



# IGME

# S

## MAPA METALOGENETICO DE ESPAÑA E. 1:1,500.000

Mapa previsor de mineralizaciones de  
**AZUFRE**



12002

**S**

MAPA METALOGENETICO  
DE  
ESPAÑA  
E. 1:1.500.000

Mapa previsor de mineralizaciones de  
A Z U F R E

Editado  
por el  
Departamento de Publicaciones  
del  
Instituto Geológico y Minero  
de España  
  
Ministerio de Industria  
Servicio de Publicaciones  
  
Ríos Rosas, 23 - Madrid - 3

Depósito Legal: M - 21.940 - 1972

---

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Madrid-16

## **1. METODOLOGIA**

### **1.1. ESTABLECIMIENTO DE TIPOLOGIAS DE LOS YACIMIENTOS DE CADA SUSTANCIA A ESCALA MUNDIAL**

Cualquier yacimiento mineral presenta múltiples características, muchas de las cuales son comunes a distintos individuos. Los yacimientos minerales se pueden clasificar desde varios puntos de vista, eligiendo en cada caso, como caracteres comunes para formar los grupos, aquellos que sean más sensibles al objeto buscado.

Un yacimiento mineral, desde un punto de vista geológico, posee una serie de características internas (formales, materiales y temporales) y otra de externas, que se refieren al medio geológico en el que yace. A su vez, si nos fijamos en el yacimiento tal como aparece actualmente, cabría distinguir, entre las características que definen al medio geológico, las que son anteriores o simultáneas a la formación del yacimiento y puedan tener que ver con su proceso genético, y las que son esencialmente posteriores.

Una tipología genética de yacimientos tendría únicamente en cuenta las características internas y las del medio geológico de carácter previo o singenético con las mineralizaciones.

Sin embargo, los yacimientos minerales hay que explotar-

les y prospearlos tal como yacen actualmente, y en consecuencia, una tipología de yacimientos con vista a su investigación minera debe tener en cuenta esas características adquiridas con posterioridad por el medio. Así, por ejemplo, resulta obvio que una tipología genética de yacimientos de hulla nunca tendría en cuenta que las capas estén o no plegadas, y, sin embargo, esta consideración, fundamental desde el punto de vista de la investigación y explotación de los yacimientos, debe ser recogida en una clasificación establecida con ese objetivo.

Por otra parte, toda investigación minera, de una forma u otra, busca siempre del yacimiento su aspecto de objeto valorable, su interés económico, aunque la prospección se realice apoyándose en las características que le definen como objeto geológico. En este sentido, los yacimientos minerales cuyas características se analizan, comparan y clasifican para establecer la tipología, deben tener un probado interés económico.

Finalmente, como toda prospección se conduce apoyándose en las relaciones observables en el medio geológico que puedan constituir guías hacia la mineralización, tal clasificación de yacimientos debe poner también de manifiesto esas relaciones materiales, objetivas, independientemente de que se comprendan las razones genéticas de su existencia. En este sentido la tipología debe tener una clara base naturalista.

En resumen, se puede concluir que la clasificación buscada tendrá una concepción natural, restringida a los individuos de interés económico y admitirá subdivisiones en función de aspectos que puedan influir de forma importante en la investigación, explotación y mineralurgia de las menas.

Estos principios son los que han inspirado las tipologías que se presentan en forma de cuadro, para las sustancias prioritarias, dentro de las grandes limitaciones inherentes a un objetivo de tal alcance.

Así, la base fundamental de la clasificación son las co-

lumnas centrales: «características internas de la mineralización» y «metalotectos típicos».

Como características internas, se reseñan sucesivamente las formales, materiales y temporales. Las formales se refieren a la geometría interna del cuerpo mineralizable, con indicación de concordancia, discordancia o peneconcordancia, las dimensiones y las formas en la que la mena se distribuye en ese cuerpo (masiva, diseminada, etc., etc.).

Los materiales recogen los aspectos mineralógicos y geoquímicos. Se distingue la mineralogía primaria de la posible supergénica, es decir, la generada por procesos de oxidación y concentración. Dentro de cada una se señalan las paragénesis minerales fundamentales, sucesión en su caso, y los aspectos textuales más distintivos. Se indica también si existe alguna asociación geoquímica característica y se incluye igualmente la zonalidad a escala de individuo mineral.

Los metalotectos se formulan en su concepción más amplia. Se consideran los siguientes tipos de metalotectos:

- *Físicos*: Se refieren a características físicas del medio, tales como porosidad, fisuración, etc.
- *Mineralógicos*: Minerales relacionados con la mineralización que pueden ser constituyentes de la ganga o de rocas encajantes y próximas (por ejemplo, alteraciones hidrotermales, minerales accesorios de los granitos estanníferos).
- *Geoquímicos*: Tales pueden ser, contenidos superiores a los normales de mineral o rocas en determinados elementos o simplemente la presencia de ellos.
- *Biológicos*: Como señala Nicolini (1970), son metalotectos biológicos frecuentes, determinados microorganismos, materias orgánicas en relación con yacimientos «red beds» y «kupferschifer» y arrecifes, entre otros.
- *Estructural*: En la localización de muchas mineralizaciones hay un factor de tipo estructural determinante, y muy especialmente en las epigenéticas.

