



IGME

Ni

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

Mapa previsor de mineralizaciones de
N I Q U E L



12013

Ni

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

**Mapa previsor de mineralizaciones de
NIQUEL**

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 prospectarles tal como yacen actualmente, y en consecuencia, una tipología de yacimientos con vista a su investigación minera debe de 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 favorable, 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 parágenésis 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 punteado 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 químismo 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 cobertura, 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 cobertura 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 cobertura 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 cobertura.

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:

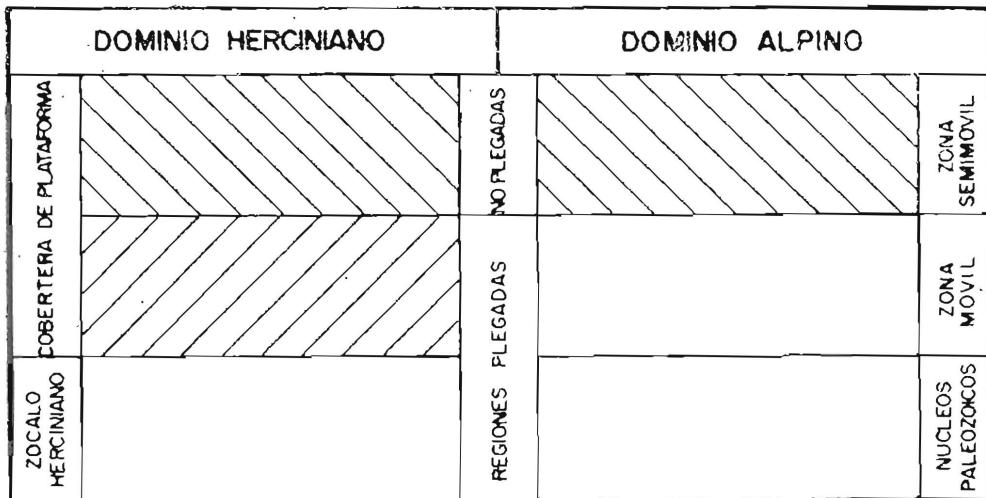
a) *Areas representables a escala*

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



ALINEACIONES DE DISCONTINUIDAD EN EL BASAMENTO

④ ROCAS IGNEAS	ACIDAS	INTERMEDIAS	BASICAS		ALCALINAS
			ULTRABASICAS		
PLUTONICAS	+	+	+	+	+
EFUSIVAS	+	+	+	+	+

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

* Fondo del color del dominio orogénico.

④ Trama " " " " " "

FIGURA 1.3-1

b) *Areas 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 cartografiadas de sus metalotectos correspondientes, se utiliza un círculo de circunferencia continua y 9 milímetros de diámetro (fig. 1.3-2).

SIMBOLICOS :

DIMENSION NO CARTOGRAFIABLE

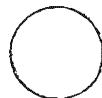


FIGURA 1.3-2

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

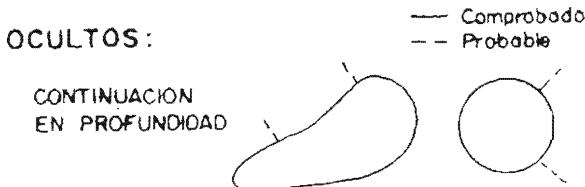


FIGURA 1.3-4

Cuando un área, ya cartografiable por su dimensión y conocimiento de sus metatetectos, 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).

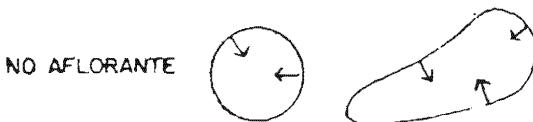


FIGURA 1.3-5

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).

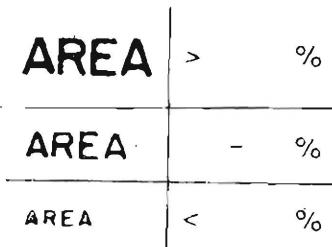


FIGURA 1.3-6

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.
- Tríadas violetas.
- Secundario azules.
- Terciario-Cuaternario naranjas-amarillos.

