

ESTUDIO GEOQUÍMICO DE LA ESFALERITA DEL YACIMIENTO DE Pb-Zn DE RUBIALES (LUGO, ESPAÑA): IMPLICACIONES GENÉTICAS.

D.Arias(1), E.Boixereu(2), J.M.Zapardiel(2), M.Bernabé(2) y A.Sánchez(2)

(1) Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo, Arias de Velasco s/n, 33005-OVIEDO.

(2) División de Minería, Instituto Tecnológico Geominero de España (I.T.G.E.), Ríos Rosas 23, 28003-MADRID.

RESUMEN

La esfalerita de Rubiales es poco ferrífera ($\bar{x} = 1,97\%$) y muestra un alto contenido en Zn ($\bar{x} = 63,58\%$). La distribución de ambos elementos es homogénea en todo el yacimiento e independiente del tipo de mineralización y de la litología encajante.

En cuanto al comportamiento geoquímico de los elementos traza analizados en este trabajo se pueden diferenciar tres grupos: (1) el Cu, Cd, Ag, Sb, Hg y Ga muestran una correlación positiva significativa entre ellos. Estos elementos aparecen concentrados en la esfalerita situada en la zona del eje "G"- "ZW"; (2) el Co, Ni y Ge no muestran ningún patrón espacial de distribución, ni correlación significativa con el resto de los elementos analizados; (3) El As, Tl e In no se encuentran prácticamente en la esfalerita de Rubiales, habiéndose obtenido para ellos valores inferiores a los límites de detección (menos de 10ppm para As y menos de 5ppm para Tl e In).

Palabras clave: Yacimiento, Pb-Zn, Rubiales, Orogenia Hercínica, Esfalerita, Geoquímica, Elementos traza.

ABSTRACT

The Rubiales sphalerite have low Fe content ($\bar{x} = 1.97\%$) and high zinc values ($\bar{x} = 63.58\%$). Their spatial distribution is homogeneous in the orebody. The Zn and Fe values have not relation with the kind of mineralization or the host rock.

In the geochemistry of trace elements there are three different groups: (1) the Cu, Cd, Ag, Sb, Hg and Ga show a positive correlation between them. The highest contents occur around the "G"- "ZW" axis and the lowest in the border areas; (2) the Co, Ni and Ge don't show a significative correlation with the other elements. Their spacial distribution is homogeneous in the orebody; (3) the results of As, Tl and In are below the detection limits.

Key words: Rubiales, Pb-Zn orebody, Hercynian Orogenesis, Sphalerite, Geochemistry, Trace elements.

Arias, D., Boixereu, E., Zapardiel, J.M., Bernabé, M. y Sánchez, A. (1991): Estudio geoquímico de la esfalerita del yacimiento de Pb-Zn de Rubiales (Lugo, España): implicaciones genéticas. *Rev. Soc. Geol. España*, 5: 135-144.

Arias, D., Boixereu, E., Zapardiel, J.M., Bernabé, M. and Sánchez, A. (1991): Geochemical study of the sphalerite of the Rubiales Pb-Zn orebody (Lugo, Spain): genetic implications. *Rev. Soc. Geol. España*, 5: 135-144.

1. INTRODUCCIÓN Y GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO.

El yacimiento de Rubiales se encuentra situado en el noroeste de la Península Ibérica, al sureste de la provincia de Lugo, en las inmediaciones de la localidad de

Rubiales que le dá nombre (Fig. 1). Fue descubierto por la compañía Exminesa a finales de la década de los sesenta, habiéndose cubicado en el mismo unos 18,6 millones de toneladas con una ley media del 1,3% en Pb y 7,3% en Zn. Los primeros concentrados se obtuvieron en 1977.

