanas, se comunica con la cuenca del Duero o de Castilla la Vieja a través de un estrecho corredor al norte de la Sierra de la Demanda, en la provincia de Burgos.

La depresión está colmatada por sedimentos fluvio-lacustres del Oligoceno al Mioceno que se depositaron cuando la cuenca estuvo ocupada por un mar interior. Los sedimentos de los bordes de la cuenca tiene carácter molásico, que es menor evidentemente hacia el interior. El Terciario Inferior contiene depósitos de sales potásicas en Navarra y Barcelona, y de yeso en diversas áreas.

### **Las Cadenas Costeras Catalanas**

Ocupa una estrecha franja costera comprendida entre los Pirineos, la depresión del Ebro y el Mar Mediterráneo. Geomorfológicamente se divide en tres unidades, la Cordillera Litoral, la Depresión Prelitoral y la Cordillera Prelitoral.

Las rocas del zócalo son predominantemente pizarras, calizas, grauvacas y volcanitas, con edades comprendidas entre el Cambro-Ordovícico y el Carbonífero Inferior, y rocas graníticas. La cobertera, constituida por materiales del Mesozoico y Terciario, aparece bien desarrollada en los bordes de la Cuenca del Ebro donde afloran conglomerados, areniscas, calizas, arcillas y yesos terciarios. Los terrenos neógenos y cuaternarios, posteriores a la orogenia alpina, aparecen rellenando fosas; rocas volcánicas de esta edad afloran en la extremidad nordeste de la cordillera costera que son objeto de una activa explotación minera.

La parte nordeste de las Cadenas Costeras Catalanas fue deformada, al igual que el Pirineo, durante el Eoceno, mientras que la sudoeste lo fue durante el mismo período que la Cordillera Ibérica.

Las principales mineralizaciones son las de Pb-Zn en volcanitas devónicas, en la provincia de Tarragona, y las de flúor, plomo, cinc y bario, relacionadas con rocas graníticas del magmatismo hercínico, en las provincias de Gerona y Tarragona.

## **DOMINIO ALPINO**

La Cordillera Bética y la Pirenaica son las cordilleras que forman parte del sistema alpino. La primera presenta una complicada estructura de mantos junto con un metamorfismo de edad alpídica; la segunda presenta una estructura bilateral, con una zona axial paleozoica bordeada por dos ramas de vergencia opuestas.

### **La Cordillera Bética**

Constituye una gran unidad estructural que se extiende desde las costas de Cádiz hasta las de Valencia, prolongándose a las Islas Baleares.

Se divide en tres unidades principales: La zona Prebética, que se extiende desde las cercanías de Martos (Jaén) hasta el Cabo de la Nao; la zona Subbética, situada al sur de la anterior, y que se prolonga hacia el oeste hasta el Golfo de Cádiz; y la zona Bética, situada entre la anterior y las costas mediterráneas, entre Estepona y el Cabo de Palos. Estas unidades pueden agruparse en dos conjuntos: las zonas externas, que incluyen las zonas Subbéticas y Prebéticas, en que la orogenia alpina afecta sólo a los materiales post-paleozoicos de la cobertera; y las zonas internas, zona Bética, donde las estructuras alpinas afectan conjuntamente a las rocas mesozoicas y paleozoicas.

Además de las unidades reseñadas, la Cordillera Bética comprende otros elementos estructurales más o menos autónomos con respecto a los anteriores: El Complejo del Campo de Gibraltar formado por un conjunto de mantos de corrimientos; la Depresión del Guadalquivir, que con características de antefosa bordea la Cordillera Bética y la separa del Macizo Hespérico; y las depresiones interiores (de Granada, de Guadix, del Bajo Segura, etc.), de origen tectónico y de formación más tardía que las estructuras de plegamiento y de mantos de corrimiento.

En la zona Prebética existen depósitos económicos de sal en el Trías, explotaciones antiguas de calamina en las calizas del Muschelkalk de la Sierra del Alcázar, etc. En la zona Subbética destacan los ocreos rojos de las provincias de Jaén y Granada. La zona Bética es la que presen-

ta mayor profusión de mineralizaciones de interés económico; destacan los depósitos de hierro de Alquife y El Marquesado (Granada), los de Pb-Zn de la Sierra de Cartagena, los de plomo y flúor de las Sierras de Gádor, Lújar y Almagrera, los de Pb-Au-Ag de Cabo de Gata, los de Au-Ag-Te de Rodalquilar (Almería), los de dunita de la Serranía de Ronda (Málaga) y los de bentonitas asociadas a volcanitas terciarias.

Por último hay que señalar que las Islas Baleares constituyen la prolongación oriental de la Cordillera Bética. La Isla de Menorca, única en la que aflora el Paleozoico, presenta características geológicas muy diferentes a las demás.

Destaca en la isla de Mallorca los lignitos oligocenos de Lloseta-Binisalem.

### **La Cordillera Pirenaica**

El Pirineo se extiende desde el macizo de Aya, en Guipúzcoa, hasta el Cabo de Creus, en Gerona, presentando una división estructural bien diferenciada. Una zona axial, constituida por sedimentos paleozoicos y rocas plutónicas y metamórficas, separa otras dos formadas por terrenos de cobertera mesozoicos y terciarios (las zonas subpirenaicas, septentrional y meridional).

Los materiales paleozoicos del Pirineo fueron afectados intensamente por la orogenia hercínica y, respecto a la orogenia alpina, constituyen el zócalo sobre el que se depositó la cobertera. Zócalo y cobertera fueron deformados posteriormente originándose una superposición de estructuras alpílicas y hercínicas.

Entre las mineralizaciones de la Cordillera Pirenaica destacan los depósitos de magnesita de Eugui, en la provincia de Navarra, los de flúor del macizo de Aya y Sallent, los de Pb-Zn de Bielsa (Huesca), los antiguamente explotados de níquel y cobalto de Gistain (Huesca), y los lignitos de la cuenca de Berga-Tuixent.

### **La Cordillera Vasco-Cantábrica**

Las estructuras pirenaicas se continúan hacia el oeste formando la Cordillera Vasco-Cantábrica hasta el macizo Astur. Los materiales, de edad mesozoica y terciaria, fueron deformados por la orogenia alpídica.

Un rasgo característico de la región vasco-cantábrica es la existencia de numerosos diapiros originados por procesos halocinéticos a partir del Trías salino.

Importantes yacimientos se localizan en esta cordillera en relación con las calizas del Urgo-

aptense; los depósitos de hierro de Bilbao, los de Pb-Zn de Reocín (Santander), los de flúor, plomo y cinc de Carranza (Vizcaya), y los Pb-Zn de Beasain (Guipúzcoa).

#### **SISTEMA DE FOSAS**

Durante el Mioceno Superior, Plioceno y Cuaternario se desarrolló una tectónica de fractura, que afectó fundamentalmente a la parte

oriental de España, originándose una serie de fosas y sedimentación correlativa de materiales neógenos y cuaternarios que rellenaron aquéllas. Simultáneamente surgieron numerosos y pequeños volcanes de carácter alcalino, principalmente en la región norte de Cataluña y en el Campo de Calatrava (Ciudad Real).

Especial interés tienen las fosas de Puentes de García Rodríguez y Meirama, en La Coruña, con importantes yacimientos de lignitos pardos, y la de Arenas del Rey, en Granada.

## 2 DEPOSITOS MINERALES

Desde los albores de la minería, han existido explotaciones en la Península Ibérica para la obtención de muy diversas sustancias. Determinados autores suponen que algunos depósitos minerales eran probablemente conocidos en el sexto milenio antes de la Era Cristiana. Fenicios, griegos, cartagineses y romanos laborearon y beneficiaron oro, plata, cobre, plomo, cinc y cinabrio (Las Médulas, Tharsis, Cartagena, Almadén, etc.).

La caída del imperio romano llevó consigo la de su activa minería y ésta quedó totalmente paralizada durante siglos, ya que durante el dominio árabe la actividad minera fue muy escasa.

La incipiente reactivación iniciada durante la Edad Moderna se vio frustrada tras el descubrimiento de América. Los hallazgos de cobre en Tasco, de oro en Carabaya, de plata en Santo Domingo, Jalisco, Potosí, Guanajato, etc., motivaron una vez más la paralización de la minería hispana.

Salvo casos aislados, como Almadén y Río Tinto que mantuvieron una actividad floreciente durante el siglo XVIII, no es hasta mediados del siglo XIX que se inicia una intensa actividad minera, en la que el capital extranjero, inglés y francés fundamentalmente, juega un papel preponderante. A finales de esta centuria se alcanzaban producciones anuales de más de 60.000 toneladas de cobre, más de 2.000.000 de toneladas de piritas, más de 13.000.000 de toneladas de hierro, etc., que prácticamente en su totalidad se exportaban a Europa. Esta situación continuó sin variación sensible a lo largo del primer tercio del siglo actual, pudiendo decirse que una buena parte del desarrollo industrial de Europa tuvo lugar a expensas de la minería española.

La tradicional tendencia española a la exportación de numerosas sustancias minerales, anterior a la segunda guerra mundial, cambió radicalmente ante la enorme demanda de materias primas operada en los últimos treinta años originada por la intensa industrialización del país que alcanzó el mayor índice de expansión de su in-

dustria durante la década 1960-1970. Los índices de dependencia y vulnerabilidad en el abastecimiento nacional de materias primas minerales han aumentado rápidamente y el valor de su producción minera, e incluso su ritmo de crecimiento, ha descendido alarmantemente.<sup>2</sup>

La dependencia media, que en los 60 era del 46 por ciento aproximadamente, aumentó en seis puntos en la década de los años 70. Y las cuatro sustancias fundamentales en las que en 1961 se tenía una dependencia del 100 por ciento pasaron a ser seis, en 1980 (asbesto, cromo, níquel, fosfato, manganeso y titanio).

En 1984, Cuadro 2.1, según datos de la Dirección General de Minas, las diez sustancias minerales más importantes, atendiendo al valor de su producción, fueron las siguientes: Hulla, lignito, antracita, caliza, cobre, potasas, cinc, hierro, metales preciosos y piritas.

En el grupo de los minerales metálicos seis sustancias representaron más del 90% del valor de la producción del mismo: Cobre, cinc, hierro, metales preciosos, piritas y plomo.

En el grupo de los no metálicos, integrado por unas treinta sustancias diferentes, tres de ellas (potasas, sal común y arcillas especiales) representaron el 63,2% del valor de la producción del grupo. Las anteriores, junto con la magnesita, espato flúor y sulfato sódico, superaron el 85% del mencionado valor.

Respecto al grupo de las rocas industriales, sólo la caliza representó el 46% del valor de la producción, el cual se aproxima al 70% al considerar la producción de arenas y gravas, y pizarras.

Los cuadros del valor de las producciones, en los años de 1978 a 1984, resumen la evolución de la actividad minera.

Como principales áreas mineras destacan Asturias, debido a sus explotaciones de hulla, antracita y espato flúor, y Castilla y León, también por su producción de hulla (León), antracita (León y Palencia), uranio, estaño y wolframio (Salamanca) y de glauuberita (Burgos).

Andalucía es otra de las áreas importantes



Cuadro 2.1

Evolución del valor de la producción minera (en MP)\*

## RECURSOS ENERGETICOS

Sustancias	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	% 1984
Hulla ... ..	27.604	31.419	42.685	53.781	70.040	70.842	74.313	43,1
Lignitos ... ..	7.511	10.437	17.608	31.276	38.082	48.888	53.775	31,2
Antracita ... ..	11.687	13.349	18.455	26.315	30.856	35.392	39.792	23,1
Uranio y otros ...	384	440	1.019	1.706	2.843	4.324	4.243	2,6
Total energéticos	47.186	55.645	79.767	113.078	141.821	159.446	172.123	100

## MINERALES METALICOS MAS IMPORTANTES

Sustancias	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	% 1984
Hierro ... ..	5.376	5.919	7.758	8.246	9.194	10.340	11.239	15,3
Cinc ... ..	3.677	4.024	5.782	7.946	8.036	10.438	18.299	25,0
Cobre ... ..	3.149	4.600	8.188	8.677	8.039	13.917	15.330	20,9
Oro y plata (bullión) ... ..	1.575	2.417	6.083	5.540	5.482	9.054	10.104	13,8
Pirita ... ..	2.660	3.050	4.041	4.799	5.121	5.832	6.880	9,4
Plomo ... ..	3.570	5.299	7.572	6.314	4.717	5.732	6.272	8,6
Estaño ... ..	653	508	484	720	717	770	857	1,2
Wolframio ... ..	484	470	520	691	744	710	807	1,1
Mercurio ... ..	306	479	1.275	1.673	1.967	1.858	2.243	3,1
Otros ... ..	393	470	633	854	801	679	1.204	1,6
Total minerales met.	21.843	27.236	42.336	45.460	44.818	59.300	73.245	100

## MINERALES NO METALICOS MAS IMPORTANTES

Sustancias	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	% 1984
Potasa ... ..	5.563	6.260	8.834	12.400	10.778	11.545	13.070	34,5
Arcillas especiales	958	2.607	3.281	3.976	4.796	4.950	5.756	15,2
Sal común ... ..	3.055	2.593	3.485	4.351	3.776	4.363	5.114	13,5
Magnesita ... ..	1.514	1.852	2.442	2.256	2.658	3.155	—	—
Espato flúor ...	1.520	1.151	2.090	3.019	2.555	2.396	3.374	8,9
Sulfato sódico ...	696	975	547	1.026	1.432	2.538	3.603	9,5
Caolín lavado ...	512	585	709	819	878	1.296	2.019	5,3
Feldespato ... ..	172	234	279	344	378	379	510	1,3
Otros ... ..	1.829	2.115	2.761	2.932	3.175	3.443	4.407	11,8
Total no metal.	15.819	18.732	24.428	31.123	30.426	34.065	37.853	100

\* FUENTE: Dirección General de Minas

### ROCAS INDUSTRIALES MAS IMPORTANTES

Sustancias	1978	1979	1980	1981	1982	1983	% 1983
Caliza ... ..	8.359	9.035	10.604	12.461	15.955	17.787	45,9
Arenas, gravas, etc ... ..	2.896	3.215	3.593	4.323	4.780	5.209	13,4
Pizarra ... ..	1.746	2.419	2.891	3.386	3.795	4.192	10,8
Granito ... ..	1.040	1.355	1.528	2.036	2.351	2.555	6,6
Mármol ... ..	817	997	1.248	1.355	1.835	1.804	4,6
Arcilla ... ..	1.062	1.152	1.325	1.400	1.638	1.688	4,3
Yeso ... ..	713	859	1.021	1.244	1.240	1.410	3,6
Margas ... ..	360	427	446	528	714	817	2,1
Sílice y arenas silíceas ... ..	520	659	726	761	612	925	2,4
Otras ... ..	1.172	1.385	1.333	2.227	2.206	2.396	6,3
Total rocas ... ..	18.685	21.503	24.715	29.721	35.126	38.783	100

FUENTE: Dirección General de Minas.

### Cuadro 2.2

#### DISTRIBUCION REGIONAL DEL VALOR DE LA PRODUCCION MINERA EN 1983 (En MP)

Comunidades Autónomas	Minerales energéticos	Minerales metálicos	Minerales no metálicos	Rocas industriales	TOTAL	
					MP	%
Andalucía ... ..	5.483	32.969	1.922	5.823	46.197	15,8
Aragón ... ..	22.576	814	414	951	24.755	8,6
Asturias ... ..	52.708	1	2.601	1.602	56.912	19,6
Baleares ... ..	715	—	179	1.081	1.975	0,7
Canarias ... ..	—	—	111	644	755	0,3
Cantabria ... ..	—	3.995	780	1.228	6.003	2,0
Castilla-La Mancha ... ..	5.585	2.847	1.767	1.786	11.985	4,2
Castilla y León ... ..	46.765	947	2.668	3.683	54.064	18,5
Cataluña ... ..	4.039	50	8.875	4.404	17.368	5,9
Extremadura ... ..	16	516	152	306	990	0,4
Galicia ... ..	21.537	6.091	1.866	6.244	35.738	12,2
Madrid ... ..	—	—	4.306	1.962	6.268	2,1
Murcia ... ..	—	5.169	67	1.057	6.293	2,1
Navarra ... ..	—	—	6.124	1.066	7.190	2,4
País Vasco ... ..	—	6.263	45	2.701	9.009	3,1
La Rioja ... ..	22	—	9	279	310	0,1
Valencia ... ..	—	—	2.269	3.587	5.856	2,0
Total ... ..	159.446	59.662	34.155	38.404	291.627	100

FUENTE: Estadística Minera de España

en la minería nacional, destacando la provincia de Huelva (cobre, piritas, sulfuros polimetálicos, metales preciosos), la de Granada (mineral de hierro), la de Sevilla (sulfuros polimetálicos y arcillas), la de Jaén (plomo y plata), la de Córdoba (hulla y antracita), y la de Almería (mármol y arcillas especiales).

Por su variada producción minera destaca Galicia, con lignitos y cobre en La Coruña, plomo-cinc y magnesita en Lugo, estaño en Orense, pizarras de techar en Lugo y Orense, y granito en Pontevedra y Orense.

Las cuatro regiones citadas alcanzaron cerca del 70% del valor de la producción minera nacional.

De menor importancia, aunque con algunos productos importantes, cabe citar a Cataluña (lignitos y sales potásicas en Barcelona), Aragón (lignitos en Teruel y Zaragoza), y Castilla-La Mancha (hulla y mercurio en Ciudad Real, y hierro y caolines en Guadalajara). Cuadro 2.2.

Cabe añadir la gran profusión y variedad de indicios minerales existentes para la reducida extensión superficial de España (fig. 2.1.), que aseguran una gran potencialidad minera en relación con los depósitos minerales susceptibles de

explotación económica en la actualidad y que no lo fueron tiempos atrás por diversas causas. A este respecto, es de señalar que España ocupa, a escala mundial, el primer lugar en reservas de mercurio, el séptimo en reservas de potasas y el octavo lugar en reservas de uranio; además posee más de  $10.000 \times 10^6$  t de sal gema, más de  $2.000 \times 10^6$  de caolín, unos  $500 \times 10^6$  t de feldespatos, unos  $200 \times 10^6$  de attapulgita e importantes reservas de hierro, piritas, sales potásicas, thenardita, magnesita, etc.

La abundancia de mineralizaciones existentes en España obliga a describir exclusivamente las explotaciones mineras más importantes haciendo una referencia general a las zonas donde se ubican otras explotaciones activas pero de menor importancia; en relación con antiguas zonas mineras, sólo en el caso de sustancias muy determinadas se da una breve descripción. Por otra parte, el nivel de conocimientos sobre los distintos depósitos minerales es muy diverso y, en consecuencia, es verdaderamente difícil conseguir una cierta uniformidad y equilibrio en el tratamiento de los mismos.

Como norma general, los depósitos minerales españoles se describen dando el contexto geo-

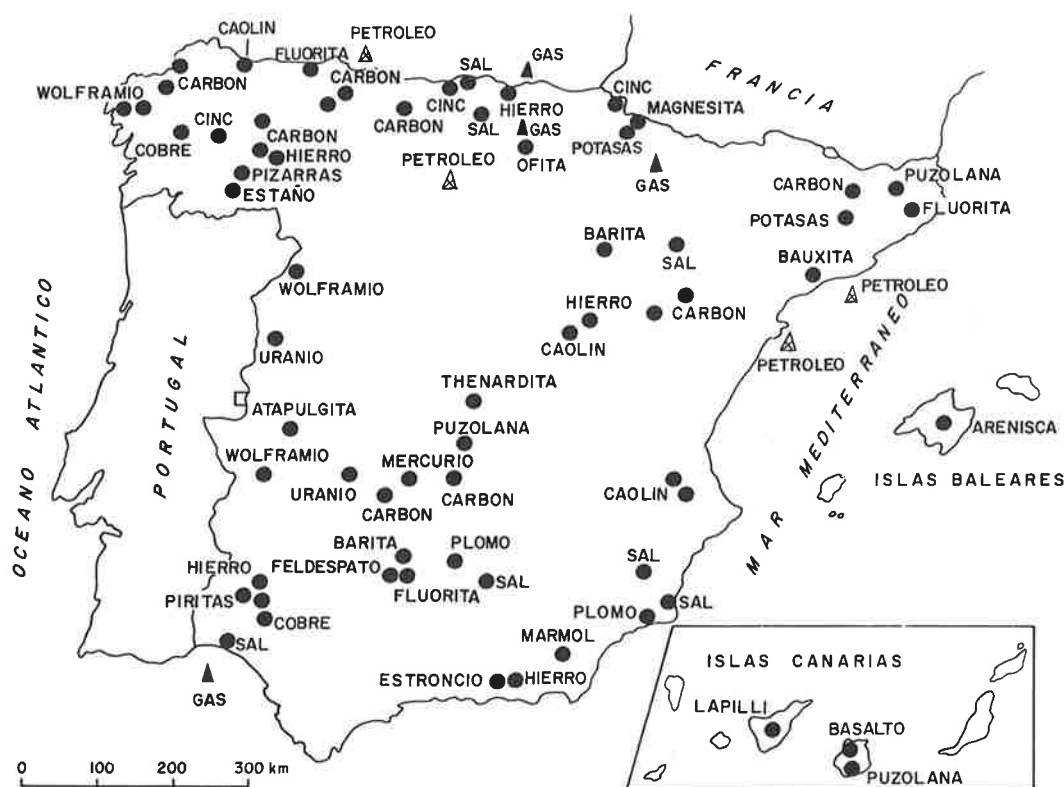


Fig. 2.1.— Distribución de las principales sustancias minerales en explotación, en España.

lógico de la provincia metalogénica a la que pertenecen, señalándose sus características generales, tales como morfología, roca de caja, origen o génesis, asociación mineral, reservas, modo de explotación, procesos de concentración, producción, etc. Al mismo tiempo, en cada sustancia mineral se incluyen las estadísticas de producciones globales, que sirven de punto de referencia para deducir la importancia relativa de cada depósito mineral respecto al resto de los mismos.

Cuando los depósitos de una determinada sustancia se presentan agrupados geográficamente con un origen o génesis común, se han descrito según regiones o distritos mineros. En caso contrario, se les ha agrupado siguiendo una clasificación genética.

## 2.1 MINERALES ENERGETICOS SOLIDOS

Desde antiguo es conocida en España la existencia de la mayoría de los principales yacimientos de carbón que actualmente están en explotación, particularmente los de hulla y antracita, habiendo constituido esta materia prima la principal fuente nacional de energía hasta la década de los años 50.

De época más reciente es la investigación y explotación de los minerales de uranio.

La minería del carbón experimentó, en los últimos lustros, una paulatina y progresiva crisis, como consecuencia de la facilidad de compra en el exterior, en condiciones favorables, de otras formas de energía, como el petróleo, de bajo coste y uso más cómodo y limpio.

La crisis energética de 1973, provocada por el encarecimiento de los crudos del petróleo, propició la reanudación de las actividades extractivas en antiguos yacimientos de carbón, su investigación y la de áreas potencialmente interesantes.

La demanda de carbones aumentó ininterrumpidamente entre 1976 y 1983, para descender ligeramente a partir de 1984.

El carbón térmico y el mineral de uranio contribuyen, en la actualidad, con un 30% de la producción energética de nuestro país, con un índice de autoabastecimiento del 75% en cuanto al carbón, y excedentario en el uranio.

## CARBONES

De acuerdo con García-Loygorri<sup>3</sup> la formación de carbón se ha producido en España desde el Dinantiense hasta la actualidad, pero, naturalmente, no de una manera continuada. En particular, ha sido durante el Westfaliense, Estefaniense, Aptense-Albense, Oligoceno y Mioceno cuando se desarrollaron las cuencas más importantes, origen de los actuales depósitos de carbón de mayor interés.

En las cuencas españolas se encuentran representados los dos modelos de formación —parálico y límnico—, cuyas características condicionan en gran medida la riqueza y disposición de las series productivas.

Las cuencas carboníferas de tipo parálico se dan, generalmente, en etapas de sedimentación preorogénica, de subsidencia lenta, durante el Westfaliense y, posteriormente, en el tránsito Aptense-Albense, dando lugar a series productivas de notables espesores, con numerosas capas, de potencias medianas o pequeñas y, por lo general, de mayor regularidad.

En las cuencas parálicas reviste gran importancia la sedimentación marina, pudiendo representar más del 50 por 100 de la serie productiva, con frecuentes intercalaciones calizas con fauna marina. Se trata de cuencas con series sedimentarias muy potentes y de borde geosinclinal, muy plegadas. A este tipo pertenece la mayoría de las cuencas del Carbonífero, del denominado “arco interno de la rodilla astúrica” y entre ellas se pueden citar la Cuenca Central Asturiana, La Camocha, norte de León, Valderrueda-Guardo, La Pernía, Barruelo, Quirós, Teverga, etc., e incluso, los pequeños asomos de las provincias de Logroño y Burgos, como San Adrián de Juarros y Turuncún-Préjano.

Las de tipo límnico, propias de etapas sin o postorogénicas, corresponden al Westfaliense del sur de España, al Estefaniense y al Neógeno, con series más delgadas y capas de carbón más potentes, irregulares y menos numerosas.

En general, son frecuentes los yacimientos de edad carbonífera que muestran una disposición geológica compleja, con capas de carbón replegadas y de fuertes pendientes. Corresponden estos caracteres a los de edad preestefaniense, que han sido afectados por la fase principal del plegamiento herciniano. Las originadas posteriormente presentan, en líneas generales, una disposición más tranquila en aquellas zonas en

las que la orogenia de edad alpina no se ha dejado sentir con especial violencia.

Los carbones españoles de edad posterior al Pérmico se clasifican todos en la categoría de lignitos.

Sus yacimientos en explotación actualmente son de edades cretácica, oligocena y neógena, siendo los lignitos negros de formación más antigua (Andorra, Barcelona, etc.), y los pardos los más recientes (La Coruña, etc.), los carbones de las cuencas oligocenas (Mallorca, Mequinenza, etc), se consideran lignitos negros aunque muestran características intermedias entre los dos tipos anteriores. La disposición geológico-estructural de las cuencas de lignitos es notablemente menos compleja que en el caso de las hullas y antracitas.

Siguiendo un orden cronológico, los principales yacimientos o cuencas son:

Dentro del Dinantiense, los yacimientos de Valdeinfierno (Córdoba) y Santos de Maimona (Badajoz); de edad Viseiense superior-Namuriense inferior son las pequeñas cuencas de El Couce y Benejarafe (Córdoba), y de Bienvenida y Casas de Reina (Badajoz).

A la época comprendida por el Viseiense-Westfaliense corresponden las cuencas de mayor extensión y con mayor importancia productiva de España. Se distribuyen principalmente por la zona Cantábrica, al Norte, y Sierra Morena, al Sur.

En la zona de Sierra Morena existe una serie de pequeños yacimientos de carbón, de los que son los más importantes los de Peñarroya-Bélmez (Córdoba) y Villanueva del Río y Minas (Sevilla), que adoptan estructuras sinclinales; son de origen límnic y de edad Westfaliense B, y sus series productivas, con capas de carbón poco numerosas y variables lateralmente, descansan sobre conglomerados y brechas basales de la misma edad. Sólo la primera de ellas se encuentra en explotación con unos recursos muy limitados.

Las cuencas de la zona Cantábrica incluyen numerosas áreas mineras, de las que no todas se encuentran actualmente en producción, que genéticamente podrían corresponder a una sola y cuya separación debió producirse a consecuencia de la tectónica sufrida posteriormente. De ellas, es la más importante y conocida la Cuenca Central Asturiana (Oviedo), que aflora en toda su extensión y cuyos recursos, fundamentalmente de hulla, ascienden a unos  $1.000 \times 10^6$  t, y han

venido proporcionando hasta ahora las mayores producciones españolas. El resto de los yacimientos de esta zona —La Camocha, Teverga, Quirós, Santo Firme, Naranco, Viñón, Riaño—, albergan unos recursos de unos  $250 \times 10^6$  t.

En la serie estratigráfica de estas cuencas, se puede distinguir un conjunto inferior presente en todas ellas, en cuya parte alta se encuentran capas de carbón (Westfaliense C), y otro superior, solamente desarrollado en la Cuenca Central, con una serie productiva importante (Westfaliense D, principalmente).

Pertenecen al Westfaliense-Estefaniense inferior las cuencas de Valderrueda-Guardo-Cervera (León-Palencia), la Pernía y Barruelo (Palencia) y Cabrales (Oviedo), cuyos recursos ascienden a unos  $640 \times 10^6$  t de hulla y antracita.

La secuencia sedimentaria en la zona de Valderrueda-Guardo-Cervera, discordante sobre terrenos más antiguos (devónicos y carboníferos), con un espesor aproximado de 3.000 metros, está constituida por una alternancia de tramos marinos y continentales, con capas de carbón.

En La Pernía-Barruelo, con 8.000 metros, predominan los sedimentos marinos con pequeñas intercalaciones continentales en las que se localizan capas de carbón.

Las estructuras más importantes se originaron en la fase Astúrica. En la zona Valderrueda-Guardo-Cervera el plegamiento tiene dirección E-O, y en La Pernía-Barruelo, NO-SE. Adquieren también gran importancia en esta zona los sistemas de fallas y fracturas.

Al Estefaniense, en la zona Sur de España, corresponde la cuenca de Puertollano (Ciudad Real), con unos recursos de hulla de  $170 \times 10^6$  t, y en la zona occidental del área cantábrica, los yacimientos asturianos del Narcea (Subcuencas de Tineo, Cangas, Carballo y Rengos), Tormaleo-Cerredo-Villablino (Oviedo-León) y Bierzo (León). Además de las anteriores existen otras de importancia muy pequeña en la actualidad, como son las de Ferroñes, Arnao y Puerto-Ventana, en Oviedo.

De éstas son las más importantes la del Bierzo, con unos recursos de antracita de  $587 \times 10^6$  t, y la de Tormaleo-Cerredo-Villablino con  $463 \times 10^6$  t de hulla y antracita. Asimismo presenta un potencial considerable la cuenca del Narcea, con  $69 \times 10^6$  t de antracita.

Son igualmente del Estefaniense las siguientes, incluidas en la zona oriental del área cantábrica: Ciñera-Matallana, Sabero, La Magdalena,

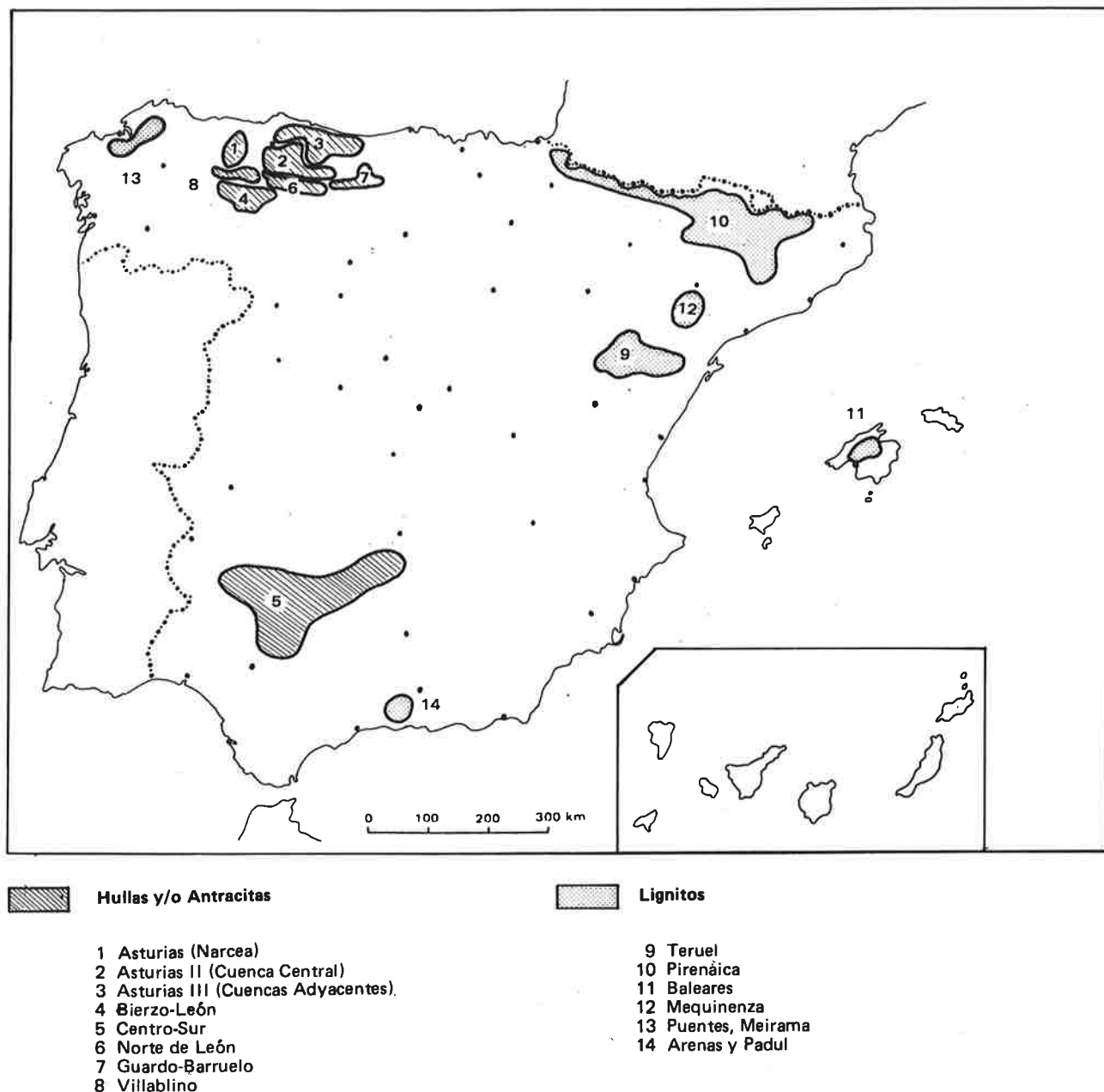


Fig. 2.2.— Mapa de situación de cuencas de carbón productivas, según IGME (1982).

Canseco, Rucayo, Reyero, Salamón y Huelde-Carande, en la provincia de León, y Peña Cildá y Sebarga, al Norte de la de Palencia.

La mayor parte de los recursos de este conjunto de cuencas corresponde a la de Cifera-Matallana, con  $231 \times 10^6$  t, Sabero con  $60 \times 10^6$  t y la Magdalena con  $72 \times 10^6$  t, todos ellos de hulla. El resto de las citadas reviste, en este aspecto, poca importancia.

La cuenca de Puertollano, actualmente explotada a cielo abierto, se extiende en dirección E-O, con una longitud de 11 km y anchura máxi-

ma de 4 km. Se apoya discordante sobre el Orvífico, encontrándose recubierta en su mayor parte por acarreos cuaternarios, salvo en algunas zonas en que lo está por calizas miocenas y basaltos, y se dispone en forma de una cubeta alargada producida por un plegamiento ocurrido probablemente en la última fase de la orogenia herciniana. La edad, por la parte más alta del tramo, es Estefaniense C o B muy bajo.

Los yacimientos del Narcea están discordantes sobre el núcleo precámbrico del anticlinorio del Narcea y materiales del Paleozoico In-

ferior. Probablemente todas constituyeron una única cuenca sedimentaria o tuvieron cierta relación entre sí.

Aunque geográficamente independizadas, las cuencas de Tormaleo y Villablino genéticamente constituyen una misma cuenca. Al desarrollarse sobre un paleorrelieve importante, presenta considerables variaciones de potencia, alcanzándose la máxima con 3.000 metros en Villablino.

En la cuenca del Bierzo, la serie tiene carácter marcadamente detrítico y origen fluvial de aportes, siendo claramente rítmica. El ambiente sedimentario es típicamente de turbera, aunque en algunos momentos existieron condiciones lagunares. La gran abundancia de capas de carbón, que se mantienen en grandes áreas, implica largos períodos de estabilidad en la cuenca.

Con una potencia superior a 1.500 metros, la cuenca de La Magdalena se dispone en una secuencia constituida por conglomerados, areniscas y pizarras entre las que se intercalan pasos de carbón, de edad Estefaniense B.

En la cuenca de Ciñera-Matallana, terminada la fase Astúrica, el fuerte relieve existente determinó que la sedimentación durante el Estefaniense superior se iniciara con potentes depósitos torrenciales, para pasar, progresivamente, a una sedimentación fluvial y pantanosa.

La edad de los depósitos es Estefaniense B superior y el espesor máximo de 1.550 m. En conjunto se trata de un sinclinorio limitado al S por una gran falla directa.

En la cuenca de Sabero, se inicia la serie con depósitos torrenciales discordantes sobre el Paleozoico inferior, excepto en el extremo NE, donde descansan sobre otros bancos conglomeráticos.

La edad de los depósitos es Estefaniense A superior-Estefaniense B medio. Estructuralmente se trata de un gran sinclinal plegado de orientación E-O y fuertemente fallado en su mitad oriental.

Respecto a los yacimientos de lignito negro, corresponden al tránsito Aptense-Albense los de Escucha, Rillo, Estercuel, Gargallo, Castellote, Ariño y Foz-Calanda, todos ellos en la provincia de Teruel. De ellos son los más importantes por el volumen de sus recursos los de Escucha, con  $255 \times 10^6$  t, y Ariño, con  $209 \times 10^6$  t, seguidos por los de Estercuel y Gargallo, con  $205 \times 10^6$  t. Los de Rillo, Castellote y Foz-Calanda contienen recursos de  $136 \times 10^6$  t, para el

primero,  $60,5 \times 10^6$  t para el segundo, y  $167 \times 10^6$  t para el último.

De edad Garumnense son los lignitos de la cuenca de Berga-Tuixent, en la provincia de Barcelona, con unos recursos de  $99,5 \times 10^6$  t, y la de Tremp (Lérida) con escasos recursos.

Al Terciario continental de las cuencas centrales de sedimentación, pertenecen frecuentes indicios lignitíferos, en general sin explotar. Como excepción hay que señalar la cuenca de Mequinenza (Zaragoza-Lérida), de edad oligocena, que presenta un total de  $125 \times 10^6$  t de lignitos negros, en capas de escasa potencia.

El yacimiento de Calaf, ubicado entre las provincias de Lérida y Barcelona, muestra unos recursos de poca consideración. Lo mismo ocurre con el yacimiento neógeno de Prats-Alp, en la parte nororiental de la Fosa de Cerdaña, entre Lérida y Gerona.

Son igualmente oligocenos los lignitos negros de Mallorca (Alaró, Lloseta, Selva y Mancor) con unos recursos de  $44 \times 10^6$  t.

En relación a los lignitos pardos, existen dos importantes yacimientos, Puentes de García Rodríguez y Meirama, dentro de la provincia de La Coruña. Ambos corresponden a una sedimentación del Terciario terminal, comprendiendo unos recursos de carbón de  $225 \times 10^6$  t en la primera de las citadas cuencas, y de  $90 \times 10^6$  t en la segunda.

Recientemente ha sido descubierta la cuenca de Ginzo, con un tonelaje teórico de  $269 \times 10^6$  t, en la provincia de Orense.

En la provincia de Granada hay que citar el yacimiento de Arenas del Rey, cuya serie productiva pertenece al Mioceno superior y que presenta unos recursos de  $46,2 \times 10^6$  t de lignito pardo.

También en la provincia de Granada se encuentra la cuenca cuaternaria de turbas del Padul, con  $47,5 \times 10^6$  t.

El cuadro (2.3.) recoge los recursos nacionales de carbón y los de cada una de las principales cuencas o zonas.

En la evaluación de dichos recursos se han considerado las posibilidades de explotación subterránea y a cielo abierto. Así, tanto los recursos totales como los identificados se refieren a tonelajes explotables por minería subterránea y a cielo abierto, esta última con un ratio medio inferior a 25 t de estéril de carbón para las antracitas y hullas, y de 20 para los lignitos.

**Cuadro 2.3**  
**RECURSOS DE CARBON**

CLASE DE CARBON	ZONA	TONELAJE EXPLOTABLE	
		IDENTIFICADO	TOTAL
Antracita	Asturias I (Narcea)	13.750.174	68.425.329
Antracita	Asturias II (Cuenca Central)	164.350.000	919.136.000
Antracita	Asturias III (Cuencas adyacentes)	30.896.982	263.984.150
Antracita	Bierzo-León	69.934.908	586.916.369
Antracita-Hulla	Centro-Sur	114.111.937	198.556.542
Antracita	Norte de León	79.191.830	391.430.496
Antracita	Guardo-Barruelo	28.864.066	639.671.512
Antracita-Hulla	Villablino	52.611.065	463.036.552
Total Recursos de Antracita y Hulla		553.710.362	3.531.156.950
Lignito negro	Teruel	249.281.244	1.033.626.854
Lignito negro	Pirenaica	24.336.969	163.317.542
Lignito negro	Baleares	26.641.161	44.060.560
Lignito negro	Mequinenza	8.044.687	124.806.462
Total Recursos de Lignito Negro		308.304.061	1.365.811.418
Lignito negro pardo	Puentes, Meirama, Ginzo, Arenas y Padul	408.750.000	408.750.000
Total Recursos de Lignito Pardo		408.750.000	408.750.000

FUENTE: Inventario Nacional de Carbones. IGME, 1982.

## URANIO

Son muy numerosas las mineralizaciones uraníferas descubiertas en España, casi exclusivamente por la Junta de Energía Nuclear (J.E.N.), desde 1949 hasta el presente.

La mayoría de los depósitos aparecen en el basamento paleozoico y prepaleozoico de la Meseta. Forman un amplio arco que se inicia, en su parte meridional, en la falla del Guadalquivir, y sigue por el batolito de los Pedroches, Castuera y Montánchez, hasta la frontera portuguesa en Alcántara, y continúa por Ciudad Rodrigo (Salamanca), Orense y Lugo. Los depósitos uraníferos portugueses se intercalan entre Salamanca y Orense.

La mayoría de las mineralizaciones son de tipo filoniano, encajadas en rocas granitoideas; unas veces, con pechblenda masiva y ganga de cuarzo y pirita poco abundantes, como en Los Ratones (Albalá), Pedro Negro y Toril del Centeno (Alburquerque), en la región extremeña, o con ganga de cuarzo abundante, blenda, galena, pirita y calcopirita, como en Valdemascaño (Lumbrals, Salamanca); otras veces con cuarzo, coffinita y fluorita, en Villar de Peralonso (Salamanca), o cuarzo, pechblenda y sulfuros de cobre y hierro, en La Virgen (Jaén), o también con cuarzo y minerales secundarios de uranio en Lugo, Orense, Salamanca, Cáceres, Badajoz, Córdoba y Jaén. El resto de las mineralizaciones, menos numerosas pero que han proporcionado las



mayores reservas explotables españolas, son de tipo masivo, encajadas en metasedimentos, como en las proximidades de Don Benito (Badajoz), y en las localidades salmantinas de Alameda de Gardón, Villavieja de Yeltes, Villar de la Yegua y, sobre, todo, Saelices el Chico, donde el conjunto de las denominadas minas FE y D constituyen uno de los mayores yacimientos de Europa.

Las mineralizaciones de la cobertera mesozoica y terciaria son de tipo estratiforme; unas son episingenéticas, en sedimentos organógenos, como los lignitos de Calaf, o en sedimentos areniscosos fluvio-deltaicos, como las mineralizaciones del Trías de Mazarete (Guadalajara); el resto son epigenéticas, como las mineralizaciones del Albense de Cabrejas del Pinar y Abejar, en el Mioceno de Cuenca (Loranca), Guadalajara (Córcales) y Madrid (Paracuellos).<sup>4</sup>

En el estado actual de la investigación uranífera en España, la mayor importancia de los yacimientos de la Meseta en comparación con los de cobertera puede ser pasajera, ya que la prospección sistemática en el sedimentario no se acometió sino mediada la década de los años sesenta.

Las reservas, razonablemente aseguradas, a menos de 80 \$/kg U (<30 \$/lb U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), son del orden de las 6.800 toneladas de U (8.000 de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> aproximadamente), de las cuales unas 850 se localizan en Mazarete (Guadalajara), otras 5.500 en Ciudad Rodrigo y el resto en Don Benito.<sup>5</sup>

Actualmente sólo se explotan los depósitos de Ciudad Rodrigo (Minas FE) y los de Don Benito, ambos con minería a cielo abierto.

Desde 1959 funciona una planta de tratamiento, construida por la J.E.N. en Andújar (Jaén), con una capacidad de 200 t de mineral por día, y en ella se han venido obteniendo desde entonces 50-60 t de U por año, con mineral procedente de los sectores de Andújar, Cáceres y

Badajoz. Las mineralizaciones de los dos primeros se han explotado ya, continuando ahora el suministro desde el tercero. En esta factoría se obtuvieron, además, durante algunos años, varios miles de toneladas de cobre a partir de minerales de uranio y cobre del sector de Andújar.

En 1977, la J.E.N. puso en marcha otra planta con una capacidad de 60 t de U/año en La Haba, Badajoz, que comparte por el momento, y hasta su funcionamiento en régimen normal, con la de Andújar, el tratamiento de los minerales procedentes de la corta "El Pedregal", próxima a Don Benito.<sup>6</sup>

### Depósitos de Ciudad Rodrigo (Salamanca)

Las más importantes mineralizaciones se sitúan a unos 10 km al Norte de Ciudad Rodrigo, en el término de Saelices el Chico, encajadas en esquistos sericíticos y cloríticos de edad cámbrica y precámbrica, con abundante contenido en materia carbonosa en algunos niveles.

La paragénesis mineral está constituida por pechblenda y coffinita, como minerales primarios, por óxidos negros, gummitas, autunita, torbernita, uranotilo alfa, saleíta, kasolita, uranopilita e iantinita, como secundarios, y pirita, marcasita, cuarzo, calcita y siderita, como ganga.<sup>7</sup>

La explotación de las zonas o minas FE-1 y FE-3 se realiza a cielo abierto, con bancos de 3 m para facilitar el estrío de estéril y mineral, evitándose así la dilución.

El mineral es tratado mediante lixiviación estática, extracción por disolventes y precipitación con amoníaco.

Los yacimientos de Saelices el Chico (Ciudad Rodrigo) son explotados por la Empresa Nacional del Uranio (ENUSA), que inició la producción de mineral en 1974 y la de concentrados en 1975.

La producción del distrito en los últimos años fue la siguiente:

Cuadro 2.4

#### MINAS DE Saelices (Salamanca)

	1977	1978	1979	1980	1981
Mineral ... ..	247.531,0 t	370.019,0 t	430.588,0 t	436.949,0 t	333.088,0 t
Contenidos en U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	181,5 t	228,2 t	275,5 t	329,7 t	255,3 t
Concentrados ... ..	158,9 t	149,1 t	152,4 t	159,2 t	189,1 t
Contenidos U ... ..	111,8 t	108,4 t	111,5 t	118,3 t	139,3 t

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía.

## Depósitos de Don Benito (Badajoz)

Se localizan en el borde Sur del macizo granítico de la comarca de La Serena, de alineación general NO-SE.

Las mineralizaciones, situadas a unos 15 km al Sur de Don Benito, encajan en series pizarrosas, areniscosas y cuarcíticas del Ordovícico, afectadas por el metamorfismo de contacto de los granitos. En superficie, se acomodan, en líneas generales, al contacto del granito y siguen el rumbo de la formación pizarreña encajante.

También en profundidad la mineralización concuerda con el buzamiento de aquélla, por lo

cual posee morfología estratiforme. Esta característica diferencia netamente a los depósitos de Don Benito de los de Ciudad Rodrigo. Los minerales uraníferos son, esencialmente, pechblenda, coffinita, basetita, fosfuranilita, melnicovita, calcopirita, calcosina y covelina. La pechblenda se aloja en pequeñas fracturas, generalmente subnormales a las fracturas de las pizarras.<sup>8</sup>

La explotación se realiza a cielo abierto, con menos problemas de dilución que en el caso anterior debido a la morfología estratiforme.

Las producciones obtenidas en los últimos años han sido:

Cuadro 2.5

### MINA EL LOBO (Don Benito, Badajoz)

	1977	1978	1979	1980	1981
Mineral ... ..	49.325,00 t	53.276,00 t	64.863,00 t	64.703,00 t	17.174,00 t
Contenido en U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	72,39 t	56,19 t	73,77 t	64,77 t	17,75 t

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía.

## 2.2 HIDROCARBUROS (Petróleo y Gas)

La actividad de exploración y producción de hidrocarburos en España se ha desarrollado en los últimos 125 años, por lo que su historia es relativamente corta.

Las primeras demarcaciones petrolíferas datan de 1860, estando a cargo del Instituto Geológico y Minero de España, IGME, la actividad investigadora del Estado, la cual fue compartida por CAMPSA a partir de 1940, y por el Instituto Nacional de Industria, INI, desde 1952.

La Ley de Hidrocarburos de 26 de diciembre de 1985 modificó el régimen de investigación y explotación, que era regulado por la Ley de Minas de 1944, facilitando la entrada de compañías extranjeras que dieron un gran impulso a las exploraciones, hasta entonces realizadas por los organismos estatales citados y CIEPSA, empresa filial de CEPSA.

En 1960 se descubre el pequeño campo de gas de Castillo, cerca de Vitoria, por el grupo CIEPSA-GULF-DEILMANN, y, en 1964, CAMPSA-AMOSEAS encuentran el campo de Ayoluen-go, en el Norte de la provincia de Burgos, al que

siguieron varios hallazgos no comerciales en la misma zona (Tozo, Huidobro, Polientes, Hontomín).<sup>9</sup>

En 1965 se solicitaron los primeros permisos marinos, y cinco años más tarde, en 1970, la asociación INI-COPAREX-SHELL-CAMPSA descubre el campo de Amposta Marino, frente a las costas de San Carlos de la Rápita.

A los pocos años del descubrimiento de Amposta, se promulgó la Ley de Exploración y Explotación de Hidrocarburos de 27 de junio de 1974, y su Reglamento de 30 de julio de 1976, actualmente en vigor.

Entre 1975 y 1980 se descubrieron cuatro campos comerciales de petróleo en la plataforma continental mediterránea denominados Casablanca, Dorada, Tarraco y Montanazo. Se localizaron, asimismo, varios yacimientos gasíferos, tanto en el mar, en los golfos de Cádiz y Vizcaya, como en tierra, en Serrablo, en la provincia de Huesca.<sup>9</sup>

En el año 1983, la asociación ENIEPSA-GETTY-MEDOSA-UTE obtuvo resultados positivos en el permiso Tarragona F, con la per-

foración del sondeo Salmonete 1, cuyas pruebas de larga duración se realizaron en 1984.

En 1985, se investigó con resultados positivos de gas natural, la cuenca del Valle del Guadalquivir, mediante los sondeos Córdoba-2, Sevilla 2 y 3, y Marismas 3.

Es evidente que las formaciones carbonatadas mesozoicas de la cuenca mediterránea han sido hasta el presente las más interesantes y en las que se concentran más del 90% de las reservas recuperables descubiertas. Sin embargo, los yacimientos de Casablanca y Dorada se encuentran en su fase de declinación.

En el momento actual se encuentran en producción los siguientes campos comerciales:

### Campo de Ayoluengo

El campo de Ayoluengo se localiza en la parte superior de una gran estructura de abombamiento, afectada por varias fallas que originan una fosa en su parte central. La formación del

anticlinal de Ayoluengo pudo originarse durante el Wealdense, en tanto que las estructuras de colapso y fallas lo hicieron probablemente en el Terciario. Muy posiblemente el campo de Ayoluengo es soportado por un domo salino triásico.<sup>10</sup>

La mayor parte del petróleo se encuentra en horizontes irregulares de areniscas wealdenses de porosidad variable. Además, existe petróleo en una caliza del Purbeckiense, cuando está fracturada, y en una calcarenita del Jurásico. Se trata de un campo petrolífero discontinuo, compartimentado por fallas y por la misma discontinuidad de las areniscas.

La densidad del crudo disminuye con la profundidad, variando de 20 a 39° API. El contenido en parafinas es alto, como ocurre con gran parte del petróleo encontrado en sedimentos continentales; el de azufre es bajo, sobre un 0,17%, pero el de arsénico es alto (22-24 ppm).

Las reservas totales recuperables ascienden a 2 millones de toneladas.

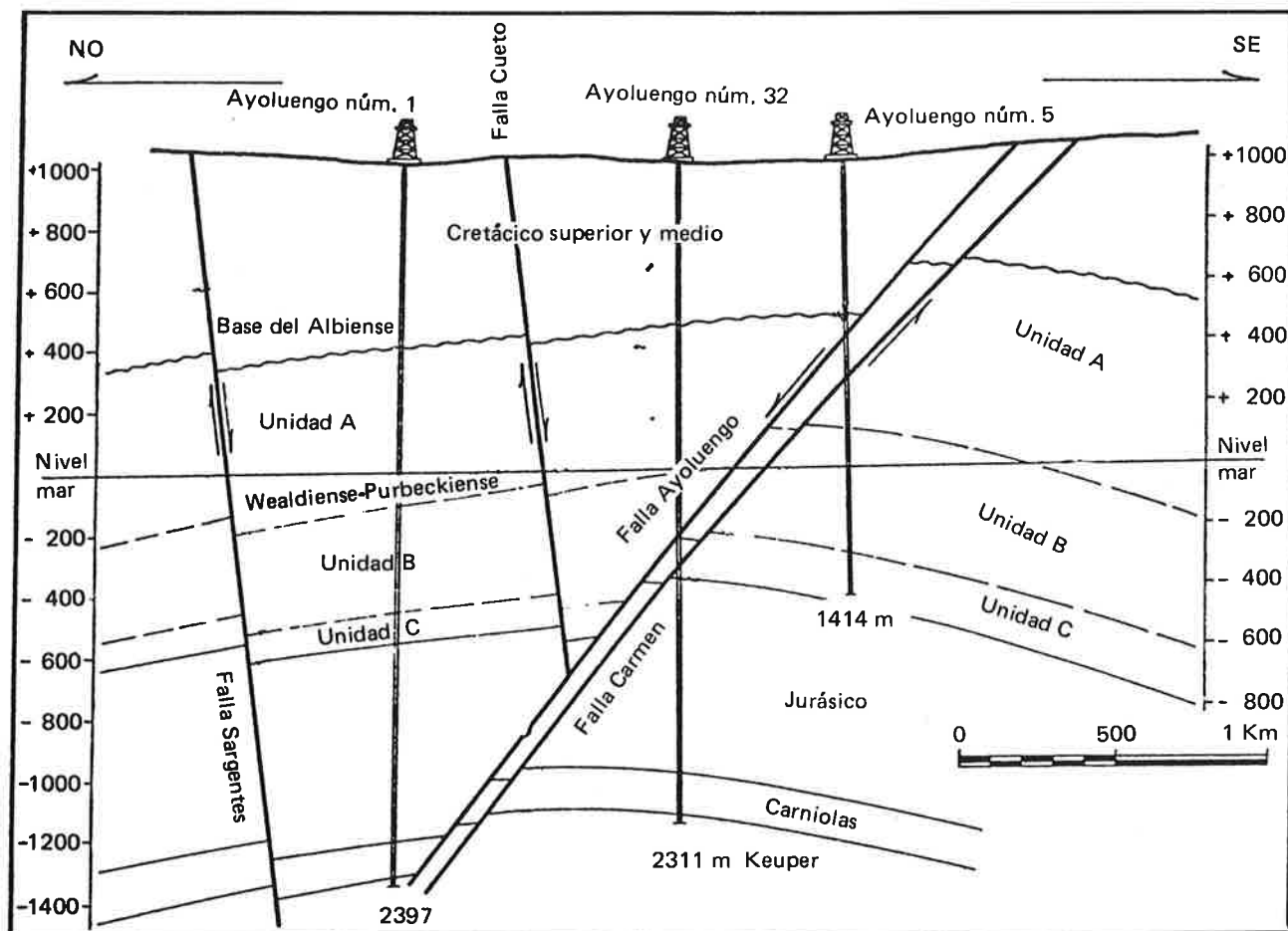


Fig. 2.3.— Corte NO-SE del Campo Ayoluengo, según Querol<sup>10</sup>.

### **Campo Amposta Marino**

Se encuentra situado a 33 km al Este de Vinaroz, con una lámina de agua de 62 m. Perteneció a SHELL-CAMPSA-INI-COPAREX.

La estructura corresponde a una paleo relieve mesozoico, fosilizado por el Mioceno. El almacén está constituido por carbonatos mesozoicos fuertemente carstificados y carbonatados del Mioceno basal en contacto con los anteriores.<sup>11</sup>

La superficie cerrada de la estructura a nivel de la discordancia terciaria es de unos 22 km<sup>2</sup> y la altura de cierre de unos 300 m, de los cuales sólo los primeros 90 m pueden considerarse útiles, dada la compacidad de los almacenes, cuya efectividad sólo puede conseguirse por fracturación y/o carstificación, fenómeno generalmente limitado a los primeros 90 m.

Las reservas del campo son difíciles de determinar con precisión, dado el carácter fracturado de los almacenes, pero se han estimado en torno a los 60 millones de barriles.