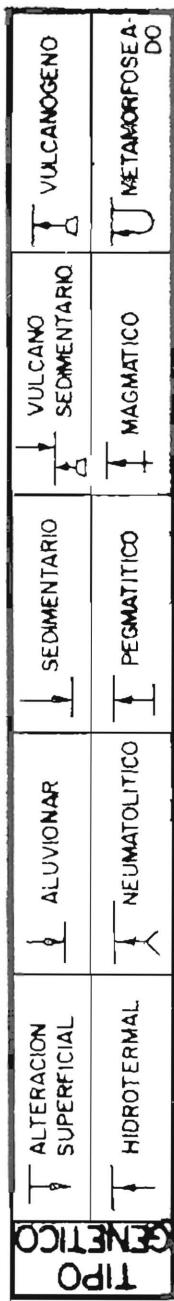


FIGURA 1.3-7

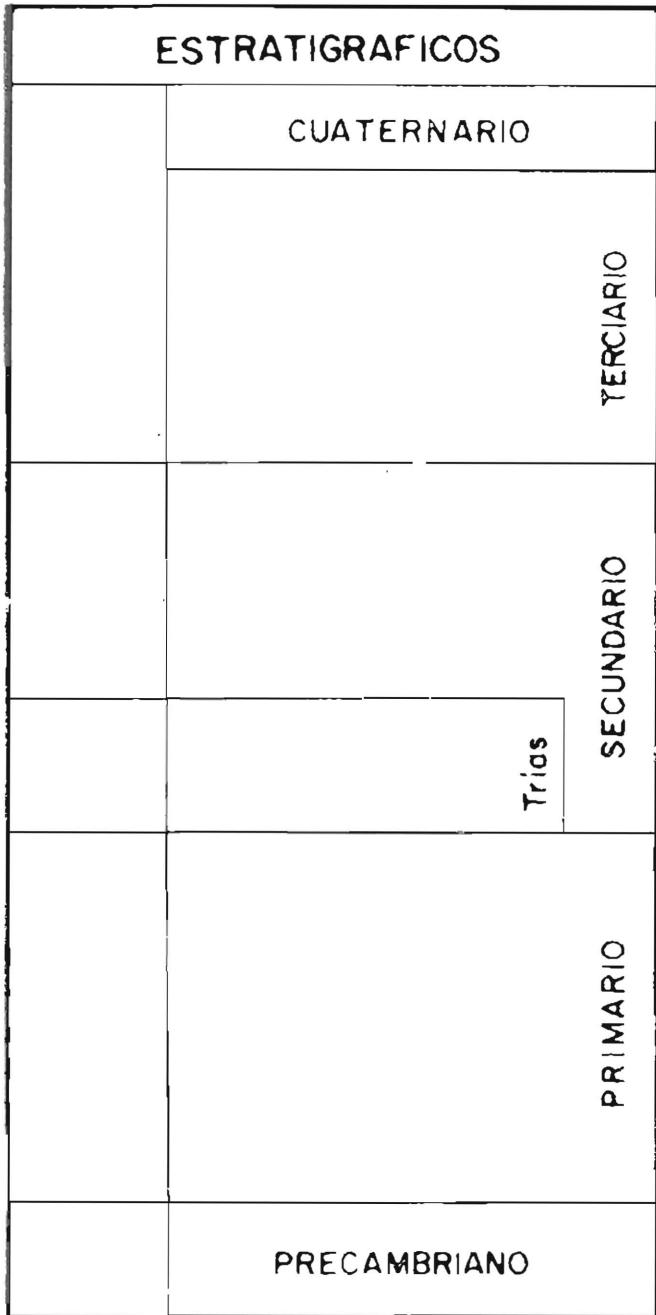


FIGURA 1.3-8

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					
ROCAS METAMÓRFICAS					
ROCAS IGNEAS					
	Acidos	Intermedias	Básicas		Alcalinas
PLUTÓNICAS	+	+	X X X X	Y Y Y Y	X X X X
EFUSIVAS	+	+	X X X X	Y Y Y Y	X X X X

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		AL CALINAS	
			ULTRABASICAS			
PLUTONICAS (fondo rojo)	+	+	Y	Y	L	L
EFUSIVAS (fondo verde)	+	+	Y	Y	L	L

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 migmáticos) 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

Indicando dirección predominante en el interior del área



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	
<u>Yacimiento</u>	En función de su importancia, histórica + ac- tual, estimada.
<u><u>Yacimiento</u></u>	
<u>Yacimiento</u>	

FIGURA 1.3-13

C) Mineralogia

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
x'	sulfuros, ofínes.
h	sales haloides.
o	óxidos, hidróxidos, níobatos, titanatos antimonatos, tantalatos
c	carbonatos, boratos, nitratos y yodatos
s	silicatos
t	sulfatos, cromat, molibdato, wolframat
f	fosfatos, arseniato, vanadatos
<i>En menas complejas, ordenación cuantitativa de las substancias</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. NIQUEL

2.1.1. *Tipología mundial*

Sobre el cuadro 2.1-1 es interesante hacer las siguientes consideraciones:

Los yacimientos de níquel se han clasificado en dos grandes familias: tipo A, yacimientos de sulfuros complejos en rocas básicas y ultrabásicas, y los tipo B, yacimientos lateríticos más o menos recientes, formados a expensas de las mismas rocas de los tipos A, y constituidos de hidrosilicatos y silicatos de níquel.