- *Litológicos*: Se refiere a rocas encajantes o próximas relacionadas.
- *Estratigráficos*.
- *Sedimentológicos y paleogeográficos*.
- *Geométricos del medio*: Ciertos aspectos de la geometría del medio, como puede ser la zonalidad de yacimientos, puede ser muy indicativa de la posible ubicación de yacimientos (Nicolini, 1970).
- *Geotectónicos*: De gran significación, sobre todo a escalas pequeñas.

La metodología de investigación recibe consideración en la columna siguiente, indicándose para niveles de prospección regional y estimación-evaluación, índices de rendimientos y coste de los métodos geológicos, geofísicos o geoquímicos de prospección.

A continuación viene la columna de características económicas y mineras, dividida en cinco subcolumnas. La primera refleja los condicionamientos tecnológicos, mineralógicos y metalúrgicos, que puedan existir; la segunda, intervalos de cubicación, da idea del intervalo de tolerancia de los individuos, con indicaciones de si se trata de explotaciones de interior o de exterior; la tercera presenta los intervalos de leyes; la cuarta, los de producción anual; finalmente, la quinta, la importancia económica del tipo o subtipo expresada, como ya se ha indicado, bien por el porcentaje respecto al total mundial del valor de las producciones acumuladas más las reservas existentes, bien por el porcentaje que supuso en el valor de la producción en un determinado período de tiempo.

Los tipos y subtipos se denominarán por el nombre del yacimiento más importante (holotipo), que reúne las características del tipo. La descripción se hace por enumeración ordenada de los caracteres típicos diferenciativos o selectivos.

Cada cuadro va acompañado de una breve nota explicativa en la que se comentan, en primer lugar, las limitaciones más

importantes que han surgido al formular los tipos y los parámetros fundamentales utilizados en la clasificación. Se acompaña también una orientación sobre la correspondencia de los tipos establecidos y los que surgirían desde un punto de vista genético, poniendo de manifiesto las transiciones existentes.

Se hace un juicio sobre la metodología general aplicable a la prospección, señalando los aspectos peculiares que puedan permitir la búsqueda de algunos tipos y subtipos. Si ha lugar, se examinan los condicionamientos tecnológicos.

Finalmente, se destacan las características económicas y mineras de los yacimientos individuales, la importancia económica mundial de los diferentes tipos y su futuro.

Se incluye una selección de la bibliografía consultada de mayor interés en relación con la clasificación establecida.

## 1.2. DEFINICION DE LAS ZONAS, AREAS Y TIPOS METALIFEROS ESPAÑOLES

Todos los datos referentes a las zonas y áreas se registran en cuadros adecuados, cuyas columnas centrales, «Características internas de la mineralización» y «Metalotectos específicos», son análogas a las de la tipología mundial y particularizadas para los yacimientos españoles. A través de ellas se establece la correspondencia con los tipos mundiales.

En la primera columna se registran y enumeran las zonas de norte a sur y de oeste a este. Con el mismo criterio y a continuación se indican las áreas incluidas en cada una con especificación de su extensión en hectáreas, situación de actividad o inactividad minera, y mención del yacimiento más representativo.

En las columnas siguientes se hace una calificación conforme a la numeración de los tipos y subtipos correspondientes de la tipología mundial.



En la columna de metalotectos específicos se ha añadido una subcolumna de rendimiento global en investigación, valorado semicuantitativamente de 1 a 3, que pretende completar la metodología general de investigación del tipo, con la consideración de las condiciones particulares de cada área.

La última columna de características económicas y mineras, análoga a la de la tipología mundial, se refiere a los yacimientos españoles. En la subcolumna final se indica la importancia económica relativa del área y zona por porcentajes del valor de la producción anual o de las producciones aumentadas más las reservas, según la información disponible. La cumplimentación de los datos correspondientes a esta columna supone, en la mayoría de los casos, un difícil problema por lo fragmentario de la documentación existente, aunque esta labor se ha visto notablemente facilitada gracias a haber podido disponer de los estudios realizados por el PNEM.

Cada cuadro va acompañado de una nota explicativa. Se señalan en ella, en primer lugar, los problemas planteados para la definición de zonas, áreas y tipos, enumerándose también los indicios aislados que no se han utilizado para definir áreas, por no disponer de un conocimiento suficiente, en unos casos, o por juzgar que su importancia era mínima en otros.

Se resaltan también, si ha lugar, aspectos sobresalientes de las características internas de la mineralización y de los metalotectos peculiares de la zona, concluyéndose sobre su incidencia en la metodología general de investigación. A continuación y a partir del mapa previsor 1 : 1.500.000 (véase 1.3) se pone de manifiesto, en algunos casos significativos, la importancia relativa que en la extensión del área tienen los metalotectos comprobados, probables, posibles y ocultos.