El crudo que se obtiene es de una densidad de 17° API y un GOR de 46 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. El campo fue puesto en explotación el año 1973, con una producción inicial de 12.000 barriles por día, y alcanzó su producción diaria máxima el año 1975 con 35.000 barriles. A partir de este año se inició su decrecimiento.

Inmediatamente al Sur de este campo y en la misma alineación, se encuentra un pequeño yacimiento de gas en arenas del Mioceno, cuyas reservas recuperables se sitúan en torno a los 800 millones de metros cúbicos.

### **Campo Dorada**

El Campo Dorada se encuentra a 24 km al SE de Tarragona y fue descubierto en 1975 por el sondeo Tarragona "E-1". Perteneció al Grupo ENIEPSA-UNION TEXAS-GETTY.

La estructura, que es muy semejante a la del campo Amposta Marino, corresponde a un paleorrelieve mesozoico cubierto por sedimentos miocenos.

El petróleo se encuentra en tres horizontes comunicados entre sí. El más inferior es de dolomías jurásicas con una porosidad del 3%, las cuales son cubiertas por brechas y conglomerados, con una porosidad media del 11%. El horizonte más superior está constituido por una dolomía del Terciario con una buena porosidad intergranular, del 21%.<sup>12</sup>

Las reservas recuperables se estiman en unos 10 millones de barriles de petróleo de 22° API y un GOR de 58,8 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

### **Campo Casablanca**

El Campo Casablanca, situado a 80 km al Este del Delta del Ebro y cuya titularidad ostenta el Grupo ENIEPSA-CHEVRON-CNWL-DE-NISON MINESPACIFIC-CIEPSA, se descubrió el año 1975, con el sondeo Casablanca-1 en 133 m de agua. La estructura es, al igual que en los campos anteriores, un paleo-relieve enterrado por depósitos miocenos y sus almacenes carbonatos fracturados del Mesozoico.<sup>11</sup>

La principal roca almacén es una dolomía jurásica fracturada, con una porosidad que no excede el 6%.<sup>12</sup>

Sus reservas recuperables están cifradas en unos 100 millones de barriles de petróleo de 33,4° API y un GOR de sólo 12,13 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.<sup>11</sup>

### **Campo Tarraco (Castellón)**

El Campo Tarraco, perteneciente al Grupo SHELL-CAMPSA, fue descubierto en el año 1976 por medio del sondeo Castellón "B-5", en una batimetría de 117 m.

La estructura corresponde también aquí a un paleo relieve mesozoico fosilizado por el Mioceno, el almacén es el Mesozoico fracturado.<sup>11</sup>

Las reservas recuperables se estiman en 16 millones de barriles (2,2 x 10<sup>6</sup> t) de petróleo de 35° API y un GOR de 13 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

### **Campo Serrablo**

Se encuentra situado entre las localidades de Jaca y Sabiñánigo, en la provincia de Huesca, estando formado por los yacimientos de Aurín y Jaca, descubiertos en 1979.

El gas se encuentra, en ambos yacimientos, en calizas de edad eocena (entre 1.500 y 1.700 m de profundidad en el de Aurín, y entre 2.400 y 3.100 m en el de Jaca), estimándose unas reservas recuperables totales de unos 2.500 millones de metros cúbicos de gas seco, prácticamente metano puro.<sup>13</sup>

Los yacimientos se explotan simultáneamente, tratándose el gas en una planta situada a 4 km de la localidad de Sabiñánigo, con una

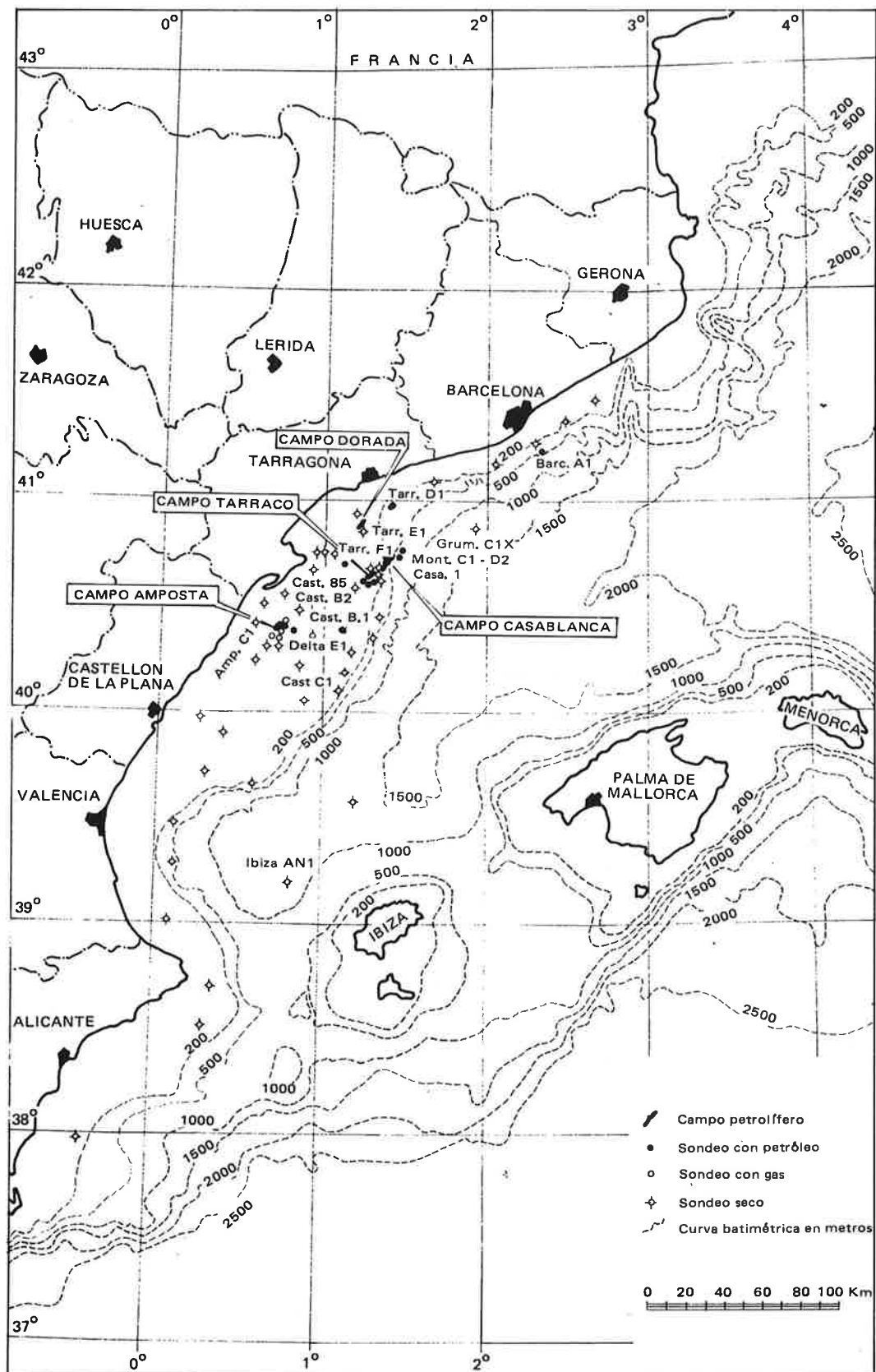


Fig. 2.4.— Principales campos petrolíferos de la costa mediterránea, según F. ASCANIO y F. CASTILLO<sup>11</sup>.

capacidad media de producción de 800.000 m<sup>3</sup>/día. Esta se inició en Marzo de 1984, alcanzando hasta finales de Agosto de 1985 cerca de 350 millones de metros cúbicos.

### Campo de Gaviota

Se encuentra frente a la localidad vizcaína de Bermeo, en pleno Mar Cantábrico, presentando una estructura alargada de dirección Este-Oeste, de unos 8 km de longitud por 1 km de anchura media. La batimetría varía entre 90 y 120 m. El gas se encuentra en calizas del Cretácico Superior, a una profundidad de 2.400 m bajo el nivel del mar. Dicho gas es de tipo húmedo, con un contenido en condensados (crudo ligero

de 55,8° API) del orden de 380 barriles por millón de m<sup>3</sup>.<sup>13</sup>

El descubrimiento tuvo lugar en 1980 por lo que en la actualidad se procede a la implantación de una plataforma marina, desde donde se realizará la explotación del campo mediante cuatro sondeos. En esta plataforma, el gas se deshidratará y separará del crudo ligero enviándose ambos a la planta terminal de tratamiento, situada en las proximidades del Cabo Machichaco.

Las instalaciones están diseñadas para una producción media de 4 millones de metros cúbicos de gas por día, previéndose una producción anual del orden de los 1.200 millones de metros cúbicos, equivalente a unos 12.000 millones de termias.

Cuadro 2.6

### PRODUCCION NACIONAL DE HIDROCARBUROS DURANTE EL PERIODO 1975-1985

Año	Petróleo crudo Toneladas							Gas natural (*) Miles de m. cúbicos
	Ayoluengo	Amposta	Tarraco	Casablanca	Dorada	Salmonete	Total	
1975	66.657	1.961.743	—	—	—	—	2.028.400	1.154
1976	67.328	1.705.148	—	—	—	—	1.772.476	1.250
1977	64.855	686.861	119.629	109.117	—	—	980.462	896
1978	61.198	382.670	267.463	104.638	163.876	—	979.845	850
1979	73.823	273.931	370.638	10.629	428.590	—	1.157.611	615
1980 (*)	61.000	291.642	302.242	672.363	267.206	—	1.594.453	624
1981	67.834	99.269	89.394	669.107	300.490	—	1.226.049	318
1982	76.036	81.335	47.351	901.938	423.963	—	1.530.623	—
1983	78.788	84.636	277.076	2.169.704	366.578	—	2.976.782	—
1984	80.556	44.170	295.273	1.622.664	201.629	71.341	2.315.633	233.388
1985	86.136	80.177	172.093	1.488.930	279.051	71.558	2.177.945	333.740

(\*) Producción comercializada: la de los años 1975 a 1981 corresponde al yacimiento de Castillo; la de 1984, al de Serrablo.

FUENTE: CAMPSA  
CIEPSA  
CHEVRON  
INH

En Memoria Delegación del Gobierno en CAMPSA.

Cuadro 2.7

## PRODUCCION MENSUAL DE GAS NATURAL EN CADA UNO DE LOS CAMPOS NACIONALES

Unidad:  $10^3 \text{ m}^3$ 

MES	Campo								TOTAL
	Angula	Ayoluengo	Casa- blanca	Castellón	Dorada	Gaviota	Salmonete	Serrablo	
AÑO 1985									
Enero ... ..	—	1.566	1.612	358	2.605	—	627	40.438	47.206
Febrero ... ..	—	1.602	1.242	335	1.759	—	508	22.128	27.574
Marzo ... ..	—	1.723	1.278	312	1.855	—	524	24.072	29.764
Abril ... ..	—	1.857	1.505	185	1.734	—	479	17.240	23.000
Mayo ... ..	—	1.854	1.490	304	1.805	—	450	17.298	23.201
Junio ... ..	129	2.072	1.277	102	1.753	—	338	16.989	22.660
Julio ... ..	128	2.656	1.263	136	1.610	—	176	18.937	24.906
Agosto ... ..	—	2.583	1.231	117	529	—	—	19.090	23.550
Septiembre ...	—	2.618	1.634	193	415	—	—	29.915	34.775
Octubre ... ..	—	2.583	1.590	683	389	—	—	19.430	24.675
Noviembre ...	—	1.867	1.717	170	357	—	—	21.839	25.950
Diciembre ...	—	2.215	2.069	176	368	—	—	21.651	26.479
Total ... ..	257	25.196	17.908	3.071	15.179	—	3.102	269.027	333.740
AÑO 1984									
Enero ... ..	—	1.594	2.306	455	2.135	—	—	—	6.490
Febrero ... ..	—	1.387	1.957	457	1.897	—	—	—	5.698
Marzo ... ..	—	1.399	1.993	470	1.480	—	—	—	5.342
Abril ... ..	—	1.516	1.923	442	1.137	—	—	11.732	16.750
Mayo ... ..	—	1.755	2.000	161	939	—	—	17.594	22.449
Junio ... ..	—	1.969	1.872	419	798	—	—	18.620	23.678
Julio ... ..	—	2.209	1.716	258	654	—	—	21.352	26.189
Agosto ... ..	—	2.034	1.616	210	562	—	—	9.854	14.276
Septiembre ...	—	2.690	1.429	248	202	—	—	21.837	26.406
Octubre ... ..	—	1.978	1.249	365	—	—	1.849	25.487	30.928
Noviembre ...	—	1.605	1.237	270	—	—	793	25.000	28.905
Diciembre ...	—	1.588	1.582	269	883	—	989	21.296	26.607
Total ... ..	—	21.724	20.880	4.024	10.687	—	3.631	172.772	233.718

FUENTE: Delegación del Gobierno en CAMPSA.

Cuadro 2.8

## PRODUCCION DE PETROLEO Y GAS EN ESPAÑA

AÑOS	Dorada tm	Casablanca tm	Tarraco tm	(Ayoluengo) Lora tm	(Amposta) S. Carlos I y II tm	(Gas) Castillo (m <sup>3</sup> )	(Gas) Serrablo (m <sup>3</sup> )	Salmonete tm
1963-1967	—	—	—	135.117	—	13.715.556	—	—
1968	—	—	—	130.070	—	2.474.030	—	—
1969	—	—	—	229.156	—	2.475.701	—	—
1970	—	—	—	180.276	—	1.740.357	—	—
1971	—	—	—	123.000	—	2.000.000	—	—
1972	—	—	—	139.796	—	1.873.629	—	—
1973	—	—	—	111.121,1	653.724	1.528.228	—	—
1974	—	—	—	83.745,6	1.895.950	1.414.662	—	—
1975	—	—	—	66.657	1.961.743	1.163.747	—	—
1976	—	—	—	67.328	1.708.635	1.250.445	—	—
1977	—	112.941	119.629	64.855	686.861	896.412	—	—
1978	163.876	104.638	267.463	61.198	382.670	850.072	—	—
1979	428.595	10.629	370.637	73.824	273.931	614.759	—	—
1980	267.501	670.927	302.242	60.001	291.642	623.839	—	—
1981	300.490	669.107	95.771	68.834	99.268	317.831	—	—
1982	423.963	901.894	47.949	76.038	81.335	—	—	—
1983	366.578	2.169.704	277.136	78.787	84.637	—	—	—
1984	201.630	1.623.560	295.273	80.556	44.170	—	172.441.588	70.308

FUENTE: Enciclopedia Oilgas.

Cuadro 2.9

INVERSIONES REALIZADAS EN INVESTIGACION DE HIDROCARBUROS DESDE 1959 A 1984  
(En millones de pesetas)

AÑOS	Península	Río Muni Fdo. Poo	Sahara
1959 ... ..	—	—	—
1960 ... ..	525	14	1.247
1961 ... ..	758	1	1.192
1962 ... ..	780	9	695
1963 ... ..	586	24	117
1964 ... ..	577	—	41
1965 ... ..	952	—	48
1966 ... ..	941	17	92
1967 ... ..	961	414	65
1968 ... ..	1.513	543	3
1969 ... ..	707	—	288
1970 ... ..	1.065	—	313
1971 ... ..	1.351	—	134
1972 ... ..	2.661	—	106
1973 ... ..	2.901	—	63

FUENTE: Enciclopedia Oilgas.



Cuadro 2.9 (Continuación)

AÑOS	Península	Río Muni Fdo. Poo	Sahara
1974 ... ..	2.476	—	26
1975 ... ..	6.186	—	2
1976 ... ..	10.201	—	—
1977 ... ..	12.118,5	—	—
1978 ... ..	12.478	—	—
1979 ... ..	11.058	—	—
1980 ... ..	16.407,6	—	—
1981 ... ..	19.575	—	—
1982 ... ..	46.375,4	—	—
1983 ... ..	28.870	—	—
1984 ... ..	29.670	—	—

FUENTE: Enciclopedia Oilgas.

## 2.3 MINERALES NO ENERGETICOS

La distribución de los depósitos minerales en una determinada región está controlada o gobernada por la relación existente entre los procesos de formación de los minerales, el régimen de movimientos tectónicos, las características específicas de la sedimentación y la naturaleza, forma e intensidad de la actividad ígnea y metamórfica en las distintas etapas del desarrollo de las estructuras de la corteza terrestre.

Pueden, pues, originarse depósitos minerales en relación con rocas magmáticas intrusivas y los productos que de ellas se derivan: depósitos intramagmáticos, pegmatíticos-neumatolíticos e hidrotermales. Durante y como consecuencia de los procesos exógenos de meteorización, erosión, transporte, sedimentación y diagénesis: yacimientos detríticos, residuales, intracársticos, de sedimentación o precipitación química y bioquímica, evaporíticos y biogénicos. En relación con procesos volcánicos y en medios o ambientes marinos: yacimientos volcanogénicos, exhalativos y exhalativos-volcánicos sedimentarios. Como consecuencia de procesos metamórficos: depósitos metamórficos y metamorfizados. Y por último, como consecuencia de la conjunción de diversos procesos geológicos (sedimentación, hundimiento, tectónica, etc.): yacimientos estratoligados formados a partir de salmueras, hidrotermales de aguas calientes, etc.

Cada uno de estos depósitos minerales puede relacionarse con ámbitos geotectónicos específicos de la tectónica global o teoría de placas, pero en última instancia son el resultado de pro-

cesos, ambientes y condiciones muy locales y restringidas.

### 2.3.1 MINERALES METALICOS

#### Cobre

Los depósitos de cobre en España, actualmente en explotación, se relacionan con complejos metamórficos supuestamente precámbricos (distrito de Santiago de Compostela), con rocas carbonatadas y graníticas intermedias (Cala, Teuler) y con rocas efusivas del volcanismo carbonífero inferior (distrito Huelva-Sevilla), todos ellos en el Macizo Hespérico.

Otras fuentes de abastecimiento las constituyen las matas procedentes de las fundiciones de plomo y cinc, chatarras, cáscaras de cobre procedentes de la precipitación de este metal a partir de soluciones y aguas de minas cargadas de sulfato de cobre, como uno de los productos del tratamiento de las cenizas de pirita, etc.

De acuerdo con el inventario nacional de recursos de minerales de cobre, realizado por el IGME, en 1981, las reservas españolas se cifran en 2.380.000 t de cobre metal, de las que el 91 por ciento se encuentran en el cinturón pirítico del Suroeste peninsular, el 6,4 por ciento en Galicia, y el resto en otras áreas.

Los recursos totales de cobre se distribuyen de la siguiente manera:

**Cuadro 2.10**  
**RECURSOS NACIONALES DE COBRE**

	RECURSOS NACIONALES DE COBRE				
	Recursos Identificados		Recursos no Identificados		
	Demostrados		Grado de Probabilidad		
	Medidos	Indicados	Inferidos	Hipotéticos	Especulativos
Económicos ... ..	2.380.000		227.700	1.777.000	1.362.00
Económicos	632.900	126.800			
Marginales ... ..					
Subeconómicos ... ..	811.100		450.000		

Unidad: t de Cu

FUENTE: Inventario Nacional de Recursos de Cobre. IGME. 1981.

El productor más importante de cobre en España es Río Tinto Minera, S.A., con las explotaciones de Cerro Colorado, Cloritas de Alfredo, Masa San Antonio y Masa San Dionisio, en el área de Río Tinto (Huelva), y de Arinteiro, Fornás y Bama, en Santiago de Compostela (La Coruña). Otros productores son Andaluza de Piratas, S.A., con Minas de Aznalcóllar (Sevilla), que entró en producción en 1980 y que por dificultades de diversa índole paró en 1982, reanudando posteriormente su actividad extractiva, Minas de Herrerías (Huelva), Compañía Española de Minas de Tharsis, S.A., Electrolisis del Cobre, S.A. y Metalquímica del Nervión, S.A.

El cuadro de producciones por empresas, pone de manifiesto la importancia relativa de los distintos productores.

**Cuadro 2.11**  
**PRODUCCIONES ANUALES DE LAS PRINCIPALES EMPRESAS DE COBRE**

Empresas	1978		1979		1980		1981	
Concentrados	M. vendible	Contenido	M. vendible	Contenido	M. vendible	Contenido	M. vendible	Contenido
Río Tinto Minera, S.A. ... ..	45.737	8.690	45.050	10.338	155.989	28.894	186.061	36.874
M. del Andévalo, S.A. ... ..	SD	SD	2.496	449	8.200	1.476	2.450	441
Hidronitro, S.A.	1.060	212	89	17	—	—	—	—
Aznalcóllar ... ..	—	—	—	—	27.171	5.650	38.706	8.122
<b>Cáscaras</b>								
Río Tinto Minera, S.A. ... ..	SD	SD	4.185	3.209	4.290	3.088	2.774	1.955
Metalquímica del Nervión ... ..	4.125	3.380	3.641	2.990	3.658	3.051	3.905	3.378
Cía. Española de Minas de Tharsis	146	287	543	434	334	247	141	93
Minas de Herrerías	—	—	24	11	5	1	—	—

SD: Sin Datos.

FUENTE: Dirección General de Minas.

A continuación se describe sólo el distrito de Santiago de Compostela, ya que el resto de los depósitos de cobre se tratan en los apartados correspondientes a las piritas y al hierro.

### Distrito de Santiago de Compostela (La Coruña)

Las mineralizaciones de cobre del área de Santiago de Compostela se localizan en la zona comprendida entre esta ciudad y la aldea de Touro, situada 20 km más hacia el Este. Se encuentran relacionadas con complejos básicos-ultrabásicos muy metamorfizados, que se consideran del Precámbrico y que cabalgan sobre las formaciones más modernas que los rodean.

Las mineralizaciones más interesantes se encuentran en el llamado "Básico de Santiago", complejo anfibolítico-granatífero con zonas peridotíticas. Existen dos modelos claros y bien diferenciados de yacimientos de cobre que, si bien pertenecen a una misma tipología, constituyen dos subtipos bien definidos: uno de mineralización diseminada, los yacimientos de Arinteiro, y otro de mineralización masiva, los yacimientos de Fornás.

### Yacimientos tipo Arinteiro

Aparecen, dentro de una formación de esquistos neósicos, en relación con afloramientos lenticulares y arrosariados de anfibolitas que forman el cierre periclinal de un anticlinorio complejo, de eje N-S.

El yacimiento, actualmente en explotación por Río Tinto Minera, S.A., se encuentra en un área de relativa sencillez estructural y sólo en el extremo Norte y zona central del mismo existen replegamientos del tipo "drag folds" que originan un engrosamiento y acumulación de la minerali-

zación, y que constituyen las zonas más aptas para la explotación.

En la actualidad, la explotación se realiza a cielo abierto, con bancos de 10 m de altura y taludes de 45 a 60°, en las cortas de Arinteiro Norte y Sur, y Bama, estimándose unas reservas de 23,2 millones de toneladas, con ley media de 0,625 por ciento de Cu.

La mineralización está constituida fundamentalmente por pirrotina y calcopirita diseminada y su origen más probable se considera volcánico-sedimentario ya que se halla ligada a un nivel estratiforme plegado de composición aluminica (estauroлита-cordierita-gedrita), intercalado concordantemente dentro de un complejo de orto-anfibolitas polimetamorfizadas.<sup>14</sup>

Recientemente se ha sugerido un origen exhalativo volcánogénico submarino, siendo las actuales mineralizaciones, diseminada y masiva, equivalentes metamórficos del stockwork y sulfuros masivos primitivos.<sup>15</sup>

### Yacimientos tipo Fornás

Los principales yacimientos son los de Fornás, con cerca del millón de toneladas con el 1,3% Cu, y el de Gema, con escasas reservas.

La mineralización, que se encuentra rellenando fracturas generalmente de dirección N 40°O, es fundamentalmente pirrotina masiva con calcopirita diseminada junto con ganga de estauroлита, gedrita, pargasita, clorita, cuarzo, etc.

Las mineralizaciones se consideran conectadas con removilizaciones anatéticas tardías y fracturas que hayan afectado en profundidad zonas de metapelitas con sulfuros.

Las producciones obtenidas por Río Tinto Minera, S.A., durante los últimos años, en sus yacimientos de La Coruña, se detallan a continuación.

Cuadro 2.12

	1977	1978	1979	1980	1981
Concentrados ... ..	48.882	45.737	45.050	48.340	43.447
Cu contenido ... ..	11.550	10.807	10.338	10.639	9.615

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía.

## Oro

El productor más importante de oro en España, en forma de bullión es Río Tinto Minera, S.A., cuyas instalaciones de Cerro Colorado son descritas en el apartado de piritas.

Otras áreas tradicionalmente productoras, como Rodalquilar (Almería), Calzadilla (Cáceres), Carballino (La Coruña), etc., permanecen actualmente inactivas.

**Cuadro 2.13**

Empresas	1977	1978	1979	1980	1981
Río Tinto Minera, S.A.	3.371 kg.	2.919 kg.	2.491 kg.	2.829 kg.	3.204 kg.
Metalquímica del Nervión, S.A. ... ..	199 kg.	201 kg.	222 kg.	212 kg.	204 kg.

FUENTE: Dirección General de Minas.

## Plomo-Cinc

El plomo y cinc se presentan, en España, asociados muchas veces con otros elementos en depósitos de muy diversos tipos que responden de una manera general a rellenos de cavidades por soluciones hidrotermales, a reemplazamiento o metasomatismo de rocas aptas para ello, generalmente carbonatadas, a sedimentación, a precipitación química de sulfuros, en sedimentos ricos en materia orgánica, de los bicarbonatos, carbonatos y sulfatos presentes en disolución en las aguas, y a procesos exhalativos-sedimentarios.

Las zonas de mayor potencialidad minera corresponden a los distritos de Cartagena, asociado a rocas subvolcánicas, de Linares-La Carolina-Santa Elena, asociado a rocas plutónicas, de Huelva-Sevilla, de origen exhalativo-volcánico-sedimentario, y de Santander y León, asociados a rocas carbonatadas.

Otras zonas, de menor importancia en la actualidad, son las de Sierra de Gádor y Sierra

Almagrera, en la provincia de Almería, y Sierra de Lújar, en la de Granada, en las que las menas van acompañadas de fluorita; la del valle de Alcadia, en la provincia de Ciudad Real; la del Priorato, en la provincia de Tarragona, y la del Pirineo aragonés y catalán. En Guipúzcoa, se ha descubierto recientemente por Exminesa un depósito de cinc-plomo en La Troya, cerca de Beasain, con unas reservas probadas de  $5 \times 10^6$  t con el 12% de cinc más plomo y cantidades menores de cobre.

El inventario de los recursos nacionales de plomo y cinc, realizado en 1981 por el Instituto Geológico y Minero de España, pone de manifiesto que España tiene un potencial importante en estos metales, situándose entre los primeros países de Europa, y específicamente entre los de la Comunidad Económica Europea (Cuadros 2.14 y 2.15).

Del total de las reservas medidas del país de plomo y cinc, el 70 por ciento corresponde a los minerales del cinturón pirítico de Huelva-Sevilla.

**Cuadro 2.14**

### RECURSOS NACIONALES DE PLOMO

	Recursos Identificados			Recursos no Descubiertos	
	Demostrados		Inferidos	Grado de Probabilidad	
	Medidos	Indicados		Hipotéticos	Especulativos
Económicos ... ..	2.789.280	625.100	948.410	1.648.000	2.085.000
Económicos marginales ... ..	1.476.900		432.600		
Subeconómicos ... ..	657.800		507.500		

Unidad: t en metal contenido.

Cuadro 2.15

## RECURSOS NACIONALES DE CINCO

	Recursos Identificados			Recursos no Descubiertos	
	Demostrados		Inferidos	Grado de Probabilidad	
	Medidos	Indicados		Hipotéticos	Especulativos
Económicos ... ..	6.174.760	1.101.650	1.902.700	3.046.000	4.638.000
Económicos marginales ... ..	3.632.200		715.000		
Subeconómicos ... ..	1.229.800		356.700		

Unidad: t en metal contenido

FUENTE: Inventario Nacional de Recursos de Plomo y Cinc, IGME, 1981.

## Distrito de La Unión, Cartagena (Murcia)

Desde tiempos remotos se han venido explotando las sustancias minerales de la Sierra de Cartagena, laboreándose las zonas más ricas a favor de la configuración topográfica del terreno. En la actualidad, la explotación de concentraciones minerales que, en algunos casos, presentan leyes tan exiguas como 1,5% Pb, 0,8% Zn, 6,5%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y 0,4 onzas de plata por tonelada, se realiza gracias al desarrollo de técnicas de laboreo, concentración, almacenamiento de estériles, etc., de elevado rendimiento, junto con adecuadas características físicas y químicas de las menas.

Desde el punto de vista geológico, la región, situada en la extremidad oriental de las zonas internas de las cordilleras béticas, se compone de cuatro niveles estratigráficos que de muro a techo son: Un zócalo metamórfico paleozoico. Una serie paleozoica, transgresiva sobre el zócalo, del Nevado-Filábride. Un manto de corrimiento (Alpujarride) de sedimentos triásicos. Un recubrimiento mioceno. Y finalmente, de un volcanismo que reposa o atraviesa el recubrimiento mioceno erosionado.

En este cuadro geológico muy simplificado se ubican los depósitos económicamente explotables de Pb-Zn y otros de mucha menor o nula importancia económica. De todos ellos merecen destacarse:

a) Filones de pirita-blenda-galena, como los tan conocidos de la zona del Llano, consecuencia del hidrotermalismo consecutivo al volcanismo traquiandesítico postmioceno. Cabezo Rajado y Las Lajas.

b) Depósitos de pirita, blenda, galena y magnetita con ganga de grenalita, en las calizas triásicas del manto de corrimiento, siendo las concentraciones más representativas las explotadas en las canteras Emilia, San Valentín y Tomasa, con leyes que oscilan entre el 1-1,3% Pb, el 1-1,6% Zn y el 7%  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Forman el llamado "manto de los azules o de los silicatos", a causa del color y composición del mineral, también conocido como el "primer manto". Este tiene espesores comprendidos entre 30 y 70 m, y engloba diques y sills de dolerita asociados con la mena y que pueden estar mineralizados.

Este primer manto, situado en la Unidad Alpujarride, puede además estar mineralizado con una paragénesis de pirita-esfalerita-galena (Buen Consejo y Julio César).

También en Buen Consejo la mineralización se encuentra en las margas calcáreas basales del Mioceno.

c) Depósitos de pirita, blenda y galena con ganga de cuarzo y clorita o de albita y clorita, en las calizas marmóreas de la serie transgresiva, como en Buen Consejo, Minas de Cartes, El Gorguel y Los Blancos. Forman el denominado "manto piritoso o de los cipolinos", conociéndose también como el "segundo manto". Las leyes oscilan entre el 1-2% Pb y 2,2-3,5% Zn.

En la zona de El Gorguel las mineralizaciones son filonianas.

Estratigráficamente el segundo manto se sitúa en la Unidad Nevado-Filábride y también puede darse una segunda paragénesis de pirita-blenda-galena-magnetita (Gloria y San José).

En Minas de Cartes, la mineralización de

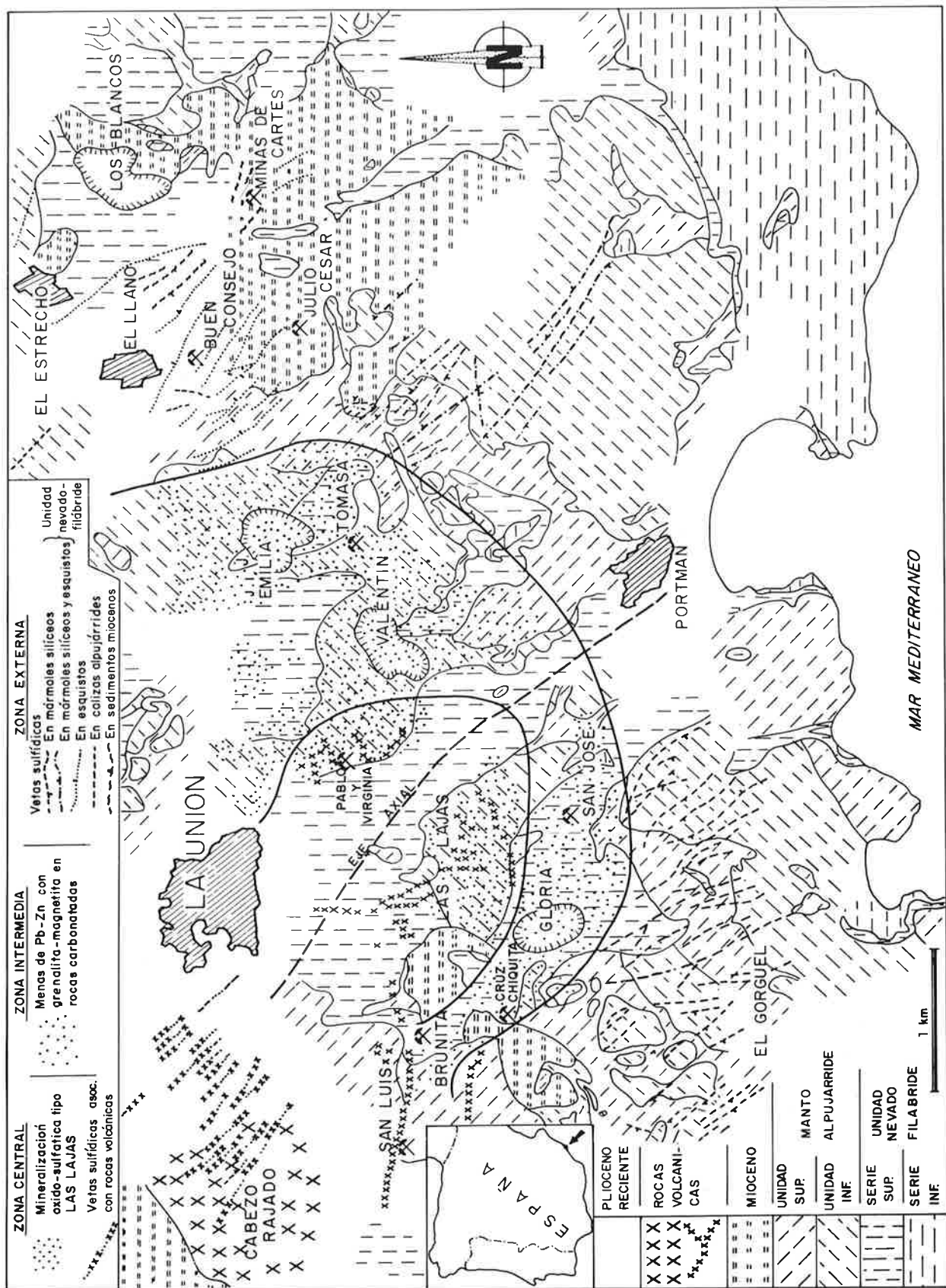


Fig. 2.5.— Esquema geológico del distrito minero de La Unión (Murcia). Según OEN et al.<sup>16</sup>

pirita-esfalerita-galena se encuentra en las margas calcáreas miocenas.

Las mineralizaciones de estos depósitos muestran una clara zonalidad concéntrica, lateral y vertical. Han sido consideradas como hidrotermales subvolcánicas, en relación con el volcanismo terciario, y su carácter estratoide justificado por reemplazamiento metasomático (fig. 2.5).

El principal productor del distrito minero es la S.M.M. de Peñarroya España, S.A., cuyos primeros trabajos por minería subterránea, explotación por huecos y pilares, se iniciaron en 1940. Posteriormente, en 1957, 1960 y 1967, acometería la explotación a cielo abierto de las canteras Emilia, Gloria y San Valentín, respectivamente.

#### **Distrito de Linares-La Carolina-Santa Elena (Jaén)**

El distrito filoniano de Linares-La Carolina-Santa Elena se encuentra situado en el flanco Sur de un gran anticlinorio de dirección hercínica (anticlinorio de Alcudia), en el extremo suboriental de la meseta española.

Las rocas existentes en este distrito se distribuyen en dos conjuntos bien diferenciados: un zócalo paleozoico, en el que arman las mineralizaciones, y un recubrimiento posthercínico (fig. 2.6).

Los filones se hallan en clara relación espacial con adamellitas y granodioritas que han sido emplazadas en fases tardías de la orogenia hercínica. Los afloramientos graníticos de Linares y La Carolina constituyen prácticamente las últimas manifestaciones ígneas de la Meseta hacia el Este, como prolongación del Batolito de Los Pedroches y de los complejos ígneos que, impuestos y controlados por grandes accidentes de zócalo según direcciones hercínicas, afloran en la meseta paleozoica. Al contrario de lo que ocurre en el complejo ígneo de Pedroches, al que se asocia un cortejo filoniano muy variado (Pb, Zn, Cu, Bi, W, Sn, U), a los afloramientos graníticos de este distrito se asocian casi exclusivamente filones de Pb-Ag.<sup>17</sup>

Morfológicamente los filones son, en general, subverticales, presentan un gran desarrollo longitudinal (el filón Guindo alcanza los 10 km) y se explotan o se han explotado hasta profundidades próximas a los 700 m. El aspecto de los filones, debido a los fenómenos de movilidad tectónica acaecidos con posterioridad a la cris-

talización de la galena, es sumamente brechoide, presentándose la galena de modo discontinuo en bonanzas de forma lenticular. La potencia filoniana puede variar de pocos decímetros a más de 5 m.

En la zona de Linares los filones presentan direcciones norteadas (de N 30° E a N 45° E), buzamientos subverticales, y encajan en granito o en pizarras metamórficas de edad carbonífera. Merecen destacarse el Filón Arrayanes, del que se han obtenido unas 1.230.000 t de concentrados de galena, el Filón Cobre, con más de 5 km de corrida, y el Filón Rosso, con más de 6 km. En el campo de La Carolina-Santa Elena, encajan en granito y, principalmente, en la serie detrítica del Ordovícico, presentando, salvo excepciones, direcciones próximas a la E-O. En esta zona destacan el Filón Guindo (en explotación en su parte E), con labores a lo largo de unos 10 km y hasta profundidades de 600 m, el Filón Ojo Vecino, explotado a lo largo de más de 7 km y hasta profundidades de 700 m, el Filón Sinapismo, explotado a lo largo de más de 6 km y hasta profundidades de 550 m, el Filón Mirador (en El Centenillo), explotado a lo largo de 2,5 km y hasta profundidades superiores a los 650 m, calculándose que se le han extraído unas 851.000 t de concentrado de galena y que los romanos explotaron hasta profundidades de 225 m.

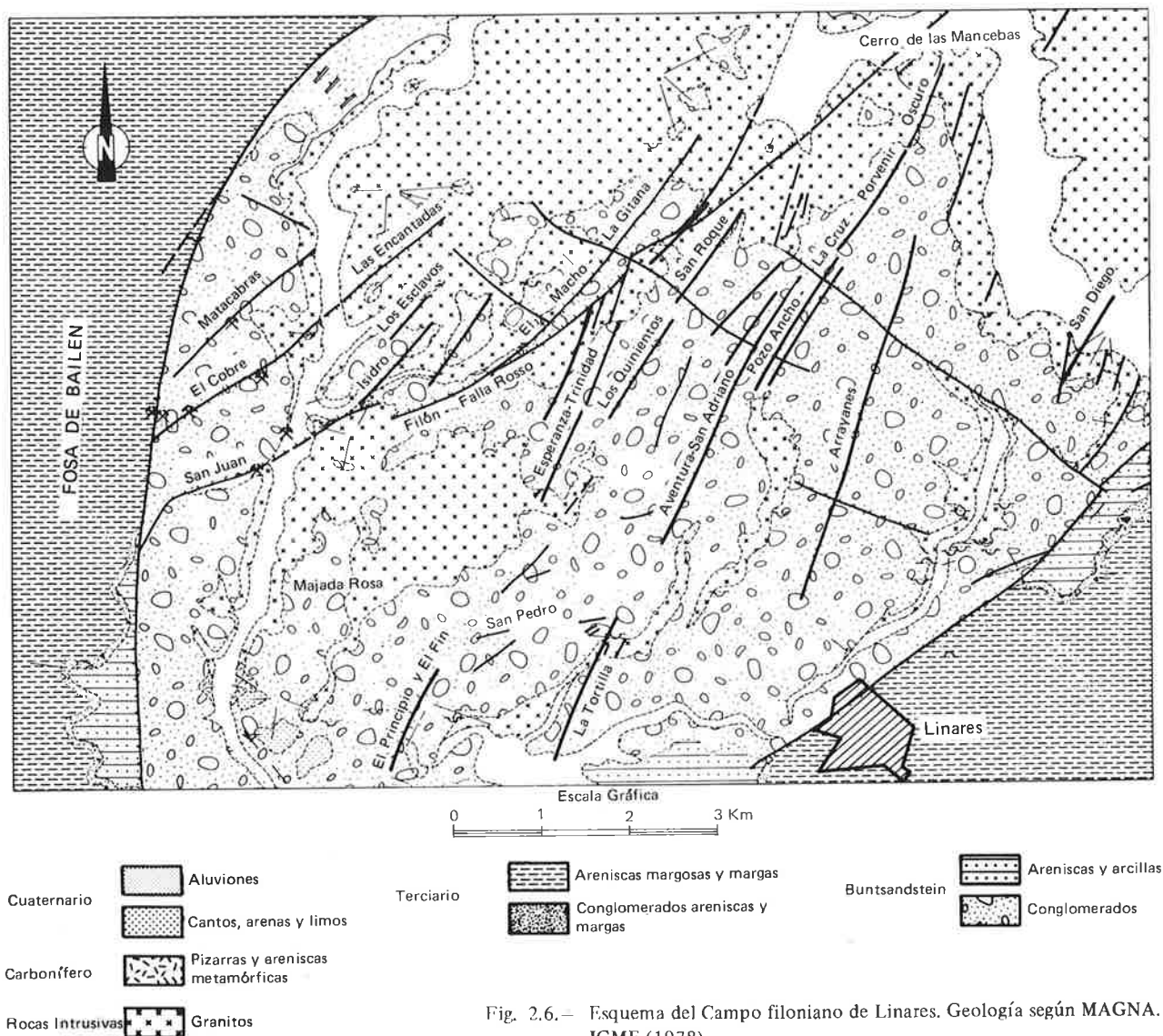
La mena que se beneficia está constituida fundamentalmente por galena y sulfoantimonio de plata; en los filones de Linares el contenido en Ag oscila alrededor de los 250 gr/t de plomo, mientras que en los de La Carolina-Santa Elena es algo más alto, alrededor de los 350 gr/t.

Las empresas explotadoras de Pb en la zona son la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A. (ENADIMSA), que laborea, en la zona de Linares, los filones Rosso (San Juan Esmeralda), Cobre y núm. 2: Minas de La Cruz que explota, en la zona de Linares, los filones Cobre, núm. 2, Igualdad y Felpias, y, en la zona de La Carolina, el filón Caprichosa; y la Compañía Minero Metalúrgica Los Guindos, S.A., que explota, en la zona de La Carolina, los filones Guindo y Crucero Sur.

El método de explotación varía poco de una zona a otra. En la de Linares se emplea generalmente el de "cámara almacén con galería paralela en estéril" o bien el de "cámara almacén con deszafre por tolvas inglesas". En la zona de La Carolina se aplica normalmente el de "cámara almacén con relleno siguiendo el frente".

Del potencial minero del distrito da idea el





hecho de que fuera el principal productor mundial de plomo durante casi 90 años (1880-1970) y el que hayan existido unas 1.300 minas, con más de 65 km de pozos maestros y unos 786 km de galerías sobre filón<sup>17</sup>. De los filones actualmente en explotación, se estiman unas reservas de plomo de 570.000 t, con ley de 5,4 por cien-

to en Pb, en el grupo de ENADIMSA; de 308.070 t, con ley del 7 por ciento en Pb, en Minas de la Cruz, S.A. y de 128.000 t, con ley del 4 por ciento en Pb, en las explotaciones de Los Guindos.

Las producciones obtenidas de los filones, han sido en los últimos años.

Cuadro 2.16

AÑOS	E.N. ADARO, S.A.		LOS GUINDOS, S.A.		LA CRUZ, S.A.	
	Pb (t)	Ag (kg)	Pb (t)	Ag (kg)	Pb (t)	Ag (kg)
1977	5.011	1.762	3.773	1.894	5.563	1.435
1978	5.029	1.741	3.667	2.575	6.669	1.665
1979	5.038	1.618	S.D.	S.D.	7.436	1.798
1980	4.321	1.573	2.259	1.321	8.348	2.066
1981	4.501	1.535	1.297	714	7.752	1.924

S.D.: Sin Datos FUENTE: Dirección General de Minas



## Distrito de Cantabria

La actividad minera en este distrito se concentra fundamentalmente en las explotaciones de Reocín, propiedad de Asturiana del Zinc, S.A., y Aliva.

## Reocín (Cantabria)

El yacimiento de Reocín se encuentra situado en el flanco SE del sinclinal de Santillana, amplio pliegue de génesis alpina y dirección SO-NE, a unos 30 km de la ciudad de Santander. Los materiales secundarios se han plegado sobre las dovelas fracturadas del basamento paleozoico (fig. 2.7).

Es uno de los más importantes yacimientos europeos del tipo BGP, donde aparecen como especies minerales más importantes las siguientes: Blenda, wurtzita, melnikovita, marcasita, galena, calcita, melanerita, epsomita, etc.

Las mineralizaciones con leyes medias del 11% Zn, 1,5% Pb, 29% OCa, 15% OMg, 5% de Fe y 0,3% de Mn, arman exclusivamente en dolomías ankeríticas de unos 200 m de potencia del Gargasiense-Aptiense superior.

La roca madre del criadero conserva en muchos casos la impronta de las calizas primitivas: restos de lamelibranquios, coralarios y foraminíferos entre otros, algunos perfectamente conservados y que sirven de guía estratigráfica en las labores mineras.

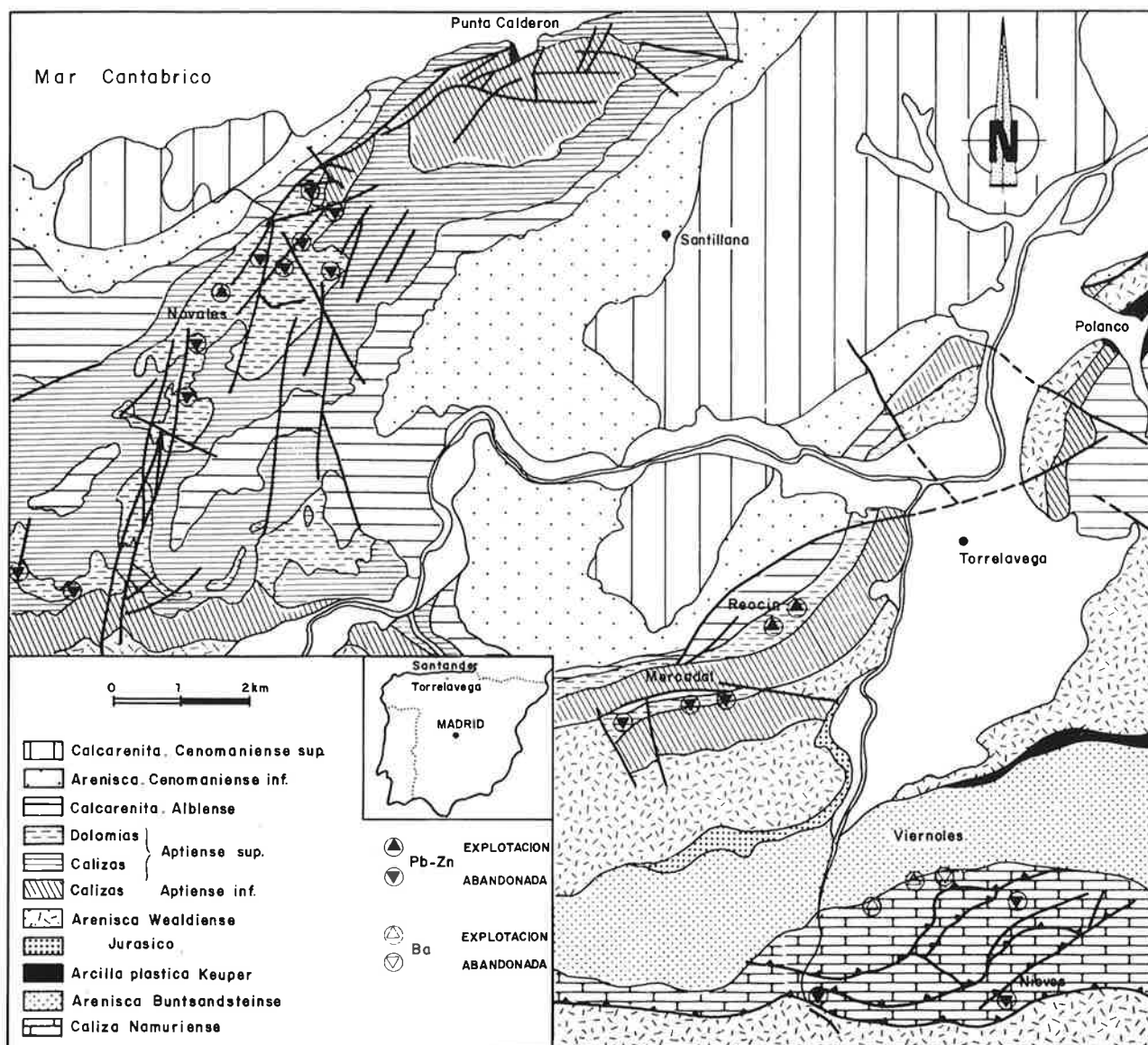


Fig. 2.7.— Mapa geológico-minero del área de Torrelavega (Santander). Según VADALA<sup>18</sup>.

El yacimiento se extiende en una longitud de 3.500 m por 700 m según la pendiente. Consta de tres capas, superpuestas y de distinta extensión, denominadas "Sur", "Norte" y "Tercera", que siguen horizontes estratigráficos preferenciales. Su traza o rumbo varía según la estructura sinclinal desde N-57°E, en el centro del yacimiento, hasta N-87°E, en el borde occidental; el buzamiento en general es de 23°, variando localmente hasta más de 35°.

La explotación actual se realiza en la zona de Barrendera (sector oriental) y en la zona Centro (denominada Flexión), empleándose el banqueo por tiros largos aprovechando la potencia del criadero y que, debido a su buzamiento de 30°, no sobrepasan los 14 m. La anchura de las cámaras es de 15 m en Barrendera y de 25 m en la zona Flexión, obteniéndose una producción de 2.900 t/día, con rendimientos de hasta 300 t/hombre en las labores de banqueo.

En la zona de capa Sur-Oeste, se emplea el método de cámaras ascendentes en pendiente, con anchuras de 18 m en la cámara y 12 m en el pilar. Los rendimientos medios son sensiblemente inferiores a los obtenidos en las explotaciones anteriores.

En las antiguas labores de la capa Sur, donde queda en los pilares un 35% del criadero, se realiza la recuperación de éstos mediante corte y relleno cementado, colocado con camión lanza-

dera, lo que permite alcanzar producciones de hasta 400 t/día de un mineral de alta ley y sustituir, en su día, la explotación por cámaras ascendentes en pendiente.

Todo el mineral arrancado en la mina se transporta por el nivel -200, en trenes de 10 vagones de 3.700 litros arrastrados por locomotoras de corriente continua de 500 V y 12 t de peso, hasta la planta de trituración.

El mineral preconcentrado en la planta de medios densos y reducido a tamaños inferiores de 80 mm es transportado por ferrocarril al Lavadero de Torres, donde tras trituración, molienda, clasificación, y lavado se obtienen 36 t de un concentrado de galena con el 70% Pb, 450 t de blenda con el 56% Zn y 100 t de piritita con el 47% S, al día.

Las reservas totales del yacimiento se estiman en 5,2 millones de toneladas, con el 11,3% Zn y el 1,6% Pb, explotables a cielo abierto; y 38,5 millones de toneladas con el 10,6% Zn, el 1,5% Pb y el 9% Fe, explotables por minería subterránea (Cuadro 2.17).

Existen numerosas hipótesis sobre el origen del yacimiento, destacando las que últimamente relacionan el yacimiento con procesos cársticos y mineralización intracárstica a partir de salmueras procedentes de los diapiros del área de Torrelavega.<sup>18</sup>

**Cuadro 2.17**  
**PRODUCCIONES ANUALES DE REOCIN Y ALIVA**

		REOCIN		ALIVA	
		Pb	Zn	Pb	Zn
1977	M. vendible	5.834 t	72.538 t	731 t	7.211 t
	Contenido	4.359 t	40.828 t	529 t	3.899 t
1978	M. vendible	—	—	S.D.	S.D.
	Contenido	—	—	S.D.	S.D.
1979	M. vendible	7.085 t	76.502 t	250 t	3.775 t
	Contenido	5.074 t	42.788 t	164 t	2.178 t
1980	M. vendible	6.922 t	78.855 t	173 t	3.068 t
	Contenido	5.079 t	44.079 t	117 t	1.763 t
1981	M. vendible	5.840 t	67.503 t	173 t	3.066 t
	Contenido	4.352 t	37.748 t	119 t	1.706 t

S.D.: Sin Datos

FUENTE: Dirección General de Minas y Empresas.

### Aliva (Cantabria)

La mina Aliva está localizada en el macizo central de los Picos de Europa dentro del término municipal de Camaleño, en la provincia de Santander.

El mineral con una ley media de 11% Zn y 0,50% Pb, suele adoptar forma de bolsadas irregulares dentro de la caliza, estando compuesto fundamentalmente por blenda acaramelada y en menor cantidad galena siempre periférica respecto a aquélla, todo ello dentro de una ganga formada por calcita y dolomita. En la zona de contacto caliza-pizarra predominan filones de relleno con galena y nódulos de pirita.

La blenda aparece en las calizas dolomitizadas de edad namuriense adoptando las siguientes formas: (a) Filoniana, como relleno de fracturas y cavidades (b) Masas minerales, por sustitución de rocas carbonatadas (c) Filones-capas, en el contacto mecánico entre calizas y pizarras (d) Nódulos de blenda, embebidos en una matriz arcillosa como relleno de cavidades tectónicas en forma de chimeneas.

La paragénesis mineral está constituida fundamentalmente por blenda, galena, calcita y calcopirita.

La mineralización se ha originado mediante depósito y sustitución a partir de soluciones hidrotermales.

Las reservas se cifran en 49.000 t con una ley media del 10,25% en cinc y 0,98% en plomo (Cuadro 2.17).

La explotación se realiza subterráneamente mediante el método de cámaras y pilares.

### Distrito de Huelva-Sevilla

Los yacimientos de Pb-Zn de este distrito corresponden a los de sulfuros polimetálicos de la provincia metalogénica del Suroeste peninsular, de origen volcánogénico.

Las explotaciones más representativas son las de Aznalcóllar, en la provincia de Sevilla, y las del Sotiel, Riotinto, San Telmo, Lomero-Poyatos y M<sup>a</sup> Luisa, en la provincia de Huelva.

El contexto geológico de estos yacimientos es suficientemente descrito en el apartado correspondiente a las piritas por lo que sólo se especifican sus principales características.

### Minas de Aznalcóllar (Sevilla)

Los antiguos yacimientos de Aznalcóllar

han sido investigados recientemente por Andaluza de Piritas, S.A., poniendo de manifiesto la existencia de unas reservas de  $43 \times 10^6$  t de pirita, con leyes medias de 0,44% Cu, 1,74% Pb, 3,33% Zn, 67 gr Ag/t y 1 gr Au/t, más otros  $47 \times 10^6$  t de piroclasto cuprífero (denominación minera), con ley media de 0-0,58% Cu, 0,40% Zn y 10 gr Ag/t.

La zona mineralizada, unos 1.750 m en dirección E-O, está formada por las antiguas minas Santiago, Pañaleta, Cuchichón, Masa Nueva, Sillillos y Higuera que constituyen un solo yacimiento mineral.

La explotación del yacimiento, se realiza a cielo abierto con bancos de 15 m de altura, ángulos de taludes de muro y techo de 35° y 47°, respectivamente, pistas de 25 m de ancho y 8% de pendiente máxima.

En 1980, se arrancaron 1.745.089 t de pirita, 585.816 t de piroclasto cuprífero y 12.398.504 t de estéril, produciéndose 27.171 t de concentrados de cobre con un contenido de 5.650 t de cobre metal y 38.548 kg de plata; 34.918 t de concentrado de plomo con un contenido de 16.560 t de plomo metal y 18.025 kg de plata; y 60.335 t de concentrado de cinc con un contenido de 28.367 t de cinc y 1.907 kg de plata<sup>19</sup>.

Los concentrados se transportan en camión hasta el puerto de Sevilla para su embarque.

El tratamiento para la obtención de los diferentes concentrados es distinto en el caso de la pirita ("pirita compleja") que en el del denominado piroclasto cuprífero, ya que las características de ambas menas, son también distintas.

Las leyes medias de los concentrados obtenidos a partir de la pirita son:

Concentrado de Cu: 23% Cu; 3,5% Pb; 2,5% Zn; 1.200 g Ag/t.