Más complejidad encierra la realización de subtipos, debido a escasas diferencias existentes entre los yacimientos englobados dentro de cada gran tipo. El tipo Sudbury (A1) está frecuentemente acompañado de filones análogos por su paragénesis a los yacimientos de tipo Erzgebirge (A3).

El tipo Ural (A2), en las ofiolitas, representante de los yacimientos de tipo sulfurado (A), llama particularmente la atención por su pobreza cuando sabemos que, por el contra-

rio, las ofiolitas dan lugar a la mayoría de los yacimientos de tipo laterítico, probablemente porque en las ofiolitas los sulfuros de Ni se encuentran diseminados.

La metodología utilizada en la prospección del Ni no presenta grandes dificultades; en primer lugar, son necesarios los trabajos geológicos, paleogeológicos, vuelos regionales sobre helicópteros, etc. Son ayudas importantes la petrología, y dentro de los métodos geofísicos, debido al magnetismo de la pirrotina-pentlandita, son muy importantes los levantamientos magnéticos y electromagnéticos, bien aéreos, o bien sobre el terreno.

Finalmente, es interesante la prospección geoquímica de suelos sobre macizos de peridotitas, ya que podrían poner en evidencia la existencia de yacimientos de níquel de alteración, que se encuentran recubiertos.

En los yacimientos de sulfuros de Ni puede ser interesante la prospección geoquímica estudiando la relación Ni/Co de las rocas básicas y ultrabásicas; si esta relación es superior a 10 puede tratarse en potencia de un yacimiento de níquel.

Los condicionamientos tecnológicos que controlan la explotabilidad del Ni se cambian, según que el mineral sea laterítico o serpentinizado y según que el proceso metalúrgico seguido sea hidrometalúrgico o pirometalúrgico. Como media, los minerales lateríticos se mueven entre valores de 1,3 a 1,4 por 100 de Ni + Co para procesos hidrometalúrgicos y de 1,5 a 1,7 por 100 en procesos pirometalúrgicos. Finalmente, si el mineral es serpentinizado, el proceso pirometalúrgico condiciona un contenido de Ni + Co de 1,6 a 3 por 100.

Un aspecto muy paradójico, relacionado con la importancia relativa de los dos tipos fundamentales de yacimientos de níquel, es la desproporción entre las reservas de Ni metal de origen laterítico (un 80 por 100) y la producción que se encuentra entre el 20-30 por 100, mientras que la producción de las menas sulfuradas es del 70-80 por 100 de Ni metal y las reservas solamente del 20 por 100. Esto pone en evidencia la

gran importancia que tiene la busca de yacimientos lateríticos, ya que además de la obtención del Ni tienen la particularidad de poder recuperar el Fe contenido en las lateritas.

Los yacimientos lateríticos de más importancia en el futuro son los de Nueva Caledonia y Guatemala.

2.1.2. Zonas, áreas y tipos metalíferos españoles

En relación con los cuadros 2.1-2 y 2.1-3 y el mapa del níquel, se pueden hacer las siguientes consideraciones:

En España son muy pocos los yacimientos que han tenido por objetivo principal la explotación del níquel. Actualmente no existe ninguno en producción, aunque en varias áreas de las que se citarán después se desarrollan campañas de prospección.

No obstante, se conocen numerosas manifestaciones níquelíferas en la Península, que se reparten con interés diverso por las siguientes zonas: Galicia, Asturias-León, Pirineos, Ibérica, Sierra Morena Occidental, Sierra Morena Oriental y Bética.

Precisando más, geográficamente, dentro de estas grandes unidades se pueden señalar, como de mayor significación, las áreas de rocas metabásicas y básicas en la provincia de La Coruña, la región oriental de Asturias, la de Villamanín en León, las minas de Gistaín en el Pirineo de Huesca, Peramea en Lérida, determinada zona del Moncayo en Zaragoza, los distritos plumbíferos del Valle de Alcudia, Pedroches y Linares en lo que se ha llamado Sierra Morena *sensu lato*, la Sierra de Peñaflor en Sevilla, la región de piritas cupríferas de Huelva, algunas minas de hierro de Badajoz, el macizo ultrabásico de la Serranía de Ronda y la parte triásica de la Sierra de Oria y Huércal-Overa.