Se presenta también una clasificación de las zonas y áreas en orden de importancia económica decreciente, con indicación del tipo a que corresponden, lo que permite comparar la importancia económica de los tipos a escalas mundial y nacional.

Finalmente, para cada tipo se comparan los intervalos de cubicación, leyes y producción de los yacimientos en el mundo y en España, obteniéndose las conclusiones correspondientes sobre la dimensión económica de los yacimientos españoles.

### 1.3. CONFECCION DEL MAPA METALOGENETICO 1 : 1.500.000 DE ESPAÑA

#### 1.3.1. Comentarios al fondo geotectónico utilizado y explicación de la leyenda

Desde el punto de vista de su evolución, se distinguen por su color dos únicos grupos de terrenos. Uno gris, integrado por aquellos cuya estructura actual proviene esencialmente de acontecimientos ligados a la orogenia herciana, y otro naranja, que reúne las unidades establecidas durante la orogenia alpina. Los dos núcleos paleozoicos en laderas alpinas, se representan con el color herciano, si bien se le añade un puntado alpino, para expresar que han sido modificados, a veces fundamentalmente, por esta última orogenia.

Mediante color se distingue también el nivel de consolidación de las rocas hipogénicas, que por su especial interés metalogenético se han individualizado sobre el fondo general. Su quimismo y relación con los diferentes episodios orogénicos se indican por la forma y color de una trama superpuesta.

En el caso particular del archipiélago canario, se representan, como en la Península, los afloramientos de sus rocas efusivas, pero por sus características particulares, tal representación se efectúa sin vincularlas a los ámbitos herciano o alpino, que en el dominio insular carecen de significación.

Las rasgos estratigráficos se han simplificado al máximo; se señalan únicamente, mediante rayados, las áreas donde sedimentos pospaleozoicos ocultan, a modo de cobertera, el zócalo subyacente. Distínguense asimismo, dentro de zonas re-

cubiertas, las zonas particulares donde los paquetes suprayacentes han experimentado plegamiento, reflejo pasivo de la movilidad en bloques del substrato que los sostiene (Cadenas Ibéricas).

Así como en ambas Castillas la cobertera del primario incluye materiales cuya sedimentación fue motivada por fenómenos muy variados, acaecidos durante el Mesozoico y Terciario, los depósitos neógenos que rellenan las depresiones, internas y marginales, de las cadenas alpinas (franja norte del valle del Ebro, valle del Guadalquivir, etc.), responden específicamente a la intensa denudación de los nacientes relieves montañosos (Pirineo y Béticas). A esta diferenciación originaria entre los recubrimientos de lo alpino y lo herciniano, ha de añadirse que mientras el substrato paleozoico poseía el carácter de plataforma rígida durante su anegación bajo la cobertera posterior, el substrato de las depresiones béticas o pirenaicas no era totalmente inmóvil, sino que su actividad ha ocasionado a veces ligeras deformaciones de tipo diapírico o gravimétrico en las unidades suprayacentes.

Por ambas razones, se ha creído conveniente significar estas áreas semimóviles, con el color alpino, manteniendo, sin embargo, el rayado de cobertera.

En relación a rasgos estructurales, se ha preferido limitarlos lo más posible en el fondo común y reproducirlos, en cambio, con el mayor detalle en las aplicaciones concretas del mapa a las sustancias prioritarias.

Tal simplificación responde a varios motivos. El primero de orden tipográfico, es evitar que en la representación de metalotectos, algunos de los rasgos más notables de éstos se confundieran sobre un fondo, necesariamente denso en signos y datos, dada la complejidad y diversidad geológica de los mapas de la Península a escala 1 : 1.500.000. La segunda razón que ha movido a introducir pocos rasgos estructurales es que la información tectónica más confiable de que se dispone proviene de trabajos a escalas de detalle, que para este fin de-

berían reducirse previamente a 1 : 1.500.000. En cambio no se han acometido aún auténticos trabajos concebidos y realizados a esta escala. Por ello, los datos sobre grandes fallas, etc., publicados oficialmente, varían tanto de unos a otros, en su localización y naturaleza, que debe, prudentemente, prescindirse por ahora de estas, más bien, sugerencias geotectónicas, hasta que se posea conocimiento más preciso de las mismas (fig. 1.3-1).

### 2.3.2. Comentarios al fondo minero y explicación de la simbología

#### AREAS METALIFERAS

##### A) *Delimitación de áreas metalíferas*

Estas áreas, por ofrecer características diferentes en cuanto a sus posibilidades de representación, se dividen en los tres grupos siguientes:

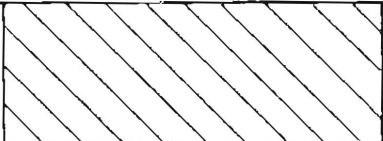
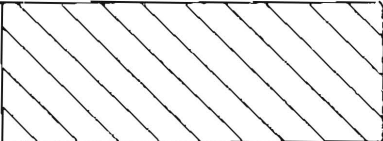

##### a) *Áreas representables a escala*

Las áreas que comprenden uno o varios metalotectos de dimensiones susceptibles de ser cartografiadas a la escala de trabajo, se delimitan según los contornos reales de metalotectos.