Concentrado de Pb: 50% Pb; 0,52% Cu; 3,8% Zn; 450 g Ag/t.

Concentrado de Zn: 48% Zn; 0,40% Cu; 1,1% Pb; 62 g Ag/t.

Las de los concentrados procedentes del piroclasto cuprífero:

Concentrado de Cu: 23% Cu; 4% Zn; 190 g Ag/t.

Concentrado de Zn: 48% Zn; 2% Cu.

### Mina de Sotiel (Huelva)

Este yacimiento pertenece a Minas de Almagrera, S.A., del Instituto Nacional de Industria.

Se han cubicado unas  $59,1 \times 10^6$  t con 0,61% Cu; 1,60% Pb; 3,8% Zn; 39 g Ag/t, en tres masas, Norte, Centro y Sur, de las cuales la más interesante es la Centro ya que presenta zonas con potencias de 11 metros que tiene el 15,66% de Pb + Zn, y otros 5 metros con el 5,56% Cu.<sup>20</sup>

Adicionalmente, existen  $13,2 \times 10^6$  t de azufrones, con el 0,36% Cu; 0,47% Pb y 0,96% Zn, junto con  $2,8 \times 10^6$  t de pizarras con el 0,49% Cu.

Las masas, de forma lenticular, presentan buzamiento medio de  $45^\circ$ , teniendo el yacimiento una longitud de 950 m, potencia de 50 m y profundidad de 650 m.

La explotación se ha iniciado en interior por el método de cámaras y pilares, mediante corte y relleno en sentido ascendente, con el fin de extraer unas reservas geológicas de 14.503.350 t, con el 0,59% Cu, 1,78% Pb y 4,23% Zn.

En una segunda etapa a cielo abierto, se explotarán 10.796.380 t de azufrones, 31.207.340 t de pirita compleja, y 2.810.100 t de pizarras lixiviables ricas en cobre, con un movimiento de estériles de 337.652.080 t. Ello originará una corta de forma elíptica, de 1.300 m por 750 m como principales dimensiones, y cuyo fondo estará en la cota ya señalada.

Una instalación de trituración primaria, con obtención de un todo-uno a tamaño inferior a 200 mm, que existirá en el interior de la mina, se completará con otra de trituración y molienda en el exterior, que proporcionará un material, a tamaño inferior a las 0,044 mm a los tres circuitos diferenciales de flotación previstos.

La producción media anual prevista, para una capacidad de tratamiento de la planta de 600.000 t/año, será de 10.000 t de concentrados de cobre, con ley media del 20% Cu, 10.000 t de concentrados de plomo, con ley media del 50% Pb y 40.000 t de concentrados de cinc, con ley media del 50% Zn.

Una planta de producción de ácido sulfúrico, con una capacidad de 500.000 t/año, para tratar la pirita flotada obtenida en el proceso de obtención de los concentrados, completa las instalaciones mineras.

#### **Minas de Río Tinto (Huelva)**

Los yacimientos de Río Tinto que pueden considerarse de mineral complejo son las masas San Dionisio y San Antonio.

La Masa San Dionisio tiene unas reservas de  $45 \times 10^6$  t con ley media de 0,8% Cu, 0,9% Pb y 2-2,5% Zn, 24-25 g Ag/t, 0,3 g Au/t, en tanto que la de San Antonio tiene unos  $9 \times 10^6$  t con el 1,6% Cu, 1% Pb, 2% Zn, 60 g Ag/t, 0,6 g Au/t y un "stockwork" de  $18 \times 10^6$  con un 1,7% Cu.

#### **Mina San Telmo (Huelva)**

La sociedad San Telmo Ibérica, S.A. explota la Masa Santa Bárbara, habiendo realizado, en 1977, la conversión a cielo abierto de las antiguas labores subterráneas.

Se estima que las reservas de mineral complejo, en la masa de pirita, son de unas 400.000 t con leyes del orden de 1,2% Cu, 0,4% Pb, 12% Zn, 60 g Ag/t y 0,8 g Au/t.

#### **Mina de Lomero Poyatos (Huelva)**

El mineral complejo se sitúa en el extremo oriental de la mina de pirita.

Se estiman unas reservas de 300.000 t con el 0,6% Cu, 2,5% Pb, 7,76% Zn, 75 g Ag/t y 4 g Au/t.

Las producciones anuales últimas se sitúan alrededor de las 60.000 t de piritas, aunque, por ejemplo, en 1980, sólo se alcanzaron las 40.600 t, con el 46% S y 0,7% Cu.

#### **Mina M<sup>a</sup> Luisa (Huelva)**

Se sitúa inmediatamente al Norte del cinturón pirítico-hispano-portugués, asociada a tobas riolíticas de un volcanismo de edad no bien definida, y a rocas de silicatos cálcicos, cerca de la localidad de La Nava.

La paragénesis mineral está constituida por magnetita, pirrotina, arsenopirita, pirita, blenda, galena, bornita, calcosina, tetrahedrita, como minerales primarios, y hematites, limonita y cuprita, como secundarios. A una mineralización sin-genética, de posible origen exhalativo-sedimentario, se superpone otra, cuyo origen parece ir ligada a intrusiones de tipo diorítico, de carácter claramente epigenético<sup>21</sup>

Las reservas conocidas se estiman en unas 250.000 t con 0,8% Cu, 0,5% Pb, 3% Zn y 50 g Ag/t.

En 1976 se obtuvieron 2.564 t de concentrados de cinc y 1.658 t de concentrados de cobre. Esta producción bajó sensiblemente en 1977 en que se inició la preparación del cierre de

la mina, que se produjo en 1979, último año de producción.

### Minas de la alineación Vuelta Falsa-El Toro (Paymogo-Huelva)

Al Sur de la localidad de Paymogo aflora un conjunto volcánico-sedimentario, conocido por el nombre de alineación Vuelta Falsa-El Toro, en el que se sitúan diversas mineralizaciones conocidas de antiguo.

Entre ellas destacan La Romanera, en proceso de investigación por Asturiana del Zinc, S.A., en la que existen al menos  $1,5 \times 10^6$  t con 0,38% Cu; 3,35% Pb; 6,21% Zn y 116 g Ag/t. La Sierrecilla, investigada años atrás por Río Tinto Minera, S.A. y Asturiana del Zinc, S.A. en la que se calculan unas 200.000 t con 1,77% Cu; 6,24% Pb; 12,6% Zn y 130 g Ag/t; El Cura en investigación por Phelps Dodge, con aproximadamente  $1 \times 10^6$  t y leyes del orden de 1-3% Cu; 2% Pb y 4% Zn; y N<sup>a</sup> S<sup>a</sup> del Carmen, propiedad de Minas de Paymogo, S.A., con unas 50.000 t y leyes del 1,3% Cu; 10,3% Pb; 29,0% Zn; 153 g Ag/t y 1 g Au/t, que ha estado en explotación hasta finales de 1976.

### Distrito de Lugo y León

Las mineralizaciones de Pb-Zn aparecen, en este distrito, asociadas espacialmente a la denominada caliza de Vegadeo. Las más importantes concentraciones se sitúan en Toral de los Vados y Rubiales. En esta última localidad, Exploración Minera Internacional España, S.A. (EXMINESA), investigó el antiguo Grupo Santa Bárbara, encontrando no menos de  $12 \times 10^6$  t con 8,1% Zn y 1,5% Pb, e iniciando, en 1977, la producción de concentrados (Cuadro 2.18).

La mineralización se sitúa, dentro de una serie cámbrica de calizas, areniscas y pizarras, en el flanco Este de una gran estructura anticlinal que cabecea unos 15°. Esta zona se caracteriza por pliegues de amplitud variable, y por la silicificación y mineralización en Zn-Pb de las calizas; transformaciones que tienen lugar especialmente en las charnelas de los pliegues.

Se ha reconocido una corrida de 800 m y potencias de 10-25 m en los niveles superiores, y de 30 m en los inferiores, estando la mineralización limitada lateralmente por dos grandes fracturas.

Si bien no existe una génesis concreta para la mineralización, es claro su carácter epigenético.

La paragénesis está constituida por blenda, galena y barita fundamentalmente, y por fluorita, calcopirita y mercurio de una manera esporádica.

Las reservas se cifran en más de  $12 \times 10^6$  t de 7,7% Zn y 1,4% de Pb.

La explotación se realiza por el método de grandes cámaras con anchuras medias de 16 m; las cámaras tienen una altura de 70 m y alternan con pilares de unos 20 m. Con el fin de recuperar los pilares, las cámaras explotadas se rellenan hidráulicamente con los estériles procedentes del lavadero de concentración. La mina cuenta con un pozo de producción de 600 m y un conjunto de rampas.

La trituración primaria del mineral se realiza en el fondo de la mina; posteriormente, en superficie, mediante nuevas trituraciones y molienda se prepara la pulpa de abastecimiento al circuito de flotación. La planta de flotación tiene un circuito de desbaste, uno de lavado del cinc y otro de lavado y relavado del plomo.

La planta fue puesta en funcionamiento a mediados de 1977 y alcanzó los niveles comerciales de producción a comienzos de 1978.

**Cuadro 2.18**

#### MINA DE RUBIALES (Lugo)

		1977	1978	1979	1980	1981
Concentrados Pb	M. vendible	1.932	12.037	16.704	18.318	16.496
	Contenido	1.391	8.785	11.886	13.170	11.351
Concentrados Zn	M. vendible	16.567	64.730	91.857	122.277	121.923
	Contenido	9.940	39.371	56.033	74.567	74.373

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía.

Los concentrados de cinc son enviados a la planta de Asturiana del Zinc, S.A. en Avilés, Asturias, y los de plomo a la fundición de la S.M.M. de Peñarroya-España en Cartagena, Murcia. (Datos proporcionados por EXMINESA).

En la zona de Toral de los Vados (León) se conocen mineralizaciones de Zn-Pb que han sido investigadas reciente y conjuntamente por la S.M.M. de Peñarroya-España, S.A. y la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A., dentro del marco del Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales (PNAMPM).

Esta actuación, ha permitido, tras una extensa campaña de sondeos mecánicos, cubicar unos  $4 \times 10^6$  t con ley del 12-14% Pb, que permitirían unas producciones anuales de 15.000 t de plomo, 20.000 t de cinc y 10 t de plata.

## Plata

Aunque la producción de plata en España juntamente con la de oro es del orden de 10.104 millones de pesetas, (datos de 1984), no existe ninguna mina de plata. Toda la plata mencionada se obtiene de la desplatación de menas de plomo-cinc-plata, siendo la producción española prácticamente estable y del orden de unas 100 t anuales, entre los años 1975 y 1979, de 184,6 t en 1980, y de 218,1 t en 1981 (Cuadro 2.19).

En los últimos años, y dentro del Plan Nacional de la Minería, se han realizado nuevas investigaciones en la región de Hiedelaencina (Guadalajara), donde estuvieron situadas las más famosas minas de plata que existieron en el país.

De las zonas mineras del país con menas de blenda y galena argentíferas merece destacarse la

de Sierra Morena, a causa de su alto contenido en plata. Este parece estar condicionado, en cierta medida, por el tipo de magmatismo y la naturaleza de la roca de caja.

En efecto, en Los Pedroches, con roca encajante de pizarras y grauvacas carboníferas de facies Culm y magmatismo granítico hercínico, se explotaron menas con leyes medias de 1-2 kg Ag/t (máximo de hasta 4 kg/t), en El Soldado, Almadenes, Terreras, Claudio, San Rafael, etc.; en el grupo Mirabuenos, con roca encajante de pizarras, grauvacas y conglomerados carboníferos y magmatismo riodacítico hercínico tardío, leyes medias próximas a 2,5 kg Ag/t (máximo de hasta 6-7 kg Ag/t); en los grupos del Sur (Casiano de Prado, Rincón, Calamón, etc.), con rocas encajantes volcano-sedimentarias del Precámbrico superior y volcanismo ácido hercínico tardío, se dieron leyes medias próximas a 4 kg Ag/t (máximo de hasta 7 kg Ag/t en Calamón). Todas estas antiguas explotaciones pertenecen a la provincia de Córdoba.

Zonas mineras hoy inactivas, al igual que las mencionadas anteriormente, han sido las de Horcajo (Ciudad Real), Las Herrerías (Almería), Guadalcanal (Sevilla), Vimbodi y Bellmunt, en Cataluña.

En la actualidad, la producción de plata procede, como ya se ha señalado, de menas de Pb-Zn, y fundamentalmente de las siguientes provincias y empresas:

En Lugo, los concentrados de plomo de la mina de Rubiales contienen 450 g Ag/t que se recuperan en la metalurgia de la S.M.M. de Peñarroya-España, S.A., en Cartagena (Murcia).

En Vizcaya, Metalquímica del Nervión, S.A. la recupera en el tratamiento de las cáscaras de cobre.

**Cuadro 2.19**  
**RECURSOS NACIONALES DE PLATA**

	Recursos Identificados			Recursos no Descubiertos	
	Demostrados		Inferidos	Grado de Probabilidad	
	Medidos	Indicados		Hipotéticos	Especulativos
Económicos ... ..	5.900	428	481	1.642	2.612
Económicos marginales ... ..	698		579		
Subeconómicos ... ..	701		591		

Unidad: Toneladas métricas

FUENTE: IGME, 1981.

En Guipúzcoa, las minas San José y Arditurri tienen menas de plomo, cinc y fluorita con leyes de 700 g Ag/t y 800 g Ag/t, respectivamente.

Los distritos mineros de Linares-La Carolina, en la provincia de Jaén, y el de Cartagena, en la de Murcia, son importantes productores de plata. Los cuadros de producción incluidos en los respectivos apartados expresan tanto las cantidades obtenidas como las empresas productoras.

En Sevilla, Minas de Aznalcóllar (APIRSA) ha producido 57,3 t de plata, en 1980, y 65,96 t, en 1981, estimándose sus reservas en 3.351 t.

En la provincia de Huelva, Río Tinto Minera, S.A. tiene las explotaciones de San Dionisio, con 1.100 t de reservas de plata, Cerro Colorado, con 640 t de reservas, y San Antonio, con 640 t de reservas. También Sotiel, de Minas de Almagrera, S.A., tiene unas reservas de plata estimadas en 2.305 t.

### Estaño-wolframio

Los depósitos primarios económicamente explotables de Sn-W se distribuyen a lo largo del denominado "arco del Sn", por las provincias de La Coruña, Pontevedra, Orense, Zamora, Salamanca, Cáceres, Badajoz y Jaén, estando vinculados al magmatismo hercínico.

Estos depósitos primarios al ser denudados

por los agentes externos originan, por concentración natural, depósitos de tipo eluvial y aluvial, económicamente explotables en ocasiones.

Por ser las únicas mineralizaciones de Sn, de edad terciaria, existentes en Europa, se incluye una somera descripción de las existentes en el distrito de la Sierra de Cartagena.

La minería del estaño-wolframio ha sido y sigue siendo, en gran parte, una actividad dispersa en explotaciones de tamaño pequeño. Pero en los últimos años se está produciendo el abandono de las clásicas minas filonianas y la apertura de algunos trabajos a cielo abierto, arrancando minerales de baja ley. Otro hecho significativo es el interés creciente de algunas grandes compañías en la investigación y explotación de estos criaderos, y las investigaciones que, a nivel estatal, realiza el Instituto Geológico y Minero de España.

La mina más importante de estaño a cielo abierto es la de Penouta, en la provincia de Orense. Otras minas de explotación a cielo abierto son Golpejas y El Cubito, en Salamanca, Santa María y Teba, en Cáceres, y Monte Neme, en La Coruña, que explota estaño y wolframio. En wolframio, han adquirido importancia las explotaciones a cielo abierto de scheelita, siendo la más importante la de Barruecopardo, en Salamanca, seguida de la mina La Parrilla, en Badajoz.

En minería subterránea tienen importancia todavía las explotaciones de San Finx y Santa Comba, en La Coruña, de estaño y wolframio.

Cuadro 2.20

### RECURSOS NACIONALES DE ESTAÑO

	Recursos Identificados			Recursos no Descubiertos	
	Demostrados		Inferidos	Grado de Probabilidad	
	Medidos	Indicados		Hipotéticos	Especulativos
Económicos ... ..	46.400		20.700	20.000	40.000
Económicos marginales ... ..	14.600		12.300		
Subeconómicos ... ..	40.000		50.000		

Unidad: t. de Sn

FUENTE: Inventario Nacional de Recursos de Estaño, IGME, 1981.

Cuadro 2.21

## RECURSOS NACIONALES DE WOLFRAMIO

	Recursos Identificados		Recursos no Descubiertos	
	Demostrados		Grado de Probabilidad	
	Medidos	Indicados	Inferidos	
Económicos	28.400		18.300	30.000      50.000
Económicos marginales	13.100		8.500	
Subeconómicos	19.000		19.500	

Unidad: t. de WO<sub>3</sub>

FUENTE: Inventario Nacional de Recursos de Wolframio. IGME, 1981.



Fig. 2.8.- Situación de las principales concentraciones de SnW.



### Mina de Penouta (Orense)

Se encuentra situada al Sureste de la provincia de Orense, dentro del término municipal de Viana del Bollo.

Este depósito está constituido por una masa de granito, transformado en greisen, alterado y caolinizado, que encaja en rocas metamórficas, presentando una mineralización diseminada de casiterita y columbo-tantalita, explotada por la Cía. Centro Minero de Penouta.

La roca granítica es un leucogranito albitico alcalino, de grano fino a medio, con textura holocristalina, subidiomorfa y microporfídica, a veces fuertemente moscovitizado y con los feldespatos totalmente caolinizados.

Las rocas metamórficas encajantes son micaesquistos con granates y neises glandulares, que en una aureola de 100 m se encuentran profundamente alterados.

El granito de Penouta tiene además un penacho apical de filones de cuarzo con moscovita, mineralizados con casiterita, que encajan en el metamórfico.

Antiguamente se explotaron los filones del penacho apical con labores subterráneas; en la

actualidad se explota a cielo abierto el leucogranito caolinizado y la zona de moscovitización de la roca encajante. Dada la poca coherencia de estos dos tipos de rocas son arrancadas sin usar explosivos y tratadas sin ser molidas.

En 1977, se llevó a cabo la cubicación de parte del yacimiento, mediante 56 sondeos mecánicos, estimándose unas reservas de 7.200 t de estaño metal.

El proceso de concentración del todo-uno se hace mediante trómeles, ciclones, vibroclasificadores, hidrociclones, "jigs", mesas, separación electromagnética y hornos de secado.

Por cada tonelada de todo-uno tratada, se obtienen 400 g de casiterita con una riqueza del 70% Sn y 100 g de tantalita con un contenido del 30% de tantalio. Por otra parte, van a la escombrera 120 g de casiterita por tonelada tratada, ya que la ley media del depósito mineral es de 520 g/t.

La producción anual de todo-uno es de 1.600.000 t con leyes de 520 g/t de casiterita, y 125 g/t de tantalita, equivalente a 650 t de casiterita del 70% de Sn y 160 t de tantalita del 30%.

Cuadro 2.22

#### MINA DE PENOUTA (Orense)

	1977	1978	1979	1980	1981
M. vendible ... ..	317 t	452 t	233 t	250,91 t	181,36 t
Contenido Sn ... ..	120 t	221 t	116 t	138,— t	115,16 t
Contenido Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	S.D.	39 t	23 t	19,— t	10,54 t

S.D.: Sin datos

FUENTE: Dirección General de Minas.

### Mina de Laza (Orense)

Se encuentra situada al SE de la provincia de Orense, en los términos municipales de Laza y Castelo, siendo propiedad de Altos Hornos de Vizcaya.

Se explotó en la década de los años 50 con un máximo de producción de 70 t de casiterita en 1959. En la actualidad permanece inactiva.

El depósito está constituido por un granito leucocrático con albita y casiterita diseminados.

El granito es de grano medio equigranular y moscovítico, y dentro de él son muy abundantes los filones de cuarzo, con potencia que oscilan desde 1 cm a casi 1 m, con una distribución muy irregular. Este granito ha intruido en una serie paleozoica de edad ordovícico-silúrica, produciendo metamorfismo de contacto.

Dentro de los distintos tipos de leucogranitos que pueden distinguirse, son los xenoleucogranitos los únicos asociados con mineralizaciones.

Las mineralizaciones pueden aparecer, bien diseminadas en la cúpula albítica procedente de los magmas albíticos propiamente dichos, o bien en filones de cuarzo extratolíticos, con estaño, wolframio (escaso) y abundantes sulfuros, relacionados posiblemente con la fase de albitización última.

La paragénesis más frecuente es: casiterita, volframita, arsenopirita, pirita, calcopirita, oro, plata, tantalita, niobita, muscovita, turmalina, apatito, circón, berilo y topacio.

El Instituto Geológico y Minero de España, entre los años 1973 y 1976, estudió este depósito, cubriendo unas reservas de todo-uno de 17.036.762 t, con ley media de 676 g/t, equivalentes a 11.500 t de estaño metal.

Su explotación está programada mediante la apertura de una corta que permite la extracción, a cielo abierto, de las reservas evaluadas.

#### Mina de San Finx (La Coruña)

Situada en el término municipal de Noya, al sur de la provincia de La Coruña, es propiedad de D. Gabriel Pérez.

El depósito está formado por una serie de

filones de cuarzo, con mineralización explotable de volframita y casiterita, que presentan dirección N 50° E, buzamiento hacia el Sur de unos 85°, potencias de 1 a 10 m y corridas de unos 1.100 m.

Estos filones encajan en unos esquistos y cuarzoesquistos de dos micas, fuertemente plegados y más o menos metamorizados en profundidad, las rocas encajantes de los filones son migmatitas y granitos fundamentalmente. En todos los casos se aprecia una silicificación de la roca de caja, principalmente si está constituida por esquistos.

La ganga de los filones es casi exclusivamente cuarzo con algo de feldespato, que aumenta hacia el extremo oriental hasta dominar sobre el cuarzo y tomar el aspecto de una pegmatita.

La mineralización es principalmente de volframita y casiterita, con leyes que varían de 0,8 al 1,5%, con una relación de 2 a 3 entre volframita y casiterita. También se encuentran frecuentemente acompañando a la mineralización, mispíquel, pirita, scheelita, calcopirita y molibdenita.

La explotación se realiza por labores de interior, en cuatro filones mineralizados.

Cuadro 2.23

#### MINA DE SAN FINX (La Coruña)

		1977	1978	1979	1980	1981
Estaño ... ..	M. vendible	78,00 t	93,00 t	81,00 t	53,00 t	100,00 t
	Contenido	62,00 t	69,01 t	59,53 t	39,00 t	73,50 t
Volframio ... ..	M. vendible	105,00 t	70,00 t	43,00 t	81,00 t	40,00 t
	Contenido WO <sub>3</sub>	78,00 t	52,01 t	31,56 t	59,00 t	29,72 t

FUENTE: Dirección General de Minas.

#### Mina de Santa Comba (La Coruña)

Se encuentra situada en el término municipal de Santa Comba, en la provincia de La Coruña, siendo propiedad de Coparex Minera, S.A. que la adquirió, en 1980, de Cía. Minera Santa Comba.

El depósito está formado por una serie de filones de cuarzo mineralizado, de dirección N 30-40° E, buzamiento 75° E y de potencia de 3 a 50 cm.

Este campo filoniano aparece dentro de un afloramiento de granito biotítico de grano grueso con moscovita, cuyas dimensiones aproximadas son 7,5 km de longitud por 2 km de anchura. Los filones están dispuestos paralelamente a la dirección del eje mayor del afloramiento y forman dos paquetes fundamentales (Barilongo y Central) cuyas prolongaciones están definidas en una longitud aproximada de 6 km. Longitudinalmente los filones se encuentran desplazados por fallas siempre hacia el Oeste.

La ganga es cuarcífera y la mineralización, formada por volframita, casiterita, mispíquel, calcopirita, pirita, fluorita y turmalina, se distribuye irregularmente tanto cuantitativa como cualitativamente. Las leyes varían de 0,5 al 1,5% en  $WO_3$  (Cuadro 2.24).

La explotación del yacimiento comenzó en el año 1943, continuando hasta 1963 en que paró por la caída de los precios. En 1968 se reanudó la actividad minera, que ha proseguido ininterrumpidamente, aunque actualmente se halla parada.

La explotación se realiza con labores de interior mediante acceso por socavones, galerías en dirección, realce sobre los filones para las labores por encima de las cotas de los socavones y contrapozos para las labores situadas a nivel inferior.

El proceso de concentración se realiza mediante trituración, clasificación, concentración gravimétrica, flotación, secado, separación electrostática y magnética y tostación.

**Cuadro 2.24**

**MINA DE SANTA COMBA (La Coruña)**

		1977	1978	1979	1980	1981
Estaño ... ..	M. vendible	12,00 t	11,30 t	S.D.	17,02 t	8,43 t
	Contenido	8,00 t	7,46 t	S.D.	11,23 t	5,90 t
Volframio ... ..	M. vendible	108,00 t	107,50 t	S.D.	145,55 t	27,54 t
	Contenido en $WO_3$	70,00 t	70,95 t	S.D.	96,07 t	17,90 t

S.D.: Sin datos

FUENTE: Dirección General de Minas.

**Minas de Monte Neme (La Coruña)**

Están situadas al Norte de la provincia de La Coruña, en el término municipal de Carballo y en la ladera Sur del Monte Neme, siendo explotadas por D. Adolfo Ferreiro García, y pertenecen al conjunto formado por el Grupo Minero Teremar y el Grupo Minero Monte Neme.

Una serie de pequeños filones de cuarzo, que contienen cantidades variables de estaño y/o volframio, aparecen paralelos a la estructura principal, la cual lleva una dirección que varía de N 30° E a N 45° E. La longitud de los filones es de 600 a 1.500 m, con buzamiento prácticamente vertical y potencia variable, que oscila desde milímetros hasta 30 cm.

Los filones encajan en un neis granítico porfidoblástico con fenocristales de ortosa y plagioclasa, y contienen volframita y casiterita en cantidades aproximadamente iguales, y como minerales metálicos accesorios arsenopirita, calcopirita y scheelita.

Al presentarse los filones suficientemente juntos y abundantes permiten la explotación del todo-uno a cielo abierto, como se realiza en la actualidad, en una anchura de 15 a 20 m. La profundidad máxima explotada es de 120 m, y la extensión de 400 m.

La ley del todo-uno es de 0,5% en volframita y 0,5% en casiterita (Cuadro 2.25)

**Cuadro 2.25**

**MINA DE MONTE NEME (La Coruña)**

		1977	1978	1979	1980	1981
Estaño ... ..	M. vendible	14,00 t	14,85 t	12,16 t	2,00 t	23,65 t
	Contenido	10,00 t	9,65 t	9,65 t	1,60 t	15,68 t
Volframio ... ..	M. vendible	26,00 t	24,00 t	17,12 t	9,00 t	31,60 t
	Contenido en $WO_3$	18,00 t	15,63 t	11,55 t	5,00 t	21,02 t

FUENTE: Dirección General de Minas.

### Mina Casualidad-Calabor (Zamora)

La mina Casualidad o Lombo se encuentra situada al Sur de la aldea de Calabor, próxima a la frontera portuguesa, siendo la más representativa del Grupo Minero Calabor al que también pertenecen las minas Santa Bárbara y Manolita.

Las actuales explotaciones a cielo abierto laborean un filón de cuarzo de 3 m de potencia, de dirección N 55° E y 42° SE de buzamiento. A Norte y Sur existen filones de hasta 2 m de potencia que no se explotan.

La mineralización arma en los filones de cuarzo, que encajan en micacitas con turmalina, y está constituida esencialmente por casiterita. Se caracteriza por la ausencia total de wolframita

y la presencia casi exclusiva de minerales de muy alta temperatura, **pneumatolíticos**. Parece responder al holotipo **Panasqueira**.<sup>22</sup>

La moscovitización es frecuente y abundante en los filones de cuarzo mineralizados y la casiterita parece relacionarse genéticamente con dicho proceso. De hecho, la presencia de moscovita constituye una guía para los mineros de la región.

Un reciente estudio del IGME determinó en el paquete Casualidad unos recursos de 650.000 t de mineral, con ley de 4-5 kg Sn/t (Cuadro 2.26).

La explotación se realiza en varios frentes de arranque que tienden a unificarse en una sola corta.

Cuadro 2.26

#### MINA CASUALIDAD-CALABOR (Zamora)

	1977	1978	1979	1980	1981
Estaño ... .. M. vendible	1,70 t	3,30 t	1,77 t	31,39 t	20,46 t
Contenido en Sn	1,05 t	2,34 t	1,25 t	17,89 t	11,91 t

FUENTE: Dirección General de Minas.

### Minas de Santa Elisa y Dorinda (Zamora)

Otras minas de estaño que han estado en actividad y merecen destacarse, en la provincia de Zamora, son la mina de Santa Elisa, también llamada de Arcillera, en la que se explotó un "stockwork" a cielo abierto, y Dorinda que es filoniana.

Actualmente se encuentran paradas, pero están siendo objeto de diversos estudios y preparación de instalaciones para poder reanudar la explotación de las mismas.

En Santa Elisa se estiman unas reservas de  $5 \times 10^6$  t de mineral, con una ley de 500 g Sn/t, mientras que en Dorinda los trabajos de investigación aún no han terminado, si bien se considera la existencia de al menos  $1 \times 10^6$  t de mineral con 7 kg Sn/t.

### Mina de Barruecopardo (Salamanca)

El depósito de scheelita de Barruecopardo,

al Noroeste de la provincia de Salamanca, propiedad de Coto Minero Merladet, S.A., es el único de wolframio que se había mantenido en explotación con continuidad y regularidad, aunque con grandes altibajos. En la actualidad se encuentra parado.

El depósito mineral está constituido por una serie de filones de cuarzo hidrotermal, paralelos y subverticales, de dirección general N 15° E, con longitudes variables, desde decenas de metros hasta los 1.400 m del "filón maestro", y potencias que oscilan entre 0,5 cm y 15 cm. La paragénesis está constituida por mispíquel, scheelita, wolframita, casiterita, molibdenita, pirita, calcopirita y bismutina. En las proximidades de los filones hay una red de filoncillos de cuarzo, con scheelita y mispíquel, con textura en peine, que van acompañados de un intenso proceso de transformación del granito de caja a greisen, en franjas de hasta 50 cm de espesor. Relacionada con este proceso se produce la mineralización de la zona de greisen, en la que aparecen scheelita y casiterita.<sup>23</sup>

El conjunto de filones y granito de caja se explotaba a cielo abierto mediante bancos de 15 a 20 metros de altura.

El todo-uno se somete a trituración menor de 15 mm y concentración en cribones y mesas, a fin de obtener un preconcentrado que es sometido a separación magnética para eliminación de los óxidos de hierro, y a tostación para eliminar primero y recuperar después los óxidos de arsénico. La capacidad de la planta de tratamiento es de 150 t/h.

La producción media anual era de unas 200 t de scheelita (190 t de concentrado del 80,4%  $WO_3$ , en 1981), que se destinaba casi en su totalidad a la fabricación de filamentos de lámparas de incandescencia.

El  $As_2O_3$ , obtenido en el proceso de concentración, se comercializaba según calidades del 95% y 70% de ley.

En 1980, se produjeron 147,4 t de  $WO_3$ , y 105,8 t en 1981.

Las reservas calculadas para el conjunto del yacimiento se estiman en  $9 \times 10^6$  t de seguras y  $36 \times 10^6$  t de probables de zafra, con una ley media del 0,7% W, y ley del mineral del 75% de  $WO_3$ .

#### Mina de Golpejas o Mina Bellita (Salamanca)

Está situada a 23 km al Oeste de Salaman-

ca, cerca de la carretera de Salamanca a la frontera portuguesa por Vitigudino, y es propiedad de Minera del Duero, S.A.

A unos 2 km al Este de un batolito granítico, rodeado de rocas esquistosas cámbricas metamorfizadas, micacitas y filitas con signos de metamorfismo de contacto, existen, a manera de interdigitaciones en ellas, diques y apuntamientos de leucogranitos albiticos con mineralización de casiterita y, accesoriamente, de columbitantalita, con potencias máximas de 35 m.

La interdigitación explotada, denominada "Dique de las canteras", tiene una longitud de unos 2.400 m. Una alteración neumatolítica ha provocado la greisenización, cuyo grado aumenta de muro a techo, en el mismo sentido en que aumenta la ley en estaño. En los extremos la alteración es de más baja temperatura, hidrotermal, y se han producido fenómenos de caolinización, siendo más bajos los contenidos en estaño.

La explotación se realiza a cielo abierto con una producción media de 1.000 t/día de todo-uno, con ley media de 1.000 g Sn/t y 100 g Ta/t.

Los recursos se estiman en  $1 \times 10^6$  t de mineral.

Las labores de extracción han tenido lugar en el tramo central del "Dique de las canteras", en las "Cantera Tita" y "Cantera Oeste", con los siguientes resultados: (Cuadro 2.27):

Cuadro 2.27

#### MINA DE GOLPEJAS (Salamanca)

	1977	1978	1979	1980	1981
Mineral todo-uno	77.617,0 t	64.713,0 t	94.450,0 t	301.350,0 t	294.000,0 t
Sn contenido	45,3 t	34,6 t	51,9 t	165,7 t	161,7 t
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> producido	0,1 t	1,6 t	3,4 t	9,5 t	7,9 t

FUENTE: Dirección General de Minas.

#### Depósitos de Morille-Martinamor (Salamanca)

En esta zona existen distintos tipos de mineralizaciones de estaño y wolframio, algunas de las cuales pueden encuadrarse como sigue:<sup>24</sup>

— Mineralizaciones de scheelita estratiforme,

asociadas a rocas calcosilicatadas: Mina "Alegría", en Morille.

— Mineralizaciones filonianas de scheelita, con cuarzo y turmalina: Mina "Explotada" en Tornadizos.

— Filones de casiterita, wolframita y scheelita con cuarzo: Minas “Carmen”, “Berta” y “Pilar”.

— Depósitos de scheelita y wolframita en tramos filonianos más o menos complejos, tipo “stockwork”: Mina de scheelita “Santa Genoveva”.

— Casiterita en filones de cuarzo y pegmatitas, en facies pegmoaplíticas: Mina de “Bernoy”.

— Scheelita diseminada en granitos leucocráticos apicales albitizados: Mina de “Santa Genoveva”.

— Depósitos detríticos de casiterita, en aluviones fósiles terciarios: Mina “El Cubito”.

La propiedad está extraordinariamente parcelada y las explotaciones son de escasa importancia. Así las minas “Adoración” y “María” con producción anual (1980) de 4.500 t y 7.000 t, de todo-uno, respectivamente, y 2,2 t y 1,35 t de concentrados vendibles. Ambas se explotan a cielo abierto y la ley media es de 0,04% en  $WO_3$ .

Recientemente se ha descubierto un yacimiento de scheelita, de tipo skarn, en Los Santos, cerca de la localidad de Guijuelo, que está siendo investigado por Billiton Española, S.A. y Promotora de Recursos Naturales, S.A.

#### Mina El Cubito (Salamanca)

La concentración mineral se sitúa entre el borde del zócalo granítico metamórfico de Martinamor y el Terciario de la fosa de Ciudad Rodrigo. Esta es una depresión tectónica en la que se depositaron materiales detríticos, fundamentalmente paleógenos sobre los que reposan otros materiales detríticos miocenos, mal estratificados y semisuelos, entre los que existen intercalaciones arcillosas.<sup>24</sup>

El depósito está constituido por casiterita diseminada en los aluviones fósiles terciarios y es explotado por la Compañía Interminas, S.A. Estos aluviones, que rellenan cubetas producidas por la tectónica de bloques alpina, están cubiertos por arcillas y reposan sobre pizarras y tienen potencias variables, llegando a alcanzar en ocasiones hasta los 10 m, con leyes entre los 200 y 1.000 g Sn/t.

Las explotaciones antiguas eran aluviones de poca profundidad aunque de gran riqueza, hoy prácticamente agotados, y una serie de filo-

nes de cuarzo, de rumbo E-O, y subverticales, con casiterita de buen tamaño de grano. Las explotaciones actuales se centran en un paleocauce cuyo muro son las micacitas del zócalo granítico-coluviación de 12 m de potencia, micacitas, que presenta una concentración mineral de unos 750 g de casiterita en  $m^3$ ; el conjunto está cubierto por unos 15 metros de suelo vegetal y arcillas rojas.

La explotación se realiza a cielo abierto y las tierras son tratadas en un lavadero que consta de tolva, criba, trómeles, vibros, espesadores, mesas, horno de secado y separadora magnética. La producción media de concentrados vendibles es de 14-15 t/mes, con leyes del 70-72% Sn. En 1980 se obtuvieron 118 t con el 71,2% Sn.

#### Mina El Trasquilón (Cáceres)

El Trasquilón, situado a unos 9 km al Sur de la ciudad de Cáceres, es un depósito en el que se explota, por la Sociedad Interminas, S.A., una mineralización de cuarzo, ambligonita, casiterita y lepidolita.

La explotación de este yacimiento se ha efectuado sobre los filones y sobre los aluviones y eluviones secundarios.

Actualmente se está explotando la mineralización diseminada en el granito caolinizado, extraído con palas mecánicas y llevado directamente al lavadero, donde se tratan unas 250-300 t/día, aunque su capacidad es de 1.000 t/día.

Lo mismo ocurre con el yacimiento de Torrecilla de los Angeles, al Norte de Cáceres, del que se tienen menos conocimientos pero que se presenta en forma análoga al Trasquilón, aunque en la mineralización se observa más abundancia de arsenopirita y sulfuros y, en algunas zonas, hay también volframio.

El interés económico de este tipo de depósitos de estaño, como es el caso de Laza y Penouta, reside en la posibilidad de una mineralización diseminada en la masa granítica deleznable, a profundidades someras, cuya explotación concentrada a cielo abierto sea factible sin utilizar explosivos y sin trituración, lo que permite explotar leyes del orden de 400 g de Sn por tonelada.

#### Mina Santa María (Cáceres)

El grupo minero “Santa María” comprende

parte de los términos municipales de Pedroso de Acim, Cañaveral y Portezuelo, atravesando las concesiones la carretera de Torrejoncillo al Puerto de Los Castaños, en la carretera general de Cáceres a Salamanca. Fue explotado por la Sociedad Estannífera Extremeña, S.A., estando actualmente inactivo.

El yacimiento está formado por un depósito detrítico, de gran potencia, de tipo aluvial, con cantos gruesos de cuarcitas y pizarras y un relleno de arcillas y arenas que constituyen un conjunto no consolidado. Contiene casiterita con riqueza media aproximada de 0,600 kg/t, y es la única mena que se beneficia. Se concentra con una ley del 68 a 72% en Sn. La ganga suele estar constituida por varias especies ferruginosas.

El yacimiento se ha originado como consecuencia de la erosión y desmantelamiento en épocas plio-cuaternarias de un antepaís granítico con mezclas de aportes de las pizarras y cuarcitas del Ordovícico.

La explotación se realizaba a cielo abierto.

Desde el comienzo de su puesta en explotación se calcula que la producción obtenida ha sido de 400 t de concentrados de casiterita con una ley del 70% (Cuadro 2.28).

El yacimiento ha sido investigado y evaluado, en los últimos años, por distintas compañías, estimándose unas reservas de  $8,5 \times 10^6$  t de mineral, con 227 g Sn/t, es decir, 1918 t de estaño contenido.

**Cuadro 2.28**

**MINA SANTA MARIA (Cáceres)**

	1977	1978	1979	1980	1981
M. vendible (kg)	11.191	8.778	7.508	1.107	--
Contenido Sn (kg)	7.945	6.145	5.256	775	--

FUENTE: Dirección General de Minas.

**Mina La Parrilla (Badajoz)**

La mina de 'La Parrilla' se encuentra situada al Sur de la provincia de Cáceres, cerca del límite con la provincia de Badajoz, al NO del km 307 de la carretera nacional Madrid-Badajoz.<sup>23</sup>

La mineralización, con una ley media que oscila entre 200 y 2.000 g W/t, está constituida fundamentalmente por filones de cuarzo con turmalina, moscovita, arsenopirita, casiterita, volframita y scheelita; filones que no forman un verdadero "stockwork" son, a grosso modo, paralelos, de dirección media N 45° E y buzamiento entre 45° y 50° SE. Existen también otros de

dirección N 110° denominados cruceros, subverticales y más ricos en arsenopirita.

La explotación se realiza a cielo abierto, por Minero Bonilla, S.A., en la corta Adelaida.

El todo-uno, con leyes del 0,025% Sn y 0,18% WO<sub>3</sub> se muele a menos de 7 mm antes de entrar en las instalaciones de concentración que consta de cribas, molinos, mesas de flotación y sacudidas, horno de secado, separador magnético y electrostático. Se obtiene un concentrado de casiterita del 60% Sn y otro de scheelita con el 78% WO<sub>3</sub> (Cuadro 2.29).

Los recursos se estiman en 1.800 t seguras y otras tantas de probables de WO<sub>3</sub>.

**Cuadro 2.29**

**MINA LA PARRILLA (Badajoz)**

	1977	1978	1979	1980	1981
M. vendible ...	108,00 t	90,36 t	140,47 t	162,97 t	300,00 t
Contenido W ...	80,00 t	63,97 t	105,55 t	126,15 t	234,00 t

FUENTE: Dirección General de Minas.

## Depósitos de Sn de la Sierra de Cartagena (Murcia)

Sin ninguna conexión espacial ni genética con la provincia metalogénica de estaño-volframio del Centro y Noroeste de la Península Ibérica, aparecen en el Levante español mineralizaciones de estaño de poca importancia económica, pero que constituyen un tipo singular de criadero, por ser el único estaño europeo de edad terciaria, que se ha asimilado a los de Llallagua (Potosí-Oruro). Aparecen en filones relacionados con rocas volcánicas y subvolcánicas, y también, al modo estratiforme, en niveles de carbonatos a los que impregna. La paragénesis de los primeros es de casiterita-pirita-galena-blenda-óxidos de hierro, y en los segundos de casiterita-estibina (dudosa)-carbonatos de Pb, Zn y Fe-óxidos de Fe y Mn. Existe una cierta zonalidad en los filones disminuyendo el Sn en profundidad, donde es sustituido por pirita y galena. Las mineralizaciones arman en terrenos del Trías y se le asigna origen terciario, en contraste con los demás españoles y europeos.

En el paraje Cuesta de las Lajas, en la Sierra de Cartagena, se conocen dos minas, "Cuarta" y "Remunerada", que han estado en producción intermitente hasta 1972 en que paró definitivamente la segunda. En ésta se beneficiaba, junto con la casiterita, pirita y, ocasionalmente, pequeños enclaves de galena y blenda. La explotación, fundamentalmente subterránea, se dirigía a filones que tenían como mínimo 50 m de longitud y potencias de 5-10 cm.

## Bismuto

Las manifestaciones más importantes se encuentran en la provincia de Córdoba, en una región relativamente reducida del valle de Los Pedroches.

Otra zona con manifestaciones relativamente importantes de bismuto se encuentra en la provincia de Badajoz, en los términos de Oliva de la Frontera y Valle de la Serena. El resto son pequeños indicios aislados, relacionados con algunas explotaciones de estaño y volframio, como las de Lovios (Orense) y Alburquerque (Badajoz).

Todas las explotaciones permanecen inactivas en la actualidad.

## Distrito de Córdoba

Por la importancia que en su día tuvieron las explotaciones de la provincia de Córdoba y por la que puedan presentar en el futuro, se describe a continuación sus características principales.

Los filones de bismuto ligados al batolito granítico de Los Pedroches se consideran únicos en Europa, ya que las menas de bismuto (sulfuros, Bi nativo, carbonatos y óxidos) predominan en la paragénesis, constituida también por minerales de Cu, Pb, Sn, W, Ni, Co, As, Ag, óxidos de Fe y Mn, calcita y cuarzo.

Los filones adoptan direcciones entre N 20° E y N 45° E, predominantemente N 45° E, con buzamientos de 90-70° O y corridas medias de 300-400 m (máximo 1.200 m). Las potencias son muy variables: 4-30 cm; excepcionalmente 1 m. Las zonas de bonanza constituyen bolsadas arrosariadas de unos 4 m de longitud media, el conjunto de las cuales equivale, aproximadamente, al 15% de la corrida. Las gangas más comunes son óxidos de hierro, cuarzo, arseniatos de cobalto, asbolana y arcillas (R. HERNANDEZ, comunicación personal).

Se localizan en el inmediato contacto granito-pizarras carboníferas, siempre dentro de la aureola de metamorfismo (corneanas con andalucita). La paragénesis contiene sólo minerales de Bi cuando el filón encaja en las corneanas; cuando encaja en el granito predominan las menas de cobre.

El campo filoniano se extiende, en dirección NO-SE desde Pozoblanco hasta el Este de Villanueva de Córdoba.

Merecen destacarse las minas Espuela San Miguel, Dolores, San Francisco (Cerrogorro), Luisito, San Miguel, San Sixto, Gabriela y San Jaime. En general, las labores son superficiales; sólo en algunas minas se superaron los 30 m de profundidad, siendo excepción la Espuela San Miguel que alcanzó 180 m (A. RUBIO VAQUERO, comunicación personal).

La producción global durante el período 1913-1964, se estima en unas 2.200 t de Bi metal, de las cuales el 27% corresponde a Espuela San Miguel. De esta mina se beneficiaron 1.500 t de mineral con leyes del 35-40% Bi, lo que supone 600 t de Bi metal.



## Mercurio

### Distrito de Almadén (Ciudad Real)

Diversos autores de la antigüedad demuestran con sus escritos que los romanos explotaban las minas de cinabrio de Almadén, algunos siglos antes de la Era Cristiana. También lo atestiguan multitud de monedas, medallas, vasijas y otros utensilios hallados en los alrededores de Almadenejos y Valdeazogues. Puede afirmarse que la antigüedad de las minas es superior a los 2.000 años.

El año 714 de nuestra Era comienza la dominación árabe y las minas pasan a formar parte del patrimonio de los Califas. De esta época data la denominación de Almadén, es decir, Al-mahden, que significa "la mina", como si en toda la geografía hispana ocupada por ellos no hubiera otra de tal riqueza que bastaba con decir Almahden para significarla, definirla y localizarla.

Posteriormente, las minas siguieron diversas vicisitudes, pasando por manos de la Orden y Milicia de Calatrava, los Fúcares, y la Real Hacienda, más tarde regidas por el Consejo de Administración de las Minas de Almadén y Arrayanes, y, en la actualidad, por Minas de Almadén y Arrayanes, empresa de carácter estatal, dependiente del Ministerio de Hacienda.

Para dar una idea de su importancia basta decir que desde el año 1499, en que se tienen datos, hasta la fecha se han producido unos 8 millones de frascos.\*

El yacimiento de Almadén, en la mitad meridional de la Meseta Ibérica, al Norte de Sierra Morena, se sitúa en el flanco Sur de una cubeta sinclinal cuyo eje mayor, de dirección ONO-ESE, tiene 60 km de longitud. Pequeñas apófisis de granodioritas tardihercínicas cortan a los materiales paleozoicos al Este y Noroeste del depósito mineral, a distancia de 15 a 20 km<sup>25</sup> (fig. 2.9).

El yacimiento de mercurio de Almadén y la mayor parte de las antiguas explotaciones existentes en la región (Nueva Concepción, Vieja Concepción, El Entredicho y Valdeazogues) arman en la llamada "cuarcita del criadero", (Llandovery). Esta formación está constituida por dos niveles cuarcíticos, separados por un horizonte de pizarras y areniscas. A muro existe un paquete de pizarras (Pizarras de muro) y, en la mina,

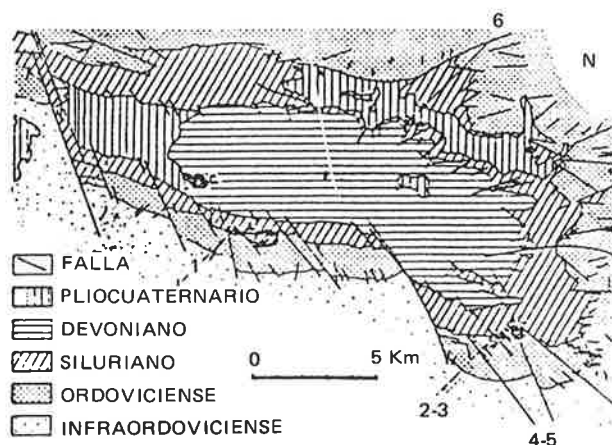


Fig. 2.9. — Mapa geológico simplificado de Almadén y sus alrededores. Las flechas designan las minas 1. Almadén, 2. Nueva Concepción, 3. Vieja Concepción, 4-5. Entredicho y Valdeazogues, 6. Las Cuevas, A.- Almadén, Al.- Almadenejos, C.- Chillón, G.- Gargantiel. Según ALMELA et al<sup>25</sup>.

un delgado sill basáltico prácticamente en contacto con el banco cuarcítico de base. A techo de la cuarcita del criadero aparecen pizarras de graptolites y una potente serie de alternancias volcano-sedimentarias. En la mina, y en los otros puntos mineralizados, existe inmediatamente a techo de la cuarcita una roca piroclástica grosera ("roca frailesca")<sup>26</sup>. Rocas análogas aparecen en otros tramos de la serie paleozoica sin relación conocida con mineralizaciones.

La cuarcita del criadero tiene, en la mina de Almadén, una potencia de 60 m, dirección aproximada Este-Oeste y se encuentra subvertical, estando afectada por numerosas fallas y pliegues-fallas verticales.

La mineralización se sitúa en tres horizontes de la citada cuarcita: uno a techo del paquete cuarcítico inferior (banco San Pedro-San Diego) y dos en el paquete cuarcítico superior (bancos San Francisco y San Nicolás). En los tres horizontes tiene forma elipsoidal, límites coincidentes, potencias del orden de 3 a 8 m y una extensión lateral del orden de 300 m, habiendo las explotaciones superado, en la actualidad, los 500 m de profundidad.

El mineral del banco de San Pedro está constituido por una impregnación masiva, mientras que el del nivel cuarcítico superior se presenta como impregnación o stockwork.

La paragénesis mineral es muy simple: cinabrio como mineral principal, mercurio nativo y pirita en cantidades menores, y calcopirita y galena de forma esporádica y accesoria.

La ley media del todo-uno de la mina de

\* 1 frasco = 34,473 kg = 76 libras.

Almadén, en los últimos años, ha sido del orden del 3%; y la cantidad de mercurio extraído, desde el año 1499, asciende a 8 millones de frascos (275.000 t de Hg metal) (Cuadro 2.30).

El método de explotación que se sigue es una variante del método de realces con rellenos ("cut and fill stopping") y las explotaciones se encuentran actualmente entre 500 y 600 m de profundidad.

Además de la mina de Almadén, existen en la región, antiguas explotaciones hoy abandonadas.

De ellas, Vieja Concepción, Nueva Concepción, El Entredicho y Valdeazogues, explotadas en la primera mitad del siglo XIX, arman en cuarcita del criadero. Las Cuevas y Guadalperal, antiguas explotaciones romanas, arman en niveles superiores a la serie; la primera en alternancias volcano-sedimentarias del Silúrico Devónico inferior, y Guadalperal en lavas del Devónico.<sup>27</sup>

Hoy en día es admitido un origen volcánogénico para las mineralizaciones del área del Almadén.

**Cuadro 2.30**

**MINA DE ALMADEN (Ciudad Real)**

	1977	1978	1979	1980	1981
Mineral tratado	66.116 t	78.474 t	68.689 t	95.281 t	80.861 t
Hg metal	931,8 t	1.070 t	1.116,1 t	1.656 t	1.560,5 t

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía. (Provincia de Ciudad Real).

### Distrito de Asturias y otros

Excluido el distrito minero de Almadén, que supone el 100% de la producción de Hg nacional, en el resto de España existen numerosos indicios y antiguas explotaciones de mercurio, hoy fuera de actividad.

La región de Asturias ha sido un importante productor de mercurio. Los yacimientos parecen ser de origen hidrotermal y arman en calizas cámbricas, cuarcitas, areniscas y calizas devónicas, y en calizas carboníferas. El cinabrio aparece acompañado de mispíquel, rejalgá, oropimente, calcita y barita, como relleno de fracturas. Con frecuencia, los yacimientos ligados a la "caliza de montaña" (carbonífero) han sufrido un proceso de concentración en rellenos cársticos.

En la mitad meridional de la Meseta Ibérica, además de en la concesión de Almadén, han existido explotaciones de cinabrio en Usagre (provincia de Badajoz), donde la mineralización aparece como rellenos de fracturas en calizas cámbricas. La paragénesis es cinabrio, limonita, pirita, cuprita, covellina, cuarzo, calcita y barita.

En la Cordillera Bética, por último, han existido algunas pequeñas explotaciones que arman en calizas triásicas. Acompañan al cinabrio, en esta región, cobres grises y sulfuros de níquel y cobalto. Más al Norte, en la provincia de Caste-

llón de la Plana se explotó durante este siglo un pequeño yacimiento en las areniscas del Buntsandstein.

### Antimonio

Los principales depósitos de Sb en España se sitúan a lo largo de una banda auroantimonífera de dirección NO-SE que atraviesa la Península Ibérica, desde Oporto hasta Valdepeñas, pasando por Castelo Branco, en Portugal, Alburquerque-Herrera del Duque, en Badajoz, y Almurdiel-Valdepeñas, en Ciudad Real.

Las paragénesis fundamentales de los depósitos antimoníferos españoles se pueden dividir en dos tipos.

a) Paragénesis Q-Sb-W. Representada por el depósito de antimonio de "San Antonio" (Badajoz). Se trata de una mineralización topomineal epigenética con filones de reemplazamiento, encajada en una serie esquistoso-calcárea del Devónico que constituye un nivel litológico favorable para su fijación. Pertenece al tipo: cuarzo, carbonatos, estibina, scheelita, oro.

b) Paragénesis Q-Sb-Au. Representada por el depósito de antimonio de Herrera del Duque, en Badajoz. Se trata de una mineralización filo-

niana (filones capa subhorizontales), de relleno de fracturas que cortan a la esquistosidad. La mineralización aparece en forma de "bolsadas" y encajada en una serie esquistoso-grauváquica infraordovícica.

La paragénesis es: cuarzo, estibina, berthierita, oro, tetraedrita, pirita, kermesita y ocre de Sb.

#### **Distrito de Albuquerque — Herrera del Duque (Badajoz)**

La única mina en explotación es la "San Antonio", situada entre los kilómetros 8 y 9 de la carretera de Albuquerque-La Codosera, en la provincia de Badajoz. Las minas Pilar y Víbora, en el término de Herrera del Duque, están en

proceso de investigación produciendo escasas toneladas.

La mina "San Antonio" está siendo explotada por Metales Hispania, S.A. que compra el mineral de mina Pilar. El método de laboreo es el comúnmente usado para la explotación de filones estrechos, tal y como suelen presentarse las mineralizaciones de antimonio. Los trabajos de explotación se realizan en profundidad, mediante realces o cámaras almacén de explotación ascendente; arrancando la mena por testers o "realces", y coladeros dentro del plano de situación del filón, a través de galerías distantes entre sí 20 m. El actual frente de explotación se encuentra a 150 m de profundidad.

La producción minera de Sb, durante el quinquenio 1977-1981, fue la siguiente:

**Cuadro 2.31**  
**MINA SAN ANTONIO (Badajoz)**

	1977	1978	1979	1980	1981
Concentrados	806 t	1.375 t	1.349 t	1.776 t	1.700 t
Sb metal	317 t	442 t	501 t	625 t	646 t

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía.

#### **Hierro**

España ha sido tradicionalmente productor de minerales de hierro, llegando a figurar, durante el final del siglo pasado y primer cuarto del actual, entre los primeros productores del mundo. Se estima que durante la presente centuria España ha producido unos  $400 \times 10^6$  t de mineral de diferentes leyes y calidades. En la actualidad, las calidades y leyes que exige la siderurgia nacional hace que algunos minerales españoles encuentren serias dificultades para su utilización

y la producción se ha estabilizado en unos  $8,5 \times 10^6$  de mineral vendible con leyes comprendidas entre 50-62% Fe.

Los recursos totales de hierro se cifran en unos  $216 \times 10^6$  t, de acuerdo con el Inventario Nacional realizado por el IGME, en 1980 (Cuadro 2.32).

La profusión de mineralizaciones de hierro en el territorio español es grande, si bien los distritos mineros más importantes son solamente cinco.

**Cuadro 2.32**  
**RECURSOS NACIONALES DE HIERRO**

	Recursos Identificados			Recursos no Descubiertos	
	Demostrados		Inferidos	Grado de Probabilidad	
	Medidos	Indicados		Hipotéticos	Especulativos
Económicos ... ..	215.908		58.800	415.985	512.206
Económicos marginales ... ..	86.217		14.700		
Subeconómicos ... ..	290.143		103.996		

Unidad: t. de Fe  $\times 10^3$

## Distrito Norte

Pertenecen a este distrito las famosas minas de Vizcaya-Santander, base de la producción española a comienzos del presente siglo, y los pequeños depósitos de Rentería, en Guipúzcoa, Lesaca, en Navarra, y Somiedo, en Asturias.