También existen indicios de níquel en las provincias de Tarragona (Vimbodi y L'Albiol), Segovia (Otero de Herreros) y

Zamora, que no se van a considerar por la naturaleza tan vaga de los datos obtenidos sobre ellos.

El cuadro de tipos confeccionado para el mundo sólo ha tenido en cuenta aquellos que hoy día se reparten la totalidad de la producción mundial. Muchos de los yacimientos españoles no encuentran acomodo en una tipología tan simplificada, lo que quiere decir que pertenecen a tipos cuya importancia en el mundo es nula o insignificante. Tales son los casos de los criaderos de Asturias-León, de níquel, cobalto y cobre armado en dolomías carboníferas sin relación con rocas ígneas, y de los de la Sierra de Oria y Huércal-Overa, de mineralogía semejante en las dolomías y filitas del trías alpujárride. También resultan difícil de clasificar los filones en paleozoico, en cuanto que su relación espacial con granitos no sea inmediata.

Realmente, criaderos españoles de níquel que encajen perfectamente en la tipología mundial establecida existen pocos.

Dentro del tipo A1 (Sudbury, Thomson en particular) están claramente clasificados los yacimientos de cromo-níquel de la Serranía de Ronda; los de la provincia de La Coruña, con cromopicotitas níquelíferas, y los indicios de la Sierra del Montcayo, con mineralización de cobalto, níquel y pirita arsenical en relación con gabros y noritas.

La mineralogía de Peñaflor (sulfuros y arseniuros de Ni, Co, Fe, Cu, con existencia de Ti y Au) también sugiere su colocación en este tipo.

En los filones de Linares, Pedroches, Alcudia, clasificados desde el punto de vista del níquel como pertenecientes al tipo A3 (Erzgebirge), existen sulfuros de cobre, además de los minerales característicos del tipo galena, esmaltina, barita, etc.

En las minas de hierro de Badajoz (Granja de Torrehermosa, Bruguillos) se ha citado en ocasiones la presencia de esmaltina.

Otras tipologías del níquel, más completas que las que aquí se comentan, tampoco citan criaderos de níquel en rocas carbonatadas sin relación con rocas ígneas, como es el caso de nuestras zonas de Asturias-León y Almería.

En Asturias-León se encuentran bolsadas de sulfuros y arsénios de cobalto, níquel y cobre en calizas de montaña más o menos dolomitizadas, y en Almería y Granada también se localizan estas mineralizaciones en calizas dolomíticas y filadoides del trás alpujárride, en cierta relación espacial con fenómenos de cabalgamiento.

Los filones del Pirineo, que arman en paleozoico, parecen estar relacionados de algún modo con rocas ígneas de naturaleza no bien precisada.

Establecidos los metalotectos litológicos de las rocas básicas por la existencia de yacimientos e indicios en ellas, la metodología de investigación aplicable, incluye el empleo de métodos geofísicos eléctricos, magnéticos e incluso gravimétricos, completados con prospecciones geoquímicas de suelos y redes de drenaje con un rendimiento global elevado.

Los procedimientos geofísicos eléctricos y los geoquímicos de rocas, suelos y redes de drenaje también son aplicables en los casos en que los metalotectos sean los filones, incluidos o en relación con rocas plutónicas ácidas, y las rocas carbonatadas, pero en estos casos hay que esperar rendimientos muy inferiores y posiblemente también un costo más elevado.

El condicionamiento industrial principal que afecta a los yacimientos españoles es que, si bien en gran parte de los lugares citados existen pequeñas concentraciones con leyes aceptables o incluso altas, al tratar de extender el área de explotación a unos límites razonables los contenidos en elementos útiles descienden a valores antieconómicos.

Establecer en España una clasificación de zonas y áreas niquelíferas por su importancia económica, al no tener datos ni de producciones, ni de cubicaciones, ni de leyes de cierta garantía, más que en el caso de la Serranía de Ronda, no pasa de ser un ensayo subjetivo. (Véase cuadro de la página siguiente.)

Dada la falta de definición de los yacimientos españoles, que se comentaba en el párrafo anterior, y que tanto afecta al punto de vista económico como al dimensional, es imposible

ZONAS Y AREAS	España — Porcentaje	Tipos
BETICA		
Sierra de Ronda ...		A1
Granada-Almería ...		
PIRINEOS		
Huesca ...		A3
Lérida ...		A3
ASTURIAS-LEON		
Area Oriental ...		
Area Central ...		
Area Sur ...		
SIERRA MORENA OCCIDENTAL		
Badajoz ...		A3
Huelva ...		A2
Sierra de Peñaflor ...		A1
SIERRA MORENA ORIENTAL		
Alcudia ...		A3
Pedroches ...		A3
Linares ...		A3
GALICIA		
Septentrional ...		A1
Sudoccidental ...		A3
IBERICA		
Sierra de Moncayo ...		A1

establecer un cuadro de comparación por individuos con los yacimientos representativos mundiales.