Estos límites pueden adoptar las formas de línea continua, de trazos y de puntos, en función del grado de confianza a expresar, comprobado, probable y posible, respectivamente.

————— comprobado,  
— — — — — probable,  
..... posible.

# BASE GEOTECTONICA

DOMINIO HERCINIANO		DOMINIO ALPINO	
COBERTERA DE PLATAFORMA		NO PLEGADAS	
		REGIONES PLEGADAS	
ZOCALO HERCINIANO			
			ZONA SEMIMOVIL
			ZONA MOVIL
			NUCLEOS PALEOZOICOS

— — — — — ALINEACIONES DE DISCONTINUIDAD EN EL BASAMENTO

⊕ ROCAS IGNEAS	ACIDAS	INTERMEDIAS	BASICAS	ALCALINAS
			ULTRABASICAS	
PLUTONICAS	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + + +	x x	y y y y y y y y y y y y y y y y y y y y	z z z z z z z z z z z z z z z z z z z z
EFUSIVAS	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + + +	x x	y y y y y y y y y y y y y y y y y y y y	z z z z z z z z z z z z z z z z z z z z

* DOMINIO ULTRA-METAMORFICO	S S S S S S S S S
-----------------------------	-------------------------

\* Fondo del color del dominio orgánico.  
⊕ Trama " " " " " "

FIGURA 1.3-1

b) *Áreas no representables a escala*

En este caso, se recurre a la expresión simbólica mediante círculos, en la siguiente forma:

Cuando las áreas no sean representables a escala, por dimensiones no cartografiables de sus metalotectos correspondientes, se utiliza un círculo de circunferencia continua y 9 milímetros de diámetro (fig. 1.3-2).

**SIMBOLICOS :**

**DIMENSION NO CARTOGRAFIABLE**

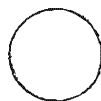


FIGURA 1.3-2

Si la representación a escala no es posible, debido a imprecisión o desconocimiento de sus límites metalotécticos, se utiliza un círculo de circunferencia a trazos y 12 milímetros de diámetro (fig. 1.3-3).

**LIMITES IMPRECISOS**



FIGURA 1.3-3

c) *Áreas ocultas*

Cuando los metalotectos integrantes de un área se sumerjan bajo terrenos suprayacentes, tanto en el caso de representación a escala como simbólica, el sentido de la sumersión se indica mediante el uso de flechas normales a la línea límite del área.

El grado de certidumbre de esta continuación en profundidad de metalotectos aflorantes se expresa por el tipo de la

flecha correspondiente; en línea continua, comprobado, y en línea a trazos, probable. El color de la flecha coincide con el correspondiente de los límites (fig. 1.3-4).

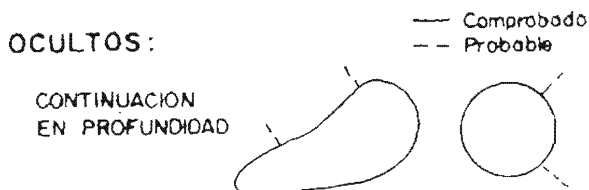


FIGURA 1.3-4

Cuando un área, ya cartografiable por su dimensión y conocimiento de sus metalotectos, ya simbólica, no aflore, se representa de forma análoga a las aflorantes, pero introduciendo flechas normales al límite y hacia el interior de los mismos (fig. 1.3-5).

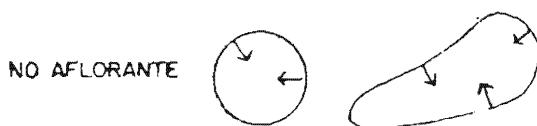


FIGURA 1.3-5

#### B) *Importancia económica mundial del tipo de yacimiento*

Para cada una de las sustancias tratadas, y de acuerdo a la contribución que cada subtipo aporta a la producción mundial, según figura en el cuadro de tipología, se ordenan éstos por importancia decreciente, y a esta serie ordenada, se adjudica una escala de colores, que va decreciendo en intensidad (violeta, azul, rojo, verde, marrón, naranja, amarillo, etc.), con lo que se consigue que, ópticamente, destaquen tanto más cuanto mayor sea su importancia.

Con objeto de poder hacer la comparación de los subtipos existentes en España, en relación con los mundiales, se incluye la clasificación completa en este capítulo.

Esta escala de colores establecida, y que es variable para cada mapa en función del número de subtipos existentes, afecta a la representación de límites de áreas, en cualquiera de sus variantes (a escala, simbólicos u ocultos).