Los depósitos de Vizcaya-Santander se encuentran asociados a un nivel calcáreo (caliza de Toucasia) del Cretáceo inferior (Urgo-aptense) y fundamentalmente en relación con el gran anticlinorio Miravalles-Bilbao, de dirección NO-SE, y fallas longitudinales de igual dirección.

El mineral es principalmente siderita procedente de la transformación de la caliza por soluciones hidrotermales con hierro. Como consecuencia de posteriores procesos de meteorización y enriquecimiento supergénico se originaron concentraciones minerales de gran riqueza y fácil explotación (chirterras) de hidróxido de hierro que fueron la base del gran desarrollo minero y siderúrgico de la región. Su excepcional calidad (57% Fe; 0,2% S; 0,2% P; 0,7% Mn; 6,2% SiO<sub>2</sub>; 1,5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 1,3% CaO), características siderúrgicas (facilidad de reducirse, adecuado índice de basicidad, etc.), la posibilidad de explotación a cielo abierto sin utilizar explosivos y su cercanía a la costa y centros siderúrgicos hacen que estos hidróxidos sean preferentemente buscados por su alta rentabilidad económica. Sin embargo, su prolongada e intensa explotación (producciones anuales cercanas a los 10 x 10<sup>6</sup> t) han hecho que las actuales reservas de hidróxidos sean muy reducidas, un 10% de las totales.

Las principales concentraciones de mineral se sitúan en las siguientes zonas.<sup>28</sup>

**Area de Ortuella-Somorrostro (Vizcaya),** con unas reservas de 51 x 10<sup>6</sup> t de carbonato de hierro con una composición media de 35,59% Fe; 6,84% SiO<sub>2</sub>; 0,004 P; 0,28% S; 1,25% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,59% Mn; 3,27% MgO; 4,69% CaO; 0,64% K; 0,46% Na y 30,77% de pérdida por calcinación.

La explotación, por Agruminsa empresa filial de Altos Hornos de Vizcaya, S.A., se realiza a cielo abierto en la parte más oriental de la masa mineralizada que presenta menor recubrimiento (Mina Concha 3<sup>a</sup>) con relación estéril/mineral de 4,25 y por el método de cámaras (25 m) y pilares (20 m), con recuperación del 65%, en su prolongación (Mina Bodovalle); el resto occidental de la masa presenta características favorables para su explotación a cielo abierto, aun-

que quedarían afectadas importantes vías de comunicación de la zona.

El mineral, previa separación granulométrica, se concentra magnéticamente en alta intensidad y por medios densos. Tras su sinterización en una planta con una capacidad de 2 x 10<sup>6</sup> t/año, se obtiene un aglomerado del 59% Fe.

En 1981, la producción de Agruminsa en la zona de Ortuella-Somorrostro alcanzó 1.604.903 t de mineral vendible, con un contenido en hierro de 630.131 t.

**Area SE de Bilbao (Vizcaya),** con unas 8 x 10<sup>6</sup> t de carbonato de hierro y 5 x 10<sup>6</sup> de óxidos.

La proximidad de las edificaciones del casco urbano de Bilbao y el riesgo que comporta la utilización de explosivos, en unos casos, y la escasa rentabilidad económica en otros han originado la paralización de las explotaciones de carbonato. La extracción de óxidos se ha reducido grandemente con el cierre de la mina Abandonada, en 1977.

Aunque hoy inactivas, se resalta la existencia de las antiguas minas de Malaespera, Julia, San Luis, Sílfide, Josefa y Coto Ollargan.

**Area de Sopuerta (Vizcaya),** con unas reservas de 16 x 10<sup>6</sup> t de carbonato de hierro con leyes medidas del 31,46% Fe; 9,8% SiO<sub>2</sub> distribuidas en distintas masas, a diferentes cotas.

No existe explotación alguna ya que la calidad y características del mineral no permiten alcanzar las especificaciones del mercado actual.

**Areas de Hoyo-Covarón y Dícido (Vizcaya-Santander),** que, por su gran similitud geológico-minera y diferente nivel mineralizado en que se sitúan respecto a las reseñadas anteriormente son descritas conjuntamente.

Se localizan en la divisoria de las provincias de Vizcaya y Santander, principalmente en esta última.

Geológicamente, la zona es prolongación de la de Bilbao pero, a diferencia de ésta, los depósitos minerales están fundamentalmente asociados a un nivel de calizas bioclásticas del Albense, situado a techo de la caliza de Toucasia, y sólo ocasionalmente aparecen ligados a ésta. La mineralización se limita a las partes altas de los niveles calizos y a las proximidades de los planos de falla.

En Hoyo Covarón se calculan unas reservas próximas a los 7 x 10<sup>6</sup> t de carbonato de hierro, de difícil explotación por su alto contenido en sílice y plomo, y porque el laboreo tendría que realizarse bajo el mar. Todas las minas permane-

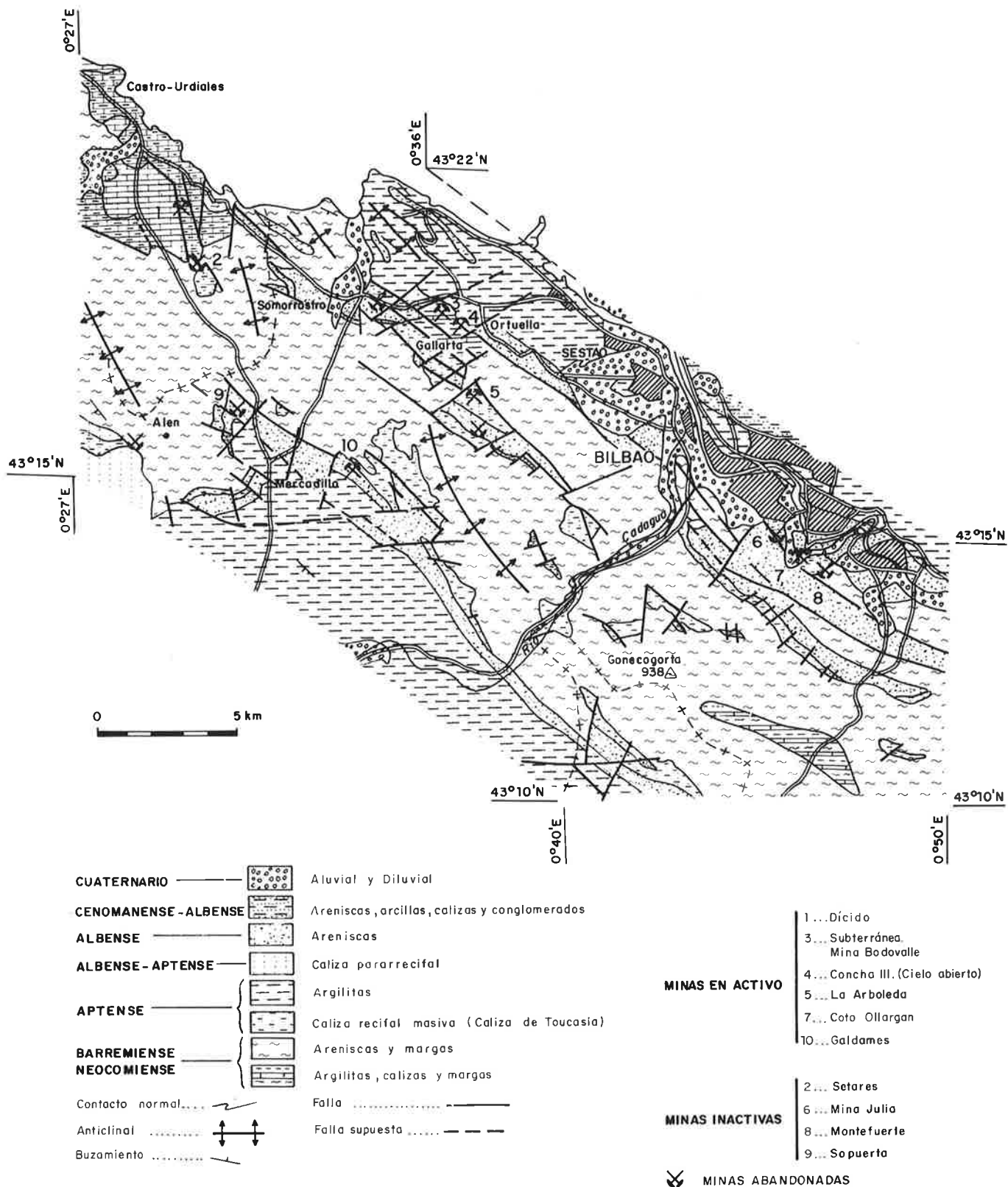


Fig. 2.10.— Geología y situación de las principales minas de hierro del distrito Bilbao-Santander. Según IGME<sup>28</sup>.

cen inactivas, habiendo destacado, en épocas anteriores, la Mac Lenon, Plus Ultra y Coto Josefa.

En Dícido, se estiman unas reservas de  $3 \times 10^6$  t de hidróxidos con una ley de 48-52% Fe; 11%  $\text{SiO}_2$ ; 0,035% P y 0,020% S.

Agruminsa realiza la explotación por métodos subterráneos de hundimiento en retirada.

Fundamentalmente se realiza en labores antiguas que sólo recuperaban un 25% del mineral.

Las masas mineralizadas son prácticamente verticales, separadas por discontinuidades tectónicas que las hacen a veces totalmente independientes. Las secciones de las masas se reducen con la profundidad, a la vez que aumenta el contenido de carbonatos respecto al de óxidos.

**Cuadro 2.33**

**DISTRITO NORTE, PRODUCCIONES ANUALES, EN TONELADAS, DE LAS PRINCIPALES MINAS**

Empresas o Minas	1977		1978		1979		1980		1981	
	M. vendible	Contenido	M. vendible	Contenido	M. vendible	Contenido	M. vendible	Contenido	M. vendible	Contenido
Agruminsa*										
Ortuella	839.762	329.473	1.528.286	574.498	1.548.929	579.665	1.642.727	620.289	1.694.983	630.131
Orconera										
Santander	192.147	96.074	188.848	94.424	171.908	85.954	155.271	159.344	141.127	61.883
Dícido	206.544	86.542	227.136	91.536	132.012	54.256	130.902	49.050	89.974	32.211
Nueva Montaña										
Quijano	61.500	31.981	44.511	23.160	51.405	26.730	4.890	2.540	—	—

FUENTE: Dirección General de Minas.

\* Explotaciones de Ortuella, Orconera Santander y Dícido.

### Distrito Noroeste

Los yacimientos de hierro del Noroeste de España pertenecen casi en su totalidad al tipo de depósitos marinos sedimentarios, con menas de textura oolítica, y se distribuyen según un amplio arco desde Astorga (León), al Sur, pasando por Ponferrada, Incio, Villalba, hasta Vivero en la costa Norte de Galicia.

Los yacimientos aparecen interestratificados con pizarras del Ordovícico, en capas de hasta 20 m de potencia, con óxidos, silicatos y carbonatos de hierro. El mineral contiene fósforo, con una composición media de 53-56% Fe; hasta 12%  $\text{SiO}_2$ ; 0,85% P; 0,23% S y 3%  $\text{CaO}$ .

Las principales explotaciones se encuentran en las cercanías de San Miguel de Dueñas (León), cotos Wagner y Vivaldi con unas reservas de unos  $87 \times 10^6$  t de mineral magnético, y en Astorga. Coto San Bernardo con unas  $30 \times 10^6$  t de mineral magnético.

En el Devónico de Asturias y León aparecen concentraciones minerales en areniscas interestratificadas con pizarras. Se trata de óxidos no magnéticos, con alto contenido en sílice, mediano en fósforo y con algo de arsénico, de difícil tratamiento económico para su utilización en

siderurgia, por lo que no son explotables. Se conocen concentraciones minerales en las áreas de Salas, Pravia, Pola de Somiedo, Quirós, San Emiliano y Caldas de Luna.

El yacimiento de Vivero (Lugo), está formado por areniscas ferruginosas, de edad cretácica a terciaria, con un contenido del 46% Fe.

En la zona de Villalba (Lugo) existen concentraciones de hematites y limonita principalmente, formadas a partir de yacimientos preexistentes que se sitúan a techo de arcillas y arenas de edad terciaria. Otras manifestaciones análogas aparecen en Luarca, Navia, Villadrid, etc.

### Yacimientos de Coto Wagner y Vivaldi (León)

Aunque pertenecientes a sociedades distintas, Minero Siderúrgica de Ponferrada, S.A. y Coto Minero Vivaldi y Anexas, S.A., se describen simultáneamente por tratarse en realidad del mismo yacimiento desde el punto de vista geológico.

Las capas de mineral, de las cuales sólo es explotable la situada al techo de la serie que llega a alcanzar potencias de hasta 20 m, se sitúan en las dos ramas de un sinclinal cuya rama Sur está cabalgada por el Cámbrico. Los aflora-

mientos de las capas en la superficie del terreno pueden seguirse a lo largo de kilómetros y la formación de las mismas está ligada a condiciones de tipo paleogeográfico.<sup>29</sup>

La paragénesis está constituida por magnetita, siderita, pirita, calcopirita, arsenopirita, apatito, etc. Los sulfuros de hierro y cobre se consideran relacionados con un pequeño "stock" granítico existente al NE de Ponferrada.

El mineral tiene una composición de 52% Fe; 0,2% Mn; 9,5% SiO<sub>2</sub>; 7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,2% S; 0,8% P; 2,5% CaO y 0,8% MgO.

El método de explotación, en Coto Wagner, es el de cámaras almacén, utilizando como piso

de trabajo el mineral ya arrancado. Este pasa a una planta de tratamiento en la que se separan los óxidos magnéticos de los carbonatos mediante concentración magnética; el contenido medio de magnetita en el mineral es del 56%. Los carbonatos son concentrados por líquidos densos.

En Coto Vivaldi, el método de explotación utilizado es el de bancos y subniveles. El mineral arrancado en los bancos cae por gravedad a los puntos de carga, y es tratado en lavadero y por separación magnética. Desde 1977 permanece inactivo.

Las producciones obtenidas en los últimos años han sido:

**Cuadro 2.34**

	1973	1974	1975	1976	1977
<b>Coto Vivaldi</b>					
M. vendible ... ..	239.485 t	314.569 t	296.636 t	266.983 t	—
Fe contenido ... ..	129.392 t	166.754 t	154.960 t	139.470 t	—
<b>Coto Wagner</b>					
	1977	1978	1979	1980	1981
M. vendible ... ..	409.837 t	200.034 t	512.336 t	485.593 t	524.068 t
Fe contenido ... ..	204.008 t	99.509 t	283.645 t	230.983 t	261.473 t

FUENTE: Dirección General de Minas.

### Distrito Centro-Levante

Los yacimientos de hierro de Castilla y Aragón se encuentran fundamentalmente en las áreas de Sierra Menera y Sierra del Moncayo.

En Sierra Menera, las mineralizaciones aparecen en dolomías de edad Ashgiliense, en la alineación El Pobo, Setiles, Ojos Negros. La paragénesis es esencialmente hematites y goetita, con algo de siderita.

En la Sierra del Moncayo aparecen concentraciones de hematites de excelente calidad en pizarras, calizas y dolomías del Cámbrico, en las cercanías de Olvega y Borobia, pero con escasas reservas o totalmente agotadas por antiguas labores de explotación.

### Sierra Menera (Guadalajara-Teruel)

La Compañía Minera de Sierra Menera, S.A. explota diversas masas de hematites y goetita, relativamente cercanas entre sí, que existen

en los términos de Setiles (Guadalajara) y Ojos Negros (Teruel), tales como las denominadas Castilla, Corcho, Obispos, Corral, etc.

El mineral aparece en relación con dolomías del Ashgiliense en cavidades de tipo kárstico o en fracturas, no existiendo unanimidad de criterio respecto a su formación. Tiene un contenido medio de 53% Fe; 1,9-2,3% Mn; 7,7% SiO<sub>2</sub>; 1,3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,02% S; 0,1% P; 0,3% CaO; 0,5% MgO.

La explotación se realiza a cielo abierto, con escasa utilización de explosivos, mediante bancos de 15 m y maquinaria extractiva de gran capacidad, con lo que se consiguen productividades del orden de 8.900 t anuales por persona empleada en mina. La relación estéril/mineral es de 3,1 (Cuadro 2.35).

Las reservas se estiman en unos 110 x 10<sup>6</sup> t distribuidas en distintas masas pero que pueden ser explotadas con instalaciones comunes.

El mineral es transportado por ferrocarril al

puerto de Sagunto (Valencia), donde a fines de 1977 ha entrado en funcionamiento un nuevo cargadero de mineral con una capacidad de 2.000 t/hora y un calado de 14 m que permite la carga de barcos hasta de 70.000 t.

La Compañía Minera de Sierra Menera, S.A. tiene el proyecto de construir en Sagunto una planta de peletización con una capacidad de  $2 \times 10^6$  t que utilizará los finos de producción

propia mezclados con minerales ricos importados (850.000 t minerales y 1.350.000 t de importación).

Por último, en 1975 se inició la producción de balasto procedente de la trituración de cuarcita del desmonte.

Las producciones de mineral obtenidas en los últimos años han sido:

**Cuadro 2.35**

**SIERRA MENERA (Guadalajara-Teruel)**

		1977	1978	1979	1980	1981
M. vendible	... ..	2.102.083 t	2.131.986 t	2.011.135 t	2.344.238 t	586.853 t
Contenido	... ..	1.093.083 t	1.108.633 t	834.621 t	937.696 t	234.741 t

FUENTE: Dirección General de Minas.

A partir de 1973, el hierro contenido se da para el mineral exento de humedad.

**Distrito Sudoeste (Huelva-Badajoz-Sevilla)**

En el Sudoeste de España existe una importante provincia metalogénica de hierro, que se extiende desde las provincias de Córdoba y Sevilla, Norte de Huelva, hasta la frontera portuguesa en Badajoz. A pesar de su gran extensión únicamente se encuentran depósitos económicamente explotables, por el momento, en las provincias de Huelva y Badajoz.

El potencial minero se estima en, aproximadamente, unos  $150 \times 10^6$  t de mineral con leyes medias del 30-40% Fe, pero susceptibles de concentrarse hasta leyes del 60-67%.

Existen principalmente dos tipos de mineralizaciones. Unas aparecen en íntima relación espacial y genética con rocas carbonatadas, del Cámbrico inferior, y con rocas graníticas intermedias de la orogenia varíscica. Otras aparecen en las calizas del Cámbrico inferior y/o en tramos inferiores y son claramente singenéticas, es decir, de origen simultáneo con la roca de caja.<sup>30</sup>

Las del primer tipo son de origen metasomático de contacto con una mineralización principalmente de magnetita diseminada en rocas de skarn o silicatos cálcicos, acompañada de sulfuros de cobre de origen hidrotermal; las del segundo tipo se consideran de origen sedimentario o exhalativo-sedimentario, con una mineralización casi exclusivamente de magnetita y hematites.

Parte del hierro de las mineralizaciones del primer tipo procede de las del segundo, al ser éstas asimiladas por las rocas graníticas hercínicas.

Una mineralización totalmente diferente que merece destacarse, actualmente no explotada, es la existente en el Cerro del Hierro, cerca de la localidad de San Nicolás del Puerto, en la provincia de Sevilla. Se trata de un depósito tipo Bilbao, del que sólo se han explotado los óxidos de hierro con una ley del 50-52% Fe.

La mayoría de las mineralizaciones son masas irregulares o cuerpos estratiformes y tabulares (Cala, San Guillermo, Monchi, Las Galerías, etc.), aunque algunas presentan morfología filoniana (Las Silgadas, la Valera, etc.).

La principal mina en explotación es Cala, (Huelva), con unos  $60 \times 10^6$  t de reservas totales, a la que sigue San Guillermo-Santa Justa, (Badajoz), con unos  $31 \times 10^6$  t y La Berrona (Badajoz), con unas  $24 \times 10^6$  t. Por la riqueza de su mineralización destaca Mina Monchi, aunque sus reservas y producciones son escasas.

**Minas de Cala (Huelva)**

Las explotaciones se sitúan a unos 4 km de la localidad de Cala, al Norte de la provincia de Huelva.

La mineralización ferrífera, magnetita principalmente, hematites y limonita, se encuentra



asociada a un skarn piroxénico, aunque también existe dentro de la roca granítica pero en mucha menor proporción; se considera un origen metasomático de contacto.

Las masas son lenticulares, con abundantes intercalaciones de estériles, orientadas según el rumbo y buzamiento de la estratificación regional.

Espacial y genéticamente relacionada con la mineralización de hierro, existen sulfuros de cobre de origen hidrotermal cuya recuperación es de gran importancia para la economía de la mina.

La explotación se realizaba a cielo abierto, por Minera del Andévalo, S.A., en frente largo y bancos de 12 m. de altura, ya que está inactiva desde 1979. En la actualidad, PRESURSA, empresa que ostenta la titularidad de los derechos

mineros lleva a cabo las labores previas a la reanudación de los trabajos de explotación.

El todo-uno de la zona oriental tiene una ley del 40% Fe y 0,41% Cu; el de la zona occidental, 37,6% Fe y 0,10% Cu. La ley en cobre aumenta tanto hacia el Oeste como hacia el Sur, con la distancia al "stock" granítico.

El mineral se tritura y concentra magnéticamente, obteniéndose un producto vendible de 0-1 mm y 60% Fe. Del estéril se recupera el cobre por flotación, obteniéndose concentrados del 18-19% Cu.

La composición media de los concentrados es la siguiente: 60% Fe; 0,10% Mn; 0,01% P; 0,3% S; 9,5% SiO<sub>2</sub>; 2,5% CaO; 1,5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,04% Cu; 2,5% MgO; 0,25% Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O.

La producciones obtenidas en los últimos años han sido:

**Cuadro 2.36**  
**MINAS DE CALA (Huelva)**

	1975	1976	1977	1978	1979
Concentrado de hierro	610.000,00 t	606.000,00 t	620.000,00 t	548.000 t	600.000 t
Concentrado de cobre	11.107,00 t	4.797,00 t	3.041,00 t	S.D.	2.496 t
Hierro contenido	371.551,00 t	361.054,00 t	364.622,00 t	330.663 t	361.740 t
Cobre contenido	1.943,72 t	865,85 t	583,87 t	S.D.	449 t

S.D.: Sin datos

FUENTE: Minera del Andévalo, S.A.

### Minas de Teuler (Huelva)

Se sitúa a unos 4 km al SE de las de Cala en el flanco NE del sinclinal de Herrerías o Cala, de dirección NO-SE.

La masa mineralizada tiene forma tabular y encaja en niveles detríticos inferiores a las calizas cámbricas. Estos niveles detríticos, que incluyen lentejones de calizas, están metamorfizados por el batolito granodiorítico de Santa Olalla del Cala que ha originado skarns de magnetitas.

El mineral está constituido por magnetita de buen tamaño de grano, junto con cantidades pequeñas de piritita y calcopirita.

Las reservas alcanzan unos 3 x 10<sup>6</sup> t de mineral, explotables a cielo abierto.

En los últimos años, el mineral extraído era transportado por camión a Minas de Cala, para ser tratado en la planta de Minera del Andévalo, S.A. que era la empresa explotadora, englobándose su producción con la de Cala.

### Minas de San Guillermo-Colmenar-Santa Justa (Badajoz)

Se encuentran en el flanco SO del gran anticlinorio Olivenza-Monesterio, a unos 6 km de la localidad de Jerez de los Caballeros.

La mineralización de magnetita, también de tipo skarn, se sitúa en un nivel carbonatado, intercalado en esquistos y/o neises biotíticos, del cierre perianticlinal de una gran estructura de dirección N-S. Su potencia es muy variable, aumentando en general con la profundidad hasta los 30 m. Las zonas de mayor riqueza en magnetita se sitúan en las proximidades de rocas ígneas intrusivas, de composición ácida o intermedia, y corresponden a skarns de diópsido, hornblenda, grosularia, escapolita, epidota y esfena.

El mineral está constituido por magnetita y por sulfuros de hierro y cobre que corresponden

a la fase hidrotermal; también por algunos minerales radiactivos como ortita o allanita.

Su composición media es: 44,3% Fe; 0,03% Mn; 24,04% SiO<sub>2</sub>; 3,55% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3,03% CaO; 3,07% MgO; 0,05% K<sub>2</sub>O; 1,92% Na<sub>2</sub>O; 0,5% S; 0,05% P.

Las reservas totales se estiman en unos 31 x 10<sup>6</sup> t.

La explotación se realizaba a cielo abierto,

en la zona de El Colmenar, habiendo parado temporalmente a finales de 1977 a causa de dificultades de mercado, por el alto contenido en álcalis que presenta el mineral.

La empresa explotadora Minera del Andévalo, S.A. tenía una planta de concentración Magnética a bocamina.

Las producciones obtenidas en los últimos años han sido:

**Cuadro 2.37**  
**MINA EL COLMENAR (Badajoz)**

	1973	1974	1975	1976	1977
Todo-uno	305.938 t	256.340 t	275.025 t	315.363 t	—
Concentrado (0-1 mm)	128.000 t	113.500 t	132.192 t	155.456 t	82.360 t
Contenido	76.928 t	67.385 t	78.707 t	93.429 t	48.946 t

FUENTE: Minera del Andévalo, S.A.

#### **Mina de La Berrona (Badajoz)**

El área de La Berrona se encuentra en el extremo Suroeste de la provincia de Badajoz, en los términos municipales de Jerez de los Caballeros y Fregenal de la Sierra, conectada con la mina de San Guillermo mediante una pista.

La mineralización encaja en rocas carbonatadas afectadas por procesos de metasomatismo de contacto originados por rocas ígneas. Sin embargo, los últimos estudios realizados relacionan la mineralización con procesos volcanogénicos y sinsedimentarios, posteriormente enmascarados por la intrusión granítica.<sup>31</sup>

La paragénesis mineral está constituida por magnetita, que es el mineral mayoritario, pirita, calcopirita y pirrotina; estos últimos en cantidades mínimas.

Característica del mineral es su alto contenido en fósforo (0,325%) y en álcalis (2,972%). El fósforo se elimina fácilmente en el proceso de concentración magnética, pero los álcalis permanecen a menos que se realice una molienda inferior a 0,1 mm.

Se estiman unas reservas de 24 x 10<sup>6</sup> t, con el 26,7% Fe; 0,325% P y 2,972% Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O.

#### **Mina Monchi (Badajoz)**

Se encuentra próxima al pueblo de Burgui-

llos del Cerro (Badajoz), siendo propiedad de Taillefer, S.A.

La mineralización se presenta en las proximidades del contacto de las calizas de la Sierra del Cordel con el batolito granítico de Burguillos, concordante con las rocas carbonatadas, en un skarn de hedenbergita.

La paragénesis mineral está constituida por magnetita, pirrotina, lollingita, calcopirita, ilvaíta, vonsenita, cobaltina, bismutina y bismuto.<sup>32</sup>

La mina se explotaba por labores subterráneas a más de 300 m de profundidad, siendo difícil la continuación de las labores por la pequeña potencia de la masa, escasez de reservas y profundidad alcanzada. Su explotación fue parada a principios de 1978.

Una planta de concentración magnética proporcionaba concentrados de alta ley, 66-67% Fe, por la excelente ley del mineral.

Las producciones en los últimos años han oscilado entre 45.000 t y 60.000 t/anuales de concentrado vendible.

#### **Mina del Cerro del Hierro (Sevilla)**

Se sitúa en las proximidades del km 7,4 de la carretera de Constantina a San Nicolás del Puerto, en la provincia de Sevilla, siendo la empresa Cerro del Hierro, S.A. la que ostenta la propiedad.

El yacimiento se localiza en calizas cristalinas del Georgiense medio que han sufrido un proceso de carstificación y entre cuyas rocas o cavidades se aloja la mineralización constituida fundamentalmente por masas de hematites con un contenido superior al 50% Fe, y contenidos en azufre y barita que originaban la penalización de los concentrados.<sup>33</sup>

El yacimiento se ha formado por procesos de sedimentación, aunque la fracturación parece haber jugado un papel importante en la distribución y origen de la mineralización ya que existe, muy a menudo, una zonalidad de hematites, ankerita y caliza estéril en las direcciones perpendiculares a los planos de fractura, lo que revela una difusión gradual del hierro en los materiales calcáreos.

La irregularidad de la mineralización y el

que la explotación se haya limitado a los rellenos de las torcas de las calizas impiden obtener producciones significativas y sólo la calidad del mineral justifica que trabajos muy simples de beneficio (trituration, desenlodado, clasificación y estrío a mano) hayan permitido la explotación, con carácter casi excepcional, de este yacimiento.

Una adecuada investigación que permitiera confirmar unas reservas mínimas y programar una explotación de mayor rendimiento podría prolongar la actividad de la mina que, de otra forma, se considera difícilmente viable.

Las producciones en los últimos años, con contenidos elevados en azufre y barita que son fuertemente penalizados, han sido:

**Cuadro 2.38**  
**MINA EL CERRO DEL HIERRO (Sevilla)**

	1972	1973	1974	1975	1976
Mineral vendible	101.500 t	156.500 t	205.300 t	208.800 t	186.307 t
Contenido	52.780 t	81.380 t	105.820 t	106.148 t	94.714 t

FUENTE: Dirección General de Minas.

### **Distrito Sudeste**

Las mineralizaciones de este distrito aparecen asociadas a margas, pizarras y calizas de edad triásica, con génesis que son poco conocidas o están en discusión.

Los únicos depósitos de verdadera importancia están en la provincia de Granada, yacimientos de Alquife y Marquesado.

Los de Murcia son pequeñas masas de magnetita y hematites, en calizas y margas triásicas, con leyes del 56-59% Fe; 0,35% Mn; 8-13% SiO<sub>2</sub>; 4-8% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,04% S y 0,15% P; las explotaciones se encuentran sobre todo en la zona de Cehégín y, hasta la reciente actuación de Agruminsa en la zona, toda la producción de concentrados se dedicaba a su utilización en medios densos, debido a su alta ley y extremada finura de grano. Otra parte de la producción, que se obtiene en Murcia, procede de la explotación de los depósitos de Pb-Zn de la Sierra de Cartagena.

De menor importancia son los existentes en las provincias de Almería, Jaén y Córdoba.

### **Mina del Marquesado (Alquife, Granada)**

El yacimiento del Marquesado, explotado por la Compañía Andaluza de Minas, S.A., está situado en la vertiente Norte de Sierra Nevada, en la extremidad Sur de la llanura diluvial del Marquesado del Cenete, a unos 80 km de Granada y a 100 km de Almería.

La serie estratigráfica local se compone de muro a techo: Un zócalo de micacitas epimetamórficas. Una cobertera igualmente metamórfica, de micacitas y calizas dolomíticas, que corresponden a la "Mischungzone" del Trías. Una serie carbonatada deslizada (serie alpujárride), equivalente no metamórfico de la Mischungzone. Y un potente paquete plio-cuaternario.<sup>34</sup> (Fig. 2.11).

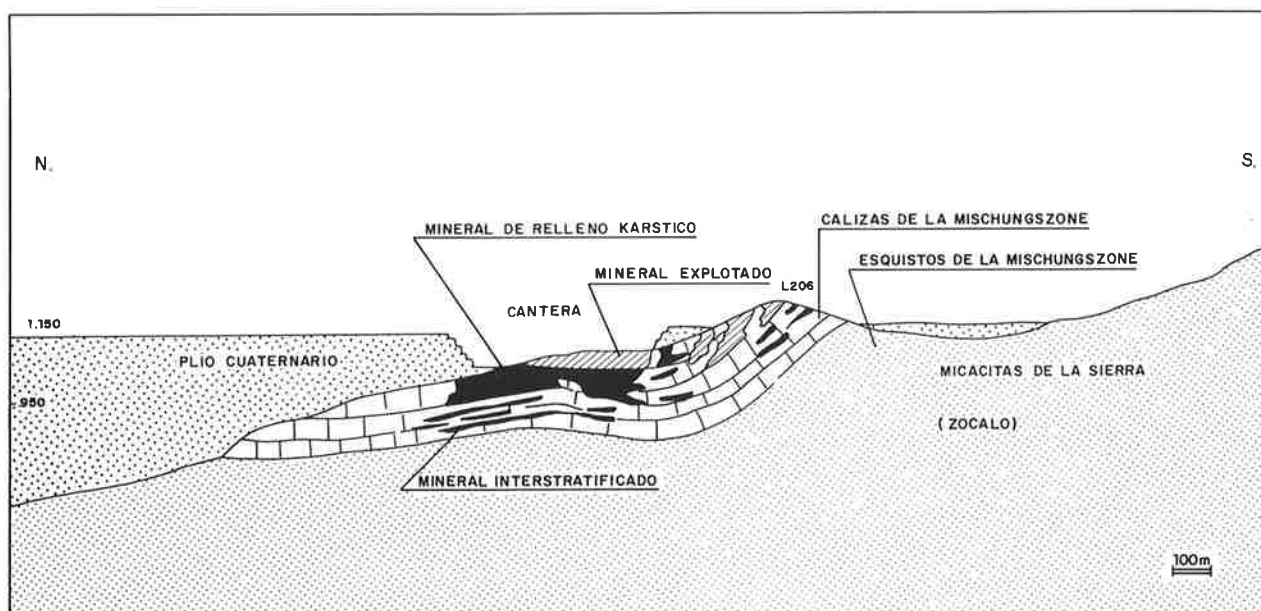


Fig. 2.11.- Corte geológico del yacimiento del Marquésado (Granada). Según C.A.M.S.A.<sup>34</sup>

El yacimiento está constituido por masas irregulares de hematites y goetita dentro de las calizas marmóreas del tramo superior de la unidad tectónica Dólar (conjunto Nevado-Filábride). Estas masas corresponden a cavidades cársticas producidas en las calizas en períodos de emersión, durante la formación de arrecifes. En las partes periféricas de éstos la mineralización se presenta interestratificada.

El mineral varía de unas zonas a otras pero tiene como característica común los bajos contenidos en fósforo y azufre (0,02%). Es blando, poroso, contiene un 45% Fe y un 12% de humedad, y del 50 al 70% del todo-uno arrancado es de tamaños inferiores a 10 mm.

Sobre el origen del mineral existen diversas teorías propuestas por distintos autores. La formación del yacimiento por procesos hidrotermales metasomáticos con posterior alteración ha sido mantenida hasta muy recientemente en que se ha propuesto un origen detrítico sedimentario o exhalativo-sedimentario, con formación del depósito por alteración laterítica y precipitación en un paleocarst.<sup>35</sup>

En la actualidad, estas mineralizaciones se consideran como el resultado final de la evolución espacio-temporal de yacimientos primarios de carácter sedimentario, en la que se han producido transformaciones estructurales, texturales, mineralógicas y removilizaciones diagenéticas, metamórficas y causadas por procesos de meteorización y erosión.<sup>36</sup>

Las características mineralógicas, texturales y químicas de la mineralización evidencian un origen fundamentalmente de precipitación química en una cuenca de sedimentación restringida, tipo lagoon, ya que sólo en este ambiente o medio sería explicable la existencia de una facies mineralógica de carbonatos de hierro, de una zonalidad vertical y horizontal de diversas facies mineralógicas (carbonatos, óxidos, y óxidos-sulfuros), y de texturas sedimentarias típicas de sedimentos laminados de algas.

Posteriormente, se produce la erosión parcial de las mineralizaciones y el relleno de cavidades cársticas desarrolladas en las rocas carbonatadas por la acción de las aguas meteóricas.<sup>36</sup>

La explotación se realiza a cielo abierto, tras el decapado del recubrimiento que se retira a las escombreras mediante "bulldozers" que, en recorridos máximos de 120 m, van empujando el aluvión sobre un alimentador móvil blindado, tras lo cual pasa a unos circuitos de cintas transportadoras.

El mineral y las intercalaciones de caliza son arrancados en frentes largos con bancos de 8 m de altura; cargadoras frontales cargan el todo-uno de los frentes en camiones que descargan en puntos del fondo de cantera, donde instalaciones de trituración primaria alimentan los circuitos correspondientes de bandas transportadoras.

El tratamiento del todo-uno se realiza mediante: 1) Molienda y cribado en seco, con el fin de obtener una clasificación granulométrica ade-

cuada; 2) Lavado en tambor de medio denso, para eliminar la caliza; y 3) Desenlodado selectivo en hidrociclones especiales, para disminuir los álcalis. En un futuro próximo, el tratamiento se realizará en una planta de separación magnética de alta intensidad.

En un parque con capacidad para 200.000 t se procede a la homogeneización de los productos vendibles cuya composición media es: 57% Fe; 1,8% Mn; 4% SiO<sub>2</sub>; 1,8% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,02% S; 0,015% P; 4% CaO; y 0,3% MgO.

El mineral es transportado por RENFE, por una línea de 96 km, hasta las instalaciones de embarque en Almería, con una capacidad de 2.000 t/h sobre cualquier tipo de buque minero.

Las reservas se cifran en unos 80 x 10<sup>6</sup> t.

La producción pasó de 360.000 t en 1957 a 2,7 x 10<sup>6</sup> t en 1977. En años posteriores se alcanzaron las siguientes producciones:

**Cuadro 2.39**

**MINA EL MARQUESADO (Granada)**

	1977	1978	1979	1980	1981
M. vendible	2.651.643 t	3.164.045 t	3.500.000 t	3.277.000 t	3.133.896 t
Fe contenido	1.239.776 t	1.182.656 t	1.644.840 t	1.771.546 t	1.729.911 t

FUENTE: Dirección General de Minas.

**Mina de Alquife (Granada)**

Se sitúa unos kilómetros al Sur del yacimiento del Marquesado y en el mismo contexto geológico. La mineralización también presenta las mismas características y origen.

En 1973, se dieron por terminadas las labores mineras. El Instituto Geológico y Minero de España inició la investigación del área circundante, que prosiguió Agruminsa, habiéndose cubicado unos 40 x 10<sup>6</sup> t de mineral.

cuya edad suele corresponder al Precámbrico y los primeros estadios del Paleozoico.

La paragénesis está constituida generalmente por ilmenita, rutilo y pirrotina como minerales principales, y pentlandita, calcopirita, pirita, magnetita y marcasita como accesorios.

La morfología es generalmente dispar, aunque tienden a adoptar formas lentejonares o ligeramente tabulares, más o menos coincidentes con la forma de la intrusión.

En España, generalmente, se han tratado los minerales procedentes de depósitos secundarios, bien aluviales o de acumulación en las playas.

Hasta el año 1969, la Compañía Midusa estuvo explotando los aluviales (brañas) procedentes de la denudación del yacimiento primario de Monte Castelo (La Coruña), que estaban exclusivamente constituidos por ilmenita. El todo-uno se arrancaba con dragalinas y era pasado por cribas vibrantes y desenlodadores, antes de ser tratado en un circuito de lavado y separación magnética. La ley del preconcentrado era del orden del 34% en TiO<sub>2</sub> y la del concentrado final del 48% al 51% en TiO<sub>2</sub>. La producción de esta explotación, en 1969, fue de 20.000 t/año que suponía el 80% de toda la producción española.

Dificultades de rentabilidad y de mercado hacen que el resto de las pequeñas compañías productoras de titanio cierren sus explotaciones,

**TITANIO**

La localización de depósitos primarios se restringe a algunas áreas del Noroeste peninsular (La Coruña, Pontevedra), del Sistema Central y a algunos puntos muy aislados en Salamanca. Y en cuanto a los yacimientos secundarios cabe citar los depósitos aluvionares de los ríos gallegos, que drenan yacimientos primarios, los del valle del Tiétar (Toledo-Madrid) y los depósitos de playa en Galicia y Huelva.

Los depósitos primarios de interés económico aparecen fundamentalmente relacionados con materiales básicos, tipo gabro-anfibolitas, y

y en 1973 no existe ya explotación alguna con una cierta continuidad.

En la actualidad, la producción es mínima y procede fundamentalmente de las playas de Mazagón, en Huelva, y de la mina Maruja, en los

términos de Galapagar y Las Rozas (Madrid), de muy escasa importancia.

Las reservas totales de titanio ascienden a 92.000 t, de acuerdo con el inventario realizado por el IGME, en 1982 (Cuadro 2.40).

**Cuadro 2.40**

**RECURSOS NACIONALES DE TITANIO**

	Recursos Identificados		Recursos no Descubiertos		
	Demostrados		Grado de Probabilidad		
	Medidos	Indicados	Inferidos	Hipotéticos	Especulativos
Económicos	...	...	...	...	...
Económicos marginales	...	...	...	...	...
Subeconómicos	...	...	...	...	...

Unidad: t. de mineral con el 50% de  $\text{TiO}_2$

FUENTE: Inventario Nacional de Recursos de Titanio, IGME, 1982.

## PIRITAS

La casi totalidad de la producción española de piritas procede de las minas situadas en la provincia de Huelva, las cuales pertenecen a una de las más importantes provincias metalogénicas de Europa: El Cinturón Pirítico Hispano-portugués. Otras fuentes de producción son los depósitos de Pb-Zn de Cartagena (Murcia) y Cantabria, aunque de muchísima menor importancia.

El Cinturón Pirítico se extiende sobre una longitud de unos 230 km, en dirección E-O, desde la provincia de Sevilla hasta la costa atlántica portuguesa, con una anchura de 35 km. Su potencial minero se estima que llegó a superar en tiempos pasados los 1.000 millones de toneladas con leyes del orden del 44-48% S, 39-43% Fe, 2-6% Cu + Pb + Zn, 0,2-1,5 gr Au/t y 5-40 gr Ag/t. Hasta la fecha unos 300 millones de toneladas han sido extraídas, 500 millones se consideran reservas seguras y el resto representan reservas probables.<sup>37</sup>

La actividad minera que se remonta a más de 30 siglos ha experimentado numerosos altibajos acompañados por cambios en los productos beneficiados. Tartesos y romanos beneficiaron oro, plata y cobre del gossan y zona de enriquecimiento secundario. Modernamente, desde los años 50 del siglo pasado, los elementos benefi-

ciados fueron el cobre y el azufre, este último para atender la demanda de la industria química europea. En la actualidad, la mayor parte de la producción de pirita se destina a las plantas nacionales de ácido sulfúrico, pero, debido a avances tecnológicos tanto en los procesos de flotación como de nuevos métodos hidrometalúrgicos, se tiende cada vez más hacia la recuperación de los metales de los minerales piríticos, a partir de los residuos de tostación.<sup>17</sup>

Las mineralizaciones se encuentran en relación con un volcanismo submarino del Carbonífero inferior, que se intercala en pizarras, cuarcitas, areniscas, calizas, etc., y que en conjunto forman el denominado Complejo Volcánico-Sedimentario. Este se encuentra recubierto por una formación de pizarras y grauvacas del Culm, en aparente concordancia, y reposa sobre una potente formación de muro con pizarras, cuarcitas, areniscas, calizas y conglomerados del Devónico superior (fig. 2.12).

Estos materiales fueron plegados durante la orogenia hercínica, originando estructuras de dirección E-O en España y SE-NO en Portugal.

Las mineralizaciones piríticas aparecen masivamente en las proximidades de los centros volcánicos, bien depositadas directamente sobre rocas volcánicas félsicas (masas autóctonas), bien intercaladas en pizarras carbonosas y tobas (masas alóctonas).<sup>37</sup>



Mineralizaciones de manganeso ligadas a jaspes aparecen también en el Complejo Volcánico-Sedimentario, y son contemporáneas con los depósitos de pirita o, en la mayoría de los casos, más jóvenes.

En algunas minas, junto con los sulfuros polimetálicos, aparecen óxidos y carbonatos de hierro.<sup>38</sup>

Estas mineralizaciones se consideran de origen volcánico-sedimentario.

Las masas de pirita están íntimamente ligadas a rocas volcánicas félsicas, generalmente riolitas. Estas son normalmente riolitas sódicas, aunque también existen riolitas potásicas, el hecho de que el feldespato potásico haya sido sustituido, en algunas riolitas, por albita con estructura en "tablero de ajedrez" indica que eran dacitas espilitizadas.<sup>39</sup>

Las rocas máficas son, principalmente, lavas basálticas, tobas y diques intrusivos.

El metamorfismo regional fue contemporáneo o posterior a la fase principal del plegamiento hercínico. La asociación pumpellita-actinolita tiene lugar simultáneamente con las agrupaciones que tienen sólo pumpellita, en una estrecha y mal definida banda transicional entre prehnita-pumpellita y la facies de los esquistos verdes; la prehnita aparece con actinolita, aunque en asociación inestable.<sup>40</sup>

Se ha propuesto la clasificación, en tres categorías, de los depósitos volcanogénicos de sulfuros, atendiendo a su composición, edad y rocas de caja: <sup>41</sup> a) Masas de pirita-esfalerita-calcopirita en relación con rocas volcánicas, de máficas a félsicas, especialmente en terrenos precámbricos, tales como los que se encuentran al Este

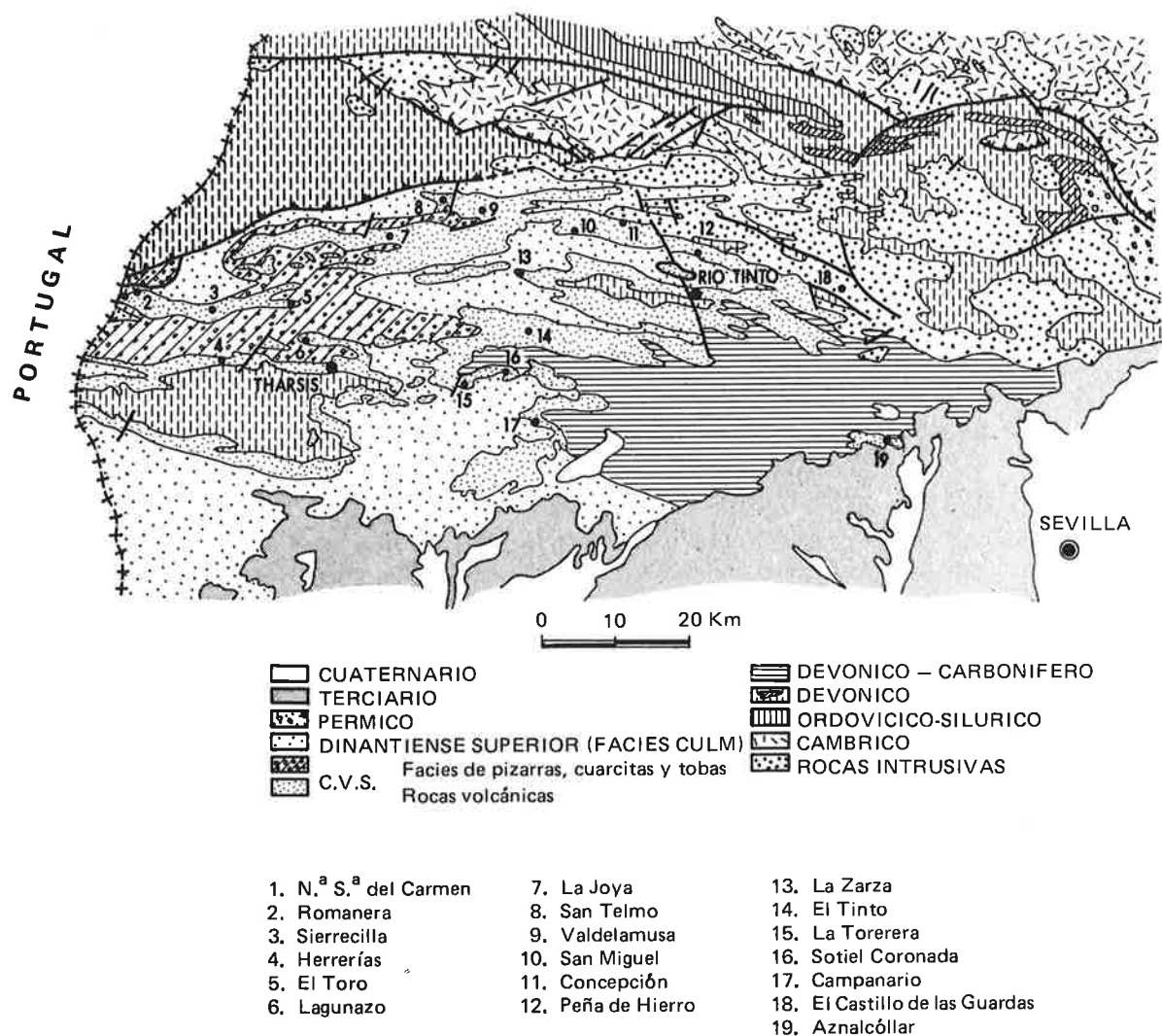


Fig. 2.12.— Encuadre geológico-regional de los yacimientos de sulfuros polimetálicos, del SO de España.

de Canadá. b) Masas de pirita-galena-esfalerita-calcopirita asociadas a rocas volcánicas intermedias a calcoalcalinas félsicas del Proterozoico y Fanerozoico, ligadas a zonas de subducción y arcos islas, incluyendo los depósitos ordovícicos de Bathurst, New Brunswick, y los miocenos de Japón, tipo Kuroko. c) Masas de pirita-calcopirita, con escaso cinc y prácticamente carentes de plomo, en rocas efusivas ofiolíticas, basálticas fanerozoicas, tales como las masas cretácicas de Chipre.

Los depósitos de piritas del Suroeste peninsular se han considerado como pertenecientes al segundo tipo o categoría.

Durante las primeras etapas de la formación del arco, basaltos toleíticos efusivos, relacionados con las dorsales, pueden ir acompañados por la deposición de masas de pirita cuprífera como las de Chipre. Posteriormente, durante el desarrollo del arco isla, aparecen andesitas, dacitas, riolitas, y sus variantes, y algunas exhalaciones metalíferas se vuelven progresivamente más ricas en cinc. Finalmente, cuando el volcanismo se hace más félsico y potásico, las piritas asociadas contienen cobre, cinc y plomo, como en el Cinturón Pirítico Ibérico. Estas masas fueron for-

madas en cortos períodos de relativa calma, durante fases atenuadas del volcanismo félsico explosivo.<sup>42</sup>

Recientemente se ha considerado el volcanismo del Cinturón Pirítico Ibérico como representativo de la actividad magmática en una cuenca intra-continental que probablemente se fisuró a lo largo del Devónico superior y Carbonífero inferior. Este volcanismo, esencialmente representativo de una asociación bimodal de basalto toleítico a alcalino y dacita/riolita, no tiene lugar normalmente en las áreas orogénicas de subducción. Las asociaciones de basalto-riolita se dan, por lo general, en áreas de tectónica extensional dentro y/o cerca de las márgenes de las placas continentales y las rocas basálticas en tales ámbitos presentan diversas analogías geoquímicas con las rocas máficas del Suroeste peninsular.<sup>40</sup>

Las piritas españolas suelen ir acompañadas de cantidades variables de calcopirita, blenda, galena, y de contenidos menores de arsenopirita, oro y plata. Otros elementos generalmente presentes son: Se, Bi, Cd, Hg, Co, Mn, Sn, Ba, etc. Se han establecido las siguientes clases de menas.<sup>43</sup>

**Cuadro 2.41**  
**CLASES DE MENAS**

	Valores medios	Pirita masiva	Pirita compleja	Azufrones	M. carbonatado
S	38–50%	46,5%	38–44%	15–25%	40%
Fe	34–45%	42,0%	32–40%	14–22%	42%
Cu	0,4–1,5%	0,7%	0,4–4%	0,5–1,5%	0,65%
Pb	0,5–2,5%	0,8%	1–2%	0,7%	0,60%
Zn	0,5–5%	1,5%	2,5–5%	1,5%	1,3%
As	0,1–0,8%	0,3%	0,3–0,8%	0,3%	0,3%
Au	0,5–1,5 g/t	0,8 g/t	0,5–1 g/t	0,7 g/t	1,5 g/t
Ag	20–60 g/t	25 g/t	40–60 g/t	20 g/t	30 g/t

La pirita masiva es utilizada en la fabricación de ácido sulfúrico en cuyo proceso se producen cenizas con alto contenido en hierro y metales preciosos. El bajo contenido en azufre del mineral carbonatado, con hasta un 22% de siderita, hace que no se utilice como mena de azufre.

La pirita compleja se caracteriza por sus mayores contenidos en cinc, plomo y arsénico. Generalmente se encuentra a techo y muro de

las masas de piritas, en el interior de éstas como capas o lentejas, o bien formando masas aisladas. Los complicados intercrecimientos de sus componentes minerales y el pequeñísimo tamaño de grano de éstos hacen sumamente difícil su separación y su beneficio por flotación.

Los denominados azufrones consisten en piritas más o menos diseminadas en la roca de caja de masas mineralizadas. Sólo son objeto de explotación cuando contienen valores altos en



cobre; como es el caso de las “cloritas” de Alfredo, en Río Tinto, y del mineral silicatado de La Zarza, en Calañas.

Las menas de baja ley en cobre tipo pórfido están representadas por el mineral de Cerro Colorado, en Río Tinto, y el denominado “piroclasto” de Aznalcóllar. Estas menas, aunque mineralógicamente muy diferentes de las piritas masivas, están, geológica y espacialmente, relacionadas con ellas. Los sulfuros de cobre y, usualmente, de cinc junto con pirita están finamente diseminados en pizarras y rocas volcánicas hidrotermalmente alteradas: los contenidos de cobre y cinc suelen ser del 0,4-0,7%, y del 10% en azufre.<sup>43</sup>

Las principales minas son las de Río Tinto, Tharsis y La Zarza, debiendo recordarse también aquéllas que son reseñadas con la minería del cobre y de plomo-cinc, tales como Cerro Colorado, Aznalcóllar, Masas San Dionisio y San Antonio, etc.

Las reservas de pirita cruda se han estimado según los distintos grupos de explotaciones como sigue:<sup>43</sup>

**Cuadro 2.42**

C.E. Minas de Tharsis, S.A. ... ..	120.000.000 t
Río Tinto Minera, S.A. ... ..	25.000.000 t
Minas de Almagrera, S.A. (Sotiel) ...	20.000.000 t
Otras (San Telmo, Herrerías, etc.) ...	15.000.000 t
<b>TOTAL ... ..</b>	<b>180.000.000 t</b>

### Minas de Río Tinto (Huelva)

Las diversas masas de pirita de la zona se sitúan en relación con un anticlinal de rocas volcánicas que emerge en el denominado sinclinal de Río Tinto, formado por pizarras y grauvacas del Culm. Las rocas son lavas espilíticas almohadilladas y sills de diabasas intercaladas con bandas de pizarras y chert, del Tournaisiense posiblemente, a cuyo techo se sitúan lavas cuarzoqueratofidas y/o riolíticas y rocas piroclásticas, que pasan a sedimentos de polvos volcánicos hematíticos y pizarras carbonosas del Viseiense superior (fig. 2.13).

Los depósitos de sulfuros masivos aparecen en el extremo oriental del anticlinal en cuyos flancos se sitúan las explotaciones de San Dionisio, Filón Sur, Planes-San Antonio y Filón Norte (Dehesa, Lago y Salomón), y de Cerro Colorado,

en la charnela del domo periclinal. Se considera que todos estos depósitos formaron originalmente una casi continua capa de sulfuros, de aproximadamente 5 km de longitud, 750 m de ancho y unos 40 m de espesor, con más de 500 millones de toneladas de mineral.<sup>42</sup>

Salvo la pequeña Masa Valle, encajada entre pizarras carbonosas y polvos volcánicos riolíticos, todas las masas piriticas de Río Tinto están estratigráficamente relacionadas con rocas piroclásticas félsicas, conectadas con chimeneas o pipas en las que aparecen multitud de pequeñas vetillas de sulfuros formando verdaderos stocworks. Las rocas encajantes de éstos se encuentran sericitizadas, cloritizadas y silicificadas, y con un mayor contenido en cobre.

En la actualidad, Río Tinto Minera, S.A., propietaria de la mayoría de las minas de la zona, explota solamente cuatro, dos a cielo abierto, Corta Atalaya y Cerro Colorado, y dos por métodos subterráneos, Pozo Alfredo (contramina de Corta Atalaya, con la que forma la Masa San Dionisio) y Masa San Antonio-Planes.

La masa San Dionisio, explotada mediante la Corta Atalaya y Pozo Alfredo está constituida por dos tipos de mineralización muy diferentes, una tipo “stockwork”, y otra de tipo estratiforme masiva.

El “stockwork” de San Dionisio tiene una corrida de 600-700 m, en dirección E-O, 200 m de potencia, y 600 m de profundidad. A su techo se sitúa la mineralización masiva, con 1.200 m de corrida y 50-60 m de potencia; a techo tiene rocas volcánicas y las pizarras del Culm.

Corta Atalaya, que corresponde a la explotación a cielo abierto de la masa de San Dionisio, tiene forma de elipse con un eje mayor de 1.200 m y menor de 906 m, y una profundidad de 300 m en su parte Norte y de 225 m en la Sur; la cota más baja de la corta se encuentra a unos 170 m sobre el nivel del mar, punto donde se inicia el túnel de conexión a la rampa de acceso a la explotación subterránea de Pozo Alfredo.