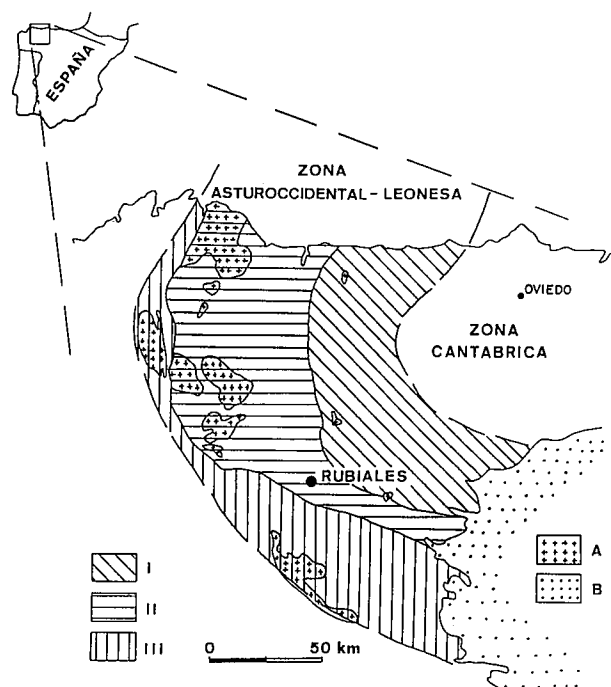


Fig. 1.- Marco geológico del yacimiento de Rubiales. Leyenda: I, Dominio del Navia y Alto Sil; II, Dominio del Manto de Mondoñedo; III, Dominio de la Sierra del Caurel-Truchas. A, rocas graníticas; B, Terciario.

Fig. 1.- Geologic setting of the Rubiales orebody. Legend: I, Navia and Alto Sil Domain; II, Mondoñedo Domain; III, Caurel Domain. A, granitic rocks; B, Tertiary cover.

1.1. Marco geológico.

El yacimiento se localiza en la zona Asturoccidental-leonesa (Julivert *et al.*, 1972), y dentro de ella, en el Dominio del Manto de Mondoñedo, definido por Marcos (1973); Bastida *et al.* (1986) (Fig. 1).

En este dominio el Paleozoico Inferior está completo y bien desarrollado, habiendo sido afectado por las tres fases principales de deformación hercínica reconocidas en la zona Asturoccidental-leonesa (Bastida *et al.*, 1986). La F1 dió lugar a grandes pliegues acostados vergentes al este y lleva asociada una esquistosidad de tipo *slaty cleavage* o *schistosity S1*. La F2 fue la responsable de los cabalgamientos y zonas de cizalla asociadas. La F3 produjo pliegues abiertos, casi homocinéticos con los de la F1, con una esquistosidad (*S3*) de crenulación (*crenulation cleavage*).

El metamorfismo es plurifacial y polifásico, del tipo intermedia a baja presión, encontrándose el yacimiento dentro de la isograda de la biotita (Bastida *et al.*, 1986).

1.2. Descripción del yacimiento.

El yacimiento aparece emplazado en una zona de cizalla subvertical desarrollada en el flanco este del sinclinal de F1 de Baralla. La roca encajante pertenece a los miembros medio y superior de la Serie de Transición, de edad Cámbrico inferior. Se presenta como una masa lenticular subvertical, de dirección N 30°W, y dimensiones aproximadas de 1200 m N-S por 600 m en vertical y 30 m de potencia media (Arias, 1988; Arias *et al.*, 1991) (Fig. 2).

Confinada en la zona de cizalla, la mineralización aparece reemplazando a los niveles calcáreos de los miembros medio y superior de Transición que aparecen silicificados y transformados en jasperoides. Así tenemos que el 90% del Zn y el 75% del Pb se encuentran en este tipo litológico, distribuyéndose el 10% del Zn y el 25% del Pb restante en pizarras, cuarcitas y dolomías.

El desarrollo del yacimiento podría ser el resultado de la conjunción de tres factores:

- Factor estructural. El yacimiento aparece situado en la intersección entre una zona de cizalla de F2 y un sistema de fallas normales longitudinales, que debieron producirse al final de la F2 ó durante la interfase F2-F3 (Arias, 1988; Arias *et al.*, 1988; Arias *et al.*, 1991).
- Factor litológico. La existencia de niveles calcáreos en la Serie de Transición permitió el desarrollo de jasperoides, en los que encaja fundamentalmente la mineralización (Arias, 1988; Arias *et al.*, 1991).
- Proceso mineralizador. La circulación de soluciones hidrotermales a través de la zona de cizalla dió lugar a la removilización del azufre y de los metales, pudiendo encontrarse este stock-metal en los niveles pizarrosos de Cándana (Arias, 1988; Arias *et al.*, 1991), o en las mineralizaciones singenéticas de la base de Vegadeo (Ribera *et al.*, 1992; Arias y Tornos, 1992). La precipitación epigenética de los sulfuros se habría producido en condiciones reductoras y pH neutro a ligeramente ácido, a temperaturas próximas a los 200°C (Arias y Tornos, 1992).