En el caso de existir imposibilidad de encasillar un área en la tipificación correspondiente, por falta de datos o inexistencia de tipo característico, se utiliza el color negro.

### C) *Importancia económica nacional del tipo de yacimiento*

Otro factor que afecta a la delimitación de áreas es el grosor de las líneas límites, que es indicativo de la importancia económica nacional del subtipo.

En general, se emplean dos grosores (1 y 0,5 milímetros) y su utilización se establece según límites porcentuales de aportación a la producción actual, variables para cada sustancia.

### D) *Importancia económica actual*

La magnitud de este carácter, ya sea referida a producción anual actual o a producción acumulada en período reciente, lo que se especifica en cada caso, se expresa por el tamaño de las letras que componen la denominación de cada una de las áreas metalíferas.

Se han utilizado, en general, tres tamaños de letras mayúsculas (fig. 1.3-6).

AREA	>	%
AREA	-	%
AREA	<	%

FIGURA 1.3-6



La elección del tamaño se realiza en cada sustancia de acuerdo con el porcentaje que suponga en el total nacional lo producido en el lapso de tiempo considerado por el área de que se trata, teniendo en cuenta que los valores límites de cada intervalo son variables en cada sustancia, según sus características peculiares.

#### E) *Tipo genético*

Se utilizan los mismos signos que en el mapa 1 : 200.000, habiéndose suprimido las diferenciaciones correspondientes a la fase hidrotermal.

Estos símbolos, en negro, se adosan a las líneas límites de áreas (fig. 1.3-7).

La inexistencia del símbolo correspondiente implica falta de datos para pronunciarse en favor de uno u otro tipo, y el signo de interrogación, figurando junto al símbolo, expresa su carácter dudoso.

### METALOTECTOS ESPECIFICOS

La expresión gráfica de estos caracteres, en general, se realiza en forma simbólica. Se emplean colores, sobrecargas y demás signos indicativos, afectando al interior de la superficie delimitada como área. En la mayoría de casos, significan existencia o predominio de esos factores litológicos, estructurales o estratigráficos y no una exposición cartográfica de ellos, que, por otra parte, si es posible se realiza.

#### A) *Metalotectos estratigráficos*

Se representan por colores transparentes que afectan a la totalidad de la superficie encerrada por el área en cuestión. La escala básica de colores utilizada se mantiene fija para todas las sustancias, de acuerdo al código siguiente:

- |                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| — Precambriano, paleozoico ... .. | marrones.           |
| — Trías ... ..                    | violetas.           |
| — Secundario ... ..               | azules.             |
| — Terciario-Cuaternario ... ..    | naranjas-amarillos. |











TIPO GENETICO	ALTERACION SUPERFICIAL	ALUVIONAR	SEDIMENTARIO	VULCANO SEDIMENTARIO	VULCANOGENO
					
	HIDROTHERMAL	NEUMATOLITICO	PEGMATITICO	MAGMATICO	METAMORFOSADO
					

FIGURA 1.3-7

ESTRATIGRAFICOS	
	CUATERNARIO
	TERCIARIO
	SECUNDARIO
Trias	
	PRIMARIO
	PRECAMBRIANO

FIGURA 1.3-8

En cada mapa particular, cuando interese señalar la estratigrafía con mayor detalle o se quieran individualizar facies especiales, se recurre al empleo de una gama de tonos sobre la base de la escala especificada, variando de oscuro (antiguo) a claro (moderno) (fig. 1.3-8).

## B) Metalotectos litológicos

Al igual que los estratigráficos, se señalan mediante sobrecargas en el interior del área que refleja la existencia y predominio de una litología, simple o compleja, relacionada con las mineralizaciones, utilizando el código siguiente (figura 1.3-9):

ROCAS SEDIMENTARIAS					
	Conglomerados		Areniscas		Arcillas
	Calizas		Dolomías		Margas
ROCAS METAMORFICAS					
	Pizarras		Mármoles		Gneis
	Cuarcitas		Esquistos		Granitos gneissicos y migmatíticos
					Id. de origen dudoso (rojo)
ROCAS IGNEAS					
	Acidas	Intermedias	Basicas	Alcalinas	
PLUTONICAS					
EFUSIVAS					

FIGURA 1.3-9

En el caso de rocas de origen ígneo se utiliza el mismo código que el empleado en la base geotectónica: el color de fondo, rojo para las rocas plutónicas, y verde para las efusivas, se intensifica en este caso para destacarlo sobre los integrantes de la base.

Las sobreimpresiones adjudicadas a la base se conservan en este caso (fig. 1.3-10):

ALINEACIONES DE DISCONTINUIDAD EN EL BASAMENTO				
⊕ ROCAS IGNEAS	ACIDAS	INTERMEDIAS	BASICAS ULTRABASICAS	AL CALINAS
PLUTONICAS (fondo rojo)	+ +	x x	Y Y	Λ Λ
EFUSIVAS (fondo verde)	+ +	x x	Y Y	Λ Λ

FIGURA 1.3-10

Todas las sobreimpresiones que caracterizan metalotectos litológicos se realizan en negro, salvo en el caso de rocas metamórficas (granitos gneósicos y migmatíticos) de origen dudoso, que se realizan en rojo (fig. 1.3-9).