El mineral, pirita masiva, se transporta subterráneamente desde los bancos de arranque hasta el pozo-tolva de descarga situado en el piso 23. El todo-uno se somete a un machaqueo primario, que lo reduce a tamaño inferior a 150 mm, y se transporta al exterior, mediante dos tramos de cinta de 800 m cada uno que lo descargan en un nivel superior (piso 14), sobre ferrocarril de interior de mina con un tendido de línea de 5 km.

Anualmente se mueven unos  $6 \times 10^6$  t de

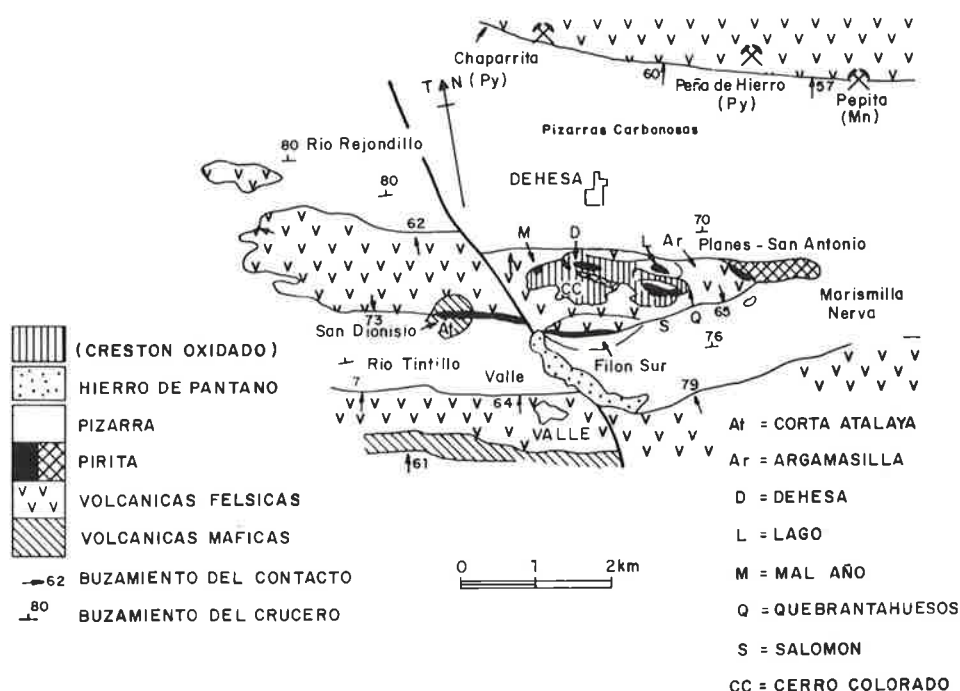


Fig. 2.13.— Explotaciones del área de Río Tinto (Huelva). Según WILLIAMS et al.<sup>42</sup>

estéril y  $1 \times 10^6$  t de piritas, que se destinan a la fabricación de ácido sulfúrico.

Pozo Alfredo corresponde al laboreo del “stockwork” de la masa de San Dionisio mediante contramina subterránea por cámaras y pilares, realce y relleno (“cut and fill”). El acceso puede hacerse mediante jaula y a través de galería desde Corta Atalaya; galería que, partiendo de la principal de descarga en el pozo-tolva, conduce al piso 25, dando acceso al plano inclinado, y que descendiendo, conduce al piso 35, mientras que el ramal ascendente se remonta hasta el piso 14, en el que se encuentran los pozos de almacenamiento de mineral (100.000 t) para su carga en trenes y transporte, por el ferrocarril de interior, a la planta de trituración secundaria y clasificación (6-8 mm).

Doce cámaras, de 20 m x 70 m, con sus correspondientes pilares, de 12 m de ancho, forman el conjunto de la explotación subterránea; de ellas, normalmente cuatro se encuentran en perforación, un número análogo en ciclo de carga y el resto en fase de relleno. Las cámaras se encuentran comunicadas por rampas longitudinales por las que se realiza el transporte del mineral mediante bandas con puntos de transferencia en el punto de zig-zag de unión de dos planos.

La trituración primaria, a menos de 200

mm, se realiza en una estación de machaqueo, en el mismo lugar del interior en que se encuentra la del mineral de Corta Atalaya pero con instalaciones y circuito distintos. El producto es transportado por ferrocarril a la planta de trituración secundaria, clasificación y almacenamiento, conocida con el nombre de Zarandas, donde se reduce a tamaño inferior a 6 mm.

Actualmente la producción de Pozo Alfredo es de unas 250.000 t de cloritas con ley media del 1,35% Cu, esperándose alcanzar las 750.000 t en los próximos años.

Cerro Colorado (fig. 2.14) es hoy en día una de las mayores explotaciones de Europa para mineral de cobre, y sus reservas se amplían a medida que avanza la investigación de las zonas próximas al mismo, como las de Filón Sur, Cerro Salomón, Lago y Quebrantahuesos, antiguas explotaciones actualmente inactivas.

A mediados de 1968 se estableció la rentabilidad de la explotación a cielo abierto de  $39 \times 10^6$  t con el 0,8% Cu, para tratar en un concentrador de 10.000 t/día y enviar en forma de concentrados de 16-21% Cu a la fundición de Huelva. Al mismo tiempo se construyó el concentrador para el tratamiento de una capa de  $18 \times 10^6$  t de gossan que cubría la cumbre de Cerro Colorado, con una ley media de 2,4 gr Au/t y 42 gr

Ag/t. Las reservas actuales se cifran en  $200 \times 10^6$  t con el 0,52% Cu.

La corta es de forma arriñonada con una longitud de 1.560 m, una anchura de 850 m y profundidad de 230 m. La altura de los bancos es de 10 m, con un talud de  $45^\circ$  y anchos de 6,5-7,5 m, y la anchura de rampas de 30 m con pendientes máximas del 8%.

El ritmo de producción viene siendo de  $13 \times 10^6$  t/año, de las que  $3 \times 10^6$  t son de mineral de cobre,  $1,5 \times 10^6$  t de mineral de Au y Ag, y  $8,5 \times 10^6$  t de estéril y mineral marginal con ley del 0,28% Cu. La relación entre estas tres producciones es de 1; 0,45; 2,75.

El proceso mineralúrgico se realiza mediante una planta de concentración de cobre, para el mineral procedente de Cerro Colorado y las cloritas de Pozo Alfredo, con una capacidad de 10.000 t/día ( $3 \times 10^6$  t/año), y otra de concentración de oro y plata de 4.500 t/día ( $1,5 \times 10^6$  t/año).

El mineral de cobre se tritura a menos de 200 mm mediante una machacadora primaria y pasa posteriormente a un circuito de conos, molinos de barra y de bolas, y a un sistema clasificador por hidrociclones que proporciona un producto con el 65% a menos de 200 mallas y 0,77% Cu.

El mineral molido pasa a unas celdas de flotación de desbaste, sufre un remolido a 325 mallas en un molino de bolas y éste se somete a tres estados de limpieza en celdas de flotación,

obteniéndose el concentrado final de cobre y unos residuos a partir de los cuales podrá flotarse la pirita. El residuo de desbaste se espesa para recuperar el agua y pasa a las represas; igualmente el concentrado de cobre se espesa en un espesador y se filtra en filtros de vacío, transportándose en camión a la fundición de Huelva.

Está prevista la existencia de oscilaciones en la producción y ley de los concentrados en función del tipo y calidad del mineral, estimándose una variación entre las 100.000 y 80.000 t de concentrado de cobre por año con una ley entre el 17 y 21% Cu. Es posible obtener también una producción media de 135.000 t/año de pirita con el 49% S.

El mineral de gossan se tritura en la misma planta que el mineral de cobre, en unidades similares, pero separadamente. Debido a su naturaleza arcillosa se somete además a un deslamado.

El producto, con el 75% a menos de 325 mallas, es espesado antes de ser sometido a un proceso de oxidación y lixiviación en siete tanques Pachuca mediante la adición de cal y cianuro sódico. La separación de la solución cianurada con oro y plata del gossan estéril se realiza por el procedimiento de contra corriente y decantación en cuatro espesadores. La solución de oro y plata se clarifica en filtros de presión y posteriormente, tras un proceso de desaireación se precipita el oro y la plata con polvo de cinc, y el producto se pasa por filtros de presión idénticos a los anteriores.

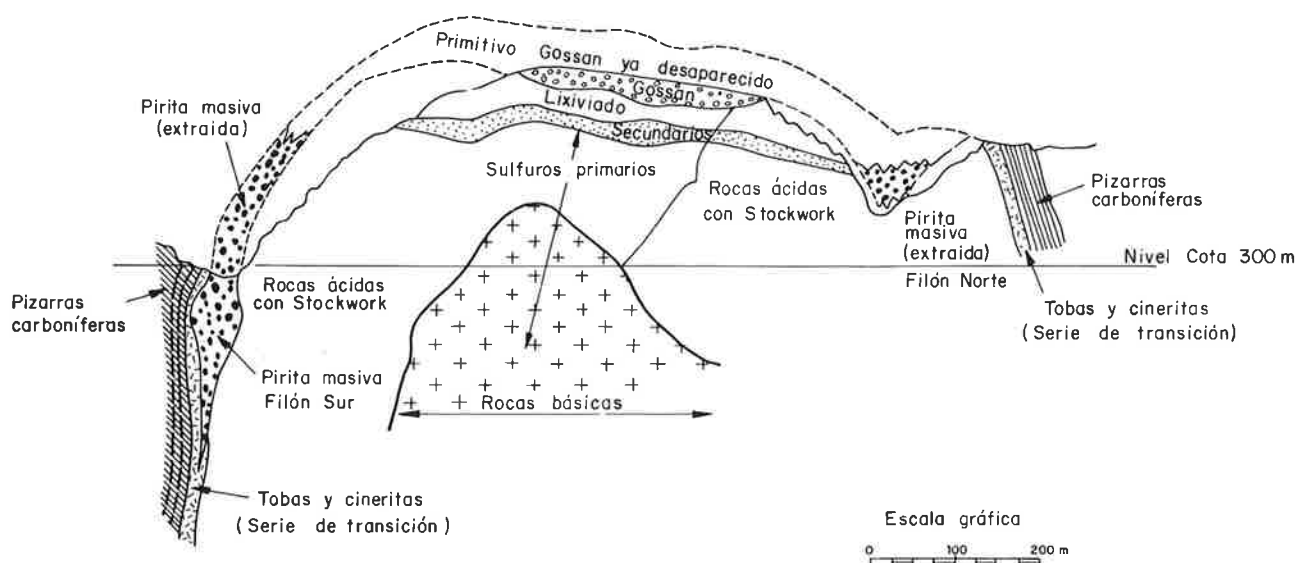


Fig. 2.14.— Sección transversal de Cerro Colorado. Según MONCADA et al., modificado por G. PALOMERO, en Inventario Nacional de Recursos de Cobre, IGME 1981.

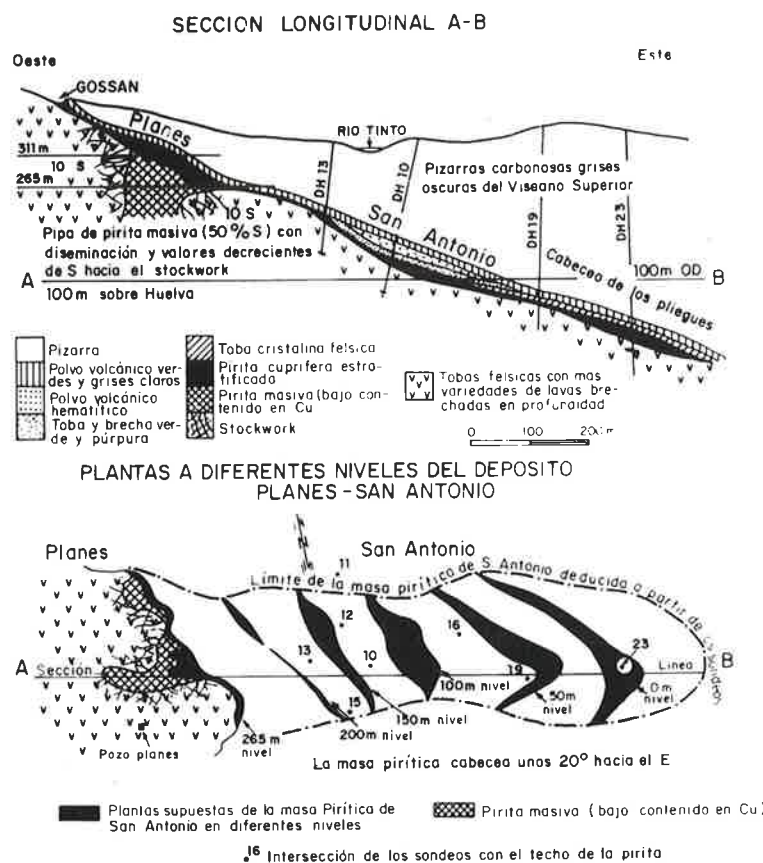


Fig. 2.15.— Planta y sección longitudinal del yacimiento Planes-San Antonio, mostrando la relación espacial entre el "stockwork" de la pipa o chimenea de Planes y el yacimiento estratiforme de Planes-San Antonio. Según WILLIAMS et al.<sup>42</sup>.

Los concentrados de oro y plata se someten a un tratamiento con ácido sulfúrico para disolver el exceso de cinc. Tras su paso por un filtro de placas, se seca, calcina y funde, obteniéndose barras con oro y plata para su envío a la refinería, donde se realiza la separación de ambos metales.

El complejo mineralúrgico de R.T.M., S.A., en Río Tinto, se completa con una planta de cementación de cobre. Los minerales de cobre marginales (0,28% Cu) y oxidados de Cerro Colorado se descargan en un parque de lixiviación donde se riegan con agua cuprífera de la antigua mina de Filón Norte. El agua enriquecida se pasa a una presa de agua cobrizada en ocho tanques con rejillas de plástico reforzado sobre las que se precipita el cobre utilizando chatarra de hierro. El cobre precipitado se recoge periódicamente en tanques de decantación y, después de secarse por evaporación, se envía a Huelva como cáscara con un contenido de cobre metal de 75-80%.

La masa mineral de Planes-San Antonio

(fig. 2.15) se sitúa en la terminación oriental del Cerro Salomón. El área de Planes fue explotada intermitentemente desde tiempos romanos hasta 1950, en que el acuífamiento de la mineralización hizo antieconómica su explotación. En 1962 una detallada investigación geofísica con sondeos mecánicos de reconocimiento puso de manifiesto la prolongación de la mineralización en unos 600 m hacia la parte este de Planes, que fue denominada San Antonio.

Aunque la sericitización, silicificación, cloritización y otras alteraciones enmascaran las rocas de caja, éstas son piroclastos con algunas bandas de sedimentos tobáceos, a techo de la masa estratiforme de San Antonio y polvos volcánicos verdes, tobas cristalinas, piroclásticas y tobas silíceas.<sup>42</sup>

La alteración hidrotermal de las rocas de muro es menos pronunciada que las de otras masas de Río Tinto con el "stockwork" de la pipa o chimenea volcánica inmediatamente debajo, pues en el caso de San Antonio la piritita o piritita

estratoide se precipitó a considerable distancia de la chimenea. La brechificación de la pirita coloreada, la presencia de estructuras de "slumping" y de material pirítico resedimentado indican erosión intraformacional y transporte de gran parte de los sulfuros. La masa San Antonio ha sido depositada en el fondo del mar inmediatamente sobre el "stockwork" de Planes y transportada, fuera de la parte superior de la chimenea, varios cientos de metros. Se supone que las emanaciones de fluidos hidrotermales, a causa de su alto contenido y densidad, se deslizaron por las laderas del aparejo volcánico submarino hasta una depresión adyacente del fondo del mar.<sup>42</sup>

Las reservas de este depósito han sido dadas al tratar los minerales de Pb-Zn.

Los datos reseñados han sido proporcionados por R.T.M., S.A.

### Minas de Tharsis y Calañas (Huelva)

La Compañía Española de Minas de Tharsis, S.A., mantiene en la actualidad dos centros de producción de pirita, en Tharsis y en La Zarza (Silos de Calañas).

En el área de Tharsis, se conocen 16 depósitos de pirita diferentes, con reservas que oscilan entre 50.000 t y  $50 \times 10^6$  t cada uno. Las mayores concentraciones son las de Filón Norte ( $20 \times 10^6$  t), San Guillermo ( $55 \times 10^6$  t) y Sierra Bullones ( $13 \times 10^6$  t), con un total de 110 millones de toneladas probables a lo largo de 1,5 km, y una profundidad investigada de 270 m.<sup>37</sup>

Existe una estrecha relación espacial entre las mineralizaciones y alineaciones volcánicas ácidas de dirección E-O, situándose a distancias relativamente pequeñas de los centros efusivos respectivos (fig. 2.16).

Las concentraciones de sulfuros de la zona de Tharsis son contemporáneas con el volcanismo explosivo ácido Tharsis-1, que finaliza con su correspondiente formación manganesífera. Tras un largo período de sedimentación de pizarras negras, se depositan diferentes niveles de lavas espilíticas separados entre sí por pizarras negras, o frecuentemente, por lechos de calizas dolomitizadas. Un segundo volcanismo ácido, Tharsis-2, caracterizado por la preponderancia de piroclastos y por su profusión y volumen, tuvo lugar a continuación; esta fase ácida termina también con su propia formación manganesífera, que dio lugar a algunos relativamente importantes depósitos de manganeso, ya agotados, tales como Las

Culebras, Mina Juana y Mina de Julián. La última fase volcánica ácida, en la etapa final del Complejo Volcánico-Sedimentario, corresponde al denominado volcanismo Gatos, que parece ser el resultado de una erupción explosiva subaereal, con subsecuente deposición sobre el fondo del mar; este volcanismo no es seguido por ninguna mineralización de sulfuros ni por la formación manganesífera.<sup>37</sup>

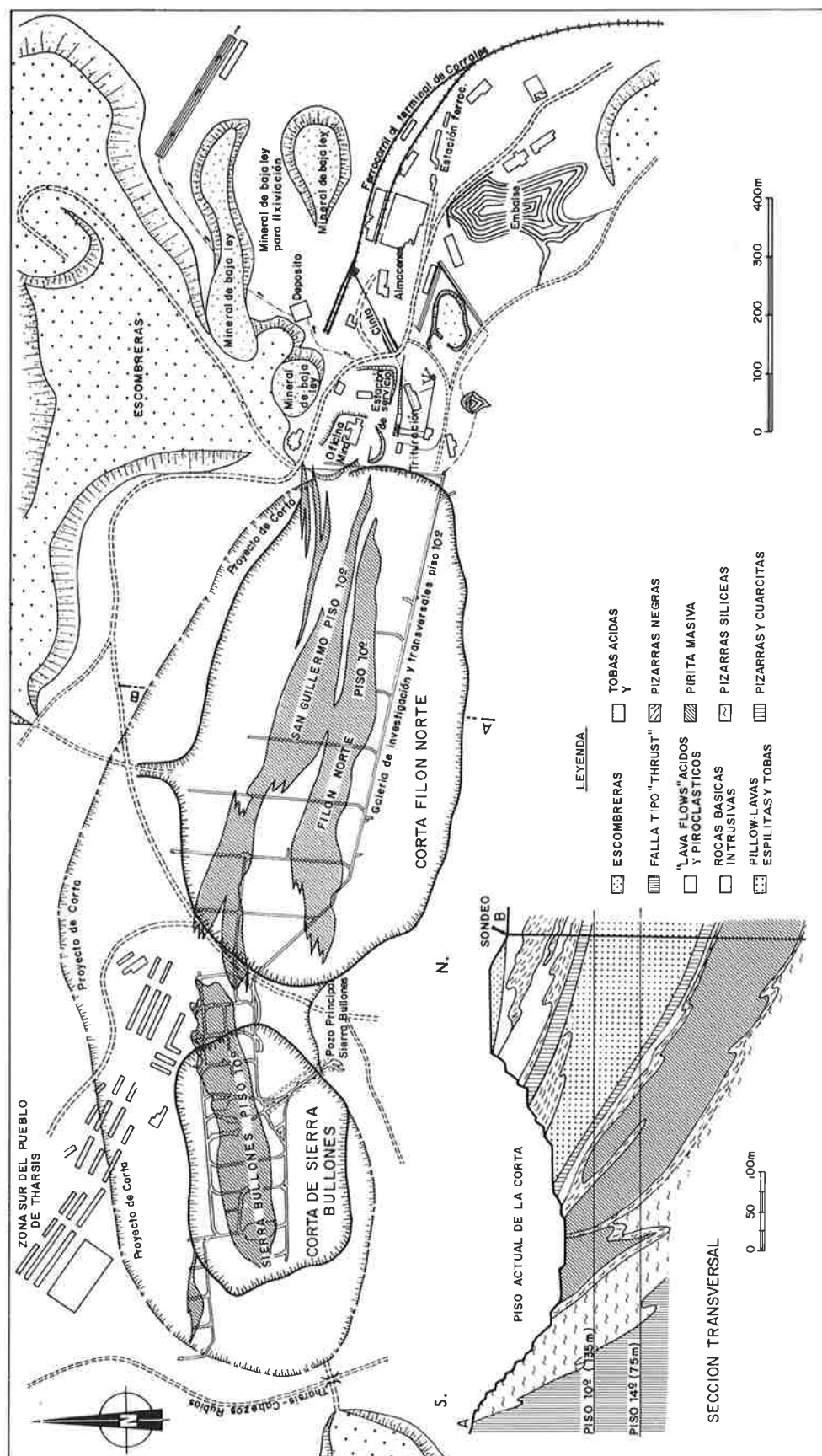
En Tharsis, la primera fase volcánica, Tharsis-1, ha sido muy "productiva", mientras que la segunda, Tharsis-2, sólo es origen de pequeñas diseminaciones de sulfuros; sin embargo la formación manganesífera de esta última fase es altamente "productiva", como se deduce de las numerosas minas abandonadas. En Herrerías, a unos 15 km al Oeste de Tharsis, la mineralización de sulfuros está asociada con rocas volcánicas ácidas que corresponden al volcanismo Tharsis-2, el cual, en esta zona, representa la primera fase volcánica ácida al no existir la fase Tharsis-1; las volcánicas de la fase Tharsis-3 son también aquí estériles.<sup>45</sup>

En 1970, se inició la producción a cielo abierto de Filón Norte, dentro de un proyecto general de explotar  $45 \times 10^6$  t de piritas con un desmonte de  $150 \times 10^6$  t de estéril, correspondiente a las concentraciones de Filón Norte y San Guillermo. Ambas tienen diferente estructura, diferente ganga y diferentes contenidos en azufre, cobre, cinc y plomo.<sup>44</sup>

La corta de Filón Norte produce anualmente  $1 \times 10^6$  t de mineral y más de  $3,5 \times 10^6$  t de estéril, y tiene preparadas continuamente 2-3  $\times 10^6$  t para conseguir una gran flexibilidad en la explotación selectiva de los diferentes tipos de mineral, de forma que pueda atenderse las especificaciones y requerimientos del mercado. Los rendimientos medios son de 5.000 t/día de mineral y 20.000 t/día de estéril.

El mineral es triturado a tamaños inferiores a 18 mm y transportado por ferrocarril de la propia mina a la planta de Corrales, en las cercanías de Huelva.

A unos 30 km al Nordeste de Tharsis y a unos 20 km al Oeste de Río Tinto se encuentra la mina de La Zarza, en las cercanías del pueblo de Silos de Calañas, en la parte oriental de la masa pirítica La Zarza-Perrunal que tiene una longitud de 2.900 m, alcanza potencias de hasta 100 m en su extremo oriental y profundidades de 350 m, con unas reservas de unos  $100 \times 10^6$  t originalmente, de las que se han explotado  $40 \times 10^6$  t.





Tres tipos de mineral han sido reconocidos: Uno de bajo contenido en azufre, 25% S, pero con el 0,8-3% Cu, 1-3,5% Zn y 0,1-1% Pb, situado en la parte central de la mina, que fue concentrado por flotación como mineral de cobre en el pasado; otro muy homogéneo de pirita masiva, que se explota en la actualidad, con el 47% S, 42% Fe, 0,7% Cu, 1,3% Zn y 0,8% Pb; y un mineral pirítico tipo "stockwork" epigenético con el 10-25% S y 0,1-0,5% Cu, con alto contenido en magnesio y sílice, y escasos álcalis.<sup>44</sup>

La explotación se realiza subterráneamente por el método de cámaras y pilares. La masa mineral se ha dividido en una serie de cámaras longitudinales paralelas, de hasta 900 m de longitud por 28-30 m de ancho, separadas por columnas de 10-12 m; el relleno se realiza, a través de varios pozos, con pizarras negras. La recuperación es sólo del 60% y se ha ensayado a escala piloto el método de subniveles ("sub-level caving") para recuperar las columnas y pilares maestros de los pisos más superiores; paralelamente se han realizado los estudios de viabilidad de explotación a cielo abierto. La producción anual es de unas 400.000 t de pirita que son transportadas por ferrocarril a Corrales.<sup>44</sup>

La planta de Corrales, con una capacidad de  $2 \times 10^6$  t/año de mineral, recibe el todo-uno a 0-18 m procedente de Tharsis y La Zarza e inmediatamente es molido para evitar la aglomeración y posible combustión espontánea. Posteriormente, tras su paso por distintos circuitos de conos, cribas, giradiscos, de lavado de mineral, etc. se obtienen tres fracciones (0-4, 0-6, 0-8 mm) que constituyen el producto vendible que se envía a las plantas de sulfúrico de Huelva o al nuevo cargadero del puerto de Huelva para su embarque.

La planta de Corrales incluye una instalación de jigs con capacidad de 1.000 t/día para mineral mezclado con escombros procedentes de la explotación por subniveles de La Zarza o de zonas marginales de la explotación a cielo abierto de Tharsis.

### **Mina de Las Herrerías (Huelva)**

El yacimiento de Las Herrerías se encuentra en el flanco Norte del sinclinal Culm de Herrerías, con una corrida E-O de unos 400 m y capas de 15-20 m de potencia media; éstas se sitúan en ambos flancos de un sinclinal extrema-

damente apretado, que llega a una profundidad mayor de 300 m.<sup>46</sup>

La explotación se realiza por labores de interior, habiendo sido explotada a cielo abierto, Corta Guadiana, hasta el nivel 110. La producción anual es de unas 120.000 t con ley aproximada del 46% S y 0,9% Cu. Las reservas seguras se cifran en  $3,5 \times 10^6$  t y las probables en  $2 \times 10^6$  t.

A unos 600 m al ONO de la Corta Guadiana se encuentra el yacimiento de Santa Bárbara. Se trata de una mineralización secundaria de carbonatos de cobre, de cuprita y, en ocasiones, de cobre nativo en espilitas y pizarras totalmente descompuestas. El cobre procede de la meteorización y erosión casi total de una masa pirítica, cuyos restos se manifiestan en un gossan masivo. Durante el proceso de meteorización y erosión, el ácido sulfúrico producido a partir de la pirita fue causa de la descomposición casi completa de las espilitas y pizarras adyacentes y el cobre liberado fue fijado por los carbonatos de las espilitas.<sup>47</sup>

Las reservas totales de este yacimiento supergénico pueden cifrarse en aproximadamente 10.000 t de cobre metal. La producción comenzó en 1974 a cielo abierto. El todo-uno arrancado es deslamado, lixiviado con aguas ácidas y recuperado por cementación en tanques de precipitación. La ley media del todo-uno es del orden del 1,5% Cu y la producción anual de unas 600 t cobre metal en cáscara.

### **Mina Concepción (Huelva)**

Se encuentra situada en el término de Almonaster la Real, próxima a las antiguas minas de San Platón, Esperanza-Angostura, San Eduardo, etc., actualmente inactivas.

El depósito mineral, con dirección Este-Oeste, se sitúa en un nivel de rocas piroclásticas ácidas alternantes con sedimentos carbonatados y grafitosos. Inmediatamente al Norte y a escasos metros de la masa mineral existen rocas graníticas hercínicas, fundamentalmente granodioritas y pórfidos.

La masa se explota por minería subterránea, estimándose unas reservas de  $2 \times 10^6$  t, con el 0,9% Cu; 0,5% Pb; 0,2% Zn y 43% S.

La empresa propietaria es Electrolisis del Cobre, S.A.

Cuadro 2.43

**PRODUCCIONES ANUALES DE LAS PRINCIPALES MINAS DE PIRITAS DE HUELVA  
MINERAL VENDIBLE**

Empresas	1977	1978	1979	1980	1981
Río Tinto Minera, S.A. (*)	892.247 t	S.D.	860.799 t	967.414 t	930.255 t
Cía. Española de Minas de Tharsis, S.A.	1.098.691 t	S.D.	1.156.830 t	1.146.710 t	1.136.187 t
Minas de Herrerías, S.A.	131.291 t	121.333 t	112.209 t	131.151 t	111.467 t
Mina Lómero-Poyatos	60.600 t	47.875 t	54.000 t	40.000 t	53.000 t
Electrolisis del Cobre, S.A. (Mina Concepción)	41.264 t	59.908 t	67.713 t	63.207 t	50.210 t
San Telmo Ibérica, S.A.	81.442 t	42.557 t	20.925 t	32.737 t	28.436 t
Hijos de Vázquez López, SRC (Mina La Joya)	11.075 t	8.455 t	8.597 t	12.676 t	13.478 t

(\*) Pirita cruda y flotada

S.D.: Sin datos

FUENTE: Dirección General de Minas

**Manganeso**

Los yacimientos más importantes se encuentran en la provincia de Huelva, genéticamente asociados a los yacimientos de sulfuros polimetálicos volcánicos sedimentarios.

Otros yacimientos de mucha menor entidad se encuentran en la provincia de Ciudad Real, en el Campo de Calatrava, en capas y lentejones de 1 a 2 m de potencia y corridas del orden de los 700 m; el mineral, nódulos de pirolusita, encaja en conglomerados cuaternarios y se relaciona con el volcanismo póstumo.

También en el Principado de Asturias existen algunas explotaciones en las áreas de Trevías,

Colunga y Covadonga-Sierra de Cuera; se trata de mineralizaciones de diverso origen y encajadas en diferentes rocas, estando las más interesantes relacionadas con hierros manganesíferos.

El resto son indicios, de mayor o menor importancia, distribuidos especialmente en la Ibérica, Pirineos, Sierra de Cartagena, y provincia de Zamora.

Todas las explotaciones permanecen inactivas desde hace años.

Se adjunta el cuadro de reservas nacionales (Cuadro 2.44), en el que se han incluido como recursos inferidos, económicamente marginales, los procedentes del aprovechamiento de escombreras.

Cuadro 2.44

**RECURSOS NACIONALES DE MANGANESO**

	Recursos Identificados			Recursos no Descubiertos	
	Demostrados		Inferidos	Grado de Probabilidad	
	Medidos	Indicados		Hipotéticos	Especulativos
Económicos ... ..	13.000		25.000	450.000	360.000
Económicos marginales ... ..	16.000		62.000		
Subeconómicos ... ..	35.000		113.000		

Toneladas de Mn contenido.

FUENTE: Inventario Nacional de Recursos de Manganeso, IGME. 1982



## Distrito de Huelva

Por la mayor importancia que en su día tuvieron las explotaciones de la provincia de Huelva, se describen a continuación sus principales características.

Como ya se ha señalado, las mineralizaciones de manganeso se encuentran, ligadas a jaspes y pizarras (tufitas) violáceas, en el denominado Complejo Volcánico-Sedimentario; siendo contemporáneas con los depósitos de sulfuros polimetálicos o, en la mayoría de los casos, más jóvenes.<sup>37</sup>

Los afloramientos de jaspes son muy numerosos, y se caracterizan por su color rojo y gran dureza, lo que las hace destacar topográficamente.

La mineralización es generalmente de silicatos y carbonatos, que en las zonas superficiales han pasado, por enriquecimiento supergénico, a óxidos y peróxidos.

La explotación se realizó mediante pequeñas cortas y por minería de interior, siguiendo el método de cámaras y pilares, efectuando una extracción muy selectiva de los óxidos y peróxidos de las partes superiores de los criaderos, y algo de los silicatos y carbonatos inferiores.

La actividad minera fue particularmente intensa en el último tercio del siglo pasado, proporcionando en 1881 alrededor de las dos terceras partes del consumo mundial, siendo España el primer productor mundial de manganeso. Durante la primera guerra europea se extrajeron notables cantidades de silicatos con destino a la elaboración de silicomanganeso, principalmente en Bélgica y Francia.

Hasta finales de 1960 se calcula que se produjeron, en la provincia de Huelva, un total aproximado de 2.400.000 t de mineral de manganeso; siendo alrededor de un millón de toneladas la producción de óxidos y peróxidos, con escasa sílice y ley media superior al 40% Mn, principalmente en el siglo pasado.

A la producción total señalada se suman 189.658 t, extraídas entre 1961 y 1973, último año en actividad.

De los yacimientos no agotados merecen destacarse: los del Grupo Soloviejo y mina Pimpollar, en el término de Almonaster la Real; los del Grupo Morante y mina La Rodrigana, en Calañas; los del Grupo Cobullos, en los términos de Campofrío y El Campillo; los del Grupo Juana, Soberana o San Joaquín, en Tharsis; y la mina Palanco, en el término de Zalamea la Real.

## Mina Pepito

Se encuentra situada, a unos 3 km del pueblo de Nerva, en el borde Norte del sinclinal carbonífero de Río Tinto. El mineral arma en el contacto de pizarras carboníferas con rocas volcánicas riolíticas.

La explotación se ha realizado en una lenteja de carbonatos de manganeso, de 110 m de corrida máxima explotable, potencia de 10 a 12 m, y buzamiento de 60° al S. El mineral extraído ha sido exclusivamente carbonato, de color blanco o rosado cuando está recién arrancado, con leyes del 40% Mn y contenido del 19-20% SiO<sub>2</sub>.<sup>48</sup>

La mina cerró, por agotamiento, en 1971, habiendo producido 6.000 t en 1969.

## Grupo Minero Soloviejo

Se encuentra situada en el término municipal de Almonaster la Real. La carretera Huelva-Jabugo proporciona el acceso a la mina en el km 68.

La mineralización encaja en una corrida de 3.500 m de jaspes rojos, que buzan 80-86° al Norte, con potencia de 15 a 30 m.

La explotación cesó en 1973 por condicionamientos de mercado, habiéndose alcanzado en 1969 una producción de 23.200 t. La ley del todo-uno arrancado en esa época era del 25-26% Mn, con un contenido en sílice superior al 40%.

El proyecto de una planta de tratamiento por medios densos (ferrosilicio) para conseguir un concentrado con el 36-37% Mn y 35% SiO<sub>2</sub>, con tamaños 1-40 mm, con destino a la fabricación de sílicomanganeso, no llegó a realizarse.<sup>49</sup>

Se estima que quedan aún por arrancar unas reservas de 200.000 t con el 32% Mn.

## 2.3.2 MINERALES NO METÁLICOS

### Aluminio

Los yacimiento de bauxita más importantes de España se encuentran situados en el Nordeste de la península, en las provincias de Barcelona, Tarragona, Lérida, Teruel y Castellón, formando parte de la provincia metalogénica mediterránea de depósitos de bauxitas en rocas carbonatadas,

que se extiende por Francia, Italia, Yugoslavia, Grecia y Turquía. La totalidad de los yacimientos son de edad mesozoica.

Las bauxitas españolas tienen como característica común el elevado tanto por ciento de sílice, lo que las hace inadecuadas para su utilización en los procesos convencionales para la obtención de alúmina, destinándose la producción a la industria del cemento, y teniéndose que importar la totalidad de la bauxita necesaria para la obtención del metal.

Existen tres regiones bien diferenciadas por su geología en las bauxitas del Nordeste: La región Subpirenaica, en la provincia de Lérida; La Central, en las de Barcelona y Tarragona; y la Sur en las de Tarragona, Teruel y Castellón.

Los yacimientos de las regiones Subpirenaica y Central son bolsadas o lentejones, en tanto que en la región Sur, especialmente en el sector de Beceite-Fuentespalda, se encuentran en capas que por su extensión y potencia permiten una explotación a cielo abierto.

La zona Subpirenaica se encuentra centrada en una franja de unos 100 km de longitud, con una serie de afloramientos alineados de SO a NE, que va desde la sierra de Montroig, en Camarasa, hasta Josa del Cadí, al Norte de Tuixen. El con-

junto de la región se caracteriza por ser una gran laguna estratigráfica que afecta al Jurásico y al Cretácico inferior.

La región Central se encuentra entre las provincias de Barcelona y Tarragona, en las comarcas de Alto Panadés y La Segarra. Corresponden a esta región los primeros yacimientos encontrados y explotados en España. Los depósitos se encuentran en el Infralías o en el Triásico superior, el techo está denudado o formado por calizas eocenas.

La zona de la región Sur se encuentra en el macizo montañoso de los puertos de Tortosa y Beceite. La región tiene como característica la de haber sido fuertemente plegada por los movimientos alpinos, que formaron un anticlinorio de dirección NO-SO, con marcada vergencia al NO. El conjunto está formado por terrenos mesozoicos y cenozoicos, que forman un gran macizo calizo.

Las reservas españolas de bauxitas se estiman en  $1,1 \times 10^6$  t las seguras, en más de  $62 \times 10^6$  t las probables y en unos  $60 \times 10^6$  t las posibles.<sup>49</sup>

Las dos únicas provincias que actualmente producen bauxita son Lérida y Teruel, cuyas producciones son las siguientes:

Cuadro 2.45

	1977	1978	1979	1980	1981
<b>LERIDA</b>					
Núm. de explotaciones	3	3	3	3	2
Bauxita	8.514 t	5.174 t	15.645 t	8.632 t	8.630 t
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> contenido	4.160 t	2.522 t	7.544 t	4.161 t	4.094 t
<b>TERUEL</b>					
Núm. de explotaciones	2	1	1	1	1
Bauxita	1.100 t	1.100 t	1.200 t	1.000 t	300 t
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> contenido	594 t	594 t	648 t	540 t	162 t

En la zona de Riaza, de la provincia de Segovia, existen concentraciones de caolín y alunita,  $K(AlO)_3 \cdot (SO_4)_2 \cdot 3H_2O$ , relacionadas con pizarras silúricas, ricas en alúmina, y con fracturas de dirección NNO-SSE y ENE-OSO. La empresa Echevarría Hermanos, S.A., en la mina Pilar, realizó trabajos de desmonte de los terrenos de recubrimiento, para poner al descubierto

la masa de mineral, al mismo tiempo que investigó el comportamiento del mineral en una planta piloto.<sup>50</sup>

La Administración, con el fin de encontrar fuentes primarias de aluminio, ha realizado investigaciones en el sentido de localizar grandes masas de silicoaluminatos en las series paleozoicas, donde se han constatado la existencia de

formaciones pizarrosas con contenidos medios próximos al 25%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Existen procesos ya ensayados industrialmente, para obtener alúmina a partir de dichos materiales.

Ambos campos presentan cierto interés para el futuro, pero será preciso una tecnología más apropiada que la existente, en la obtención de alúmina a partir de estas materias primas.

### **Materiales salinos**

Los yacimientos de minerales salinos en España coinciden con niveles estratigráficos posthercénicos, existiendo importantes masas de evaporitas en el Triásico y Terciario, siendo menos frecuentes y esporádicos los del Cretácico (Albense, facies Utrillas).

Su localización geográfica coincide con la mitad Este de la Península Ibérica: La Cordillera Cantábrica, Pirineos, Catalánides, Cordillera Ibérica, Sistema Bético, Mesetas Castellanas y Depresión del Ebro.

### **Sales sódicas**

En España se explotan tres tipos de sales sódicas, a saber: sal común o halita ( $\text{ClNa}$ ), thenardita ( $\text{SO}_4\text{Na}_2$ ) y glauberita ( $\text{SO}_4\text{Na}_2 - \text{SO}_4\text{Ca}$ ).

### **Sal común, sal gema (halita)**

España es un importante productor de sal común, obteniéndose de tres procedencias distintas: a) Evaporación de las aguas marinas, (sal marina). b) Los manantiales salinos (sal de manantial), casi siempre relacionados con terrenos del Keuper; si bien la producción de esta procedencia representa una fracción muy pequeña de la global española (un 2% aproximadamente), tienen importancia como indicadores de la existencia de sal en profundidad. c) Las explotaciones de sal gema, que aparecen en dos tramos geológicos bien determinados: 1) Estructuras diapíricas o semidiapíricas. 2) Depósitos estratificados sedimentarios del Mioceno continental.<sup>51</sup>

Las manifestaciones salinas se extienden por casi un 60% de la superficie de la nación.

Los materiales del Keuper se han considerado siempre como sedimentos en aguas salobres que quedaron aisladas al dividirse las cuencas marinas del Muschelkalk, y que estaban sometidas a un régimen de evaporación intensa y aportes de sedimentos procedentes de regiones de tipo penillanura.

A causa de los ajustes tectónicos y de gravedad, se formaron una serie de estructuras diapíricas en las zonas septentrional y levantina de la península, en las que se acumularon grandes masas de sal (en algún diapiro se han atravesado más de 2.000 m de sal pura al hacer sondeos para la búsqueda de petróleo).

Dichas estructuras tectónicas son debidas a las características especiales de plasticidad de los materiales del Keuper, lo que les brinda una gran movilidad y facilidad de acumulación, bajo el efecto del simple peso de los estratos suprayacentes, en unos casos, o de las presiones dirigidas producidas por los plegamientos, en otros.

El Mioceno del valle del Ebro y el de la Meseta, que son los que albergan yacimientos salinos, se formaron por una sedimentación tranquila de régimen continental, posterior a los plegamientos eoceno-oligocenos, que hicieron emerger cuencas oceánicas (en el valle del Ebro) y dejaron una serie de lagunas salobres, o que provocaron reajustes isostáticos de bloques (en la Meseta) que fueron el origen de la indicada sedimentación.

De las tres fuentes de obtención de sal común existentes en España sólo una, propiamente hablando, puede considerarse como minera: la extracción de sal gema, bien sea mediante sondeos de disolución, bien por laboreo subterráneo. Las otras dos, es decir, la sal de manantial y la de origen marino, no constituyen una actividad de este tipo.

La sal marina se obtiene por evaporación de agua marina al aire libre, en unos estanques o depósitos en terrenos bajos y llanos, más o menos próximos al mar e impermeables en mayor o menor grado por la presencia de arcilla. A medida que va aumentando la concentración de las aguas por evaporación, se trasvasan las salmueras a otros grupos de balsas, en orden ascendente, hasta llegar a las de saturación, en que cristaliza la sal.

Existen salinas de esta clase en las provincias de Alicante, Barcelona, Tarragona, Murcia, Almería, Cádiz, Huelva, Baleares, Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife.

Las más importantes de todas por su producción es la de Torrevieja, en Alicante, que es propiedad del Estado español, si bien es explotada por la sociedad denominada Nueva Compañía Arrendataria de las Salinas de Torrevieja, S.A. Es la mayor de España y de Europa, y se trata de una salina natural, con un proceso especial y muy mecanizado de explotación. Se compone de dos lagunas naturales, la de Torrevieja, con una superficie mojada de unos 14 km<sup>2</sup>, y la de La Mata, de unos 7 km<sup>2</sup>. Ambas comunican con el mar mediante una acequia grande, con sus compuertas para la regulación del volumen de agua admitido. El agua entra por sí sola, ya que ambas lagunas tienen su fondo 2,50 m por debajo del nivel medio del Mediterráneo. El fondo es completamente plano en toda su extensión.<sup>51</sup>

La laguna de La Mata se emplea como concentrador, transvasando las lejías a la de Torrevieja por un canal de comunicación y una instalación de bombeo. Sólo se permite la precipitación de la sal en la laguna de Torrevieja, en la que se mantiene un nivel de agua mínimo.

La costra de la sal formada se arranca con unas máquinas especiales y se transporta en embarcaciones de muy poco calado hasta las instalaciones de lavado, depuración y apilado.

Según las condiciones naturales de evaporación en Torrevieja, y teniendo en cuenta las entradas medias de agua por lluvia y arroyos, y la superficie total de las salinas, se desprende que se puede contar con una producción media anual de unas 500.000 a 550.000 t dada la salinidad de las aguas del Mediterráneo.

Los manantiales salinos existentes en España están situados en terrenos del Keuper o muy próximos a ellos, y también en terrenos salinos terciarios (miocenos); son abundantes, si bien su explotación es rudimentaria, por evaporación solar en balsas construidas para ello. Su producción es muy reducida (no llega al 1,5% del total nacional), y se consume en su mayor parte en mercados locales. Algunos ejemplos son: Imón y La Olmeda (Guadalajara), Salinas de Añana (Alava), Baena (Córdoba), Ubeda y Jaén (Jaén), Gerra de la Sal (Lérida), Medinaceli (Soria), etc.<sup>52</sup>

Dos métodos se emplean para la explotación de sal gema o halita: el de disolución y el de laboreo subterráneo. El primero se utiliza en dos yacimientos, el de Pinoso, en Alicante, y el de Polanco, en las cercanías de Torrelavega (Santander). El segundo en Remolinos y Torres de Berrellén, en Zaragoza.

### Yacimiento de Pinoso (Alicante)

Es propiedad de la Nueva Compañía Arrendataria de las Salinas de Torrevieja, S.A. Se encuentra a 50 km en línea recta de la laguna de Torrevieja, al NO de la misma.

Se trata de un diapiro del Keuper, no arrasado posteriormente por la erosión que forma un promontorio de unos 290 m de altura sobre el nivel del llano circundante, el Cerro de la Sal, compuesto en su totalidad por un amontonamiento caótico de margas, yesos y sales. Las reservas seguras ascienden a  $344 \times 10^6$  t, siendo las probables de  $688 \times 10^6$  t.<sup>51</sup>

La sal se explota por disolución mediante sondeos, en los que se inyecta agua a presión, y recuperación de las salmueras en los mismos sondeos. La lejía obtenida (16 a 20° Beaumé), con unos 200 a 250 gr/l de ClNa, se pasa por unos desgaseadores y decantadores para eliminar partículas insolubles. Del depósito de almacenamiento se envían hasta Torrevieja a través de una tubería de 50,5 km de largo, obteniéndose allí la sal por evaporación.

El primer año de explotación de Pinoso fue el de 1974, obteniéndose las siguientes producciones a partir de entonces:

**Cuadro 2.46**

Años	t de sal	Años	t de sal
1974	820.083	1978	919.457
1975	924.141	1979	913.994
1976	826.867	1980	768.000
1977	884.434	1981	945.932

FUENTE: Consejo Superior Ministerio de Industria y Energía, y Dirección General de Minas.

### Yacimiento de Polanco (Santander)

Pertenece a la sociedad Solvay y Cía., y está situado en las cercanías de Torrelavega. Es un diapiro del Keuper, que aflora en algunas zonas, levantando las capas suprayacentes, estando limitado al Norte por una falla. La tectónica del yacimiento es complicada. El techo de la sal es muy variable, no habiéndose alcanzado todavía su muro pese a haber perforado hasta una profundidad de 1.300 m.<sup>51</sup>

La riqueza en sal gema varía de unos sondeos a otros, y también según la profundidad. Puede tomarse como ley media el 70% de sal. Las reservas seguras del yacimiento son de unas  $140 \times 10^6$  t.

El yacimiento se explota por disolución,

mediante sondeos verticales en los que se inyecta agua y se extrae salmuera. Los sondeos se espaciaban lo suficiente para dejar entre los huecos formados unos macizos de protección.

La salmuera se emplea para la fabricación de sosa, excepto una parte pequeña, que se emplea para obtener sal de mesa.

La producción del yacimiento en los últimos años ha sido la siguiente.

**Cuadro 2.47**

Años	t de sal
1977	1.070.642
1978	1.243.480
1979	1.277.341
1980	1.481.439
1981	1.435.763

FUENTE: Dirección General de Minas.

#### Yacimientos de sal gema de Remolinos y Torres de Berrellén (Zaragoza)

Están situados cerca de Zaragoza, en la margen izquierda del río Ebro. Arman en el Mioceno, formándose al irse evaporando el mar interior o lagunas salobres que quedaron en esta zona después de la orogenia alpina.<sup>51</sup>

Las reservas de los yacimientos en explotación son de unas  $16 \times 10^6$  t, quedando por investigar otros yacimientos.

Se explotan estas minas por el método de cámaras y pilares, disponiendo de instalaciones de trituración y lavado.

Las producciones de los últimos años han sido las siguientes.

**Cuadro 2.48**

Años	t de sal
1977	126.145
1978	132.576
1979	101.070
1980	97.372
1981	103.078

FUENTE: Dirección General de Minas.

#### Glauberita-Thenardita

España es el único país europeo que posee reservas y yacimientos de sulfato sódico natural,

estimándose unas reservas de 15 millones de toneladas de  $\text{SO}_4\text{Na}_2$  contenido.<sup>49</sup>

Los yacimientos son depósitos evaporíticos del Oligoceno o Mioceno, en facies lacustres.

Los minerales de sulfato sódico, objeto de explotación, son glauberita ( $\text{SO}_4\text{Na}_2 \cdot \text{SO}_4\text{Ca}$ ) en la Cuenca del Ebro, en Burgos, y thenardita ( $\text{SO}_4\text{Na}_2$ ) con glauberita, en la cuenca terciaria de Madrid.

Existen indicios de antiguas explotaciones y yacimientos en numerosas provincias como Logroño, Zaragoza, Madrid, Toledo, Albacete, Murcia, Alicante, etc.

En la Cuenca del Ebro, la explotación más importante está situada en Cerezo de Río Tirón, en la provincia de Burgos, siendo explotada por la Compañía Criaderos Minerales y Derivados, S.A., CRIMIDESA.

El mineral explotado se compone de un 68,5% de glauberita y un 29,4% de anhidrita, siendo el resto otras impurezas. Las reservas seguras son de  $18 \times 10^6$  t; las probables,  $20 \times 10^6$  t; y las posibles,  $22 \times 10^6$  t.

El grado de recuperación real del mineral es del 97,8%.

En cuanto a los métodos de explotación utilizados, antiguamente se empleaba el de cámaras y pilares, pero actualmente se explota a cielo abierto, en cámaras de iguales dimensiones que las empleadas antiguamente, pero en las que se desmonta la capa superior de estériles.

La producción en toneladas de  $\text{SO}_4\text{Na}_2$ , ha sido la siguiente en los últimos años.

**Cuadro 2.49**

Años	t $\text{SO}_4\text{Na}_2$
1977	73.705
1978	104.492
1979	101.780
1980	37.735
1981	55.097

FUENTE: Estadística Minera. Ministerio de Industria y Energía.

El notable descenso de la producción en 1980 se debió a conflictos laborales, iniciándose la recuperación al año siguiente.

También dentro de esta cuenca existe otra mineralización, en Alcanadre (Logroño), aún no suficientemente estudiada, con dos niveles de 2 y 3 m de mineral separados por alternancias de

arcillas y yesos. El espesor del recubrimiento dificulta su actual explotación económica.

En la cuenca de Madrid sólo se explota, actualmente, la mina "El Castellar", de Villarrubia de Santiago (Toledo), propiedad de Aprovechamiento Salineros, S.A.

Como composición media del todo-uno explotado puede darse la siguiente:  $\text{SO}_4\text{Na}_2$ , 68,6%;  $\text{SO}_4\text{Ca}$ , 18,3%;  $\text{ClNa}$ , 0,7%; Margas, 10,4%; Humedad, 2,0%.

El mineral es sometido a un proceso de disolución para producir una salmuera de sulfato sódico, que es convertida posteriormente a sal anhidra por evaporación en una planta de vacío.

Las reservas de mineral en la zona actualmente en explotación, reconocidas mediante labores y sondeos mecánicos, se cifran en unos  $10 \times 10^6$  t, si bien las estimadas en todo el área mediante prospecciones geofísicas son superiores a  $200 \times 10^6$  t. La ley media en sulfato sódico es de 62,5%, siendo la relación de thenardita a glauberita de 1,1 a 1.

El método de explotación es el de cámaras y pilares. La casi totalidad de la producción es consumida por las industrias del papel, de detergentes y del vidrio, y una cierta cantidad es exportada, el 20% aproximadamente:

Cuadro 2.50		
Años	t $\text{SO}_4\text{Na}_2$	
1977	107.411	
1978	102.975	
1979	106.022	
1980	118.324	
1981	132.340	

FUENTE: Estadística Minera. Ministerio de Industria y Energía.

También en la cuenca de Madrid se está realizando, por la empresa SULQUISA, una nueva explotación de glauberita, cerca de la localidad de Villacanejos.

El mineral es fundamentalmente glauberita con algo de mirabilita y thenardita. Para su explotación a cielo abierto, se desmonta el recubrimiento estéril, se fractura el mineral y se lixivia. La salmuera resultante se envía a una planta de concentración para la obtención del sulfato sódico anhidro.

La producción fue de 48.204 t, en 1983, de 50.061 t en 1984, y de 66.891 t en 1985.

## Sales potásicas

Presentan un capítulo económico importante dentro de los minerales evaporíticos, ubicándose las explotaciones actuales dentro de las regiones de Cataluña y Navarra.

Las sales potásicas se localizan en ambas extremidades, oriental y occidental, de la subfosa subpirenaica septentrional del valle del Ebro. Ocupan un ámbito mucho más reducido que la sal vieja de muro sobre la que reposan, y ésta, a su vez, un área mucho menor que los potentes bancos de muro que forman su yacente.

En general se admite, para la génesis de estos yacimientos potásicos, la precipitación de las sales disueltas en las aguas de mares interiores, o con conexión restringida con el océano.

Tanto en los yacimientos de la cuenca catalana como en los de la cuenca navarra se producen ciertas cantidades de sal gema. Así, en 1981, 599.735 t en la primera, y 117.387 t en la segunda.

Las reservas de  $\text{K}_2\text{O}$ , estimadas en ambas cuencas, son las siguientes:

Cuadro 2.51

	Seguras	Probables	Posibles
Cuenca catalana	2.000.000	8.000.000	12.000.000
Cuenca navarra	10.470.000	30.585.000	46.145.000

En el año 1980, España ocupó el octavo lugar entre los productores de sales potásicas, precediéndole la URSS, Canadá, Alemania Federal, República Democrática de Alemania, EE.UU., Francia e Israel.

## Cuenca de Cataluña

La cuenca catalana forma, en líneas generales, un sinclinal alargado en sentido Este-Oeste, de unos 42 x 15 km. La tectónica alpina produjo anticlinales que posteriormente han seguido funcionando con un estilo semidiapírico. De ellos, los existentes dentro de la zona potásica, de importancia para la explotación, son, de Norte a Sur, Vilanova la Aguda, Cardona, Suria-Balsareny y Sallent, todos ellos subparalelos entre sí. Los materiales salinos se han acumulado en las charnelas y estirado en los flancos.<sup>51</sup>

De acuerdo con las determinaciones de edad más recientes, las capas salinas encajan en la parte superior del Eoceno, de edad Ludiense.

Las capas salinas se componen de: Carnalita dominante, 30-50 m. Silvinita dominante, 8-10 m. Sal vieja, 200-250 m.

La sal joven es de color rojizo, grano fino, muestra alternancias rítmicas en la sedimentación (intercalaciones finas, separadas por delgados lechos de margas y anhidrita) y es fétida.

El contenido medio en  $K_2O$  para la silvinita es del 11,0% en Cardona, 17% en Suria y 12,5% en Sallent, y la ley media de la carnalita es muy variable por aparecer mezclada con silvinita. Por lo general aparece en dos o cuatro capas que son explotables si su potencia está comprendida entre 2 y 8 m.

Se considera que el banco basal de silvinita se ha formado por deposición directa, y que la silvinita que aparece entre la carnalita es de reformación, favorecida por las presiones que ayudan a la reacción.

Las principales minas existentes en esta región son las de Cardona y Balsareny, de Unión Explosivos Río Tinto, S.A., y Suria (recientemente adquirida por FODINA, S.A. a Solvay, S.A.), cuyas producciones, en toneladas de  $K_2O$  contenido, han sido en los últimos años:

**Cuadro 2.52**

Años	CARDONA	BALSARENY	SURIA
1977	88.130	133.960	118.249
1978	95.811	132.300	134.593
1979	120.226	147.735	140.739
1980	127.109	159.873	143.657
1981	137.064	158.268	167.539

FUENTE: Dirección General de Minas

### Minas de Cardona (Barcelona)

Están situadas en Cardona (Barcelona), unos 30 km al NO de Manresa.

La estructura geológica es un anticlinal alargado, de unos 6 km de longitud, que en su eje tiene un diapiro de planta elíptica de 2 x 0,6 km de ejes. En la parte septentrional del anticlinal, las capas tiene un buzamiento de 25 a 30°, y en la meridional, uno muy fuerte.

Un corte del criadero, de muro a techo, sería el siguiente: margas del Eoceno, potentes capas de sal gema, sal con lechos de margas, capas de silvinita, de una potencia original comprendida entre 5 y 20 m, capas de carnalita, alternancias de sal gema con margas y, por último,

la cobertera, formada por alternancias de margas y areniscas.