1.3. Mineralogía metálica.

La esfalerita aparece según dos tipologías:

a) Esfalerita marrón oscuro. Es la variedad más abundante, pudiendo encontrarse en todo el yacimiento, tanto en los jasperoides, como en las venas y los filoncillos que cortan a las pizarras, cuarcitas y dolomías. Aparece en cristales alotrimorfos de grano medio a grueso, sustituyendo a los carbonatos o rellenando huecos. Muestra inclusiones, en ocasiones abundantes, de pirita y, ocasionalmente, de calcopirita y pirrotina.

b) Esfalerita marrón claro. Se restringe esencialmente a la parte alta del yacimiento, donde predominan los niveles dolomíticos. Aparece tanto en los jasperoides, como en las pizarras, cuarcitas y dolomías, presentándose en cristales de grano fino a grueso, subidiomorfos a alotrimorfos, con frecuentes reflexiones internas de color amarillento a pardo-amarillento.

En algunas muestras de esfalerita marrón oscuro puede verse como este mineral aparece atravesado por fisurillas rellenas de esfalerita marrón claro, lo que in-

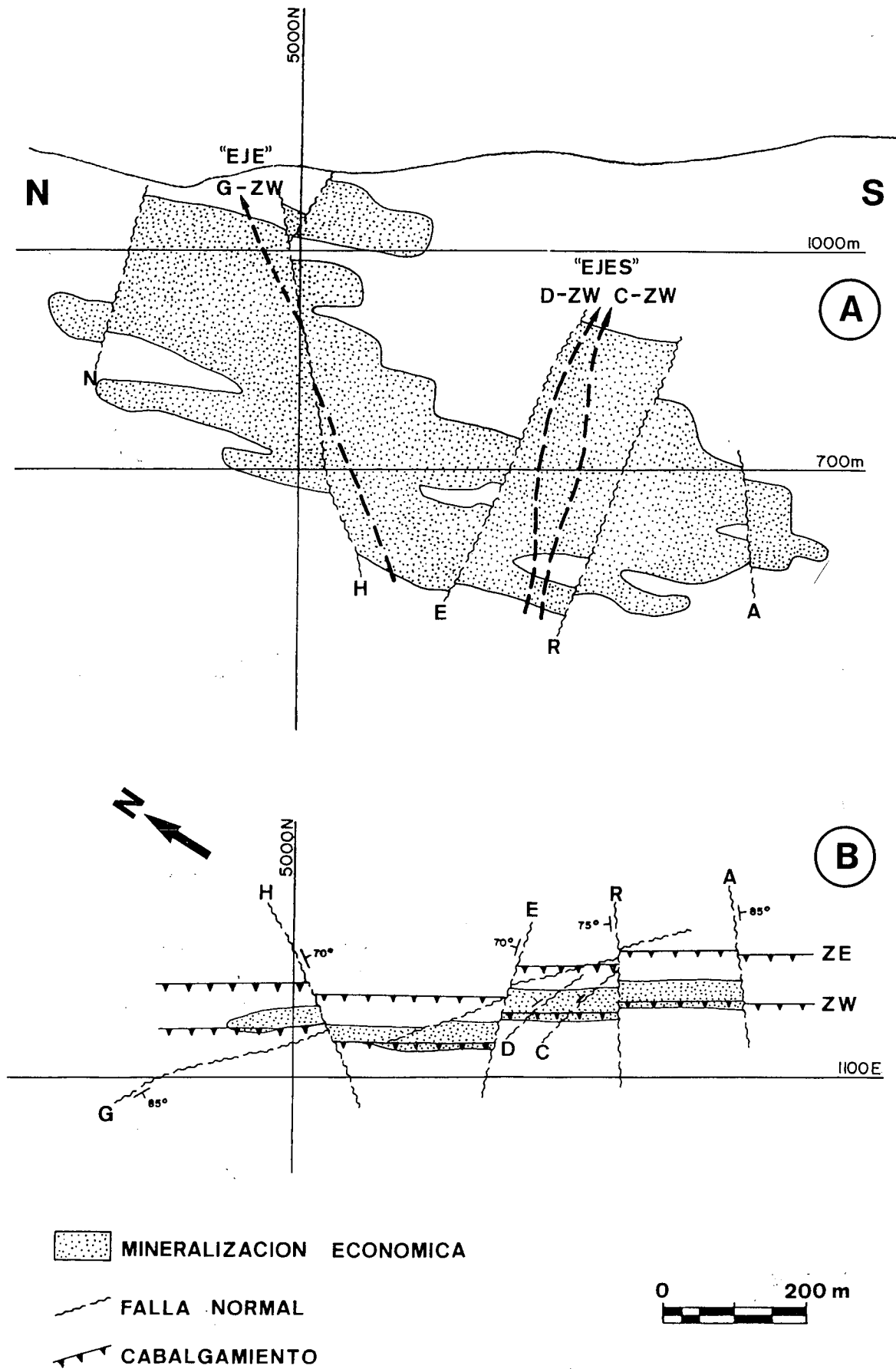


Fig. 2.-Sección longitudinal (A) y planta en el nivel 700 m. (B) del yacimiento de Rubiales, mostrando los principales elementos estructurales.
 Fig. 2.-Longitudinal section (A) and plan view (B) of the Rubiales deposit, showing the principal structural elements.