### C) Metalotectos estructurales

Exceptuando el caso que vengan ya cartografiados sobre el mapa, su representación es simbólica, y de esta forma afecta tanto a las áreas representables a escala como a las simbólicas.

Los caracteres estructurales metalotécticos de las áreas metalíferas se indican por símbolos en negro, adosados al interior de los límites correspondientes y adoptando, cuando sea posible, direcciones y tendencias reales, según el cuadro (figura 1.3-11):

## ESTRUCTURALES

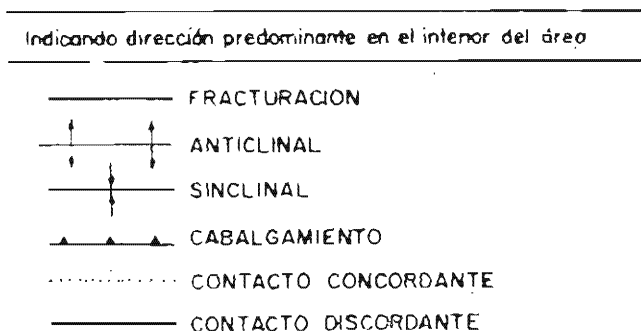


FIGURA 1.3-11

### D) *Otros metalotectos*

Para cada mapa particular, la existencia de metalotectos específicos de carácter físico, geoquímico, biológico, geométrico, etc., se realizará en el apartado que a tal fin figura con espacio en blanco.

Por otro lado, si existen metalotectos de orden geotectónico, ya figuran expresados en la base.

## YACIMIENTOS E INDICIOS

La intensidad de mineralización correspondiente a un área metalífera se representa, de forma orientativa, por la situación de yacimientos e indicios que existen en su interior.

### A) *Morfología*

Se expresa de acuerdo al código siguiente (fig. 1.3-12):

Como color de los símbolos, se emplea el específico del tipo a que pertenece. En el caso de falta de datos para su tipificación, especialmente en el caso de indicios, se utiliza color negro.

## MORFOLOGIA

Colores correspondiente al tipo







-  filón (indicando dirección)
-  estratiforme (id.)
-  masivo y diversos
-  aluvionar
-  desconocida
-  indicio

FIGURA 1.3-12

### B) Magnitud

La importancia económica, histórico y/o actual estimada, de un yacimiento o grupo de ellos, se refleja por el tamaño de las letras empleadas en su denominación, utilizando minúsculas, y, generalmente, tres intervalos de magnitud, subrayando la denominación si está en actividad (fig. 1.3-13).

MAGNITUD	
Tamaño de la denominación (letras minúsculas)	
Subrayado en actividad actual	
<b>Yacimiento</b>	En función de su importancia, histórica + ac- tual, estimada.
<u>Yacimiento</u>	
Yacimiento	

FIGURA 1.3-13

### C) Mineralogía

Se observa la misma identificación que en los mapas 1:200.000, para la representación de la mineralogía correspondiente, según el grabado adjunto (fig. 1.3-14).

MINERALOGIA	
n	= nativos
z	= sulfuros, afines.
h	= sales halóides.
o	= óxidos, hidróxidos, niobatos, titanatos, antimoniatos, tantalatos
c	= carbonatos, boratos, nitratos y yodatos
s	= silicatos
t	= sulfatos, cromatos, molibdatos, wolframatos
f	= fosfatos, arseniatos, vanadatos
<i>En menas complejas, ordenación cuantitativa de las sustancias.</i>	

FIGURA 1.3-14

Este quimismo afecta a la totalidad de un área cuando se mantiene constante en su interior; en caso de ser variable, se especifica dicha variación en cada uno de los yacimientos que lo precisen.

En el caso de menas complejas, las sustancias correspondientes se ordenarán de forma cuantitativa, y el quimismo sólo afecta a la sustancia tratada.

## **2. LOS MAPAS METALOGENETICOS 1 : 1.500.000 Y AREAS FAVORABLES DE LAS SUSTANCIAS PRIORITARIAS**

### **2.1. AZUFRE**

#### **2.1.1. Tipología mundial**

Sobre los cuadros 2.1-2 y 2.2-2 es interesante hacer las consideraciones siguientes:

“ Han sido separados en diversas tipologías yacimientos de muy heterogénea importancia económica, según ámbitos geológicos y geotectónicos muy bien definidos.

El tipo A no necesita aclaración, los tipos B y C siguen la distribución mundial de yacimientos de hidrocarburos, donde exista una facies «flyschoides» con alternancia yesífera y abundancia de evaporitas, es decir, en ambiente de deposición de transiciones o bordes paleogeográficos.