Las reservas seguras se estiman en  $30 \times 10^6$  t, de mineral con el 16% de  $K_2O$ , las probables, en  $300 \times 10^6$  t, y las posibles, en  $300 \times 10^6$  t, ambas con la misma ley del 15% en  $K_2O$ .

El método de explotación empleado es el de grandes cámaras (en capa vertical), de hasta 90 m de altura, divididas en pisos de 20 m. La recuperación real del mineral es del 90%.

Tras una molienda del mineral arrancado, hasta el tamaño de 1 mm, la concentración se realiza por flotación y también se utiliza en parte el proceso de disolución diferencial.

### Mina de Balsareny (Barcelona)

Está situada en Balsareny, unos 20 km al Norte de Manresa.

El yacimiento se compone de dos capas de silvinita separadas por una de halita. Al techo hay carnalita, y el muro está formado por halita.

Las reservas seguras se estiman en 65.000 t de mineral con el 15,6% de  $K_2O$ , siendo las probables de  $51 \times 10^6$  t y las posibles de  $65 \times 10^6$  t, ambas con la ley que se ha indicado en  $K_2O$ .

Para la explotación del yacimiento se avanzan dos galerías paralelas gemelas, una para el transporte del mineral y otras para personal y servicio de maquinaria, con una sección de 4 x 3 m<sup>2</sup>, que acceden a los tajos de arranque. Se abren con minero continuo, que descarga sobre camiones-lanzadera, que a su vez descargan sobre las cintas transportadoras generales.

Otro sistema para el avance de estas galerías es emplear una rozadora para el franqueo de la pega, un "jumbo" para perforar y una pala que vierte el escombros sobre la cinta transportadora.

Los tajos tienen 300 m de largo y 80 m de ancho. Se explota por franjas de 6,40 m de ancho (calles), separadas por macizos de 2 m de ancho.

### Mina de Suria (Barcelona)

Están situadas en Suria, 60 km al NO de Barcelona.

El yacimiento se compone de dos anticlinales de ejes paralelos; el más septentrional está en el extremo Norte de Suria, siendo sus flancos de buzamiento asimétrico, de 70-80° el del Norte y 40-50° el del Sur. El anticlinal más meridional

forma un domo en su intersección con el río Cardoner, que ha aproximado las capas explotables a la superficie; su flanco septentrional está fallado.

La potencia del yacimiento es variable; al muro hay una capa de sal común de varios centenares de metros, apareciendo encima la zona de silvinita, de unos 25 m de potencia, y al techo la de carnalita, de unos 50 m.

La explotación comenzó en la carnalita, pero actualmente sólo se explota la zona de silvinita.

La parte explotable está formada por dos capas, llamadas A la de muro y B la de techo, separadas por una de sal común constituida por capitas de sal de varios centímetros de grueso separadas por otras capitas de arcillas. La capa A se compone, a su vez, de otras tres: a techo y muro hay dos formadas por capas alternas de silvinita y sal: siendo la intermedia, de 50 cm de potencia, de sal común. En la capa B hay dos zonas: la de muro, de capas alternas de sal y silvinita, y la de techo de carnalita o silvinita de metamorfismo.

Debido a la plasticidad diferente de las capas del yacimiento, la tectónica originó una serie de repliegues al formarse los anticlinales, en los que hay concentración de mineral, y que constituyen la base de la explotación.

Se estima que las reservas actuales son las siguientes: seguras,  $0,8 \times 10^6$  t, con una ley del 16% en  $K_2O$ ; probables,  $5 \times 10^6$  t, y posibles,  $157 \times 10^6$ , ambas con igual ley en  $K_2O$ .

El método de explotación empleado es el de cámaras irregulares, con sostenimiento provisional del techo mediante pilares y relleno de las cámaras al quedar agotadas.

### Cuenca de Navarra

Las reservas explotables se hallan ubicadas en la Sierra del Perdón, cerca de Pamplona.

Si bien las características generales de la cuenca navarra son semejantes a las de la catalana, existen algunas diferencias. La principal es que, aunque el recubrimiento oligoceno de la cuenca catalana es mucho mayor que el de la cuenca navarra, su explotación resulta posible porque las capas potásicas se aproximan a la superficie en las charnelas de los anticlinales, quedando a profundidades accesibles. En la cuenca navarra, donde la cobertera no salina es mucho más somera, la erosión ha arrastrado en muchas

zonas las sales, sobre todo en los anticlinales, por lo que éstas se explotan generalmente en ellos.

La cuenca se extiende a lo largo del borde septentrional de la depresión oligocena, terminando por el Oeste en el río Arga y por el Este a la altura de Beriain, hacia la Sierra de Alaiz. Esta cuenca presenta interrupciones debidas a la erosión, por lo que se definen varias subcuencas.<sup>51</sup>

El espesor medio de la silvinita es de 3,42 m, y su ley media del 22,16% en  $K_2O$ ; la carnalita tiene una ley media del 14% en  $K_2O$ .

### Mina de la Sierra del Perdón

La cuenca potásica de la Sierra del Perdón queda (su borde septentrional) a unos 7 km al Sur de Pamplona, extendiéndose entre Noaín, en la carretera de Pamplona a Zaragoza, hasta Undiano, al Oeste de la carretera de Pamplona a Estella. El borde septentrional del yacimiento, de eje Este-Oeste, está bien delimitado, no ocurriendo lo mismo con el meridional.

El yacimiento, en su tramo evaporítico, se compone de muro a techo, de una capa de sal común de una potencia media de 12 m que yace sobre anhidrita con lechos margosos; una formación de silvinita de 2 m de espesor medio, o capa "A", con un ciclo repetido 18 veces de vetas rojas de silvinita muy rica con otras de sal común y margas muy finas; una capa de menos de 1 m de espesor, o capa "B", de sal común con dos intercalaciones de silvinita; una formación de ocho capas de carnalita de alta ley con potencias entre 2,50 y 0,50 m, separadas por capas de sal común y margas de espesores que van de 0,20 a 1,20 m, siendo su potencia total de 15 m (Capa "C"); 50 m de sal de techo, formada por una alternancia de sal común y margas plásticas.

Las reservas totales ascienden a  $189 \times 10^6$  t de silvinita con el 23% de  $K_2O$ , y  $210 \times 10^6$  t de carnalita con el 21% de  $K_2O$ .

El yacimiento, buzando unos 12-16° al Sur, forma parte de un sinclinal afectado por fallas conjugadas de dirección NE-SO y NO-SE, las cuales delimitan cuatro zonas de explotación.

El método actual de explotación es el de tajo largo en avance con hundimiento integral, con longitudes entre 180 y 260 m. La gran profundidad alcanzada por las explotaciones (1.200 m), obliga a especificaciones muy concretas de la maquinaria del tajo.

El grado de recuperación del mineral es en la silvinita prácticamente del 100%, mientras que



en la carnalita sólo se llega en la primera fase al 50%.

Tras una molienda a tamaño menor que 7 mm, el mineral va a la planta de tratamiento que opera por flotación, en tres o cuatro etapas, obteniéndose un concentrado, a partir de la silvinita, con más del 60% de  $K_2O$ , que se seca en hornos neumáticos. La carnalita, una vez separado el ClK del  $Cl_2Mg$  y los lodos, se disuelve en caliente el residuo de silvinita y se cristalizan al vacío las salmueras ricas, obteniendo así el concentrado de ClK; después de separar los residuos sólidos, se centrifugan y secan los concentrados potásicos, evacuando y aprovechando las lejías magnesianas.

Las producciones, en toneladas de  $K_2O$  contenido, han sido en los últimos años:

**Cuadro 2.53**

Años	t $K_2O$
1977	222.486
1978	249.871
1979	258.860
1980	227.593
1981	268.750

Se ha previsto el cierre de las instalaciones de Potasas de Navarra, empresa explotadora del yacimiento para finales de los años 80, ante el agotamiento de las reservas económicamente explotables. Parte de estas instalaciones será utilizada en la explotación del yacimiento de Subiza, con unas reservas estimadas de  $9 \times 10^6$  t de silvinita con un contenido del 13% de potasa.

## Cuarzo

España tiene abundantes reservas de cuarzo en formaciones detríticas, metamórficas y plutónicas, y sedimentarias fitogénicas (diatomitas).

Las formaciones detríticas se encuentran fundamentalmente en el Cuaternario, Plioceno, Mioceno, Oligoceno y Cretácico. Las formaciones silíceas cuaternarias son abundantes y rodean áreas metamórficas o plutónicas ricas en cuarzo. Son de destacar las arenas aluviales y las coluviales, de las provincias de Ciudad Real y Badajoz, utilizadas como áridos, bien sea para morteros de hormigón, áridos de carretera, compactación, subbases o macadanes. Su pureza en  $SiO_2$  es de 94%. En el Plioceno, Mioceno y Oligoceno aparecen, coincidiendo posiblemente con amplios paleocauces, arenas silíceas de gran cali-

dad, en las provincias de Santander, Tarragona, Castellón, Valencia, Albacete y Ciudad Real. Su sector de consumo es el de la construcción, el del vidrio, la cerámica y la siderurgia. Los mayores productores de arenas silíceas son Sibelco Española, S.A. e Industrias del Cuarzo, S.A.

En el Albense-Aptense de la Cordillera Ibérica y Cantábrica existen niveles de arenas silíceas más o menos caoliníferas que, como subproducto o como producto principal, se explotan para las industrias de siderurgia y vidrio; en casos especiales, se utiliza como carga para detergentes o abrasivos. Dos de los mayores yacimientos mixtos de caolín y sílice son los situados al Noroeste de la provincia de Soria, minas "La Unión II" y "la Esperanza", ambas explotadas por Caolines del Norte, S.L., con leyes medias del mineral de 10-15%  $Al_2O_3$  y 85-90%  $SiO_2$ ; los de Poveda de la Sierra y Villanueva de Alcorón, en la provincia de Guadalajara, son propiedad de Caobar, S.A. y Caosil Serso, S.A. respectivamente.

El cuarzo metamórfico es el de las cuarcitas del Arenig (Ordovícico), y las cuarcitas de Bámbole, del Cámbrico inferior, que llegan a alcanzar contenidos medios del 96%  $SiO_2$ .

El cuarzo hipogénico se explota fundamentalmente en el Noroeste de España. La variedad cristal de cuarzo se produce principalmente en las provincias de La Coruña, León, Zamora y Burgos. Los principales productores son Rocas, Arcillas y Minerales, S.A. cuya principal explotación está cerca de El Ferrol (La Coruña), que exporta más del 50% de su producción a los países escandinavos para la fabricación de ferro-silicio y silicio metal, y Aislamic Silicatos Ibéricos, S.A. que produce cuarzo en Fuentenebro (Burgos).

Los depósitos españoles de diatomita actualmente en explotación se encuentran en las provincias de Jaén, Albacete, Alicante, Almería, Cádiz y Sevilla.

Los yacimientos no son de alta calidad pero sí extensos, siendo su principal inconveniente el alto contenido en carbonatos.

Como se sabe la diatomita es una roca sedimentaria, compuesta por esqueletos silíceos de plantas microscópicas acuáticas llamadas diatomeas. El nombre de Kieselgur, bastante utilizado en España, es sinónimo de diatomita y sílice de diatomeas.

Los principales yacimientos de diatomita se formaron, durante el Terciario, cuando la actividad volcánica, que dio origen a aguas ricas en

**Cuadro 2.54**  
**PRINCIPALES EXPLOTACIONES DE CUARZO**

Mina	Empresa	Localidad	Producción		Procedencia
			1980	1981	
Amistad	S. Celemín	Boñar (León)	83.000 t	86.500 t	Cuarcitas
Blanquita	M. de la Barquina	S. Compostela	24.900 t	33.157 t	Filón
S. Antonio	Exp. S. Antonio	S. Felices (Cantabria)	146.676 t	143.542 t	
Carrascal	Ind. del Cuarzo	Carrascal (Segovia)	86.401 t	66.983 t	Arena lavada
Carrascal	Ind. del Cuarzo	Carrascal (Segovia)		92.717 t	Arena flotada

FUENTE: Dirección General de Minas.

sílice, y las condiciones ambientales adecuadas (luz solar y abundante vegetación) propiciaron la proliferación de las diatomeas, habiéndose depositado en ambientes claramente marinos (yacimientos de Jaén, Sevilla, Almería, Cádiz y Murcia) o en medios continentales salobres (Albacete y, en parte, Murcia).<sup>52</sup>

Las diatomitas se encuentran en margas y calizas, marinas o continentales, según las zonas, del Mioceno medio y superior, y en algunos casos del Plioceno.

La mayor parte de los yacimientos, cuyas reservas son actualmente poco conocidas, se explotan a cielo abierto, si bien algunos de Andújar (Jaén) y Hellín (Albacete) se han beneficiado mediante el sistema de cámaras y pilares.

Las diatomitas se utilizan principalmente en la industria de fertilizantes, pinturas, aislantes y elementos filtrantes. En el último caso es preciso someter el producto bruto a un proceso de molienda, calcinado e incluso sinterizado, con el fin de mejorar la velocidad de filtración. Tal proceso de molienda no debe destruir la estructura de los caparazones de las diatomeas.

Las explotaciones de diatomitas más importantes se encuentran al Sur de la provincia de Albacete, en las proximidades de Elche de la Sierra.

En la denominada cantera Portela, a unos 6 km de la citada localidad, los niveles diatomíticos se intercalan entre calizas, calizas margosas silicificadas y niveles de sílex, que buzan unos 20° NO; el techo del yacimiento lo constituyen niveles progresivamente más calcáreos y materiales detríticos propios de abanicos aluviales. La diatomita extraída, por John Mansville Española, es de alta calidad y transportada a Alicante para su tratamiento y posterior comercialización.<sup>52</sup>

En la cantera explotada por la Compañía Española de Kieselgur, S.A., C.E.K.E.S.A., situada en las proximidades del Embalse del Cenajo, las diatomitas se concentran en varios niveles de muy diferente calidad, intercalados entre margas calcáreas que presentan formas “convolucionadas” y “slumpings”. El material extraído se suele secar de forma natural extendiéndolo sobre el suelo en las épocas de estiaje, aunque la mina cuenta con un horno de secado.<sup>52</sup>

Mediante mezclas se obtiene un producto comercial, con el 65% SiO<sub>2</sub>, con destino a la producción de fertilizantes.

En las proximidades del embalse de Camarillas, se extraen diatomitas con el 35-40% SiO<sub>2</sub> con destino a la fabricación de cementos.

La empresa Alarcón Palacios, S.A. produce, en su fábrica de Hellín, calidades para cargas y aislantes (tamaño de 44 micras) y gránulos de 1 a 7 mm destinados a absorbentes domésticos y filtros para cigarrillos y para la industria del petróleo.

Calidades destinadas a cargas en cauchos, pinturas y aislantes se obtienen, mediante molienda y clasificación, por Minera Safsa.

Según datos de la Estadística Minera, la producción de los yacimientos de Albacete, en 1981, fue de 24.111 t, con un contenido en sílice de 17.361 t.

En relación con los yacimientos de diatomita de la provincia de Jaén, si bien existen diversas áreas con yacimientos de distinta calidad (Mengíbar, Martos, Andújar, Porcuna, Santiago de Calatrava), son los situados en las proximidades de Martos y Porcuna los más importantes.

En Martos, las diatomitas se encuentran entre margas arcillosas, no siendo de muy buena calidad por su contenido en carbonatos. La empresa explotadora, Diatomeas, S.A., destina el

producto obtenido a la fabricación de ladrillos aislantes.<sup>52</sup>

Las diatomitas del yacimiento de Porcuna, a unos 2 km al Sur de dicha localidad, se encuentran situadas por debajo de una formación de areniscas y margas, que pasan a areniscas calcáreas a su techo, de unos 40 m de espesor, del Mioceno superior (Andaluciense).<sup>52</sup>

Los niveles de diatomeas y de margas ricas en diatomeas son frecuentes en el Terciario superior de las provincias de Almería y Murcia, situándose estratigráficamente por debajo del nivel evaporítico messiniense. El escaso espesor de los niveles, unido a la existencia de carbonatos, los hace por lo general inexplotables, aunque algunos, como el de Columbares, lo hayan sido en algún momento. También Cementos Alba, S.A. explota, de forma intermitente, un yacimiento de arcillas, tipo atapulgita, con un cierto contenido de diatomeas, situado en la localidad de Benahadux (Almería), con destino a la fabricación de cementos.<sup>52</sup>

Finalmente, los yacimientos de la provincia

de Sevilla se encuentran exclusivamente en la zona de Lebrija. Las diatomitas se intercalan entre los niveles margo-arcillosos de una formación marina, pudiendo alcanzar contenidos del 86%  $\text{SiO}_2$ . El producto extraído se ha destinado a cargas en la fabricación de piensos compuestos, insecticidas, pintura y clarificación de vinos.<sup>52</sup>

### OLIVINO (Dunita)

España cuenta con un gran potencial de dunitas en los macizos ultrabásicos de la Serranía de Ronda (Málaga) y de Cabo Ortegal (La Coruña), para su explotación a cielo abierto (fig. 2.17).

La explotación de dunitas se realiza exclusivamente en la Sierra de la Capeleda (La Coruña), con vistas a su utilización en siderurgia y en firmes para carreteras. La dunita para siderurgia, de la que el 70% de su producción se destina a la exportación, procede de Minas de Moeche, Da-



Fig. 2.17.— Situación de las áreas con dunitas. Según IGME<sup>49</sup>.

vid y Herbeira, mientras que la destinada a firmes de carretera procede del Grupo Minero La Unión. Las producciones en los últimos años figuran en el Cuadro 2.55.

Siendo su composición media: Moeche: 38,69% SiO<sub>2</sub>; 9,14% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO; 1,2% CaO; 2,034% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 36,66% MgO; 11,68% p.p.c. David: 39,—% SiO<sub>2</sub>; 8,—% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO; 1,—% CaO; 1,5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 37,—% MgO; 13,5% p.p.c.; Herbeira: 39,24% SiO<sub>2</sub>; 6,36% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO;

indicios CaO; 2,94% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 33,82% MgO; 10,6% p.p.c. (pérdida por calcinación).

La composición media de las dunitas de la Serranía de Ronda, donde no existe explotación alguna, puede ser expresada por el análisis medio de muestras recogidas por el autor en el Puerto de las Golondrinas (Tolox, Málaga): 40,05% SiO<sub>2</sub>; 41,87% MgO; 2,70% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 6,68% FeO; 8,10 p.p.c. (pérdida por calcinación).

**Cuadro 2.55**

**PRODUCCIONES DE DUNITA. AÑOS 1977-1981**

	1977	1978	1979	1980	1981
Siderurgia ... ..	487.780,5 t	431.473 t	543.960 t	494.192 t	521.400
Firmes para carreteras	32.000 t	32.800 t	32.000 (estimado)	120.000 t	120.000

**Calizas, dolomías y cretas**

España es un país con gran abundancia en este tipo de rocas carbonatadas, que se encuentran en todos los niveles estratigráficos y, por lo general, asociadas.

De una manera general puede decirse que, en rocas antiguas, las dolomías se encuentran en una mayor proporción que las calizas, invirtiéndose esta proporción en las rocas modernas.

La región catalana es la de mayor producción de caliza, seguida de la región Norte. La cantera más importantes se encuentra en Asturias, propiedad de la Empresa Nacional de Siderúrgica, S.A. (ENSIDESA), y alcanza una producción superior a los 2 x 10<sup>6</sup> t/año.

Casi la mitad de la producción de caliza se utiliza en la industria de la construcción, bien como árido para hormigón, bien para la fabricación de cemento, y una tercera parte se emplea como firme de carretera y balasto para ferrocarril; el resto de la producción encuentra aplicación en las industrias siderometalúrgicas, química, de vidrio, de los abonos, etc.

La principal productora de dolomía es la región Sur, (Málaga y Granada) aunque las explotaciones más importantes se encuentran en la región cántabro-astúrica. Estas regiones proporcionan el 88,5% de la producción y el 93,6% del valor de la misma.

Sus principales aplicaciones son como fun-

dente, para parcheo de hornos y para la fabricación de productos refractarios. Cantabria suministra la calidad requerida por la siderurgia y Andalucía la de la industria del vidrio.

Los principales productores son Productos Dolomíticos, S.A., Dolomitas del Norte, S.A. y Steetley Española, S.A., en la región Norte, y Roca Dolomítica, S.E. e Iberdol, S.A., en la zona Sur.

Una amplia gama de productos para usos industriales es producida a partir de diversos tipos o calidades de creta. La principal empresa en este campo es Reverté-Productos Minerales, que explota una creta blanca, en Bellvey (Tarragona), la cual es tratada en una moderna planta donde es molida en seco y clasificada en diferentes tipos de carbonato de calcio blanco y es obtenida la denominada "Cal blanca española" (Spanish White Lime), un producto calcinado de alta calidad para la construcción. Este último producto es ampliamente conocido tanto en España como en otros países meridionales donde se utiliza mezclado con cemento y arena, y frecuentemente aplicado a los exteriores de los edificios. Presenta, entre otras ventajas, la particularidad de hacer al cemento fácil de trabajar y el que pueda ser usado con cemento gris conservando un buen índice de blancura.

Algunos productos son micronizados, teniendo un índice de blancura comprendido entre el 90 y 94, y una excepcional pureza: 99,75%

$\text{CaCO}_3$ ; 0,09%  $\text{SiO}_2$ ; 0,0019%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 0,02%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .<sup>53</sup>

Los productos obtenidos a partir del tratamiento de la creta tienen su principal aplicación en pinturas, barnices, lacas, alimentación animal, industria química, etc.

## FELDESPATOS

Bajo el nombre genérico de feldespatos se engloban los silicatos potásicos (ortosa), sódico (albita) y cálcico (anortita), siendo los primeros los que tienen interés minero. Los principales parámetros que definen su calidad son los contenidos en  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , la relación  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ , y la granulometría.

Las aplicaciones generales más importantes tienen lugar en las industrias cerámicas y del vidrio, 52,7% y 37,5% de la producción nacional en 1980, respectivamente, de refractarios, pinturas, plásticos y caucho.

El 36% del feldespato producido en España procede de la flotación de arenas feldespáticas, el resto resulta de la explotación de diques pegmatíticos, asociados a masas graníticas, de los que se obtienen, en líneas generales, dos tipos de productos: pegmatitas (40%) y feldespato estriado a mano (24%).<sup>54</sup>

La producción nacional es superior a las 100.000 t/año, 129.593 t en 1981, concentrándose el 90% en cuatro provincias: Gerona (33%), Segovia (35%), Lugo (16%) y Madrid (5%). (Cuadro 2.56).

En Gerona se explotan filones-capas de pegmatita con potencias de 2 a 10 m encajados en pizarras paleozoicas. La principal empresa explotadora es Minas de Llansá, S.A., en Llansá, que produce unas 3.300-3.500 t/mes de pegmatita molida que contiene un 75%  $\text{SiO}_2$ ; 14%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0,6%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 4%  $\text{K}_2\text{O}$  y 4%  $\text{Na}_2\text{O}$ . La totalidad de su producción se destina a la fabricación de pastas y esmaltes cerámicos.

En la zona central de España se explotan numerosos diques pegmatíticos ligados a las formaciones plutónicas ácidas hercínicas. Sin embargo, la explotación más importante situada en Carrascal del Río (Segovia), beneficia por flotación arenas feldespáticas. El yacimiento es explotado por Industrias del Cuarzo, S.A. (INCUSA), produciendo unas arenas de cuarzo de alta calidad y unas 40-45.000 t anuales de feldespato con 64,41%  $\text{SiO}_2$ ; 17,15%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0,13%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 2,90%  $\text{NaO}$  y 11,13%  $\text{K}_2\text{O}$ .

En Córdoba existen numerosos diques de pegmatita y aplita atravesando los materiales metamórficos que rodean a las intrusiones graníticas. Aislamic, S.A. explota, a cielo abierto, varios diques lenticulares de pegmatita en la Sierra Albarrana, que tienen una potencia máxima de 60 m y una longitud superior a los 200 m. Se obtienen dos calidades: el rosa, feldespato potásico, con el 64-66%  $\text{SiO}_2$ ; 18-20%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0,15-0,25%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 10-12%  $\text{K}_2\text{O}$ ; 1-2%  $\text{Na}_2\text{O}$ ; y el blanco, silicato sódico, con el 67-69%  $\text{SiO}_2$ ; 17-18%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0,10-0,15%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 9-10%  $\text{Na}_2\text{O}$  y 2-3%  $\text{K}_2\text{O}$ .

En Lugo son muy frecuentes los filones pegmatíticos aunque alcanzan pequeño desarrollo y potencias máximas de 15 m. El principal explotador de esta provincia es Sulurak, S.A., que beneficia pegmatita y feldespatos sódico y potásico en cuatro explotaciones del área de Vivero-Foz-Lugo. Su producción, en 1981, fue de 21.000 t de feldespato molido con una composición que varía entre 68-74%  $\text{SiO}_2$ ; 14-19%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0,1-0,3%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 1-13%  $\text{K}_2\text{O}$  y 1-9%  $\text{Na}_2\text{O}$  dependiendo del yacimiento.

Existen otras explotaciones de menor importancia en Fuentenebro (Burgos) de Aislamic, S.A., en Colmenar Viejo (Madrid) de Diprife, S.L., en Pereña (Salamanca) de Moltumi, S.A., en Muras (Lugo) de J. Pernas Cerderías, etc.

La estructura productiva del feldespato en España se completa con algunas empresas que se dedican a la molienda del feldespato y preparación de pastas cerámicas.

Ultimamente se ha investigado, por empresas del sector, los yacimientos de arenas feldespáticas de las provincias de Salamanca y Segovia.

Se estima que en los términos de Cuéllar, Navas y Coca, de la provincia de Segovia, existen unas reservas de  $500 \times 10^6$  t de arenas feldespáticas con cuarzo, con posibilidades de beneficiar  $145 \times 10^6$  de feldespato y  $215 \times 10^6$  t de cuarzo, su puesta en explotación podría suponer 120.000 t/año de feldespatos, amén de 260.000 t de cuarzo y gravas.

Las reservas estimadas para los yacimientos de este tipo, en la provincia de Salamanca, son de  $30 \times 10^6$  t, con posibilidad de recuperar un 13% de feldespato.

De acuerdo con el Inventario Nacional de Recursos de Feldespatos, los recursos económicos se estiman en 32.546.000 t, de los que 2.092.000 t corresponden a feldespato tipo sódico y el resto a tipo potásico. (Cuadro 2.57).

**Cuadro 2.56**  
**PRINCIPALES EXPLOTACIONES DE FELDESPATOS**

Mina	Empresa	Localidad	Producción	
			1980	1981
Carmina	Llansá, S.A.	Llansá (Gerona)	37.669 t	42.551 t
Carrascal	INCUSA	Carrascal (Segovia)	43.896 t	41.338 t
S. Fernando y S. José	AI SLAMIC	Pradales (Segovia)	1.422 t	4.170 t
Pozomoure	Basazuri, S.L.	Barreiros (Lugo)	9.966 t	21.264 t
Caobar I y II	CAOBAR	El Vellón (Madrid)	718 t	890 t
Mª del Mar	DIPRIFE	Colmenar (Madrid)	3.360 t	4.200 t
Pepe y Mª Nieves	J. Sanchís	El Molar (Madrid)	1.524 t	1.842 t
Sª Albarrana	AI SLAMIC	Hornachuelos (Córdoba)	1.538 t	3.010 t
Agricaray	AI SLAMIC	Fuentenebro (Burgos)	850 t	3.920 t
Julita	S. Izquierdo	Garcirrey (Salamanca)	1.656 t	1.008 t

FUENTE: Dirección General de Minas.

**Cuadro 2.57**  
**RECURSOS NACIONALES DE FELDESPATO**

	Recursos Identificados		Recursos no Descubiertos	
	Demostrados		Grado de Probabilidad	
	Medidos	Indicados	Hipotéticos	Especulativos
Económicos ... ..	32.546.000	129.417.000	224.904.000	
Económicos marginales ... ..	14.754.000	80.095.000		
Subeconómicos ... ..	44.104.000	234.902.000		

Unidad: t. de feldespato todo tipo.

FUENTE: Inventario Nacional de Recursos de Feldespatos, IGME 1983.

## Talco

Las concentraciones de talco aparecen asociadas a rocas ultrabásicas metamorizadas o a calizas dolomíticas metasomatizadas; las relacionadas con estas últimas son las de mejor calidad, si bien las de mayores reservas son las asociadas al primer grupo de rocas. Tremolita y actinolita se encuentran frecuentemente asociadas al talco.

Son frecuentes los pequeños filones asocia-

dos a fracturas dentro de rocas ultrabásicas, aunque carecen de interés económico en España.

Las principales áreas de explotación de talco se encuentran en Puebla de Lillo (León), Figueras (Gerona) y Fuengirola (Málaga) (Cuadro 2.58).

En los yacimientos de Puebla de Lillo (León), los de mayor interés actual, el mineral se localiza en calizas dolomitizadas del Carbonífero inferior, y en las proximidades de cuarcitas y

Cuadro 2.58

## PRINCIPALES EXPLOTACIONES DE TALCO

Mina	Empresa	Localidad	Producción	
			1980	1981
Respina y otros	S.E. Talcos, S.A.	P. Lillo (León)	35.336 t	18.330 t
Respina	IBETASA	P. Lillo (León)	16.756 t	12.605 t
Ginebra y Sta. María	Talcos Pirenaicos, S.A.	Darnius Massanet (Gerona)	12.321 t	16.353 t
Canta	Cementos y Talcos Cusi	La Bajol (Gerona)	1.350 t	1.740 t
Inesperada	J.G. Carrasco	Mijas (Málaga)	22.358 t	12.748 t
S. Sebastián	Ayto. Somontín	Somontín (Almería)	191 t	370 t

zonas de fractura. Su origen es claramente metasomático.<sup>55</sup>

Existen diversas clases de talco con coloraciones y texturas distintas, función de los minerales que le acompañan y de aquellos materiales que han sido metasomatizados, con las siguientes composiciones tipo:

Cuadro 2.59

	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%FeO	P.F.
Talco negro	61,24	3,47	0,22	5,06
Talco blanco	62,12	0,15	0,22	5,01
Talco rosa	61,88	0,46	0,22	4,95
Talco verde	60,50	0,87	0,43	4,50
Talco gris	61,86	0,20	0,18	4,99

Tres son las explotaciones existentes en este área: la mina del Puente, la mina de Cabano, actualmente parada, y las canteras de La Respina. Las dos primeras explotadas, por minería de interior, por la Sociedad Española de Talcos (SETAL), y la última constituida por tres grupos de labores a cielo abierto; la cantera Sur es explotada por SETAL, y las canteras Norte y Oeste por Ibérica de Talcos, S.A. (IBETASA).

De las canteras de La Respina procede la mayor parte de las 60.000 t de talcos que se producen en esta zona.

Estas explotaciones se encuentran en una cubeta sinclinal en cuyo núcleo aflora la caliza de Montaña, replegada, fracturada y afectada por cabalgamientos. La mineralización forma masas filonianas subverticales, orientadas según la dirección de la fracturación principal NNO-SEE, de las que SETAL extrae talco verdo-so, blanco y negro.

Las labores mineras, sobre potencias de 10 a 50 metros, se realiza por bancos de 5 m de

altura, 6 m de anchura y taludes de 30%, en un frente de más de 200 m. Debido a la morfología irregular del talco de relación mineral/estéril es del orden de 1/14.

La explotación en la zona de IBETASA se realiza mediante bancos de más de 100 m de longitud, unos 5 m de altura y 6 m de ancho, siendo la relación mineral/estéril del orden de 1/10.

En la mina del Puente, la mineralización se concentra en filones subverticales de dirección N80-90° O y en bolsadas, lentejones y niveles concordantes, ligado a las dolomías y a la cuarcita cabalgante sobre ellas, encontrándose las bonanzas al Sur del cabalgamiento, en las cuarcitas.

La explotación se realiza por niveles ascendentes, con un macizo de protección de 1 m entre cada nivel. Desde una galería trazada en las cuarcitas, paralela al filón, se hacen recortes de 2,5 m de la misma explotación, una vez extraído el talco.

Los recursos totales de la zona se estiman en medio millón de toneladas de difícil investigación.

Los minerales de una y otra empresa son tratados en las plantas respectivas que ambas tienen en la localidad de Boñar, cercana a Puebla de Lillo.

En el Norte de la provincia de Gerona las mineralizaciones de talco se encuentran en los contactos mecánicos de mármoles y micaesquistos, con potencias muy variables que pueden alcanzar los 40 m, y buzamientos subverticales.

Las empresas explotadoras de la zona son: Talcos Pirenaicos, S.A. filial de Talcos de Luzenac, D<sup>a</sup> Engracia Capalleras, y Talcos Cusi. Las dos primeras tienen sus minas sobre un mismo filón entre Darnius y Massanet de Cabrenys, y la última al Oeste de La Bajol.

La producción anual es de unas 20.000 t, extraídas en su mayor parte por minería subterránea.

Los recursos de la zona ascienden al millón de toneladas pero con calidades muy variables, algunas de las cuales sólo pueden ser utilizadas en aplicaciones que no requieran especificaciones muy estrictas.

Otra zona productora de talco, con unas 15.000 t/año, es la del complejo ultrabásico de Ronda (Málaga) en donde las mineralizaciones se asocian a peridotitas serpentinizadas y tectonizadas.

Aunque han sido numerosas las pequeñas explotaciones de talco, sólo tiene importancia la mina Por Fin, propiedad de Distribuidora Malagueña de Talcos, S.A., situada al Norte de Fuenigrola donde se encuentra la planta de tratamiento.

Por último, en la Sierra de las Estancias (Almería), el talco se encuentra en fracturas de mármoles o en los contactos de éstos con micaesquistos.

La producción es muy escasa, limitándose a pequeñas extracciones esporádicas realizadas con métodos artesanales, alcanzando apenas el centenar de toneladas.

Existen dos plantas de molienda, pertenecientes a Blamisur, S.A., y a Echevarría y Acosta, que tratan el mineral arrancado por los vecinos del pueblo de Somontín.

El inventario de los recursos nacionales de talco, realizado en 1983 por el Instituto Geológico y Minero de España, pone de manifiesto que del total de casi 12 millones de toneladas sólo el 9% corresponden a recursos demostrados y económicos (Cuadro 2.60).

**Cuadro 2.60**  
**RECURSOS NACIONALES DE TALCO**

	Recursos Identificados			Recursos no Descubiertos	
	Demostrados		Inferidos	Grado de Probabilidad	
	Medidos	Indicados		Hipotéticos	Especulativos
Económicos   ... ..	1.051.000		1.404.000	2.700.000	2.500.000
Económicos marginales ... ..	360.000		1.070.000		
Subeconómicos   ... ..	1.080.000		1.660.000		

Unidad: Toneladas de material útil.

FUENTE: Inventario Nacional de Recursos de Talco. IGME, 1983

## Baritas

Los depósitos de barita se ubican en terrenos del Paleozoico y Secundario. Los que tienen un mínimo potencial minero para ser considerados rentables se circunscriben a las siguientes áreas, ordenadas por orden de mayor a menor importancia: Córdoba-Badajoz-Sevilla; Zaragoza-Guadalajara-Teruel; Oviedo-Santander-Vascongadas; Madrid; Granada-Málaga-Almería; Zamora; Cataluña.

La génesis de la mayoría de los depósitos de barita existentes en España se considera como hidrotermal, y muy raramente como de reemplazamiento.

La paragénesis más común es de barita con cuarzo, óxidos de hierro, siderita y minerales de cobre y plomo; también suele existir fluorita y minerales de manganeso.

La morfología es de filones subverticales, arrosariados y muy irregulares, con potencias medias explotables de 0,50 cm a 2 m.

En realidad no existen grandes yacimientos de barita, y las compañías mineras lo que hacen es situar los lavaderos o plantas de beneficio en zonas centrales para beneficiar mineral de distintas minas.

La producción se ha mantenido prácticamente estable en los últimos años, alrededor de



las 100.000 t con un contenido del 94-96% de BaSO<sub>4</sub>

El principal productor es Minas de Baritina, S.A. con unas 40.000 t/año de alta calidad para su utilización en lodos de sondeos, que opera en la zona de Córdoba. Dentro de la misma zona y entre otros mineros, destaca Antonio Muñoz Vargas con una producción de 10.000 t/año también de alta calidad.

En la provincia de Badajoz, existen pequeñas explotaciones en los términos de Jerez de los Caballeros y Llerena, que utilizan un lavadero común instalado en la última localidad, con una producción global aproximada de 20.000 t, en 1981.

En la provincia de Zaragoza se encuentran la Mina Alfonso y Coto Elsa, que han mantenido una producción de 5.000 t durante los tres últimos años.

En Cantabria está la Mina Nieves, con una producción de 2.500 t/año.

En la provincia de Sevilla, las minas de Cerro del Hierro y Montecristo producen pequeñas cantidades de barita de muy buena calidad.

Tarragona produce 1.500-2.000 t/año en el Grupo Porvenir, término de Vilanova.

En el área de La Carolina (Jaén), la empresa UNIBARIO ha puesto en marcha, en 1982, una explotación, con su correspondiente lavadero, con una capacidad de producción de 30.000

t/año. Se prevé la recuperación de la galena que acompaña a la barita.

La mineralización se encuentra ligada a un horizonte dolomítico del Trías inferior de 4 m de potencia, con una ley media del 18%; el muro de la misma está constituido por conglomerados y el techo por arcillas de poca potencia. Su origen parece ser sedimentario.

La explotación se realiza a cielo abierto, enviándose el mineral a una planta de tratamiento con una capacidad de 50 t/h donde se obtienen concentrados del 91% SO<sub>4</sub>Ba, una densidad de 4,2 y 0-5 mm de granulometría. En este lavadero se trata también la barita procedente de una mina de UNIBARIO, en Madridejos (Toledo), y la de la mina Investigación Crucero Norte núm. 1, de D. Blas García, en el paraje Cerro Borrás.

Finalmente, a principios de 1982, ha comenzado a funcionar una planta de tratamiento en Arteal (Almería), con el objeto de recuperar la barita de antiguas escombreras y rechazos de lavaderos. Actualmente produce 10.000-15.000 t/año, con futura ampliación a 18.000 t/año.<sup>56</sup>

El inventario de los recursos nacionales de barita, realizado por el Instituto Geológico y Minero de España, estima una cifra del orden de los 11 millones de toneladas, de los que la mayoría serían subeconómicos (Cuadro 2.61).

Cuadro 2.61

RECURSOS NACIONALES DE BARITA

	Recursos Identificados			Recursos no Descubiertos	
	Demostrados		Inferidos	Grado de Probabilidad	
	Medidos	Indicados		Hipotéticos	Especulativos
Económicos ... ..	853.000		982.000	3.685.000	4.105.000
Económicos marginales ... ..	121.000		413.000		
Subeconómicos ... ..	352.000		422.000		

Unidad toneladas de SO<sub>4</sub>Ba.

FUENTE: Inventario Nacional de Recursos de Barita, IGME, 1982.

## Flúor

La importancia económica del espato flúor es relativamente reciente en España, que es uno

de los mayores productores de fluorita de Europa, con unas 250.000 toneladas anuales del tipo ácido (contenido mínimo del 97% CaF<sub>2</sub>) y otras 50.000-250.000 toneladas anuales del tipo meta-

lúrgico (contenido mínimo del 70%  $\text{CaF}_2$ ). La casi totalidad de la producción del tipo metalúrgico se utiliza en la industria nacional del acero, mientras que la del tipo ácido es exportada en un 60%.

Desde 1945 hasta nuestros días, España ha producido unos  $6 \times 10^6$  de concentrados de fluorita, situándose como séptimo productor mundial, por delante de importantes productores de la C.E.E., tales como Italia y Francia.

El total de recursos nacionales identificados de fluorita asciende a 11.780.407 t de los que 4.794.272 t se consideran como económicos, de acuerdo con el Inventario Nacional de Recursos de Fluorita, realizado por el Instituto Geológico y Minero de España, en 1982. (Cuadro 2.62).

En la actualidad, la crisis siderúrgica general en Europa junto con la incertidumbre acerca del posible efecto nocivo del fluorocarbono, utilizado en los aerosoles, sobre el ozono atmosférico y el posible desarrollo de un nuevo proceso para la obtención de aluminio metal, en el que no se utiliza fluorita, han originado una caída de la

demanda de flúor en sus principales utilizaciones. Esta demanda es previsible que, en los próximos años, no sólo no aumente sino que se reduzca, en tanto que la capacidad productiva tenderá a crecer, como ha sido el caso de Sudáfrica que produjo 210.000 t de fluorita, en 1972, y 510.000 t, en 1980.

En los países de la OCDE, el consumo de CFC (cloruro fluoruro-carbono) ha pasado de 770.400 t, en 1974, a aproximadamente 550.000 t, en 1979. También en España que, en 1982, se utilizaban 35 kg de fluorita por tonelada de aluminio primario, pasó esta utilización a 17 kg, en 1981.<sup>57</sup>

En consecuencia, el futuro de esta minería se presenta incierto, salvo explotaciones de características singulares.

Los depósitos españoles pueden clasificarse en dos grandes grupos, según aparezcan relacionados con manifestaciones plutónicas o sin relación aparente con éstas, encajando en horizontes sedimentarios.<sup>58</sup>

Cuadro 2.62

RECURSOS NACIONALES DE FLUORITA

	Recursos Identificados			Recursos no Descubiertos	
	Demostrados		Inferidos	Grado de Probabilidad	
	Medidos	Indicados		Hipotéticos	Especulativos
Económicos ... ..	4.794.272	1.934.885	2.393.950	3.302.700	4.916.070
Económicos marginales ... ..	1.109.440		594.960		
Subeconómicos ... ..	545.750		407.150		

Unidad: toneladas 100%  $\text{F}_2\text{Ca}$

Total recursos identificados: 11.780.407 Tm.

Total recursos no descubiertos: 8.218.770 Tm.

Los relacionados con manifestaciones plutónicas pueden dividirse en:

1) *Depósitos peribatolíticos, armando en los terrenos de cobertera sedimentaria*

Son predominantemente filonianos, aunque pueden encontrarse en bolsadas y lentejones. Las rocas encajantes son casi siempre pizarras, de edad paleozoica, que suelen presentar una gran dislocación tectónica. A este tipo de depósitos pertenecen los de Oyarzun (Guipúzcoa), Ezcua-

rra-Leiza-Goizueta (Navarra) y Sallent de Gállego (Huesca).

Los depósitos de Oyarzun arman en pizarras negras arcillosas, de edad paleozoica, que reposan por falla sobre el granito de Peñas de Aya. Existe una clara zonación respecto al granito, situándose la paragénesis fluorita-blenda-galeña en las zonas externas y en la parte alta de los filones, que en profundidad pasan a cuarzo-siderita.<sup>59</sup>

El de mayor importancia es el grupo de mi-

nas Arditurri, explotada desde 1918, por la Real Compañía Asturiana de Minas, para plomo y cinc, y desde 1957 para espato-flúor además.

Existen nueve filones principales, de ellos tres de siderita y el resto de cuarzo-siderita, y algo de blenda en las proximidades del granito, que pasan a fluorita-blenda-galena en las partes altas, próximas a las superficies.

La explotación se realiza fundamentalmente por el método de cámaras y pilares con galerías de arrastre, en general, sobre filón. Las mineralizaciones más superficiales se explotan a cielo abierto.

El mineral es tratado en una planta de preconcentración y lavadero, con una capacidad de 300-350 t/día, con un rendimiento del 85%.

Las producciones de concentrados, con leyes medias superiores al 97% de espato flúor, fueron las siguientes en los últimos años:<sup>77</sup> 1977, 7.132 t; 1978, 6.673 t; 1979, 6.282 t; 1980, 6.606 t; 1981, 5.585 t; siendo en su mayor parte de calidad ácida.

Las explotaciones de Navarra están paradas, desde 1975. Inicialmente fueron explotaciones de plomo y/o plomo-cinc, a los que se unió la fluorita a partir de 1963. Se trataba de mineralizaciones filonianas de baja temperatura, encajadas en pizarras carboníferas, con leyes del 18-20%  $F_2Ca$ .

Los de Sallent de Gállego (Huesca) encajan en calizas devónicas, que se explotan a cielo abierto desde 1977, formando pequeñas bolsas de hasta 5 m de potencia máxima y filones de dirección Este-Oeste. El mineral contiene abundante sílice y su ley varía entre el 20 y el 60%  $F_2Ca$ .

Las principales explotaciones son la Mina Rosario y la Mina Elisita; esta última sobre un filón de 80 m de desarrollo, explotado hasta la superficie.

## 2) Depósitos intrabatolíticos, ligados esencialmente a manifestaciones graníticas, o muy próximos a ellas

Adoptan casi siempre morfología filoniana, siendo las especies minerales más frecuentes: fluorita, calcita, barita, galena, blenda, pirita y calcopirita.

Las mineralizaciones más importantes se encuentran en la Cordillera Costero-Catalana (Osor, Rubí y Viladrau) y en Sierra Morena (Córdoba).

En la primera región y en el término de Rubí (Barcelona), se encuentra la mina Berta,

con filones de potencia entre 0,6 y 0,35 m y algunas bolsadas, encajada en una zona de granitos monzoníticos y milonitas.

Las explotaciones estuvieron centradas en el denominado Filón Principal, con potencias de hasta 1,2 m y corrida de 200-300 m. La mineralización, con el 27-57%  $F_2Ca$ , 1,2-3,6% Zn, 1,3% Pb, y algo de cobre y plata, fue reconocida hasta 200 m de profundidad, en que las labores fueron interrumpidas por problemas técnicos.

En Osor (Gerona), se explotaba subterráneamente por Minerales y Productos Derivados, S.A. (MINERSA) otra mineralización filoniana (dos filones con potencias de 1 a 10 m), constituida por galena, blenda, fluorita, con ley del 35-35%  $CaF_2$ .

Si bien los primeros trabajos de explotación se remontan a finales del siglo pasado, es desde 1942 cuando se mantuvo una actividad continua hasta finales de 1979, en que, por agotamiento, MINERSA, empresa explotadora, procedió al cierre de las instalaciones.

De los tres filones explotados, Filón Norte, Filón Sur y Ramal Sur se extrajeron las siguientes toneladas:

Cuadro 2.63

Años	E. ácido	Galena	Blenda
1976	29.448	2.075	3.062
1977	22.581	2.248	3.094
1978	21.354	1.689	5.194
1979	23.479	1.385	2.939
1980	1.963	212	364

En el ámbito de Sierra Morena, los depósitos de fluorita más relevantes se encuentran en Cerro Muriano (Córdoba), Hornachuelos (Córdoba) y Castillo de las Guardas (Sevilla).

En Cerro Muriano, hacia 1970, se descubrieron dos filones (Perseverancia y Chaparral) espacial y genéticamente ligados al granito hercínico de Los Arenales, los cuales fueron puestos en producción, en 1972, por UNISUR, S.A.

El filón Chaparral, con dirección N 50° E, buzamiento 75-80° NO, potencias reducidas de 0,7 m a 4,3 m, y leyes del 60%  $F_2Ca$ , encaja en el granito y presenta una paragénesis muy uniforme de fluorita, cuarzo, chert gris y jaspes marrón. Se ha reconocido en una longitud de 2.000 m, de los que 460 m se explotaron a cielo abierto hasta una profundidad de 15-20 m; actualmente la explotación se hace por reales desde un pozo de 92 m de profundidad. El filón se

esteriliza hacia el Nordeste, al encajarse en esquistos.

El filón Perseverancia, con dirección N 90-125° E y buzamiento de 80° S, tiene una corrida visible superior a 6 km. Durante 2,3 km encaja en el granito, jalonado por un crestón de cuarzo-calcedonia; el resto (hacia el E) encaja en la periferia metamórfica. La mineralización más importante se concentra en la parte de la corrida que encaja en el granito, en la que se han diferenciado dos etapas mineralizadoras: una primera de fluorita y sílice y otra segunda de sílice, fluorita y sulfuros (blenda, galena, arsenopirita, pirita, marcasita, calcopirita, tetraedrita). La mineralización, dentro de la zona de filón, aparece: a) en fracturas de tensión, oblicuas al filón, de 100-600 m de longitud y potencia real de 0,5-3 m; b) en un verdadero "stockwork" de vetillas de 2-10 cm; y c) dispersa en el granito implicado en la zona de fractura (desmuestres en el granito, de hasta 30 m en el sentido de la potencia, dan leyes medias de 15-30% de fluorita). La explotación en esta parte de la corrida se hace por dos cortas (Vera y Vértice) y un socavón. Hacia el E del granito (Sara y Termas) el filón pierde entidad y continuidad.<sup>60</sup>

El filón, con ley media del 15% F<sub>2</sub>Ca y 75-80 % SiO<sub>2</sub>, ha sido explotado entre abril de 1971 y marzo de 1982, encontrándose actualmente parada su explotación.

La planta de medios densos que proporcionaba espato metalúrgico con ley del 65-70%, se complementó, en 1978, con un lavadero de flotación para la obtención de espato ácido.

La producción de UNISUR, S.A., en los últimos cinco años, ha sido la siguiente:<sup>59</sup>

**Cuadro 2.64**

Años	E. metalúrgico	E. ácido
1977	26.529	—
1978	25.677	2.027
1979	16.556	11.071
1980	14.182	34.454
1981	11.476	38.967

FUENTE: Dirección General de Minas.

En cuanto a reservas medidas, se evalúan en 1 x 10<sup>6</sup> t de seguras y 3 x 10<sup>6</sup> t de probables, con el 15% F<sub>2</sub>Ca, en Perserverancia, y unas 190.000 t de seguras, con el 60% F<sub>2</sub>Ca, y 500.000 t, con el 50% F<sub>2</sub>Ca, entre probables y

posibles en Chaparral. En Sara y Termas se estiman unas reservas de 10 x 10<sup>6</sup> t, con ley de 25-30% CaF<sub>2</sub> que, dadas las características del filón en esta parte de su corrida, están sujetas a revisión.

Minas Gloria, situadas en el término de Hornachuelos, de la provincia de Córdoba, son explotadas por MINERSA, que trabaja dos filones, subparalelos, de dirección aproximada N 50° E, y con pendientes de 85° SE el Gloria 1, y 80° SE el Gloria 2.

Ambos encajan, en parte, en el granito de la Cardenchoa con una mineralización de fluorita, barita, calcita, calcopirita, galena y cuarzo. El Gloria 1, con una corrida de 2.400 m y potencia media de 3 m, contiene un 15% F<sub>2</sub>Ca, 20% SiO<sub>2</sub> y 65% CO<sub>3</sub>Ca; el Gloria 2, con una corrida de 1.000 m y potencia media de 1 m, contiene un 20-25% F<sub>2</sub>Ca.

De 1952 a 1960 se obtuvieron, por MINERSA, 50.000 t de espato metalúrgico y quedaron escombreras con 70.000 t de baja ley. Entre 1963 y 1966, con medios densos y flotación, se alcanzó una producción de 41.835 t de espato ácido. De 1970 a 1977 (ambos inclusive) se obtuvieron unas 18.000 t de espato metalúrgico (en 1975, además, 35.573 t de mineral, extraído a cielo abierto, con ley de 32% CaF<sub>2</sub>, fueron tratados en el lavadero de Castillo de las Guardas). El yacimiento continúa en explotación pero a escala reducida, ya que las reservas son escasas, 600.000 t en Gloria y agotadas en el otro filón.

A estos datos deben sumarse 1.032 t de espato metalúrgico extraídas, de noviembre de 1972 a mayo de 1975, de la mina Venus, próxima a Minas Gloria y de características geológicas análogas.

La producción de concentrados, calidad metalúrgica con el 70% F<sub>2</sub>Ca, de los últimos cinco años ha sido la siguiente:<sup>60</sup> 1977, 2.200 t; 1978, 3.355 t; 1979, 4.000 t; 1980, 3.800 t; y 1981, 4.000 t.

El depósito de Mina Los Angeles, en Castillo de las Guardas (Sevilla), se clausuró en 1976. En el período 1966-1976 se obtuvo una producción de 120.000 t de espato ácido, 8.520 t de concentrados de galena y 4.087 t de concentrados de blenda. (Debe tenerse en cuenta que en los últimos años, sobre todo en 1975, se trataron en este lavadero mineral de fluorita procedente de Minas Gloria y sulfuros complejos de otras procedencias).

Las mineralizaciones sin relación aparente

con plutones graníticos, encajando en horizontes sedimentarios, comprenden dos subtipos bien diferenciados por su composición mineralógica, su morfología y su contexto geológico:

a) *Yacimientos en los que el espato flúor aparece con menas beneficiables principalmente de Pb-Zn*

Las mineralizaciones son predominantemente estratiformes, aunque también se encuentran filones. Litológicamente encajan principalmente en rocas carbonatadas del Trías y también en calizas y margas del Cretácico inferior. Es característico de estos yacimientos las grandes dislocaciones que presentan, que se traduce en la existencia de abundantes zonas brechoides. Las especies minerales características son galena, blenda, fluorita, cerusita, smithsonita, cuarzo, barita y calcita.<sup>58</sup>

Los últimos estudios realizados sobre las mineralizaciones de Pb-Zn-F de Almería permiten afirmar el carácter singenético de las mismas, al menos en su generalidad.<sup>61</sup>

Los yacimientos más importantes de este subgrupo se encuentran cerca del litoral mediterráneo de las provincias de Granada (Sierra Lújar) y Almería (Sierra Gádor). Los de Carranza (Vizcaya), en el litoral cantábrico, están prácticamente agotados.

En los yacimientos de Sierra de Gádor el mineral predominante ha sido la galena y dio lugar a numerosos e importantes núcleos de explotación. Las mineralizaciones encajan dentro del paquete carbonatado correspondientes al Trías medio, y, dentro de éste, en niveles determinados. La fluorita se encuentra en episodios dolomíticos de facies bandeada con alternancias de franjas claras y oscuras, localmente denominadas "piedra franciscana", que incluye manifestaciones de plomo en general no muy ricas. Unas veces estas mineralizaciones están constituidas casi exclusivamente por galena, mientras que otras presentan notables enriquecimientos en fluorita.

La actual producción de Sierra de Gádor proviene de las minas de Lupión y Berja, explotadas por MINERSA a cielo abierto y subterráneamente por cámaras y pilares. El todo-uno, con el 20% F<sub>2</sub>Ca y el 1% SPb, es tratado en el lavadero que Minas de Almagrera, S.A., MASA, tiene en las cercanías de Berja. La producción de 1981 fue de 57.000 t de todo-uno.

Desde 1961 a 1980, MASA vino desarro-

llando una intensa actividad minera en sus explotaciones. Para el tratamiento de sus minerales instaló el ya mencionado lavadero, en el que se obtuvieron:<sup>59</sup>

Cuadro 2.65

Años	E. ácido	E. metalúrgico	Plomo
1976	29.585 t	6.222 t	2.000 t
1977	28.226 t	716 t	3.763 t
1978	25.072 t	3.155 t	3.246 t
1979	22.432 t	3.641 t	2.479 t
1980	17.393 t	3.217 t	3.292 t

En la zona occidental de Sierra de Gádor se encuentra el yacimiento de La Tolva, explotado por Minas de Almagrera, S.A., MASA. La mineralización, concordante con la estratificación, buza 40-50° en su parte Oeste y es sensiblemente horizontal en la parte oriental; encaja en dolomías brechoides, donde se dan las variedades "listada" y "brechoide".

Entre 1973 y 1980 se obtuvieron 143.389 t de todo-uno, con el 20,6% F<sub>2</sub>Ca y 0,37% Pb, habiéndose paralizado las labores mineras.

Se estima que restan unas reservas seguras de 26.800 t, con el 51,6% F<sub>2</sub>Ca.

En esta misma zona se encuentra también el yacimiento de la "Hoya de Martos", compuesto por cuatro grupos mineralizados, que encaja en la dolomía llamada "franciscana", con espesor medio de 4 m, dirección N 20°-30° O y buzamiento de 30-40° NE.

En el último período de explotación, 1974-1980, realizado a cielo abierto por Minas de Almagrera, S.A., se extrajeron 117.890 t con el 17,2% F<sub>2</sub>Ca y 0,53% Pb, quedando unas reservas seguras de 180.000 t y 600.000 t de probables con el 15-25% F<sub>2</sub>Ca y un 0,6% Pb.

Otros yacimientos, investigados y cubcados por ENADIMSA, son: Los Vaciaderos, con 549.700 t del 24,5% F<sub>2</sub>Ca; Mina Rica, con 500.000 t del 20-30 F<sub>2</sub>Ca; Loma de Roda, con 25.800 t del 24% F<sub>2</sub>Ca y 2% Pb; Julio Verne, con 23.000 t del 15-25% F<sub>2</sub>Ca.

Perteneciente geológicamente al manto de Lújar es el yacimiento de Benimar, investigado por PROGEMSA, con 132.600 t de reservas seguras, 163.000 t de probables y 214.000 t de posibles, del 30-75% F<sub>2</sub>Ca.

En la zona central de Sierra de Gádor, los yacimientos de mayor interés son los de Minas San Diego y La Parrapa, antiguas explotaciones



para plomo, recientemente investigados por ENADIMSA y MASA.