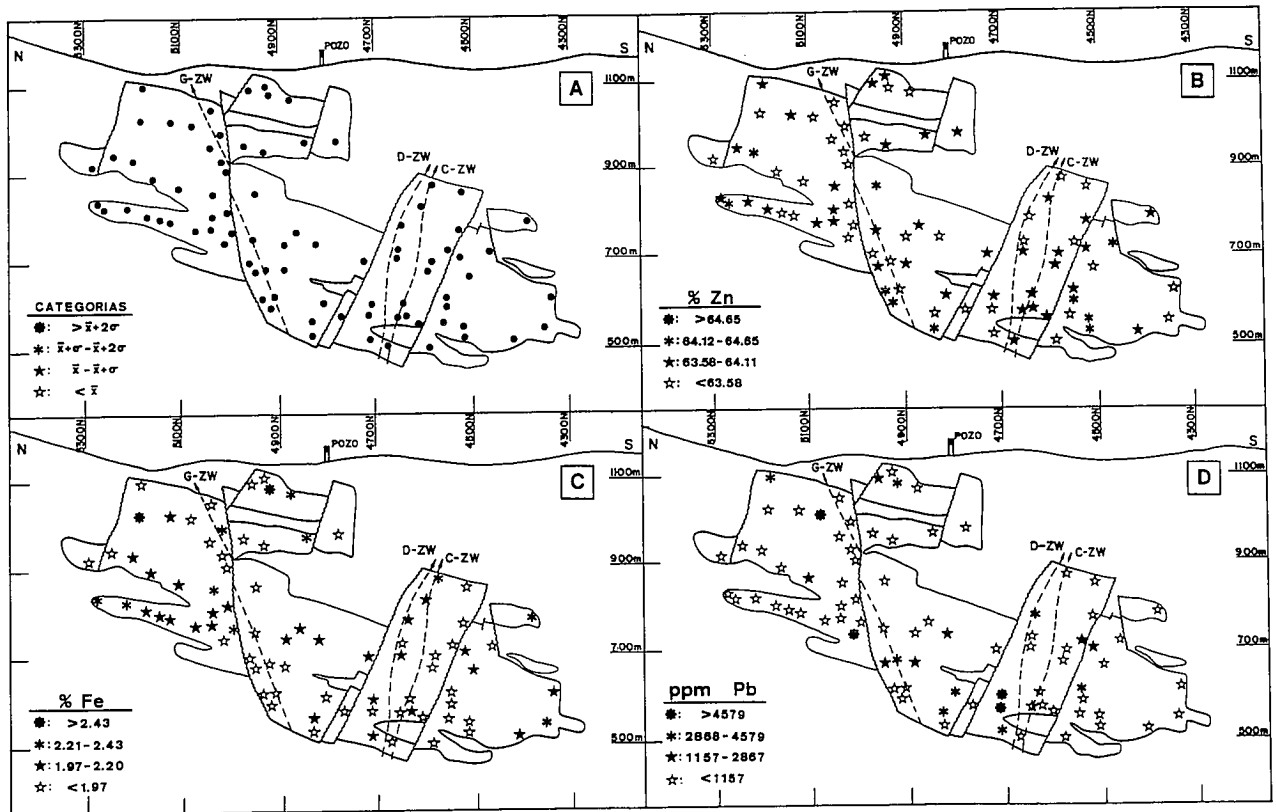


Fig. 3.- (A) Distribución espacial en sección longitudinal de las muestras de esfalerita. En la representación gráfica de los resultados analíticos se han definido cuatro categorías, en función de los resultados de la media (\bar{x}) y de la desviación standard (σ). (B) Contenidos en Zn. (C) Contenidos en Fe. (D) Contenidos en Pb.

Fig. 3.- (A) Spatial distribution of sphalerite samples in the Rubiales longitudinal section. In the graphic representation we have defined four categories, according to the media (\bar{x}) and standard deviation (σ) results. (B) Zn contents. (C) Fe contents. (D) Lead contents.

dica la deposición tardía de la variedad clara con respecto a la oscura.

La galena aparece asociada generalmente a la esfalerita, reemplazando a los carbonatos en los jasperoides, o a la propia esfalerita; también se encuentra rellenando microfisuras de la esfalerita, así como en las venas y los filoncillos que cortan a los jasperoides, pizarras, cuarcitas y dolomías. Este sulfuro se presenta en cristales de grano fino a medio, de subidiomorfos a alotriomorfos, que en ocasiones presentan inclusiones de esfalerita, pirita y, más raramente, de calcopirita.