La descomposición de hidrocarburos, la fuga por roturas estructurales o migraciones de  $\text{SH}_2$  con deposición en medios porosos, la migración de otros flúidos reductores que inducen sobre los sulfatos, evaporitas, etc., son todos ellos mecanismos físico-bioquímicos que conducen a la formación de las masas de azufre de este tipo.



Además de los volcanes actuales, se consideran por su gran importancia dentro del cuadro de producciones actuales otras dos grandes fuentes de azufre: las masas piritosas y los yacimientos de gas natural rico en  $\text{SH}_2$ . En la primera se alude a la tipología del Cu, para definirlo, y la segunda define tipología propia, ya que el gas no se considera en esta serie.

Se deben mencionar aquí, aunque no se tipifiquen en el cuadro, otras dos fuentes, como son el resto de yacimientos sulfurados y el carbón.

Dada la escasa importancia económica que tienen algunos de los modelos, que se han tipificado, no se alude a metodología de prospección por considerar que es un subproducto de la de hidrocarburos líquidos y gaseosos. De hecho, muchas compañías petrolíferas han derivado sus actividades hacia el azufre como subproducto, tanto en sus fases de exploración como de explotación.

La calidad dieléctrica del azufre puede constituir una base física importante en su prospección, si la profundidad no es grande y son masas importantes, mediante el empleo de técnicas geofísicas.

No parecen aplicables las técnicas geoquímicas, aunque este campo de posibilidades está poco investigado.

Los tipos asociados o sedimentos son fáciles de prospectar en las tres escalas de trabajo. No sucede así con los yacimientos sinvolcánicos, en los que, después de una cuidadosa cartografía estratovolcánica, se necesitarán medidas geofísicas para detectar yacimientos ocultos.

El azufre es un elemento estratégico con variaciones cíclicas en el mercado internacional, y por tanto de precio variable en márgenes importantes. Siendo la materia prima fundamental (85 por 100 del total) en la fabricación del ácido sulfúrico, sus previsiones de mercado están de acuerdo con las oscilaciones de la gran industria química.

Se dan a continuación algunos cuadros expresivos en cuanto a la importancia industrial de cada tipo de yacimiento y el momento actual del S.

Producción de azufre elemental 1966 (x 1.000 t.):

USA .....	8.385
Canadá .....	1.826
Méjico .....	1.714
Francia .....	1.534
U. R. S. S. ....	1.500
Polonia .....	476
Japón .....	283
China .....	250
España .....	9
<b>TOTAL .....</b>	<b>15.977</b>

En la producción de USA, el 74 por 100 proviene de domos salinos en la región de Lousiana.

El total de la producción mundial en 1966 se distribuye según su origen:

	Porcentajes
Azufre elemental .....	52
Piritas .....	32
Sulfatos y subproductos .....	16

Del azufre elemental obtenido, la distribución fue la siguiente:

TECNICAS EXTRACTIVAS	Porcentajes
Laboreo de minas .....	13,4
Método Frasch .....	52,2
Gas natural .....	34,4

El laboreo de minas está muy limitado a pequeñas profundidades o excluido, ya que la minería que se practica es a cielo

abierto y si hay un mínimo espesor que justifique la extracción se ensaya el método Frasch como medio económico de explotación.

El futuro dará más importancia a los métodos extractivos baratos, y en función de la demanda se ensayarán tecnologías nuevas que traten de extraer azufres de otras fuentes.

Se da, por último, un cuadro de posibilidades deducibles de las reservas que en 1965 se estimaban en Estados Unidos:

FUENTE	S (10 <sup>6</sup> t)
Domos salinos ... ..	200
Depósitos de superficie ... ..	10-30
Sulfuros ... ..	100-150
Carbón ... ..	5.000
Petróleo ... ..	45
Gas natural ... ..	7
Fizarras bituminosas ... ..	50
Yesos y anhidritas ... ..	Enormes
Agua de mar ... ..	Enormes

### 2.1.2. Zonas, áreas y tipos metalíferos españoles

Con referencia al cuadro 2.1-3 y al mapa del azufre, es interesante hacer las siguientes consideraciones:

La definición de zonas se reduce a separar la paleogeografía de los bordes de las cuencas miocenas marinas, es decir, de los miocenos lacustres ricos en evaporitas, ya que el metalotecto receptivo son las capas de margas yesíferas que se encuentran en ellas.

Las principales zonas son: Libros (Teruel), Arcos y Conil (Cádiz), y la gran zona de Alicante, Albacete y Murcia. Un yacimiento en la provincia de Granada enlaza la paleogeografía de estos yacimientos, idénticos en génesis, morfología y demás características. Todos ellos están en relación con indicios de

hidrocarburos, metalotectos orgánicos participantes en el proceso genético.

El área Benahadux-Gádor representa una amplia zona en la provincia de Almería en relación con volcánicas → aguas termales ( $+SH_2$ ) → azufre + alunitas con metalotectos receptivos de margas yesíferas en contactos triás-mioceno.