Las mineralizaciones son estratiformes y encajan en tramos dolomíticos.

Finalmente, en la zona oriental, las áreas del Risco del Pollo y Bandalico de Flores, presentan un cierto interés, ya que tuvieron en el pasado una intensa minería de plomo, con fluorita listada.

En Sierra de Lújar, Granada, la mineralización de plomo (galena, cerusita, anglesita) y fluorita es de tipo estratoide y está asociada a dos importantes horizontes dolomíticos, con una anchura de 3 km y una extensión aproximada de 10 km en dirección NE-SO. Su potencia varía entre 2 y 12 m, con leyes del 1,85% Pb y 34% F<sub>2</sub>Ca.

La actividad minera de esta zona es llevada a cabo, en la actualidad, por la Sociedad Minas de Orgiva, S.A. (MINORSA), constituida por la S.M.M. de Peñarroya-España, S.A. y por Minas de Almagrera, S.A. E, que sigue el método de cámaras y pilares. El mineral es tratado en un lavadero, situado en Orgiva, con capacidad para 400 t/día.

Las producciones en los últimos años fueron las siguientes: <sup>59</sup>

**Cuadro 2.66**

Años	E. metalúrgico	E. ácido	E. subácido
1977	24.700 t	—	—
1978	11.600 t	2.037 t	—
1979	—	8.675 t	2.560 t
1980	—	21.524 t	774 t
1981	—	22.372 t	2.219 t

Las reservas de Sierra de Lújar se estiman en 175.000 t de seguras y 2.100.000 de probables, calculándose que las reservas geológicas pueden alcanzar los 15 x 10<sup>6</sup> t.

*b) Yacimientos cuya mena principal es el espato flúor*

A este tipo pertenecen las mineralizaciones de Asturias, una de las grandes zonas productoras de España, que se sitúa en la base de la cuenca permotriásica asturiana y en clara relación espacial con el relieve carbonífero, ocasionalmente devónico, fosilizado por los materiales detríticos del Permotriás (fig. 2.18).

La fluorita se encuentra en areniscas y conglomerados, depositados sobre un nivel guía

constituido por una brecha originada por la fracturación de rocas postpaleozoicas, y en canales y cavidades cársticas formadas en dicho nivel.<sup>62</sup>

Si bien diversos autores han propugnado un origen singenético o simultáneo con la roca de caja para la mineralización, los últimos estudios sobre inclusiones fluidas, temperaturas de formación, etc., parecen confirmar un origen epigenético.<sup>63</sup>

Las principales empresas productoras de Asturias son Fluoruros, S.A., Minas de Villabona, S.A., y Minerales y Productos Derivados, S.A.

Fluoruros, S.A. tiene sus principales explotaciones en Caravia (minas Aurora-Prado, Obdulia, San Lino, Chu-Valnegro y Eduardo) y en Siero (minas La Collada, Veneros y Audacia) con un concentrador en cada una de dichas zonas, y una planta de obtención de espato ácido y briquetas metalúrgicas en Estación de Pinzales (Gijón).

El yacimiento de Aurora, situado inmediatamente al Norte de la localidad de Caravia, es posiblemente la mineralización de fluorita mejor investigada en Asturias, tanto en profundidad como en corrida. Presenta una morfología de tipo canal, siguiendo una fractura prácticamente vertical de rumbo NO-SE. En su parte inferior, entre 50 y 90 m, es una masa filoniana de fluorita, con 350 m de corrida y potencias de hasta 10 m, que se acuña por completo en profundidad. Hacia la superficie, y sobre todo en las proximidades del recubrimiento permotriásico discordante, la mineralización se ensancha en forma de seta y pasa en dirección NO, a un yacimiento estratiforme.<sup>62</sup>

Este yacimiento es conocido como Filón Foncaravia en la zona en que lo explota la Sociedad Minera Foncaravia.

En esta última zona se encuentra asociado con un pequeño filón, La Poza o M<sup>a</sup> de las Nieves, de dirección N-S y buzamiento 70° E, de gran riqueza pero de escaso recorrido.

El filón Obdulia, con una corrida de 1.000 m y potencia media de 3-4 m, encaja en la caliza de montaña, siendo la mineralización de fluorita y calcita fundamentalmente. Algunas carstificaciones originan el engrosamiento del filón que puede alcanzar potencias de hasta 30 m.<sup>59</sup>

Las explotaciones Chu-Valnegro y Eduardo están en la prolongación Norte del filón Obdulia. El conjunto Valnegro-Eduardo es una mineralización localizada a techo del conglomerado de La Riera, base de la cuenca permotriásica, en

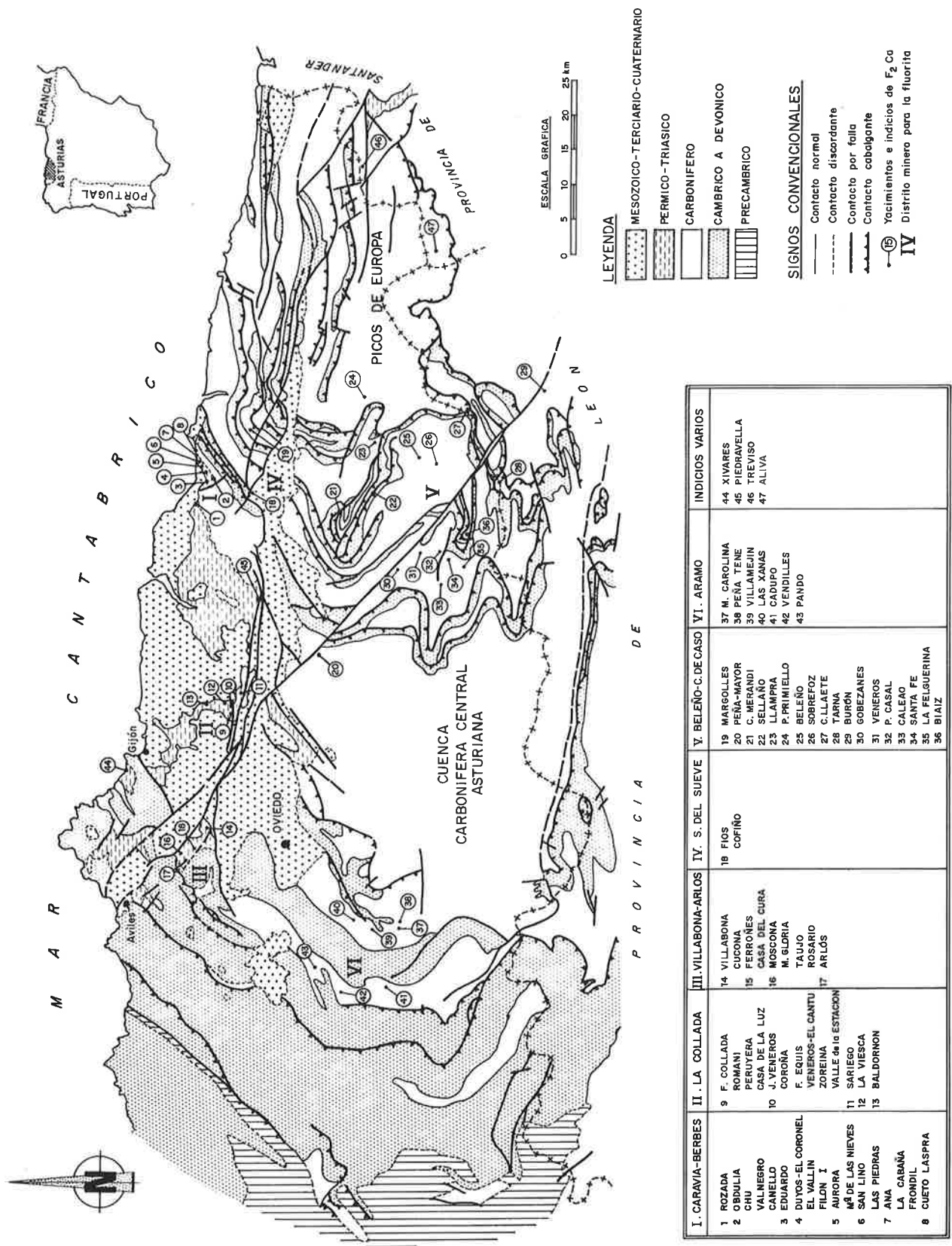


Fig. 2.18. - Plano de situación de yacimientos en la región astur-leonesa. Según IGME.

I. CARAVIA-BERBES	II. LA COLLADA	III. VILLABONA-ARLOS	IV. S. DEL SUEVE	V. BELEÑO-C. DE CASO	VI. ARAMO	INDICIOS VARIOS
1 ROZADA 2 OBDULIA 3 VALNEGRO 4 CANELLO 5 EDUARDO 6 DUÑOS-EL CORONEL 7 EL VALLIN 8 FILON I 9 AURORA 10 Mª DE LAS NIEVES 11 SAN LINO 12 LAS PIEDRAS 13 ANA 14 LA CARAÑA 15 FRONDIL 16 CUETO LASPRA	9 F. COLLADA 10 ROMANI 11 PERUYERA 12 CASA DE LA LUZ 13 J. VENEROS 14 CORONA 15 F. EQUIJ 16 VENEROS-EL CANTU 17 ZOREINA 18 VALLE de la ESTACION 19 SARIEGO 20 SAN LINO 21 BALDORNON	14 VILLABONA 15 CUONA 16 FERROÑA 17 CASA DEL CURA 18 MOSCONA 19 M. GLORIA 20 TALUJO 21 ROSARIO 22 ARLÓS	18 FIOS 19 COFINO	19 MARGOLLES 20 PEÑA-MAYOR 21 C. MERANDI 22 SELLANO 23 LLAMPRA 24 P. PRIMIELLO 25 BELEÑO 26 SOBREFEZ 27 C. LLAETE 28 TARN 29 BURÓN 30 GORZANES 31 VENEROS 32 P. CASAL 33 CALEAO 34 SANTA FE 35 LA FELGUERINA 36 BIAIZ	37 M. CAROLINA 38 PEÑA TENE 39 VILLAMEJIN 40 LAS XANAS 41 CADUPO 42 VENDILLES 43 PANDO	44 XIVARES 45 PIEDRAVELLA 46 TREVISIO 47 ALIVA

una extensión de 1.500 m de largo por 400 m de ancho, potencia media de 2,5 m, y buzamiento de 18-25° N, en dirección E-O.

A 1 km al NE del filón Aurora se encuentra la explotación San Lino. Aquí la brecha basal (conglomerado de La Riera), débilmente mineralizada a techo, va acompañada de unas margas rojas en las que se intercala un nivel de brechas y otro de areniscas, de pocos metros de potencia, ambos mineralizados.

Las capas están falladas en sentido longitudinal al contacto S, con una importante mineralización tipo filón presente incluso en el salto de falla. Una importante carstificación en el entorno de las fallas provoca la movilización de los carbonatos, e incluso de la fluorita.<sup>59</sup>

En la actualidad la explotación se realiza a cielo abierto en todos los grupos y según la evaluación realizada por Fluoruros, S.A. se calculan unas reservas de  $2,8 \times 10^6$  t seguras, con el 22%  $F_2Ca$ ,  $3 \times 10^6$  t probables, con el 20%  $F_2Ca$ , y  $2,8 \times 10^6$  t, con el 18%  $F_2Ca$ .

La producción se concentra en las cortas de Valnegro y San Lino, con bancos de 9,5-10 m de altura y talud de 45°.

La producción de concentrados de espato metalúrgico y cerámico, del 60-95%  $F_2Ca$ , en los últimos cinco años, fue la siguiente:<sup>60</sup> 1977, 46.070 t; 1978, 60.990 t; 1979, parada; 1980, 11.090 t; 1981, 51.780 t.

El mayor yacimiento de la zona de Siero ha sido el de Veneros-Sur, con forma de seta abriéndose hacia arriba, de unos 300 m de largo, acunándose en profundidad, y con potencias de hasta 18 m. Ha sido explotado completamente a cielo abierto y en profundidad.

El filón Josefa Veneros y su prolongación Norte, el filón Coruña, encajan en la caliza de montaña y parcialmente en el conglomerado de la Riera, con potencia media de 3 m, corrida de 1.400 m y dirección N 35° O.

Al SO se encuentra el llamado "filón de La Collada", considerado como prototipo de una mineralización filoniana hidrotermal. Se trata de una mineralización, en una falla posttriásica de dirección NO-SE, de forma lenticular, con potencias medias de 1,5 a 3 m, y que puede seguirse a lo largo de 1,5 km. La mineralización cubre la superficie entre el contacto de falla discordante de la caliza carbonífera brechoide del muro y la margocaliza del techo, apizarrada paralelamente a la falla; en las zonas superiores existen cuarzo y calcita como componentes secundarios,

y en profundidad la mineralización pasa a calcita, acunándose.<sup>64</sup>

Los filones Collada, Josefa Veneros y Coruña se explotan por minería subterránea, por medio de testers invertidos, estando en la actualidad paradas las labores de arranque pero manteniendo un servicio de conservación.

Fluoruros, S.A. mantuvo paralizado este distrito, entre 1978 y 1980, con el fin de reconocer sus reservas, cubicando 1.235.000 t, con ley del 40%  $F_2Ca$ .

La producción es tratada en el lavadero de La Collada que proporcionó durante los últimos cinco años, las siguientes toneladas de concentrados: 1977, 28.430 t; 1978, 10.890 t; 1979, parada; 1980, 2.550 t; 1981, 31.200 t.

Minerales y Productos Derivados, S.A., MINERSA, explota minas tales como Ana, Agustina, Leonor, etc., en la zona de Caravias-Berbes, con un total de  $2 \times 10^6$  t del 22%  $F_2Ca$  y 8%  $SO_4Ba$ , y Cucona y Moscona, en la de Llarena-Villabona, con  $5 \times 10^6$  t del 35%  $F_2Ca$ . La principal mina es la de Cucona, que forma parte del mismo yacimiento explotado por Minas de Villabona, S.A.

El yacimiento de fluorita de Villabona presenta una mineralización marcadamente estratiforme, con dos capas superpuestas de potencias medias entre 1 y 4 m. La mineralización se encuentra en sedimentos areniscosos, arcillosos, margosos y calcáreos.

MINERSA explota fundamentalmente la zona de Llanera, produciendo en la misma unas 150.000 t/año de todo-uno en minería de interior por el método de cámaras y pilares, y transporte al exterior por un plano inclinado de 15° de pendiente mediante camiones. El mineral se trata en una planta situada en Berbes que consta de machacadoras de mandíbulas para la trituración primaria y de conos para la secundaria y terciaria, secciones de desenlodado y de medios densos por ciclón, molienda en molinos bicónicos, clasificadores de rastrillo y ciclones, tanques espesadores, flotación con un desbaste y cuatro relavados, y filtros de vacío. Las secciones de desenlodado y de medios densos sólo se utilizan cuando se alimenta la planta con minerales de baja ley, procedentes de las explotaciones de Berbes-Caravia, y entonces se flota la barita del mineral en otro circuito de flotación.

En mina Cucona la mineralización, con 3 m de potencia media, es subhorizontal o con inclinaciones de 10° a 20° N. Comenzó a explotarse en 1975, habiéndose extraído hasta la actualidad



758.366 t, con el 30-33%  $F_2Ca$ , ó 241.521 t de concentrados. La producción habida, en los últimos años, es la siguiente:<sup>60</sup> 1977, 33.217 t; 1978, 41.960 t; 1979, 42.914 t; 1980, 42.357 t; 1981, 34.076 t.

Las reservas estimadas son de  $0,5 \times 10^6$  t seguras y  $0,8 \times 10^6$  t probables, con leyes del 30-35%  $F_2Ca$ .

La mineralización de mina Moscona, también explotada por MINERSA, tiene características similares a la de Cucona, pero con potencias algo superiores, alrededor de los 4 m que, ocasionalmente, llega a 8 m.

Iniciada su explotación en 1979, se han extraído hasta el presente 209.650 t de todo-uno, con ley del 24-30%  $F_2Ca$ , que originaron los siguientes concentrados; 1979, 3.806 t; 1980, 28.217 t; 1981, 34.745 t.

Sus reservas seguras se estiman en  $1,5 \times 10^6$  t del 39%  $F_2Ca$ , y las probables y posibles en otros  $1,5 \times 10^6$  t con el 37%  $F_2Ca$ .

Minas de Villabona, S.A. adquirida en 1977 por la sociedad Hullas de Coto Cortés, S.A. emprendió la modificación del sistema de laboreo para pasar a ser el método de cámaras y pilares, con trazaje en cámara abierta descendente a plena sección de la capa, la cual tiene una ley del 33-37%  $F_2Ca$ , una potencia media de 3,5 m y un buzamiento de 10-15% hacia el NE. Las zonas pobres van "ahorcándose" y se avanzan galerías generales para limitar los fondos de saco. El transporte al exterior se realiza por un plano inclinado de 6 x 4,5 m de sección mediante camión. El rendimiento alcanzado es de 12-15 t por jornal de interior.

Las reservas seguras con  $0,6 \times 10^6$  t, y las probables y posibles  $3,2 \times 10^6$  t, con el 28%  $F_2Ca$ .

Las toneladas de concentrados producidas, en los últimos años, fueron:<sup>59</sup>

Cuadro 2.67

Años	E. metalúrgico	E. subácido	E. ácido
1977	173.317	—	—
1978	129.495	5.460	6.361
1979	1.564	3.907	22.377
1980	10.267	2.188	38.498
1981	2.635	20.811	1.870

Un lavadero, con capacidad de 600 t/día, proporciona el espato ácido con el 97,1%  $F_2Ca$ , y el metalúrgico con el 75-82%  $F_2Ca$ .

## Fosfatos

En España, las principales explotaciones de fosfatos que han existido se ubican en la provincia de Cáceres, algunas con caracteres claramente filonianos en relación con granitos hercínicos, y otras tapizando cavidades cársticas de calizas carboníferas.

Estas minas estuvieron en actividad desde 1866 a 1956, con una producción global de  $1,2 \times 10^6$  toneladas de mineral, con leyes comprendidas entre el 35 y 80% de fosfato tricálcico.

Las explotaciones de mayor producción fueron: la del filón Constanza, en Logrosán, que tenía una ley del 60-80% de fosfato-tricálcico, y Abundancia, en Aldea Moret, con ley del 35-45%. Otras de menor importancia se explotaron en Ceclavín y Zarza la Mayor.<sup>59</sup>

Otra zona, tradicionalmente considerada con posibilidades fosfatíferas, es la de Sierra Espuña, en la provincia de Murcia, donde existen fosforitas sedimentarias, en un nivel de calizas cretácicas, con el 7,5-14%  $P_2O_5$ .

En la actualidad, España no cuenta con explotación minera de fosfatos alguna, y su abastecimiento procede fundamentalmente de yacimientos norteafricanos.

En el comercio español de minerales, destaca la total dependencia del exterior en fosfatos, con la consiguiente repercusión en la balanza de pagos que, en la actualidad, supone unos 100 millones de dólares.

En 1980, el Instituto Geológico y Minero de España inició una investigación sistemática de fosfatos sedimentarios, cuyo primer resultado ha sido el descubrimiento de un posible yacimiento de fosforitas, próximo a la localidad de Fontanero, en la provincia de Ciudad Real.

Los niveles de fosforitas se sitúan a techo del llamado complejo esquisto-grauváquico, del Precámbrico superior (Vendiense?), y afloran a lo largo de unos 1.600 m, con potencias que pueden alcanzar los 20 m, intercalándose con capas de argilitas y micro-conglomerados silíceos.

Las fosforitas, mayoritariamente compuestas por oncoformas de distintos tipos, están ligadas a construcciones algales.

Los estudios y análisis, realizados en los laboratorios del Instituto Geológico y Minero de España, sobre muestras de 50 kg de todo-uno recogidas en calicatas de reconocimiento muestran que el componente principal es el colofano y que la composición media del mineral que pue-

de considerarse explotable es la siguiente: 14-27%  $P_2O_5$ ; 23-32%  $SiO_2$ ; 6-15%  $Al_2O_3$ ; 3-15%  $Fe_2O_3$ ; 27-36%  $CaO$ ; 0,25-0,4%  $TiO_2$ ; 0,1-2,3%  $MnO$ ; 0,6-2%  $K_2O$ .

El mineral contiene poco flúor, inferior al 2,5%, y escasos elementos radioactivos.

En la actualidad se ensaya el proceso mineralúrgico adecuado, para la obtención de productos comerciales.

Independientemente de la importancia económica que pueda tener el descubrimiento de Fontanarejo, en el que con las labores realizadas hasta el momento se estima que existen al menos  $1,5 \times 10^6$  t, es obvia su importancia geológico-minera, ya que abre amplias perspectivas a la investigación de fosfatos sedimentarios en la Península, toda vez que la formación geológica en que se enmarca tiene una gran extensión.

## Estroncio

España es una de las escasas fuentes de mineral de estroncio, celestina, existentes en el mundo y que junto con el Reino Unido (U.K.) proporciona la única producción comercial en Europa.<sup>53</sup>

Si bien en España se cita la existencia de celestina y/o estroncianita en las provincias de Alicante, Almería, Cádiz, Granada, Guadalajara, Guipúzcoa, Jaén, Lérida, Logroño, Murcia y Sevilla, el único yacimiento actualmente en producción es el de Aurora, más conocido como Montevives, situado a 11 km al SO de Granada, entre las localidades de Gabia la Grande y La Malá, explotado por PROINSUR, S.A.

El yacimiento se encuentra en la Depresión de Granada, una de las cuencas internas desarrolladas en la Cordillera Bética con posterioridad a la etapa de plegamiento principal, y está constituido por bancos bien estratificados de hasta 0,5 m de potencia y 96% de  $SO_4Sr$ , que aparecen en un nivel de limos, arcillas y yesos. Se considera una edad Messinense inferior para los niveles de celestina.<sup>65</sup>

El mineral principal es celestina ( $SO_4Sr$ ) que aparece acompañado en cantidades minoritarias por estroncianita ( $CO_3Sr$ ), dolomita, calcita, cuarzo, goetita, hermatites, yeso, illita, montmorillonita, caolinita, paragonita y clorita.<sup>66</sup>

El laboreo del yacimiento se realiza a cielo abierto en frentes de explotación de unos 50 m

de longitud y 15 m de altura. El mineral es lavado para su comercialización, habiéndose mejorado y ampliado recientemente la planta de tratamiento.

Las producciones de los últimos cinco años han sido las siguientes:

Cuadro 2.68

Años	Mineral	$SO_4Sr$
1977	11.000 t	9.680 t
1978	14.000 t	12.320 t
1979	18.000 t	16.560 t
1980	19.000 t	17.480 t
1981	36.000 t	33.120 t

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía.

## Yeso

España es un país pródigo en yacimientos yesíferos que se ubican fundamentalmente en su mitad oriental e Islas Baleares (fig. 2.19).

Su abundancia ha facilitado el desarrollo de explotaciones, siempre próximas a los innumerables centros consumidores, de carácter artesanal, local y estacionales.

A la vista de estas circunstancias, la Administración acometió un amplio plan de reestructuración del sector que se inició con una fase de investigación previa, y se completa con una serie de disposiciones legales dirigidas a una adecuación de la industria, en consonancia con las tecnologías y necesidades actuales.

Los resultados no se han hecho esperar. En 1967 existían en España 761 instalaciones dedicadas a la extracción de yesos, número que, diez años más tarde, en 1977, se había reducido a unas 330, y que en 1981 era de 230. Por otra parte, pese a la reducción del número de instalaciones, el grado de productividad del sector se ha mantenido e incluso aumentado: de 3.599.142 t de producción, en 1967, se pasó a  $5 \times 10^6$  t en 1977 manteniéndose en este nivel, salvo las lógicas variaciones que obedecen exclusivamente a las oscilaciones propias del sector de la construcción. También las exportaciones han pasado de 137.919 t, en el año 1967, a 653.098 t, en 1977, y 1.119.715 t en 1980, superando asimismo el millón de toneladas las correspondientes a 1981.<sup>68</sup>

Las características morfológicas, geológicas, químicas, etc., de los yacimientos españoles son sumamente variadas, de acuerdo fundamentalmente con el contexto geológico en que aparecen.<sup>69</sup>

Los yesos paleozoicos se localizan en la región Sudeste, intercalados, entre pizarras y esquistos y en ocasiones asociados a mármoles. Presentan escaso interés económico por lo reducido de sus reservas.

Los yesos secundarios se subdividen en función de las unidades geológicas, atendiendo a las facies germánica o alpina existentes en la Península.

Los yesos del Trías-Bético (facies alpina) se presentan en forma de lentejones muy puros, intercalados entre filadíos; los niveles que presentan anhidritas son escasos, y, cuando existen, no superan nunca el 10% del volumen total.

Los del Sub-Bético (facies alpina) son lenticulares, de color blanquecino y en ocasiones grises verdosos o negruzcos, de pureza media próxima al 96% de  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , aparecen dentro de las calizas del Muschelkalk o bien mezclados con arcillas abigarradas del Keuper.

Los yesos de facies germánica aparecen en el Trías del Prebético, son igualmente lenticulares englobados en una serie arcillosa-margosa y de una gran pureza.

Los yesos triásicos de mayor significación, en cuanto a reservas, calidad y explotabilidad, corresponden a los afloramientos de Keuper de la Cordillera Ibérica. Son de gran interés los existentes en Altura-Segorbe (Castellón de la Plana), incluidos en margas abigarradas con abundantes Jacintos de Compostela y, en algunos casos, con masas de ofitas; los de Tuéjar (Valencia) con intercalaciones de margas saliníferas; los de Chiva, Cofrentes y Llosa de Ranes (Valencia), Almansa y Villena (Albacete), Elda y Agort (Alicante) y Ribaflecha (Logroño) que aparecen muy mezclados con las margas abigarradas, en potentes bancos de hasta 150 m de potencia. En todos los puntos su pureza oscila entre el 93 y el 96% de  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Otros yesos triásicos de escaso interés económico, por sus escasas reservas, son los de las provincias de Lérida y Gerona.

Dentro del Lías y Retiense, en las provincias de Lérida, Murcia y Almería, aparecen con-

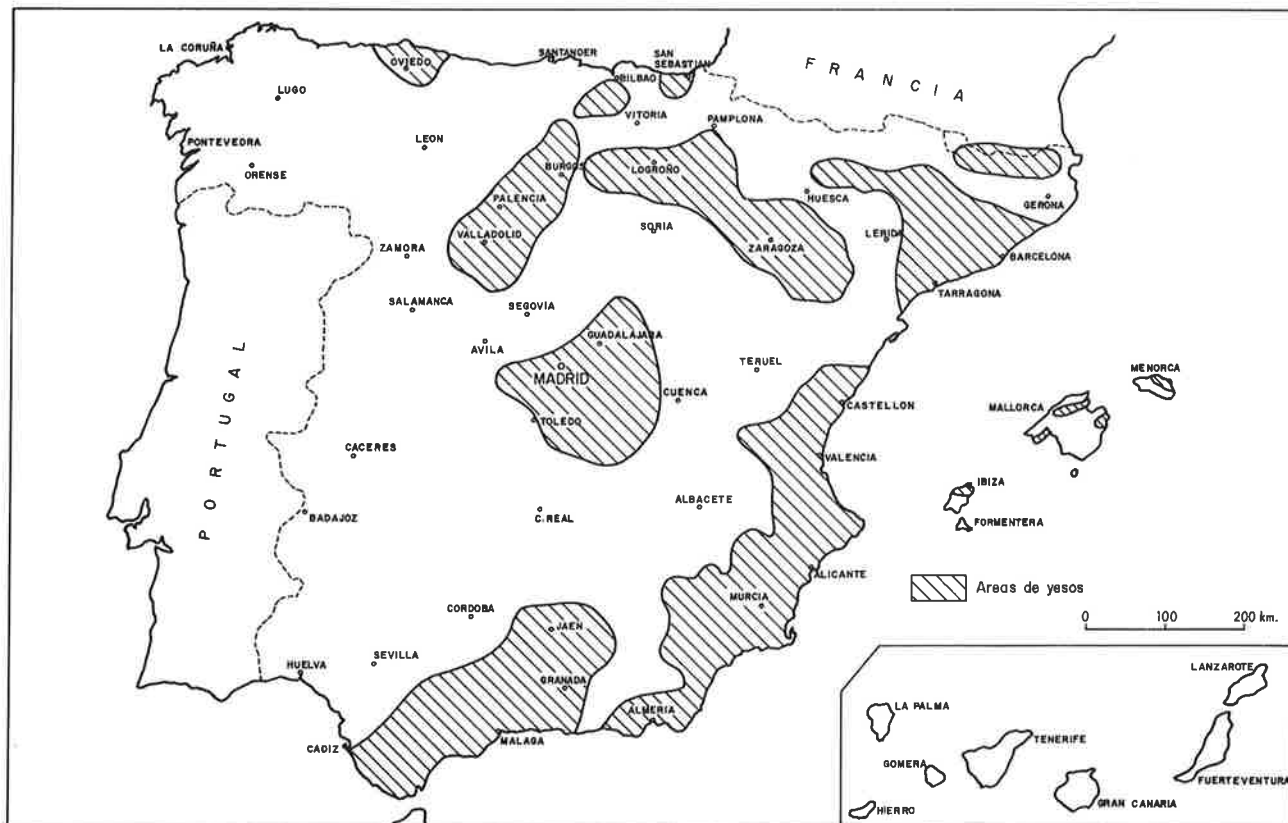


Fig. 2.19.— Principales zonas de yesos, en España, según COLLANTES y GRIFFO<sup>67</sup>.

centraciones de escasas reservas pero de gran pureza, sin niveles de anhidrita y con variedades alabastrinas, de coloraciones blancas con alguna veta de color crema.

Al final del Mesozoico en transición al Paleógeno se depositan los yesos garumnenses caracterizados por tener intercalados unos delgadísimos lechos de calizas, que no afectan a su buena explotabilidad. Son de gran pureza, sin apenas anhidrita, su coloración es blanca o rosada y son variedades frecuentes las sacaroides y las alabastrinas. Se localizan importantes masas en el borde Oeste de la Cordillera Ibérica, en las provincias de Cuenca y Guadalajara.

Los yesos terciarios son los más interesantes, en cuanto a su potencialidad económica, al considerar su continuidad, espesores y calidades.

Los afloramientos eocenos son escasos, localizándose los que tienen un cierto interés en la provincia de Gerona, en la formación de Vallfogona de edad Bartonense-Ludiense; son de excelente calidad, con escasas intercalaciones arcillosas, apareciendo debajo un nivel de anhidrita de gran pureza.

Los yesos oligocenos presentan un gran interés por sus reservas ilimitadas, su gran calidad, su fácil explotación y su situación geográfica, siendo muy numerosas las regiones en las que existe este nivel productivo.

En la Meseta Sur castellana existen yesos oligocenos, en general masivos, blancos, sacaroides con variedades alabastrinas, muy puros en su mayoría, con fácil aplicación en la fabricación de escayolas y yesos de primera calidad. Los afloramientos más interesantes se ubican en las provincias de Madrid, Cuenca y Guadalajara.

Las formaciones de yesos de Desojo y yesos de Undiano, en la provincia de Navarra, de edad Estampiense-Sannoisiense, tienen un gran interés, son series en alternancia de margas, arcillas, niveles de yesos, de anhidrita, halita y sales potásicas que dan unas reservas ilimitadas, con calidades que oscilan entre el 85% y el 95% de  $\text{SO}_4\text{Ca.H}_2\text{O}$ .

En las provincias de Zaragoza, Teruel y Huesca, son igualmente abundantes los yesos de edad Sannoisiense-Estampiense, con series que varían de unos puntos a otros; son destacables

Cuadro 2.69

Regiones	Producción en t	Valor Producción x $10^3$ ptas.	Núm. de Explotaciones
<b>CENTRO</b>			
Burgos ... ..	210.955	26.388	2
Madrid ... ..	572.341	112.409	14
Toledo ... ..	324.819	76.066	15
<b>SUR (ANDALUCIA)</b>			
Almería ... ..	1.178.434	294.503	8
Sevilla ... ..	101.568	13.156	8
Jaén ... ..	157.755	49.131	21
<b>NORDESTE (CATALUÑA)</b>			
Barcelona ... ..	480.453	70.043	13
Gerona ... ..	160.970	35.908	5
<b>LEVANTE</b>			
Castellón de la Plana ...	220.213	39.701	7
Valencia ... ..	188.192	28.973	12
Alicante ... ..	164.910	26.442	15
<b>CENTRO-NORDESTE</b>			
Zaragoza ... ..	229.580	61.879	14
La Rioja ... ..	152.380	34.189	9

los del área de Quinto (Zaragoza-Teruel) donde se localizan explotaciones de alabastros, que aparecen intercalados entre niveles de calizas arenosas y margas rojas con potencias que llegan a 1,50 m.

En Tamarite de Litera (Huesca), la formación de Peraltilla, con yesos masivos recrystalizados, blanquecinos y grisáceos, a veces sacaroides con variedades alabastrinas, se sitúa en el núcleo de la estructura geológica conocida como anticlinal de Barbastro; su calidad oscila entre el 65 y el 80% de  $\text{SO}_4\text{Ca.H}_2\text{O}$ .

Finalmente los yesos miocenos constituyen otra de las mayores reservas peninsulares.

La Meseta Sur castellana tiene importantes afloramientos, de edad sarmatiense, en los que son frecuentes los cambios laterales de facies, con las consiguientes variaciones de composición, tanto en la horizontal como en la vertical; su pureza es baja, por encontrarse mezclados con arcilla y margas, y oscila entre el 54 y el 70% de  $\text{SO}_4\text{Ca.H}_2\text{O}$ . Se localizan explotaciones y yacimientos en las provincias de Madrid y Toledo, y de menor importancia en las de Cuenca y Guadalajara.

Los principales yacimientos de la Meseta Norte aparecen en Iscar (Valladolid), Torquemada (Palencia) y Cerezo de Río Tirón (Burgos). Son series de margas, arcillas y yesos, con potencias de 80 a 100 m, de una gran continuidad lateral; la variedad más frecuente de los yesos es la laminar ("yeso espejuelo" con macla en "punta de flecha") y su pureza oscila alrededor del 50% de  $\text{SO}_4\text{Ca.H}_2\text{O}$ .

Especial mención merecen los yesos alabastrinos, que con una potencia de 20 a 30 m y una calidad del 65 al 80% de  $\text{SO}_2\text{Ca.H}_2\text{O}$ , aparecen en Lácera (Zaragoza), de tonos blancos y beige que alternan con pequeños niveles de arcillas margosas de colores rojizos.

Los yesos burdigalienses de la provincia de Barcelona son de buena calidad pero de reservas muy limitadas.

Por último, en la región levantina, en San Miguel de Salinas y Benejuzar (Alicante), niveles de margas y margas yesíferas con yesos de una gran calidad, cuya pureza se sitúa alrededor del 94% de  $\text{SO}_4\text{Ca.H}_2\text{O}$ , aparecen en el paso del Mioceno al Plioceno. Es de resaltar igualmente el buen coeficiente de aprovechamiento, ripabilidad y accesibilidad de estos yacimientos.

Se han localizado, en los estudios llevados a cabo por la Administración (Instituto Geológico y Minero de España), 77 grandes yacimientos

con unas reservas probadas de  $9.025 \times 10^6 \text{ m}^3$ , con purezas entre el 70 y el 96% de  $\text{SO}_4\text{Ca.SO}_4\text{Ca.2H}_2\text{O}$ .

Las fábricas de yeso de mayor producción son: YECESA, en Pinto (Madrid), con 400.000 t/a; VILOVIGYPS, S.A., en Viloví del Penedés (Barcelona), con 163.000 t/a; YESOS HISPANIA, de Madrid, con 82.000 t/a; MAXIMO MASSIPOLTRA, de Genoves (Valencia), con 45.000 t/a; y una larga lista de productores más pequeños que alcanzan las 20.000-30.000 t/a.

Según la Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía, las principales regiones productoras de yeso se reseñan en el cuadro 2.69 de 1981.

A nivel mundial, España se sitúa en un lugar productivo semejante a los principales países europeos, como República Federal de Alemania, Francia, Reino Unido e Italia.

## Magnesitas

Los yacimientos de magnesita más importantes están situados en las provincias de Lugo, Navarra, Madrid y Asturias. Recientes exploraciones llevadas a cabo por el Instituto Geológico y Minero de España han puesto de manifiesto la existencia de yacimientos de magnesita en la Cordillera Ibérica, provincias de Guadalajara y Teruel.<sup>49</sup>

La magnesita natural española es del tipo cristalizado o espático, que se encuentra normalmente asociada a capas dolomíticas de formación sedimentaria; son frecuentes en este tipo de magnesitas las impurezas de hierro, cal y sílice. No se da la variedad cripto-cristalina o amorfa, producto de alteración de la serpentina o de rocas magnesianas, representada por las magnesitas griegas e indias.

Para unos yacimientos se ha propuesto, por diversos autores, un modelo de génesis por sedimentación en aguas someras con recrystalización diagenética o epigenética, y por otros, un origen por inyección magnésica.

La magnesita cruda tiene un uso muy restringido, por lo que es preciso calcinarla, bien a baja temperatura, magnesita cáustica, bien a alta temperatura, magnesita calcinada a muerte o sinterizada.

Únicamente la magnesita de Navarra se destina a la producción de magnesita sinterizada, mientras que las otras se utilizan para la produc-

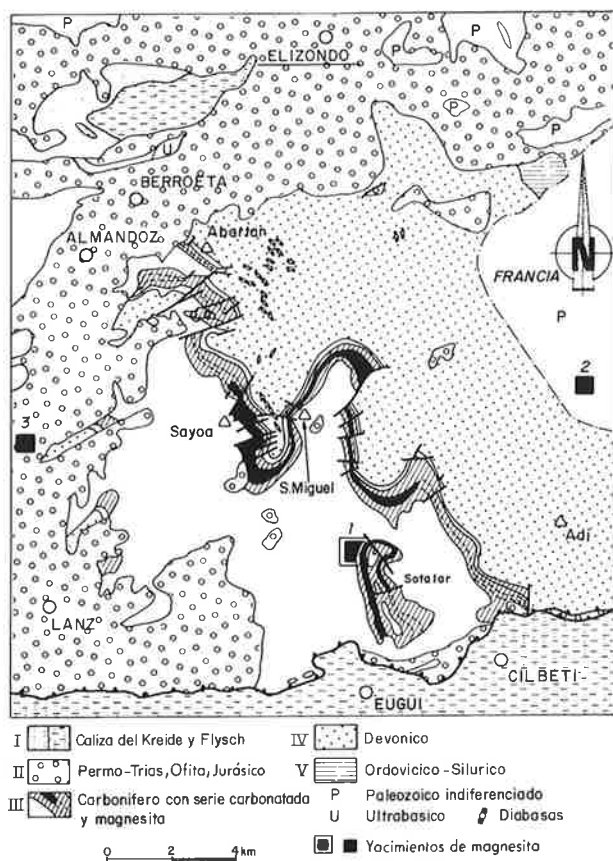


Fig. 2.20.— Esquema geológico de la parte sudoeste del Macizo de Quinto-Real (Navarra), Yacimientos de magnesita: 1. Asturreta (Namuriense B); 2. Urepel (Emsien-se); 3. Velate (Triásico). Según MOHR y PILGER, en Petraschek et al.<sup>71</sup>.

ción de magnesita cáustica. No existe producción de magnesio metal.

La magnesita producida en España se destina a la industria de refractarios y a la agricultura.

### Mina de Eugui (Navarra)

La explotación más importante se localiza en los Pirineos navarros, al N de Eugui, siendo propiedad de Magnesitas Navarra, S.A. La formación carbonatada, de edad namuriense, en la que arma la magnesita aflora a lo largo de varios kilómetros con una potencia que, en ocasiones, llega a alcanzar los 180 m.

La magnesita está esencialmente ligada a dos grandes anticlinales y a un sinclinal, con ejes de dirección N-S y pinchamiento al Sur.

La magnesita está claramente estratificada y se interdigita lateralmente con dolomías, calizas negras y pizarras oscuras. La serie flysch del Namuriense, con espesores comprendidos entre 800 m y 1.200 m reposa sobre la serie carbonatada. Lateralmente, hacia el NO y SE, la magnesita desaparece allí donde se interdigita con dolomías.<sup>70</sup> (fig. 2.20).

Los recursos, se cifran en  $385 \times 10^6$  t.

La explotación se realiza a cielo abierto, con arranque por bancos descendentes.

La magnesita es de tipo macrocristalina, similar a la austriaca y checoslovaca, y aparece interestratificada con dolomita. El todo-uno con una ley media del 39% MgO, 4% SiO<sub>2</sub>, 0,5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y 6% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, es triturado a menos de 12 mm antes de ser transportado a la planta de tratamiento, instalada en la localidad de Zubiri, ya que la fracción superior a 12 mm es fundamentalmente de dolomita. En Zubiri, el mineral es clasificado en tres fracciones comprendidas entre 4-12 mm, 1-4 mm, y 0-1 mm, las dos primeras de las cuales son tratadas por líquidos densos, para separar la magnesita de la dolomita y la sílice, y la última por flotación.

Por calcinación a 1.200°C se obtiene magnesita calcinada cáustica en grano para usos agrícolas y ganaderos, para materia prima en la fabricación de cementos magnesianos, y para aditivos en la industria del papel, con las siguientes especificaciones, según MAGNA: 80-85% MgO, 5,5-7% CaO, 2,6-2,8% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2,5-3,5% SiO<sub>2</sub>, 0,3-0,4% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y p.c. 1,5-12%; granulometría de 0-2 mm. De este producto se obtiene polvo de cáustica de 1ª y 2ª calidad.

El sínter para la fabricación de masas refractarias se obtiene por calcinación a 1.800°C de la magnesita natural lavada y concentrada por líquidos densos, calidad MAG-7: 85% MgO, 8% CaO, 3% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3,5% SiO<sub>2</sub>, 0,4% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; granulometría 0-20 mm.

La magnesita calcinada a muerte de procedencia natural, lavada, concentrada por flotación integral, los concentrados briquetados por presión, y sinterizada en hornos rotativos a alta temperatura con adición de fundentes, proporciona la calidad FLOTMAG: 85% MgO, 7-8% CaO, 5,5-6% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,2% SiO<sub>2</sub>, 0,4% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; granulometrías de 0-8 mm y 0-20 mm; sínter base para fabricación de masas de arenado.

Por último, de la magnesita natural, lavada, concentrada por líquidos densos y flotación integral, calcinada a muerte y sinterizada a 1.900°C, se obtiene la calidad DIMAG: 91-93%

MgO, 2,8% CaO, 28-5% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,8-0,9% SiO<sub>2</sub> y 0,3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; granulometría de 0-20 mm; sinter base para fabricación de ladrillos refractarios.

Las producciones obtenidas en los últimos años han sido:

**Cuadro 2.70**

Años	M. cruda	M. calcinada
1977	285.475 t	103.242 t
1978	195.184 t	77.444 t
1979	251.350 t	89.256 t
1980	378.055 t	95.890 t
1981	376.992 t	89.792 t

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía.

### Mina de Rubián (Lugo)

La segunda explotación en importancia está situada cerca de Sarria, en la provincia de Lugo, donde se empezó a explotar con labores subterráneas y a cielo abierto actualmente, en los puntos donde el recubrimiento lo permite, por Magnesitas de Rubián, S.A. El terreno está formado principalmente por pizarras del Paleozoico inferior entre las que aparecen bancos de calizas, dolomía, y magnesita en masas lenticulares, de dirección dominante E-O y buzamiento poco pronunciado hacia el S. La magnesita es más pura que en Navarra, como puede apreciarse por su ley media: 43,16% MgO, 4,1% SiO<sub>2</sub>, 2,02% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Se estiman unas reservas seguras de 10 x 10<sup>6</sup> t y unas posibles de 30 x 10<sup>6</sup> t.

Dos cortas situadas en la misma zona proporcionan unas 110.000 t/año de magnesita cruda, que son trituradas a menos de 12 mm y calcinadas posteriormente en hornos rotativos a 800° C. La magnesita calcinada es separada en tres fracciones: 0-1 mm, con un mínimo de 85% MgO; 1-4 mm, con 80-82% MgO; y > 4 mm, con un máximo de 80% MgO. La capacidad de producción es de unas 70.000 t/año, habiéndose obtenido, en los últimos años, las siguientes producciones:

**Cuadro 2.71**

Años	M. cruda	M. calcinada
1977	121.070 t	51.611 t
1978	96.371 t	43.845 t
1979	113.989 t	50.438 t
1980	110.693 t	50.315 t
1981	84.148 t	38.249 t

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía.

La naturaleza macrocristalina de la magnesita de Rubián la hace particularmente adecuada para su utilización en alimentación animal y corrección de suelos.<sup>53</sup>

### Mina de El Escorial (Madrid)

En la provincia de Madrid se explota un depósito de magnesitas, por Magnesitas Españolas, S.A., que se encuentra enclavado geológicamente dentro del macizo metamórfico conocido por El Escorial-Villa del Prado. Litológicamente está constituido por esquistos, calizas cristalinas, rocas de silicatos cálcicos, neises de diferentes tipos y migmatitas, estando encajado todo el macizo entre granitos, adamellitas y granodioritas. La magnesita, del tipo cristalina, se encuentra dentro de un paquete calcáreo de unos 25 m de potencia y alcanza espesores muy variados, desde 2-3 m hasta 15-20 m. La cantera está situada en el Puerto de la Cruz Verde, cerca de El Escorial.

La producción de magnesita cruda es clasificada según su ulterior utilización, ladrillos de moldeado especial y recubrimiento de soleras, y transportada a la planta de beneficio que la empresa explotadora tiene en Las Rozas (Madrid) o a la de Productos Dolomíticos, S.A., en Revilla de Camargo (Santander).

Las producciones de los últimos años han sido:

**Cuadro 2.72**

Años	M. cruda	M. calcinada
1977	14.696 t	7.106 t
1978	14.993 t	7.338 t
1979	16.528 t	8.067 t
1980	16.784 t	7.728 t
1981	15.252 t	6.982 t

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía.

Las reservas se estiman en tan sólo 700.000 t, con el 42% MgO aproximadamente.<sup>68</sup>

### Mina de Valderrodero (Asturias)

Recientemente se ha puesto en explotación a cielo abierto, por Molinera Astur, S.A., un yacimiento de magnesita cristalina situado en el paraje de Valderrodero, cercano a la localidad de Salas, el Grupo Magná.

El paquete carbonatado, en el que arma un banco de magnesita de unos diez metros de potencia, se encuentra entre pizarras verdes y areniscas del Cámbrico inferior, tiene buzamiento subvertical y rumbo NO-SE aproximadamente.

La magnesita es de grano grueso y muy cristalina, coexistiendo con dolomía, cuarzo, clorita y talco. Su origen se asocia a procesos de difusión química y metasomatismo.<sup>72</sup>

El yacimiento está prácticamente sin investigar, estimándose sus recursos en unas 600.000 t con ley media del 50 por ciento.

La producción es algo variable, habiéndose obtenido 10.730 t, en 1978; 21.530 t, en 1979; 17.800 t, en 1980; y 10.850 t, en 1981, de magnesita calcinada.

En 1980, España figuró como décimo país productor de magnesita entre los diecinueve principales productores mundiales, a cuya cabeza estaban la URSS, Corea del Norte y China.

### Arcillas especiales

Bajo la denominación de arcillas especiales se agrupan las arcillas compuestas esencialmente por minerales de los grupos de las esmectitas y hormitas, debido a que sus usos industriales son semejantes, e incluso compiten en el mercado, y es frecuente que se exploten conjuntamente en un mismo yacimiento. Dentro de este grupo de arcillas especiales se consideran la bentonita, sepiolita y attapulgita.

En España existen yacimientos de bentonita en la Cuenca del Tajo, localizados en Barajas, Vicálvaro, Paracuellos, Parla, Hortaleza y Coslada, en la provincia de Madrid, y en Villaluenga de la Sagra y Esquivias, en la provincia de Toledo, donde la bentonita se encuentra asociada con sepiolita; en las Sierras de Gádor y Gata, localidades de Níjar y Carboneras (Almería), con abundantes reservas de esta arcilla; en la provincia de Murcia, con algunas manifestaciones análogas a las de Almería, y en las Islas Canarias algunos indicios.

Los yacimientos de la zona de Almería-Murcia están asociados a efusiones volcánicas subacuáticas de composición dacítica y riódacítica. Por la acción del agua del mar se inició el proceso de alteración de estas rocas, y se reforzó por la acción de fenómenos hidrotermales que consistieron en un aporte de magnesio y una movilización de la sílice y alcalinos. Los niveles anfóbicos son los que presentan alteración más

acusada con enriquecimiento en las zonas fracturadas. Las potencias de los niveles bentoníticos pueden llegar a alcanzar los 10 a 12 metros. Estos yacimientos son de edad miocénica (Andalucense).

Las bentonitas de la cuenca del Tajo son también de edad miocénica y se presentan en capas de sedimentos lacustres de potencias variables. Proviene de la denudación y alteración de rocas ricas en plagioclasas del Sistema Central.

Las bentonitas españolas son fundamentalmente cálcicas, y la producción nacional supera ampliamente las 100.000 t anuales en la actualidad.

Los yacimientos de sepiolita españoles se encuentran íntimamente relacionados con los de bentonita. La zona productora se centra en las provincias de Madrid y Toledo, donde se sitúa el famoso yacimiento de Vallecas. La sepiolita se presenta en capas arrosariadas y grandes masas de gran continuidad, como sedimentos lacustres de edad miocénica. La producción nacional de esta arcilla se ha visto notablemente incrementada en los últimos años, habiéndose pasado de 112.260 t, en 1977, a 320.554 t, en 1981, lo que supone un incremento anual acumulativo del 23,3%.

Las aplicaciones actuales más comunes son como decolorante, absorbente, soporte de plaguicidas y catalizadores, en filtros de cigarrillos, aglomerante de piensos, y como cargas de caucho. Actualmente se realiza la investigación tecnológica que permita ampliar los campos de aplicación a otras áreas, como los plásticos, papel, pintura, cosmética, ceras, productos farmacéuticos, tintas, refractarios, clarificación de vinos y cervezas, cerámica, tamices moleculares, purificación de aguas, cromatografía, cementos y vidrio. (Información de Tolsa, S.A.).

La explotación de attapulgita más importante de España está situada en el área de Torrejón El Rubio-Serradilla, de la provincia de Cáceres. La attapulgita aparece en capas, cuya potencia puede alcanzar los 6 metros, con un escaso recubrimiento y mezclada con arenas feldespáticas y síliceas o bien con dolomía.

El mineral se trata en una planta con capacidad para 30.000 t anuales, y se destina a lodos de sondeos y aglomerante de piensos compuestos.

Las reservas se estiman en unos  $100 \times 10^6$  t. Es frecuente encontrar attapulgitas en las cuencas terciarias de la zona gallega, rodeadas de granitos y materiales paleozoicos, con unos con-



tenidos que no permiten actualmente su explotación.

Existen, además, pequeños yacimientos de sepiolita y attapulgitita en la cuenca del Ebro, pero que, dadas sus características, no son explotables económicamente.

Otras manifestaciones se encuentran en la cuenca del Guadalquivir, concretamente en la localidad de El Cuervo (Cádiz).

La attapulgitita de este yacimiento se encuentra interestratificada con una serie margoarcillosa al muro, y caliza o margocaliza al techo.

La potencia de la capa explotada a cielo abierto por Tolsa, S.A., oscila entre cinco y diez metros. El mineral es transportado a Lebrija (Sevilla) para su tratamiento mediante calcinación,

molienda y cribado, en una planta con capacidad de 60.000 t/año; los productos obtenidos se destinan a insecticidas, pesticidas, absorbentes, etc.

Las reservas de este yacimiento se consideran muy importantes.<sup>73</sup>

La principal empresa productora de bentonita es Minas de Gádor, S.A., que explota dos zonas, La Serrata y Los Troncos, de un gran yacimiento situado en la Sierra de Níjar (Almería), compuesto por arcillas montmorillonitas de calcio, sodio y magnesio, y arcillas absorbentes cálcicas.

La siguiente composición puede considerarse como característica de las dos zonas explotadas.<sup>53</sup>

Cuadro 2.73

	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%MgO	%CaO	%Na <sub>2</sub> O	%K <sub>2</sub> O	%H <sub>2</sub> O (+)	Montmorillonita %
La Serrata ... ..	60,20	22,38	2,42	6,10	0,65	0,92	0,67	6,23	97,00
Los Troncos ... ..	57,01	24,37	3,20	5,34	0,72	2,03	0,62	7,10	98,00

Obtiene como productos comerciales bentonitas sódicas activas, que se utilizan fundamentalmente en fundición, arcillas blanqueadoras y gránulos absorbentes. En la zona central, en Pinto, Valdemoro y Parla, en la provincia de Madrid, explota bentonita y sepiolita (36.000 t/año) que son tratadas, desde 1975, en la planta de Yuncos (Toledo). La bentonita se destina a lodos de sondeos, a fundición y como absorbentes. Con la sepiolita se obtienen productos adecuados para lodos de perforación en petróleo.

Tolsa, S.A., fusionada desde mediados del año 1977 con Silicatos Anglo-Espanoles, S.A., es el principal productor español de sepiolita, con una capacidad de producción de 350.000 toneladas anuales; además también produce bentonita. Actualmente tiene centrada su actividad en los

yacimientos de Vicálvaro y Vallecas. Debido a la fusión mencionada dispone de una planta en Toledo y otra en Madrid. En ambas plantas produce una serie de polvos y gránulos que se emplean para suelos absorbentes, portadores de pesticidas, cargas, etc. En Toledo produce, además, mezclas de bentonita y sepiolita que se emplean como tierras decolorantes, y calidades que se utilizan para lodos de perforación en petróleo.

Otros productores españoles son CECA Española que obtiene bentonita, sepiolita y attapulgitita, y Bentonitas Especiales, S.A. que produce bentonita y sepiolita de sus yacimientos de la zona de Madrid-Toledo.<sup>74</sup>

En 1981, la producción minera de estos tres tipos de arcillas se distribuía geográficamente y en toneladas, como sigue:

Cuadro 2.74

Provincia	Núm. establecimientos	Bentonita	Sepiolita	Attapulgitita
Almería ... ..	3	11.880	—	—
Cáceres ... ..	1	—	—	21.808
Cádiz ... ..	2	—	—	25.419
Madrid ... ..	10	55.111	221.200	—
Toledo ... ..	9	50.736	99.354	—
Total ... ..		117.727	320.554	47.227

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía.

Es de señalar que España es el principal productor mundial de sepiólita, y la escasez de esta sustancia y de attapulgita que tiene la C.E.E.

Con relación a la bentonita, España ocupaba, en 1978, el séptimo lugar entre los productores mundiales.

## Caolín

España es un importante productor de caolín a nivel mundial, y la importancia de su minería en esta sustancia mineral no hay que considerarla únicamente como reflejo del nivel actual de producción, sino también por las enormes posibilidades que ofrece su subsuelo en el que existen abundantes manifestaciones caoliníferas, tanto de origen sedimentario como de origen residual.

Las posibilidades de España, en el mercado del caolín, son grandes si se corrigen las deficiencias que presenta el sector productor, origen de la falta de homogeneidad del producto elaborado. Ultimamente los productores han comenzado a modificar sus plantas de tratamiento con el fin de obtener un producto que se adapte a las exigencias de la industria. Ello junto con las posibilidades de reservas y calidad existentes propicia la conversión de España en uno de los grandes productores de esta materia prima, con las especificaciones requeridas por la industria consumidora.<sup>49</sup>

Las explotaciones de caolín están ampliamente repartidas por toda la geografía española tal como se puede observar en el cuadro 2.75. Sin embargo, cabe considerar tres zonas en las que se concentran tanto la producción como las mayores reservas: La región gallega, la asturiana y la Cordillera Ibérica (fig. 2.21).