En el cuadro mundial se señala que el 68 por 100 de la producción proviene de los yacimientos tipo A1. Este tipo está bien representado en España por el macizo ultramáfico de Ojén-Carratraca, donde hasta ahora se ha centrado la mayor parte de los intentos de explotación. Pero no se debe olvidar que metalotectos litológicos adecuados se encuentran en La Coru-

ña, donde los intentos realizados han sido mucho más escasos, en el Moncayo y Zamora.

Investigar los tipos denominados A3 desde el punto de vista del níquel no parece indicado, dada su mínima aportación a la producción, además de que normalmente son otros los minerales buscados en ese tipo de yacimientos.

En cuanto a los no clasificados, como los de Asturias-León y Granada-Almería, se carece de experiencia sobre su interés económico actual, por lo que posiblemente mereciera la pena realizar algún intento de investigación, aprovechando que además son áreas ya señaladas como favorables para otras sustancias prioritas.

La probabilidad de encontrar en España criaderos del tipo B no es muy alta, pero tampoco nula; aunque en cualquier caso se trataría de subtipos B2 o B3, nunca del B1, considerado como el más importante del grupo.

BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL

1967. BOLDT, J. R.: *The Winning of Nickel*, págs. 25-82.
1965. KUN, de N.: *The Mineral Resources of Africa*, páginas 422-325.
1949. RAGUIN, E.: *Géologie des Gîtes Minéraux*, págs. 411-420.
1963. ROUTHIER, P.: *Les gisements Métallifères*, págs. 940-943.
1963. WORTHINGTON, J. E.: *An Exploration Program for Nickel in the Southeastern United States*. «*Economic Geology*», volumen 59, 1964, págs. 97-109.
- 1959 - 1968. Metallstatistik. Metallgesellschaft Aktiengesellschaft, págs. 37.
- Metrods and Case Histories in Mining Geophysics.
1955. Mineral Facts and Problems 1965. «*Bulletin 630, Bureau of Mines United States*», págs. 607-619.
1970. «*Mining annual review*», págs. 67-69.

TIPOLOGIA DE YACIMIENTOS MINERALES

Substancia: *Niquel*

FIGURA 2.1 - 1

TIPOLOGIA DE YACIMIENTOS MINERALES DE ESPAÑA

Substancia: Níquel

FIGURA 2.1-2

Número	DENOMINACION	ZONAS METALIFERAS			CARACTERISTICAS INTERNAS DE LA MINERALIZACION	METALOTECTOS ESPECIFICOS	CARACTERISTICAS ECONOMICAS Y MINERAS	OBSERVACIONES				
		Areas metaliferos * actividad	Yacimiento representativo	Yacimiento típico mundial								
1	GALICIA	Septentrional	Cobo Ortegal	Sudbury	A 1	Morfologicos	Rendimiento global Investigacion	Mejores leyes en cobalto				
					A 3	dimensionales						
2	ASTURIAS-LEON	Oriental S. Cuera Cabrales Cangas de Onís	Periamellera M. Aramo Profunda		?	diseminadas	Condiciones Tecnologicas	Mejores leyes en cobalto				
		Central			A 1	?						
		Meridional Villamanín Casares Rodíezno			A 3	filamentos filamentos filamentos filamentos						
3	PIRINEOS	Huesca Gistain Buenasque P. Gallinero Benabarre Bisauri	Gistain		A 1	filamentos filamentos filamentos filamentos	Rendimiento global Investigacion	Mineralización fundamental- mente de cobalto				
		Lérida Peramea			A 3	filamentos filamentos filamentos filamentos						
4	IBERICA	S. Algarde Torazona		Sudbury	A 1	?	Rendimiento global Investigacion	Mineralización fundamental- mente de cobalto				
		Purroy			A 3	?						
5	SIERRA MORENA OCIDENTAL	Badajoz	Juan Antonio Monchi	Ergezirle	A 1	?	Rendimiento global Investigacion	Mejores leyes en cobalto				
		Granja Torrehermosa			A 3	?						
		Burguillos			A 1	?						
		S. Peñafiel Peñafiel Lora del Rio			A 1	?						

TIPOLOGÍA DE YACIMIENTOS MINERALES DE ESPAÑA

Substancia: *Niquel*

FIGURA 2.1 - 3

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