El tipo Riotinto representa a todos los yacimientos de tipo sulfurado de los que se obtiene S de la tostación de la mena, aunque no todo pase por el estado elemental para ser convertido en ácido sulfúrico. Por ser la única producción de España en el momento actual figura en el cuadro.

Otros indicios no representados por su aislamiento y desconocimiento de características definitivas son los de Cáceres, Soria y Laredo (Santander).

La planificación de una investigación es sencilla y barata a escala regional en ambos tipos de yacimientos. El número de sondeos a realizar a mayor escala encarece otras fases, pero el grado de confianza en los resultados es óptimo.

El gran condicionamiento tecnológico de los yacimientos es la posibilidad o no de aplicación de las técnicas de inyección de agua caliente (Frasch) para la extracción. No es fácil pensar en la explotabilidad de las menas que se describen con leyes relativamente bajas sin el Frasch o cielo abierto. En el momento actual no son explotables las conocidas.

Desde ese punto de vista, la importancia económica relativa es mayor en los yacimientos de la zona de Almería, en el caso de España.

En general, las dimensiones de cubicación de los yacimientos de ambos tipos españoles no resisten la comparación con los similares mundiales, los que a su vez mantienen una gran competencia con otras fuentes de producción (Cap Rocks, Gas Natural, Depósitos sulfurados, etc.), que son comparativamente mucho más importantes, según el cuadro que se dio en el párrafo correspondiente (azufre mundial).

Substancia: *Azule*

Substancia: *Azule*

[illegible]

Substancia: *Azul*

Substancia: *Azul*

TIPO	SUBTIPO	HOLOTIPO Denominación País	DESCRIPCION TIPICA	CARACTERISTICAS INTERNAS DE LA MINERALIZACION								METALOTECTOS TÍPICOS										METODOLOGIA INVESTIGACION				CARACTERISTICAS ECONOMICAS Y MINERAS								
				FORMALES			MATERIALES					TEMP.	Físicos	Mineralógicos	Geoquímicos	Biológicos	Estructurales	Litológicos	Estratigráficos	Sedimentológico y Paleogeografía	Geométricos del medio	Geotectónicas	Nivel de Prospección Nivel Estimado	SISTEMATICA	Indicador integral 1-5-10-15-20-25-30-35-40-45-50-55-60-65-70-75-80-85-90-95-100	CONDICIONAM	TECNOLOGICOS	INTERVALOS DE CUBICACION del yacimiento		INTERVALOS DE LEYES del yacimiento		INTERVALOS DE PRODUCCION ANUAL del yacimiento		IMPORTANCIA ECONOMICA
				morfología	dimensión (en )	distribución de la mena	mineralogía primigenia	mineralogía supergénica	GEC SUMICA	ZONALIDAD	EDAD																	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	
EN RELACION CON DEPOSITOS VOLCANICOS																																	13%	
D	11	Iwason JAPON	En cráteres o calderas  Coladas de azufre	Irregular lingüiforme lenticular																			R	E									Poco interesantes	
	12	Varios en CHILE PERU JAPON INDONESIA	Sulfataras		Varios metros de espesor	Oxido, calcedonia, tenarita, marcassita, fleurite.																R	E						80-90 %			Importancia limitada por su tamaño 0.3 %		
	13	MACUA JAPON  Kunashin U.R.S.S. Khovobee JAPON	Fondo de lagos en cráteres	Lenticular	Diámetro 300 m. Potencia 10-25 m.																	R	E									Poco interesantes		
	2	Enache Ofusi JAPON  Muchas en Sudamérica e Indonesia	No necesariamente en los cráteres	Irregular Filoniana Estratiforme		Sulfuros, sulfatos, cloruros, óxidos, berilito, tridimita opala.																R	E					De 0 a miles de Km				Muy importantes 1%		
CUATERNARIO																																		
DE PIRITAS																																	32%	
E		Riotinto ESPAÑA Jachahua JAPON Iannan NORUEGA Hvando CANADA Bajo Alentejo PORTUGAL		Masas de tamaño muy variable	Homogenea	Py + Calcopirritas y otros sulfuros																R	E	Geofísica Geoquímica		Azufre subproducto	de 40.000 t/a a 300.000 t/a en promedio	40-50 %	2-3-10 <sup>6</sup> toneladas					
RECUPERACION DE AZUFRE DE GAS NATURAL																																	17%	
F		Lac FRANCIA  Alouette RINOLVA	Yacimiento de gas natural con SH <sub>4</sub>																										30% SH <sub>4</sub>			Investigación de hidrocarburos		
HIDROCARBURCS																																		
Rocas porosas																																		
Parte alta de trampas estructurales de hidrocarburos																																		

Substancia: *Azufre*

FIGURA 2.1 - 3

[illegible]

INSTITUTO GEOLOGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA  
RIOS ROSAS, 23 · MADRID-3