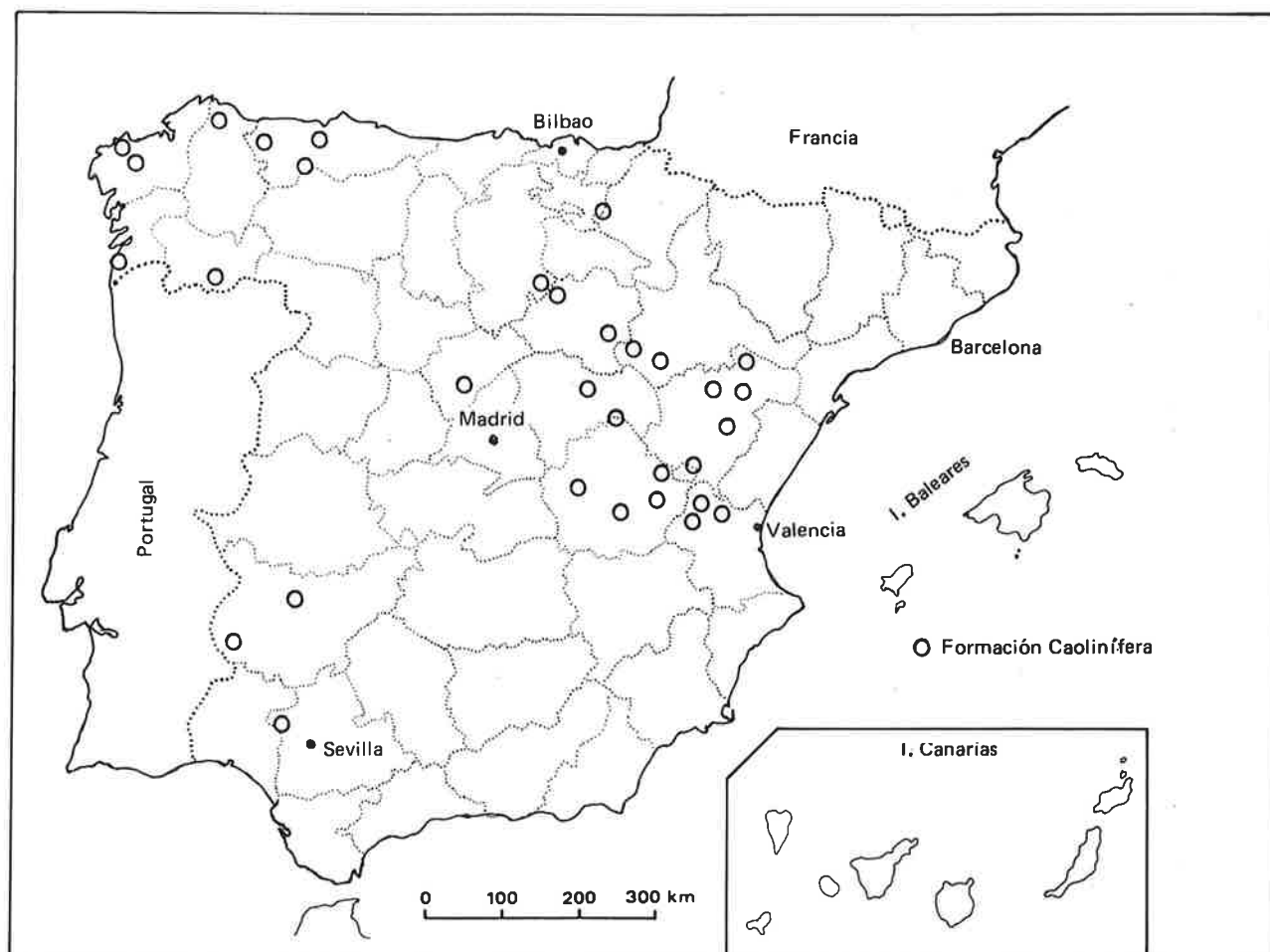


Fig. 2.21.— Situación de las principales áreas caoliníferas, según IGME<sup>49</sup>.

**Cuadro 2.75**  
**PRODUCCION NACIONAL DE CAOLIN Y ARCILLAS REFRACTARIAS EN 1981**

Provincias	Núm. establecimientos mineros	t caolín lavado	t caolín bruto	t arcilla refractaria
Asturias ... ..	8	—	—	166.639
Burgos ... ..	2	2.884	—	—
La Coruña ... ..	9	19.724	—	81.016
Cuenca ... ..	8	22.582	8.000	—
Guadalajara ... ..	3	40.745	—	320
Lugo ... ..	7	52.455	10.955	—
Pontevedra ... ..	4	—	—	102.700
Segovia ... ..	1	185	—	—
Soria ... ..	3	7.164	7.150	—
Teruel ... ..	22	7.912	—	177.176
Toledo ... ..	2	—	33.084	—
Valencia ... ..	30	33.803	12.476	—
Zaragoza ... ..	2	2.536	—	—

FUENTE: Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía.

Las reservas actualmente conocidas en la región gallega se estiman en unos 18 millones de toneladas de todo-uno, si bien, debido a la abundancia de manifestaciones caoliníferas todavía insuficientemente conocidas, cabe esperar que las reservas sean mucho mayores. Aproximadamente la mitad de las reservas conocidas se dedican a la producción de arcilla refractaria.

Los yacimientos de caolín de esta zona contienen un 20-30% de caolinita, que en algunos casos puede llegar al 50%, como en Burela (Lugo). Los yacimientos gallegos se encuentran:

a) En cuencas terciarias o cuaternarias, como resultado de la denudación de granitos caolinizados próximos. En la costa de Lugo, de Foz a Pravia, existen depósitos horizontales con potencias comprendidas entre algunos decímetros a 10-12 m. En algunos casos, los sedimentos caoliníferos rellenan fosas tectónicas como ocurre en la cuenca de Porriño-Tuy.

b) Asociados a rocas volcánicas. Este tipo de yacimientos es poco abundante en España y donde están mejor representados es precisamente en esta zona, en Burela (Lugo). Este yacimiento se encuentra en masas volcánicas ácidas de tipo felsítico, interestratificadas en cuarcitas Cámbricas. En la formación del caolín han ocurrido procesos de autometamorfismo y de meteorización.

c) Asociados a rocas graníticas. En esta zo-

na también existen yacimientos de caolín asociados a rocas graníticas caolinizadas por procesos hidrotermales, reforzados en ocasiones por acciones meteóricas. El yacimiento de este tipo más importante de esta zona es el de Santa Comba, con un contenido del 20-30% de caolín.

Más del 35% de la producción del caolín lavado producido en España proviene de la región gallega, de las provincias de La Coruña y Lugo. Los yacimientos más importantes son los ya mencionados: Burela, explotado por ECESA, producía, en 1978, del orden de 5.000 t mensuales de caolín lavado que se destina a usos cerámicos. Santa Comba, explotado por Compañía Minera de Santa Comba, S.A. produce actualmente unas 1.400 t mensuales de caolín lavado, dedicando un 70% a la industria papelera y un 30% a la industria cerámica; se recuperan asimismo arenas y micas.

En la actualidad se encuentra próximo a iniciar su explotación, por Río Tinto Minera, S.A., el yacimiento de Vimianzo (La Coruña).

En Galicia se produce, aproximadamente, el 30% del total nacional de arcilla refractaria.

En la región asturiana se estima que existen unas reservas del orden de 100 millones de toneladas, asociadas a pizarras paleozoicas. Estos caolines que presentan características de "flint clay", se explotan únicamente para refractarios y se comercializan en forma de chamotas. Más

del 50% de la producción nacional de arcilla refractaria procede de esta zona.

El yacimiento más importante se encuentra en la Sierra del Pedroso y está constituido por capas de una gran continuidad, interestratificadas con cuarcitas armoricanas, y de unos 70 cm de potencia.

Las principales explotaciones se encuentran englobadas en el grupo minero "Sierra del Pedroso", constituido por las minas Mariquita, Piso Escrita y Piso Villar, que obtienen un producto de muy buena calidad para la fabricación de chomota en una planta de calcinación sita en Lugo de Llanera. El mineral con el 48%  $\text{SiO}_2$ , 36%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0,32-2,04%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , y pequeñas cantidades de  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$ , alcanza tras su calcinación el 55%  $\text{SiO}_2$  y el 41%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Otras áreas de interés, en Asturias, son el Valle del Río Trubia; Valle del Río Cubia (minas Perdida y Aurora); Llamoso-Puerto Ventana (mina Fin del Caolín); anticlinorio del Narcea (minas Candamina y Aumento a la Espina); Sierra Manteca (mina San Marcos); y zona costera entre Avilés y Lluarca (explotación del Monte Granda, Pravianu).<sup>75</sup>

En la zona de la Cordillera Ibérica se estiman unas reservas de 1.800 millones de toneladas de arenas caoliníferas, con un contenido medio del 10% en caolín.

Los yacimientos se sitúan en sedimentos continentales cretácicos y están constituidos por niveles arenosos de facies Wealdense y Utrillas. El proceso de caolinización tuvo lugar fundamentalmente en las rocas madre (rocas ácidas hercínicas y prehercínicas) y continuó en los sedimentos depositados.

Las explotaciones más importantes de esta zona son la de Poveda de la Sierra (Guadalajara), explotada por Caolines y Barnices, S.A. (CAOBAR), con producción de arenas para vidrios y caolines que se utilizan en un 40% para fabricación de esmaltes cerámicos, un 30% para esmaltes y papel, y el resto para papel.

Recientemente, la sociedad explotadora se ha asociado con English China Clay para producir caolín tipo "coating" para el estucado de papel, calidad inexistente hasta ahora en el mercado nacional.

La Empresa Caosil Serso, S.A. explota, en su Grupo Minero Santa Engracia, tres canteras o frentes en los municipios de Villanueva de Alcorón, Peñalén y Poveda de la Sierra, todos ellos en la provincia de Guadalajara. Se estiman unas reservas superiores a los  $3 \times 10^6$  t, con un conteni-

do en caolín del 20% aproximadamente, del que un 8% es de primera calidad, apto para la industria papelera, y el resto de calidad tipo cerámico.<sup>76</sup>

La explotación de los frentes se realiza por cuarteles, en los que, una vez explotados, se vierten los estériles de aquellos en que se inicia la apertura.

La planta de tratamiento, con una capacidad de 125.000 t/año, está situada en la localidad de Villanueva de Alcorón. Consta de un primer circuito de preparación del mineral, y de los correspondientes a las arenas y al caolín, que proporcionan los siguientes productos:<sup>77</sup> Arena vidrio color, con una granulometría de 0,1-0,8 mm, 98,8-99%  $\text{SiO}_2$ , 0,035%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y 0,8%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; arena vidrio blanco, con similar granulometría, 99,4%  $\text{SiO}_2$ , 0,012%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y 0,45%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; caolín cerámico, con una granulometría 44% inferior a 2 micrómetros, el 24% superior a 10 micrómetros y el 1,2% superior a 53 micrómetros, el 24% superior a 10 micrómetros y el 1,2% superior a 53 micrómetro, índice de blancura del 92,5%, tras cocción a 1180°C; caolín papel, con granulometría 53% inferior a 2 micrómetro, el 13% superior a 10 micrómetros y el 0,057% superior a 53 micrómetros, índice de blancura del 87,9%.

En esta zona existe un importante proyecto de investigación geológica y tecnológica, entre ENADIMSA y PRODEGSA, para la explotación del mineral existente en el área de Taravilla-Poveda de la Sierra.

Otras explotaciones importantes son las de Riodeva, situada en Rincón de Ademuz (Valencia), con producciones destinadas a las industrias del papel y cerámica; y la de Hontoria del Pinar (Burgos), de Caolines del Norte, S.L.

Las utilizaciones más comunes del caolín lavado son, en España, las siguientes: Industria papelera, el 44,5%; Industria cerámica, el 36,3%; Industria de pinturas, el 17,9%; Industria de refractarios, el 1,6%.

España se situaba, en 1978, en el undécimo lugar entre 49 países productores de caolín, entre los que EE.UU., Reino Unido y URSS figuraban en primer lugar.

## 2.4 ROCAS INDUSTRIALES

### Mármoles, granitos y serpentinas

Se catalogan como rocas ornamentales a todas aquellas sustancias que se extraen en bloques de pequeñas dimensiones, de naturaleza coherente, que son susceptibles de ser pulidas, resaltando así sus tonalidades, al igual que su estructura más o menos armónica.

Los principales materiales que pueden cumplir con estas condiciones son: Granitos, Dioritas, Sienitas, Gabros, Serpentin, Pórfidos, Diabazas, Mármoles, Calizas, Brechas calcáreas, Travertinos, Basaltos, Fonolitas, etc.

Su distribución en la geografía española es extremadamente extensa, por lo que en el esquema que se incluye solamente se han indicado las áreas donde potencialmente existen o pueden

existir algunos de los materiales ornamentales más importantes Fig. 2.22.

Los granitos se distribuyen en su mayoría por la zona más occidental del país. Dentro de ésta, es sin duda Galicia el área donde más importancia alcanzan, explotándose granito propiamente dicho, diabazas y algunas dioritas.

Los nombres comerciales de mayor transcendencia son los siguientes: granito "Albero San Román", que se explota en Friol (Lugo) y es de color blanco; el "Albero Rebordanes", en Tuy (Pontevedra), y también es de color blanquecino; el "Rosa Porriño", quizá el más famoso entre los granitos nacionales, se extrae al Sur de Porriño (Pontevedra) y tiene un color rosado característico; el "Dante Rosa" también de cerca de Porriño, de color gris; el "Gris Perla", uno de los más comerciales y decorativos de Meis-Villagarcía de Arosa (Pontevedra); el "Negro Galicia"

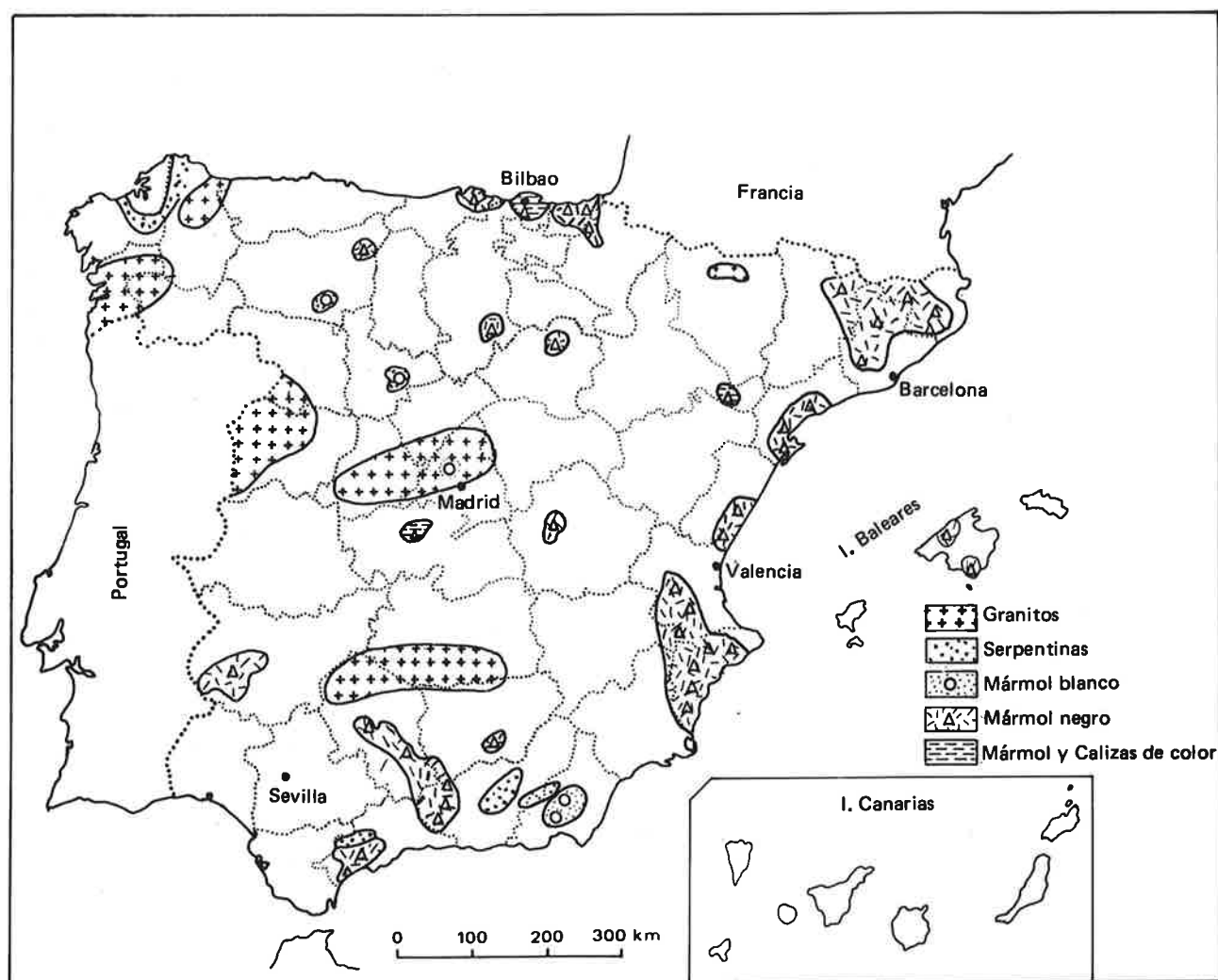


Fig. 2.22. — Areas con mármoles, granitos y serpentinas. Según IGME<sup>49</sup>.

de Portomarín (Lugo), y algunos más de menor importancia.<sup>49</sup>

La producción nacional de granitos ornamentales, que se ha incrementado invariablemente en el período 1980-84, alcanzó en este último año 365.087 toneladas valoradas en unos 1.100 MP, con un incremento respecto al año anterior del 16 por 100 en peso y del 27 por 100 en valor. Se incluyen en estas producciones exclusivamente la piedra destinada a sillería, la vendida en bruto y la roca ornamental propiamente dicha.

La producción gallega equivale, aproximadamente, al 60 por 100 del total nacional, destacando la provincia de Pontevedra, cuya aportación a esta industria reviste un interés especial por producir la famosa variedad denominada "Rosa Porriño". Otras provincias productoras de granitos ornamentales son Orense, La Coruña, Madrid, Barcelona y Lugo.

Entre los productores más importantes destacan: Granitos de Galicia, S.A., Ramilo, S.A., y Gramol, S.A., en Pontevedra; Grabasa y Graesa en Badajoz; Granosa, en La Coruña; Marsam, S.A., Guillén Granitos y Monudes en Madrid; Covimar en Vizcaya, y Santal, S.A., en Santander.

Las importaciones de granito en bruto durante 1984, ascendieron a 48.084 toneladas valoradas en unas 1.100 MP, a lo cual hay que añadir unas 3.400 toneladas de granito manufacturado por un valor de 209 MP.

Las exportaciones de granito en bruto alcanzaron casi las 234.000 toneladas por un valor de unos 1.700 MP, mientras que las de granito manufacturado —unas 35.000 toneladas— significaron un ingreso de 2.643 MP. Se incrementaron, en 1984, las exportaciones españolas, considerando la suma de ambas calidades un 36 en peso y un 59 por 100 en valor respecto a 1983.

El reparto por países de nuestras importaciones de granito en bruto en 1984 fue el siguiente:

Cuadro 2.76

	%
Finlandia ... ..	53
Noruega ... ..	16
Sudáfrica ... ..	12
Portugal ... ..	7
Brasil ... ..	6
Otros países ... ..	6
	100

Las principales empresas importadoras fueron: Ingemar, S.A.; Santal; Talleres Franco, y Grayco, S.A.

Algo más del 90 por 100 del granito bruto exportado se destina a Italia, repartiéndose el resto principalmente entre Francia y la R.F. Alemana.

En lo que concierne a las exportaciones de granito manufacturado, algo más de 35.000 toneladas valoradas en 2.643 MP, los principales países receptores, en 1984, fueron: Estados Unidos, Arabia Saudita, R.F. Alemania y Francia.<sup>77</sup>

Los principales yacimientos de mármoles y calizas marmóreas aparecen situados en las zonas de Levante y del Sureste, además de algunas provincias del Norte del país.

Los correspondientes a la primera de estas zonas son de muy variada composición y litología, describiéndose a continuación.

De edad Terciaria (Eoceno y Mioceno principalmente) se encuentran algunos travertinos y calizas más o menos recrystalizadas; los nombres comerciales de más interés que corresponden a estas rocas son "Crema Marfil", que se explota en Alicante; "Travertino Albox", de Albox (Almería); "Sabinar", de Sabinar (Murcia); y "Morata", de La Romana (Alicante).

Correspondientes al Jurásico se explotan distintos tipos de calizas y dolomías, así como términos intermedios y materiales brechoides. Las rocas más conocidas y de un mayor interés son: "Coralito", de color rojo y muy fosilífero, de El Cantón (Alicante); "Rojo Alicante", de Novelda (Alicante); "Rojo Cehégín" o "Rojo Laborda", de Cehégín (Murcia), "Beig Serpiente", que es una dolomía brechoide, siendo quizá uno de los materiales de mayor interés del país, se explota en Bullas (Murcia); "Bronceado" calizas espáticas con crinoides, de Atarfe (Granada); "Loja", caliza blanca oolítica de Loja (Granada) y otros de menor interés.

Mención especial tienen los yacimientos de rocas calcáreas llamados falsas ágatas u ónix calcáreos, que se denominan comercialmente "Ágatas de España" y que se encuentran entre materiales de edad Jurásica. Los principales yacimientos y explotaciones están situados en la Sierra del Ricote (Murcia) y Sierras de Parapanda y Madrid, en la provincia de Granada.

De edad triásica, los yacimientos son menos, tratándose siempre de calizas y dolomías recrystalizadas, presentándose los mejores afloramientos en la Sierra del Saliente (Almería).

Los materiales y yacimientos descritos has-

ta ahora corresponden a rocas sedimentarias. Las de naturaleza metamórfica se concretan en los mármoles, que se encuentran siempre en forma de intercalaciones entre series de micasquistos y calcoesquistos. La zona de mayor concentración de explotaciones, y sin duda, la de una mayor importancia en rocas ornamentales del país, se sitúa en Macael (Almería). Se extraen las variedades "Blanco Macael" que es un mármol blanco purísimo, "Anasol" mármol cipolínico, y "Gris Macael" de tonos ligeramente azulados.

Los materiales que se explotan en el Norte, y concretamente en el País Vasco, son calizas arrecifales y pararrecifales cretácicas, así como algunas calizas eocenas. Los nombres comerciales de mayor interés son el "Negro Marquina", muy oscuro y con recristalizaciones de restos fósiles, de Marquina (Vizcaya) y el "Mañaria" de color algo más claro y con vetas y manchas blancas, de Durango (Vizcaya). Además existen otros en las zonas de Mendaro, Lástur, Aldaz, etc. todos en la provincia de Vizcaya. En la de Guipúzcoa se explotan el "Gris Deva" de Azpeitia y el "Gris Erasun" de Rentería, y son unas calizas grises más o menos veteadas en gris claro u ocre; de color rojo con restos fosilíferos blancos y negros están el "Rojo Bilbao" de Rentería y el "Rojo Ereño" de Ereño.

En materiales calcáreos existen otras zonas en España de indudable importancia, como Cataluña (Barcelona y Gerona) y Palencia.<sup>49</sup>

La producción nacional de mármol ornamental fue en 1984, de 337.449 toneladas valoradas en unos 2.000 MP.

Existen explotaciones de mármol en un elevado número de provincias, aunque Almería cuenta con una producción que se aproxima al 45 por 100 del total nacional. Le siguen Alicante y Murcia que, aportan el 30 por 100 de la producción nacional, seguidas de Granada, Valencia y Navarra.

Las principales áreas de producción son Macael (Almería) y Novelda (Alicante). Las compañías productoras más significativas son Mármoles Consentino, Mármoles Filabres, Mármoles Sánchez Navarrete, Mármoles Acosán y Mármoles Sánchez López en Almería; y Levantina de Mármoles, Bermármol, S.A., Luis Sánchez y Carlos Tortos en Alicante.

Las importaciones de mármol en bruto, 67.529 toneladas en 1984 valoradas en 1982 MP, fueron similares a las del año anterior, tanto en peso como en valor. Se importaron, además,

1.180 toneladas de mármol manufacturado por un valor de 107 MP.

La mayor parte de las importaciones de mármol en bruto proceden, a partes iguales, de Italia y Portugal.

Las exportaciones de mármol en bruto, 29.008 toneladas en ese mismo año por un valor de 533 MP, se dirigieron principalmente a Italia (73 por 100) y a Francia (12 por 100).

Las importaciones de mármol manufacturado, en 1984, estuvieron próximas a las 1.200 toneladas y alcanzaron un valor de 107 MP, mientras que las exportaciones fueron de 25.052 toneladas valoradas en la importante cifra de 1.944 MP, destinadas a Arabia Saudita (45 por 100, en tonelaje), Estados Unidos (23 por 100) y a una larga relación de países el resto.

Las principales empresas importadoras fueron las siguientes: Ingemar, S.A.; Vasgramar, S.A.; Ureche, S.A.; Clemsa Mármoles, y Marsan, S.A.

En cuanto a las empresas españolas que exportan mármoles, las más destacadas son: Europa de Mármoles, Levantina de Mármoles y Mármoles de Baztán.<sup>77</sup>

Las serpentininas se encuentran principalmente en Galicia y en la región Sureste.

En la primera de estas regiones se distribuyen, asociadas a las rocas ultrabásicas, a lo largo de dos grandes unidades geoestructurales; la más importante corresponde al "Arco de Santiago" y constituye una banda que se extiende desde Ferrol a Carballo pasando por Puentedeume, Melid, Villa de Cruces, Santiago y Coristanco. La otra, de menores dimensiones es el macizo de Cabo Ortegal, situado entre Ferrol y Santa Marta de Ortigueira. Se realizan en estas áreas explotaciones, de mediana dimensión, obteniéndose un producto denominado comercialmente "Mármol verde".

Las masas de serpentina en la región Sureste se encuentran en afloramientos aislados, de forma normalmente lenticular, entre materiales esquistosos y carbonatados. Las localidades en que se extrae esta roca son Lubrín, Macael, Bayarque, Alcóntar y Serón (provincia de Almería); Güejar-Sierra, Nigüelas, Dílar y Monachil (provincia de Granada); Ronda, Coín (provincia de Málaga). El producto comercial obtenido es el "Verde Serpentina".<sup>49</sup>

La producción de serpentina como roca ornamental ascendió, en 1984, a 1975 t con un valor de 4.500.000 ptas.

## Pizarras

España es un país que posee muy variables tipos de pizarras. Estas, se encuentran repartidas en numerosos yacimientos a lo largo del contexto geográfico del país.

Las reservas de pizarras españolas, no han sido evaluadas hasta el momento, sin embargo se sabe, que es uno de los países europeos más destacados en cuanto a volumen potencial de esta sustancia se refiere.

Las zonas productoras más importantes de pizarra se encuentran distribuidas en las áreas siguientes: Galicia, León, Extremadura, Región Central, Cataluña, Levante, Vascongadas y Zona Sur.

Desde el punto de vista geológico, las pizarras en España, se encuentran asociadas a los terrenos de edades más antiguas. Así por ejemplo, todos los yacimientos del NO y O que existen, están ubicados en niveles paleozoicos, de edades,

preferentemente, cámbrica, ordovícica y silúrica. Estas formaciones discurren de Norte a Sur (y con características litológicas, físicas y químicas muy similares), Lugo (mitad oriental), Asturias (área occidental), Orense (borde oriental), León (comarcas de El Bierzo y La Cabrera) y Zamora (sector noroccidental).

Del mismo modo, se puede hablar del resto de los yacimientos de pizarra repartidos por el país, la mayoría pertenece a edades paleozoicas.

Los usos a que se destinan las producciones de pizarras españolas son muy variados:

### a) Ornamentales

Cobertura de edificios, baldosas, recubrimientos de bóvedas. Columnas, escaleras, mesas de billar ... etc.

### b) Objetos diversos

Cuadros de control, interruptores, material

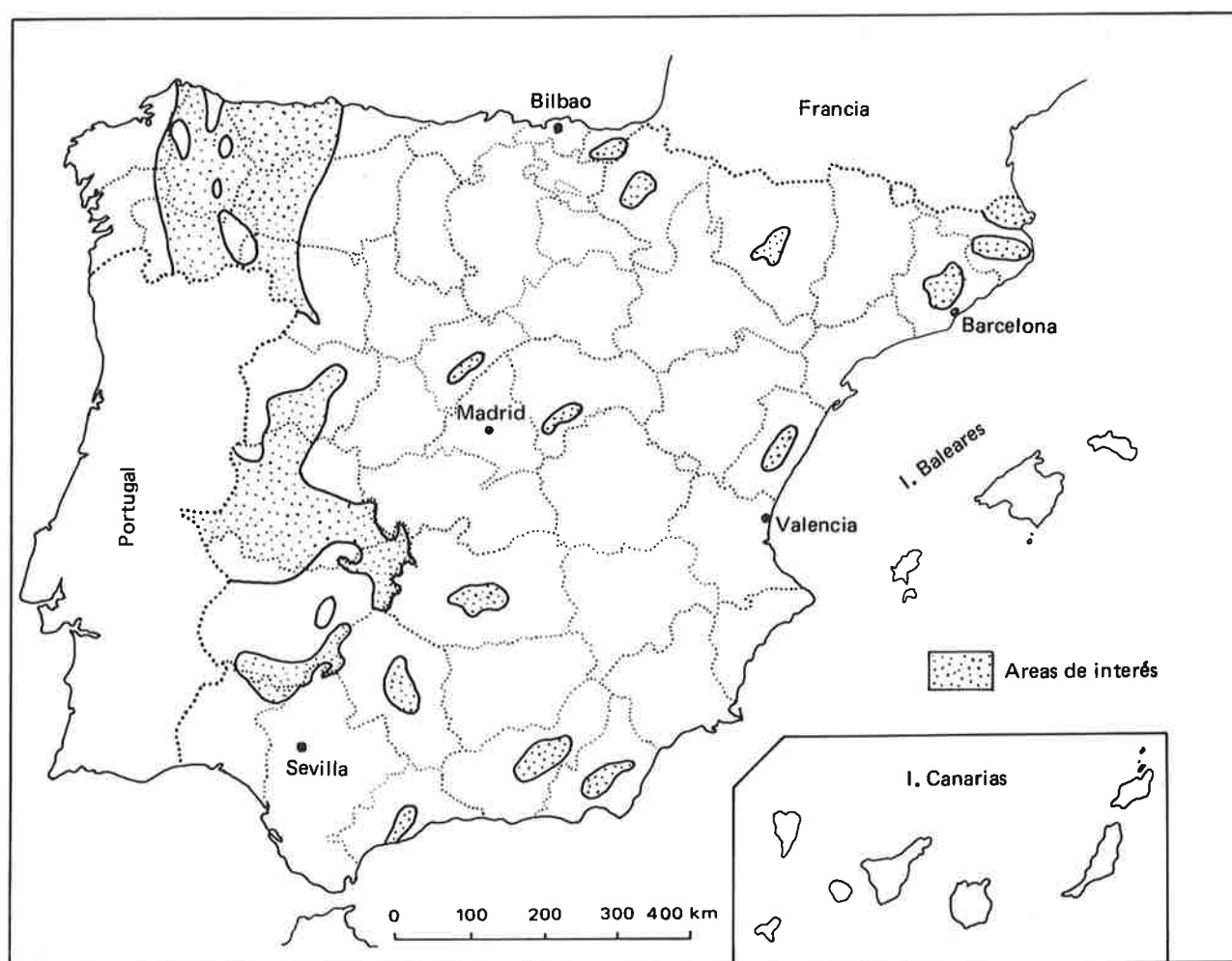


Fig. 2.23.— Principales zonas con pizarras para la construcción.



eléctrico, instalaciones de laboratorios, cubas de lavaderos... etc.

### c) Otros usos

Grava de pizarra, mezclas de asfalto, telas aislantes e impermeables, terrazos, compuestos bituminosos, pasta de cierres, plásticos, gomas y caucho, pinturas, agricultura, cementos, etc.

Las pizarras de mejor calidad se emplean para el recubrimiento de edificaciones.<sup>49</sup>

La producción nacional de pizarras ornamentales durante 1984 ascendió a 203.594 toneladas valoradas en 4.659 MP.

Los principales centros de producción se encuentran en Valdeorras (Orense), Puente de Domingo Flórez (León) y Quiroga (Lugo), siendo las compañías explotadoras más representativas: Cupre-Padesa, Irosa, Cufica, Pivasa, Ipisa e Ipisa, en Orense; Pizarras Los Campos y Pizarras Forcadas, en León; Pizarras Bernardos, S.L., en Segovia, y Pizarras de Villar del Rey, en Badajoz.

Casi el 100 por 100 de las pizarras ornamentales que se extraen en bruto en España se someten a un proceso de manufacturación para su exportación, que, en 1984, fue superior, en tonelaje, a la producción, debido a la acumulación de anteriores producciones.

Apenas existen importaciones de pizarras ornamental, ni en bruto ni manufacturada.

Por el contrario, España es un país netamente exportador, principalmente de pizarra manufacturada.

En 1984, se exportaron 247.312 toneladas de pizarra manufacturada que alcanzó un valor de 8.000 MP, lo que situó a esta sustancia en el segundo lugar de nuestras exportaciones de minerales, después de las potasas. La distribución, en tonelaje, por países fue la siguiente:

Cuadro 2.77

	%
Francia ... ..	72
Alemania R.F. ... ..	16
Bélgica ... ..	6
Reino Unido ... ..	5
Otros países ... ..	1
	100

Las principales empresas exportadoras fueron: Pizarras Samaca, S.A.; Cupre-Padesa; Pizarras Campo, S.A.; Ipisa, S.A. y Cufica, S.A.

Las escasísimas importaciones que se realizaron en 1984 correspondieron a tableros eléctricos, placas para mesas de billar y marcos para portarretratos.<sup>77</sup>

### Yacimientos puzolánicos

Según su origen hay dos tipos de puzolanas naturales: volcánicas y organógenas. Las volcánicas son rocas piroclásticas silíceas de diversa tipología y las organógenas son rocas sedimentarias con abundante sílice hidratada, constituidas por acumulación de esqueletos y caparazones de animales (infusorios, radiolarios) y plantas (algas, diatomeas).

Hay un tercer grupo de materiales puzolánicos naturales, de origen mineral, con mucha menor importancia, que son ciertos tipos de arcillas silíceas en las que la sílice aparece en forma de ópalo, chert y porcelanita.

Finalmente, hay que considerar un tipo de materiales que no poseen propiedades puzolánicas de modo natural, pero que las adquieren al ser tratados térmicamente. Es el caso de las bauxitas, arcillas y pizarras. También dentro de este grupo de puzolanas artificiales se pueden incluir otros productos o subproductos industriales, tales como las cenizas de centrales termoeléctricas y el polvo de chimeneas de horno alto.

Los materiales puzolánicos de uso más frecuente derivan de tobas volcánicas y pumitas. Las tobas son piroclastos volcánicos consolidados con un tamaño de grano generalmente inferior a 5 mm, (piroclastos sueltos, piroclastos soldados y piedra pómez).

Hay que señalar que de todos los materiales tobáceos existentes, sólo poseen altos valores de puzolanidad aquellos que tienen un alto contenido vítreo y una alta proporción de sílice, tales como las tobas vítreas de naturaleza riolítica.

Cuando las tobas sufren una alteración posterior, sobre todo si esa alteración es de tipo hidrotermal, el aumento de las características puzolánicas es patente.

Las puzolanas volcánicas españolas se localizan fundamentalmente en las Islas Canarias, Ciudad Real y Gerona.

La casi totalidad de los materiales que forman las Islas Canarias son de origen volcánico, los cuales reposan sobre un basamento plutónico de carácter básico que aflora fundamentalmente

en la parte occidental de la isla de Fuenteventura.<sup>78</sup>

Las emisiones volcánicas más antiguas son de naturaleza basáltica y ocupan grandes extensiones en Tenerife, Gran Canaria y La Gomera, apareciendo en macizos más reducidos en Lanzarote, Fuerteventura y La Palma.

Después de estas erupciones se produjo una transgresión marina en la parte occidental del continente africano, momento en el que tuvieron lugar violentas explosiones que, rompiendo el zócalo basal, expulsaron gran cantidad de lavas fonolíticas que rellenaron las depresiones preexistentes y dejaron sin cubrir las altas mesetas, pitones y plutones formados por los materiales anteriores.

Tal cantidad de lavas acentuó el proceso de hundimiento, que a su vez provocó un aumento en la acidez de los materiales emitidos (traquitas, riolitas, etc.) y un considerable incremento de la violencia de las erupciones, que comenzaron a disminuir durante el período regresivo que sucedió a la transgresión marina del continente, en el que se llega a la completa tranquilidad volcánica.

Durante la orogenia alpina, y como consecuencia de la misma, se producen algunos hundimientos en los edificios volcánicos, originándose nuevas estructuras más estables.

Estos movimientos tectónicos dan lugar al comienzo de un nuevo ciclo eruptivo, el último premioceno, que se caracteriza por la escasez de productos emitidos, tanto de coladas lávicas como de productos piroclásticos.

Es durante el Mioceno superior cuando los movimientos que afectan al borde continental africano tienen su reflejo en las Islas Canarias, donde se producen dislocaciones y hundimientos de algunos bloques, lo que implica una nueva inestabilidad geológica y consiguiente ciclo de actividad volcánica, de carácter predominantemente ácido. Este proceso va dibujando el contorno y características de las islas, que adquieren su forma en el Plioceno medio.

Como consecuencia de los movimientos verticales ascendentes que se iniciaron en el Plioceno medio, al final de este período comienza un nuevo ciclo eruptivo en el que nos hallamos en la actualidad. Los productos emitidos son muy homogéneos en cuanto a composición, siempre basáltica, originando los característicos campos de lava denominados localmente "malpaíses".

De estas coladas recientes, la más antigua de las que se tienen referencias es la acaecida en

Tenerife durante el año 1340, y la más moderna la del Teneguía, en la isla de La Palma, a finales de 1971.

Cada isla constituye un edificio volcánico independiente, y la única relación geológica de las tierras canarias se encuentra en el zócalo precámbrico, nexo de unión al mismo tiempo de las islas con las plataformas saharianas, posteriormente fracturada y hundida bajo las aguas. Sin embargo, existen analogías tanto petrográficas como estructurales, entre los materiales de las distintas islas, que permiten ciertas correlaciones, fundamentalmente de tipo cronológico.

Se estima que existen abundantes reservas, si bien no todos los materiales volcánicos tienen poder puzolánico activo, aunque su composición mineralógica y química responda a dicho carácter. Por ello, gran parte de la producción de rocas piroclásticas tipo lapilli son utilizados básicamente como áridos y no para la fabricación de cementos puzolánicos.<sup>78</sup>

Los yacimientos de Ciudad Real se localizan en la comarca natural denominada Campo de Calatrava. El centro geográfico principal se sitúa en Almagro, encontrándose los principales yacimientos a pocos kilómetros de la población. Existen, además, otros yacimientos dispersos por otras áreas de esta región pero sus reservas son escasas.

Los materiales que integran estos yacimientos están formados por piroclastos sueltos (tipo lapilli) de diverso colorido (negro, amarillento, pardo, etc.), formando masas ripables de grandes reservas.

En su aspecto externo son materiales idénticos a los de Canarias, siendo su composición mineralógica, también, análoga. Únicamente se detecta aquí la presencia constante del mineral accesorio melilita, como componente diferencial.<sup>49</sup>

Las formaciones volcánicas de Ciudad Real, con interés puzolánico, son de edad neógenacuaternaria y se encuentran en dos dominios geológicos.<sup>78</sup>

El primero de ellos corresponde a aquellos edificios situados sobre terrenos paleozoicos, fundamentalmente cuarcíticos. Es el caso de los volcanes de Porzuna, Piedrabuena, Picón, Aldea del Rey, etc.

El segundo corresponde a las efusiones situadas sobre sedimentos miocenos del Campo de Calatrava. Se agrupan aquí los volcanes de El Palo, Poblete, Calzada de Calatrava, Daimiel, etc.

Petrográficamente, los materiales de esta

zona están incluidos entre las composiciones de basalto y limburgita, y toba.

Morfológicamente los volcanes varían desde el tipo homogéneo, formado casi exclusivamente por productos lávicos, hasta el estromboliano, constituido por productos piroclásticos, pasando por todos los términos intermedios en cuanto a proporción y disposición de los distintos materiales. Mención aparte merecen los volcanes de tipo altamente explosivo, que han dado lugar a la formación de depósitos de mar.

Los tipo estromboliano son muy frecuentes en el Campo de Calatrava, si bien presentan una gran heterogeneidad de productos piroclásticos; entre los más típicos cabe nombrar el de La Yezosa, al Sur de Almagro, La Cornudilla, en Granátula, Los Molinos, de Almodóvar y La Atalaya, de Ballesteros.

Los de tipo explosivo suelen presentarse formando una gran depresión de planta circular o elíptica, y rodeados parcialmente por depósitos del material expulsado. Los depósitos más frecuentes en este caso están constituidos por productos piroclásticos finos distribuidos en niveles centimétricos, y englobando numerosos fragmentos de cuarcitas y pizarras, predominantemente. Ejemplos de este tipo de depósito son los localizados al Sur de Poblete y en Alarcos.

Los depósitos volcánicos de la región catalana se sitúan al Norte de la provincia de Gerona generalmente relacionados con las grandes fracturas que definen las fosas tectónicas.

Existen tres sectores, en los que se concentran las manifestaciones volcánicas; el primero de ellos lo componen la Fosa tectónica de Olot, y una serie de manifestaciones volcánicas, que distribuidas por la serie de Finestres llegan hasta las inmediaciones de Gerona (San Feliú de Pallars, San Martín de Llémana, Canet de Adrí); el total de edificios volcánicos asciende a unos 40. Petrográficamente estos materiales se clasifican como basaltos con tendencia basáltica.

El segundo grupo de manifestaciones volcánicas se agrupa en la Comarca de La Selva, que

desde el punto de vista morfoestructural constituye otra fosa tectónica rellena por sedimentos pliocenos y cuaternarios de tipo continental, de potencia muy variable, con espesores máximos de 400 m. En este sector los materiales volcánicos se disponen directamente sobre rocas ígneas o materiales paleozoicos, desapareciendo a veces bajo los recubrimientos terciarios. Los materiales predominantes son basaltos débilmente alcalinos.

El tercer sector está localizado en la comarca del Ampurdán, correspondiéndose con otra fosa tectónica neógena, definida por el Macizo Costero Catalán y los Pirineos; posee dos grupos de manifestaciones volcánicas. El más septentrional, situado en el Alto Ampurdán, está constituido por traquiandesitas mientras que el meridional localizado en el Bajo Ampurdán, es de naturaleza basáltica.

La totalidad de los volcanes del área es de tipo estromboliano, presentándose constituidos por un cono, abierto o en herradura, de productos piroclásticos, tipo lapilli y unas coladas basálticas de variable extensión, que suelen fluir siguiendo los cauces fluviales preexistentes.<sup>78</sup>

Los principales depósitos se distribuyen en las zonas de Olot, Canet de Adri y San Dalmay, destinándose la producción a la fabricación de cementos puzolánicos.

El principal problema que presenta la explotación de estos depósitos es la desaparición de edificios volcánicos que se enmarcan en un conjunto paisajístico único, cuya alteración ocasiona un deterioro y quebranto irreparable.

El consumo de materiales puzolánicos, durante 1984, fue el siguiente: Cenizas volantes, 519.123 t con un valor de 319.261.000 ptas. Escorias de horno alto, 946.093 t con un valor de 1.534.563.000 ptas; Puzolanas volcánicas, 1.127.280 t con un valor de 920.988.000 ptas.

En dicho año, este consumo experimentó un acusado descenso como consecuencia de una baja del 17% en la producción de cemento, respecto a 1983.

## B I B L I O G R A F I A

- (1) I.G.M.E.— *Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. Madrid. 1977.
- (2) SIERRA LOPEZ, J.— *Política de materias primas minerales en España*. Conf. en Cámara Francesa de Comercio e Industria. Madrid. 22.2.77.
- (3) GARCIA-LOYGORRI, A.— *Conf. Sesión Clausura IX Cong. Int. Estr. Geol. Carbonífero, Urbana (U.S.A.)*. Mayo 1979.
- (4) ARIBAS, A.— *Caracteres geológicos de los yacimientos españoles de uranio*. *Studia geológica IX*, 1975, 7-63.
- (5) OECD Nuclear Energy Agency.— *Uranium Resources, production and demanda*. 1977.
- (6) J.E.N. Energía Nuclear, t. 20, núm. 103. 1976.
- (7) HERRERO, J. y ARIBAS, A.— *Prospección geoquímica de uranio en los suelos y vegetación de la mina Fe-3. Ciudad Rodrigo (Salamanca)*. *Tecniterrae*, núm. 21, 1978, 22-30.
- (8) RAMIREZ, E.— *Estudio geológico de los yacimientos uraníferos de "Mesas de Poyato" y "Hoja del Lobo" La Serena (Badajoz)*. *Bol. Geol. y Min.*, t. LXXXVI, 1969, 547-63.
- (9) ASCANIO, F.— *Exploración y producción de hidrocarburos en España*. *Pap. Ec. Esp.* p. 121-129, 1980. *Conf. Esp. Cajas Ah.*
- (10) QUEROL, R.— *Petroleum Exploration in Spain*. *Inst. Petr.* pp. 49-71, London 1969.
- (11) ASCANIO, F. y CASTILLO, F.— *Breve nota acerca de la investigación petrolífera en el Mediterráneo español*. *Ing. Química*, pp. 57-62, mayo 1980.
- (12) GARCIA SENERIZ, B.; QUEROL, R.; CASTILLO, F. y FERNANDEZ ARIBAS, J.R.— *A new hydrocarbon Province in the Western Mediterranean*. 10th World Petr. Bucharest 1979, pp. 191-197.
- (13) ASCANIO, F.— *Yacimientos Nacionales de Gas Natural. Situación Actual y Proyección a Futuro*. *Jorn. Téc. Gas Nat.* en España. Madrid, Octubre 1985.
- (14) I.G.M.E. División de Investigaciones Mineras.— *Estudio básico de los yacimientos de Cu-Ni, tipo Arinteiro*.
- (15) WILLIAMS, P.J.— *The genesis and metamorphism of the Arinteiro-Bama deposits, Santiago de Compostela, Northwestern Spain*. *Ec. Geol.* vol. 78, 1983, pp. 1.689-1.700.
- (16) OEN, I.S.; FERNANDEZ, J.C. y MANTECA, J.I.— *The Lead-Zinc and Associated ores of La Unión, Sierra de Cartagena, Spain*. *Econ. Geol.*, vol. 70, p. 1.259, 1975.
- (17) RIOS ARAGUES, S.— *Estudio geológico del metalotecto plumbífero del Ordyciense (La Carolina-Santa Elena, Sierra Morena oriental)*. Provincia de Jaén. *Tesis Doctoral, E.T.S. Ingenieros de Minas de Madrid*, 1977.
- (18) VADALA, P.— *Le gite de ZnS-PbS a gangue ankeritique de Reocín (Santander, Espagne)*. *Tectonique diapirique, phenomenes karstiques et mineralisations*. *Th. Doct. Univ. Orleans*, 1979.
- (19) I.G.M.E. Dirección de Recursos Minerales.— *Inventario Nacional de Recursos de Plomo y Cinc*. 1980.
- (20) PINEDO VARA, I.— *Minerales complejos de la cuenca de Huelva*. *Industria Minera*, núm. 125, 1971, 11-35.
- (21) VAZQUEZ GUZMAN, F.— *Génesis de la mina "M<sup>a</sup> Luisa", La Nava (Huelva, España)*. *Una mineralización zonada*. *Bol. Geol. Min.* t. LXXXII-IV, 1972, 377-86.
- (22) I.G.M.E. División de Investigaciones Mineras.— *Estudio básico del yacimiento de Sn tipo Calabor*. 1976.
- (23) I.G.M.E. División de Investigaciones Mineras.— *Estudio básico del yacimiento de W tipo Barruecopardo*. 1976.
- (24) I.G.M.E. División de Investigaciones Mineras.— *Investigación minera para Sn-W al Sudoeste de Salamanca*. 1977.
- (25) ALMELA, A.; ALVARADO, M.; COMA, J.; FELGUEROSO, C. y QUINTERO, I.— *Estudio geológico de la región de Almadén*. *Bol. Inst. Geol. y Min. España*, núm. 73, 1962, 193-327.
- (26) ALMELA, A. y FEBREL, T.— *La roca fraileasca de Almadén un episodio tobáceo del Siluriano Superior*. *Not. y Com. Inst. Geol. y Min. España*, núm. 59, 1960, 41-72.
- (27) SOLER, M.; FELGUEROSO, C. y AGUILAR, M.— *Un ejemplo de la aplicación de técnicas petrográficas y microtectónicas a la geología minera: El yacimiento de las Cuevas (Almadén)*. *Jorn. Min. Met.*, t. II, Bilbao 1975.
- (28) I.G.M.E. División de Investigaciones Mineras.— *Estimación de las reservas minerales en Vizcaya*. 1975.
- (29) I.G.M.E. División de Investigaciones Mineras.— *Estimación del potencial minero en el subsector II, área 1 Wagner Vivaldi*. 1975.
- (30) VAZQUEZ GUZMAN, F.— *Introducción a la metalogenia de los depósitos de hierro en el SO de España*. 1<sup>er</sup> Curso Roso de Luna: *Investigación y economía de los recursos geológicos-mineros. Área II Estudio metalogénico de depósitos minerales y técnicos especiales*. I.G.M.E., 1977, 203-08.
- (31) I.G.M.E. Dirección de Recursos Minerales.— *Investigación de magnetitas en el área de La Berrona*. 1979.
- (32) CUETO, A.; RUIZ, C. y AREVALO, P.— *Presencia de vonsenita en la mina Monchi, Badajoz (España)*. *Bol. Geol. y Min.* t. LXXXII-II, 1971, 186-90.
- (33) I.G.M.E. División de Investigaciones Mineras.— *Informe sobre el Cerro de Hierro*. 1978.
- (34) Compañía Andaluza de Minas, S.A.— *El yacimiento de hierro del Marquesado*. VI Congreso Internacional de Minería. Madrid 1970.
- (35) MAILLOT, R.— *Contribution a l'étude géologique du gisement de fer du Marquesado (Espagne)*. *Mineralium Deposita* 6, 4, 1971, 380-91.
- (36) TORRES, J.— *Los yacimientos de hierro de la comarca del Marquesado del Zenete: Alquife y Las Piletas (Granada, Cordilleras Béticas)*. *Tesis Doct. Univ. Granada*, 1980.
- (37) STRAUSS, G.K. y MADEL, J.— *Geology of Massive Sulphide Deposits in the Spanish-Portuguese Pyrite Belt*. *Geol. Rundschau*, 63, 1, 1974, 191-211.
- (38) VAZQUEZ GUZMAN, F.— *Metalogenia de la mina Concepción (Almonaster la Real, Huelva, España)*. Su aplicación a la prospección de sulfuros masivos en el SO de la Península Ibérica. *Com. Serv. Geol. Portugal*, t. LX, 1976, 107-19.
- (39) SCHERMERHORN, L.J.G.— *The Deposition of Volcanics and Pyritite in Iberian Pyrite Belt*. *Mineral. Deposita*, 5, 1979, 273-279.
- (40) MUNHA, J.— *Blue Amphiboles, Metamorphic Regime and Plate Tectonic Modelling, in the Iberian Pyrite Belt*. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 69, 1979, 279-289.
- (41) HUTCHINSON, R.W.— *Volcanogenic sulfide deposits and their metallogenic significance*. *Econ. Geol.* 68, 1973, 1.223-1.246.
- (42) WILLIAMS, D.; STATON, R.L. y RAMBAUD, F.— *The Planes-San Antonio pyritic deposit of Río Tinto, Spain: its nature, environment and genesis*. *Trans. Inst. Min. Metall.*, sect. B. vol. 84, 197, 73-81.
- (43) STRAUSS, G.K. y GRAY, K.G.— *The International outlook for Spanish Pyrites*, Fifth Industrial Minerals International Congress. Madrid. Abril, 1982.
- (44) STRAUSS, G.K. y MADEL, J.— *From sulphur ore to base metals*. *Sulphur*, núm. 120, 1975, 24-33.
- (45) STRAUSS, G.K.; MADEL, J. y FERNANDEZ ALONSO, F.— *Exploration practice for stratabound volcanogenic sulphide deposits in the Spanish-Portuguese Pyrite Belt: Geology, geophysics, and geochemistry*. *In Time and Strata-Bound Ore Deposits*. Springer-Verlag, 1977, 55-93.
- (46) FEBREL, T.— *Criaderos y yacimientos minerales*. E.T.S. Ingenieros de Minas de Madrid. 1970.
- (47) I.G.M.E.— *Estudio geológico-minero, a escala 1:10.000, en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán*. I-958/1. Colección Informe, 1976.
- (48) Ministerio de Industria. Programa Nacional de Investigación Minera, t. 15, Madrid, 1971.
- (49) I.G.M.E.— *Los minerales y rocas de aplicación industrial en España*. 1976.
- (50) I.G.M.E. División de Investigaciones Mineras.— *Fase previa para la investigación de minerales de aluminio en el área Villacorta-Riaza*. 1974.
- (51) CASTELLS, C.— *Der Kali und Salbergbau Spaniens*. Gluckauf, t. 113, fasc. 3<sup>o</sup>, 1977, 123-33.
- (52) CALVO SORANDO, J.P.— *Los yacimientos de diatomita en España*. *Bol. Geol. Min.*, t. XCII-IV, 1981, p. 274-284.

## BIBLIOGRAFIA

- (53) *The industrial minerals of Spain*. Industrial Minerals, núm. 103, 1976, 15-51.
- (54) I.G.M.E. División de Geotecnia.— *Normativa para la cualificación tecnológica de feldespatos*. 1977.
- (55) I.G.M.E. Dirección de Recursos Minerales.— *Investigación geológico-minera del potencial de talco en la zona de Puebla de Lillo (León)*. Enero 1982.
- (56) I.G.M.E. Dirección de Recursos Minerales.— *Inventario Nacional de los Recursos de Barita*. 1982.
- (57) LIPPERHEIDE, F. y BARRENECHEA, A.— *A Review of the Spanish Fluorspar Industry and its role in World Markets*. 5<sup>o</sup> Congreso Industrials Minerals. Madrid. 1982.
- (58) Ministerio de Industria.— *Programa Nacional de Explotación Minera*. t. 23. Minerales no metálicos. Madrid. 1981.
- (59) I.G.M.E. Dirección de Recursos Minerales.— *Inventario Nacional de los Recursos de Fluorita*. 1982.
- (60) I.G.M.E. División Investigaciones Mineras.— *Investigación en la zona de Alanís-Cerro Muriano (Córdoba y Sevilla)*. 1975.
- (61) ESPI RODRIGUEZ, J.A.— *Aspecto metalogénico de los criaderos de flúor-plomo de Sierra de Gádor (Almería)*. Tesis doctoral E.T.S. Ingenieros de Minas de Madrid, 1977.
- (62) FORSTER, A.— *Die Fluspatlagerstätten Asturiens/Nordspanien und deren Genese*. Geol. Rundschau, 63, 1, 1974, 212-63.
- (63) GARCIA IGLESIAS, J.— *Estudio de inclusiones fluidas en los depósitos de fluorita de Berbes (Asturias, España)*. Bol. Geol. Min., t. LXXXIX-I, 1978, p. 69-83.
- (64) TEJERINA, L. y ZORRILLA, J.— *Descripción geológica del distrito minero de Caravia-Berbes (Asturias)*. Bol. Geol. Min. t. XCI-VI, 1980.
- (65) DABRIO, C.; GARCIA YEBRA, R.; GONZALEZ DONOSO, J.M. y VERA, J.A.— *Turbiditas asociadas a evaporitas*. Cuad. Geol. 3, 1972, 139-64.
- (66) ORTEGA HUERTA, M.— *Estudio mineralógico del yacimiento de estroncio de Montevives (Granada)*. Mem. Lic. Fac. Ciencias. Univ. Granada, 1973.
- (67) COLLANTES ESTRADA, L.P. y GRIFFO NAVARRO, J.L.— *Panorámica general del yeso en España. Los yesos de la cubeta de Calatayud en la provincia de Zaragoza*. Tecniterrae, núm. 46. 1982.
- (68) I.G.M.E. Dirección de Recursos Minerales.— *Minerales y Rocas Industriales de España*. Marzo, 1982.
- (69) I.G.M.E. División de Geotecnia.— *Plan Nacional de Yesos*. Madrid, 1975.
- (70) PILGER, A.— *Dévonien supérieur, Carbonifère inférieur et Namurien avec la magnésite d'Eugui au sud-ouest du massif d'Aldudes -Quinto Real dans les Pyrénées Occidentales espagnoles*. Pirineos, núm. 111, 1974, 129-149.
- (71) PETRASCHKE, W.E.; KRALIK, M. y RANZENBACHER, A.— *The Strata-bound Magnesite Deposit of Eugui-Asturreta in the Spanish Pyrenees*. In Time-and-Strata Bound Ore Deposits, et. D.D. Klenn and H.J. Scheider, 1977, 254-259, Springer-Verlag.
- (72) GUTIERREZ, M. y GARCIA IGLESIAS, J.— *El yacimiento de magnesita de Valderrodero (Asturias, España)*. Bol. Geol. Min. t. XCIII-III, 1982, 233-243.
- (73) I.G.M.E.— *Posibilidades Mineras de la Provincia de Cádiz*. 1981.
- (74) Bentonita, sepiolita, attapulgit, etc.— *Swelling markets for active clays*. Industrials Minerals núm. 126, 1978, 49-91.
- (75) I.G.M.E. Dirección General de Minas.— *Investigación de los yacimientos de caolín y cuarzo en Asturias*. P.N.M., 1972.
- (76) CAOSIL.— *Una moderna y racional explotación española de caolines y sílices*. Minerales y Rocas, Junio, 1982.
- (77) I.G.M.E.— *Panorama minero 1984*.
- (78) I.G.M.E. Investigación de Rocas Puzolánicas en España. 1984.