4. MUESTREO Y METODOLOGÍA DE ESTUDIO.

El trabajo de campo de este estudio consistió en la recogida de 112 muestras de esfalerita, cuyo tratamiento fue el siguiente:

- (1) Trituración de las muestras a tamaños inferiores a 2 mm.
- (2) Selección manual de cristales de esfalerita, aparentemente puros, con la ayuda de una lupa binocular.
- (3) Análisis del contenido en óxidos mayores (SiO_2 , Al_2O_3 , FeO total, MgO, MnO, CaO, Na₂O y K₂O) por fluorescencia de rayos X. Las muestras con

un contenido total en óxidos mayores superior al 1% fueron desechadas.

(4) Análisis del contenido en Zn, Fe y Pb por espectrometría de absorción atómica. Las muestras con un contenido superior al 1% en Pb fueron eliminadas.

(5) Las 83 muestras seleccionadas, cuya distribución en el yacimiento de Rubiales aparece reflejada en la figura 3-A, fueron analizadas por espectrometría de emisión con fuente de plasma para Cu, Cd, Ag, As, Sb, Ni y Co. Adicionalmente, sobre 76 muestras de las 83 seleccionadas, se analizaron por espectrometría de absorción atómica los contenidos en Hg, Ga, Tl, Ge e In.

4.1. Tratamiento estadístico.

Siguiendo los trabajos de Shaw (1961), Matheron (1963), Parslow (1974), Howarth (1983) y Sinclair (1986); se ha efectuado el siguiente tratamiento estadístico:

(1) Definición de los parámetros estadísticos básicos: media (\bar{x}), desviación standard (σ) y rangos máximo y mínimo. Estos parámetros nos han permitido conocer la tendencia central y el grado de dispersión de los resultados analíticos.

(2) En la representación gráfica de los resultados analíticos se han definido cuatro categorías, de acuer-

	MEDIA (x)	DESV. STAND (σ)	MINIMO	MAXIMO	NºMUESTRAS
Zn	63,58	0,53	61,93	64,38	83
Fe	1,97	0,23	1,30	2,65	83
Pb	1156,63	1710,94	50	9200	83
Cu	184,61	272,71	10	1510	83
Cd	1321,77	240,20	908	2220	83
Ag	12,29	15,66	<1	91	83
As	<10	---	<10	32	83
Sb	36,93	59,94	<10	341	83
Ni	41,73	10,16	35	116	83
Co	193,49	39,12	130	287	83
Hg	2053,95	286,79	1400	3300	76
Ga	68,71	38,62	6	247	76
Tl	<5	---	<5	<5	76
Ge	6,71	3,97	<5	23	76
In	<5	---	<5	<5	76

Tabla 1.- Composición química de la esfalerita de Rubiales (Zn y Fe en %, resto en ppm).
Table 1.- Chemical composition of the sphalerite of Rubiales (Zn and Fe in %, the other in ppm).

Zn	1											
Fe	-0,21	1										
Pb	-0,31	-0,10	1									
Cu	0,01	0,10	-0,03	1								
Cd	-0,11	0,36	0,01	0,58	1							
Ag	-0,24	0,10	0,28	0,37	0,56	1						
Sb	-0,06	0,25	0,14	0,48	0,78	0,53	1					
Ni	0,10	0,03	-0,16	-0,03	-0,14	-0,16	-0,03	1				
Co	-0,09	0,43	-0,10	0,06	0,16	0,10	0,02	0,20	1			
Hg	-0,10	0,43	-0,10	0,51	0,76	0,51	0,47	-0,11	0,25	1		
Ga	-0,08	0,46	-0,08	0,46	0,67	0,32	0,48	-0,10	0,10	0,60	1	
Ge	0,06	0,26	0,01	0,54	0,24	0,10	0,21	-0,04	0,09	0,26	0,47	1
	Zn	Fe	Pb	Cu	Cd	Ag	Sb	Ni	Co	Hg	Ga	Ge

Tabla 2.- Matriz de correlación para los elementos mayoritarios y traza de la esfalerita de Rubiales. En negrita se representan los valores de "r" estadísticamente significativos, al nivel de $\alpha = 0,01$ (Sinclair, 1986).

Table 2.- Correlation matrices of major and trace elements of the sphalerites of Rubiales. In boldface represented the r-values with statistics signified at the $\alpha = 0,01$ level (Sinclair, 1986).

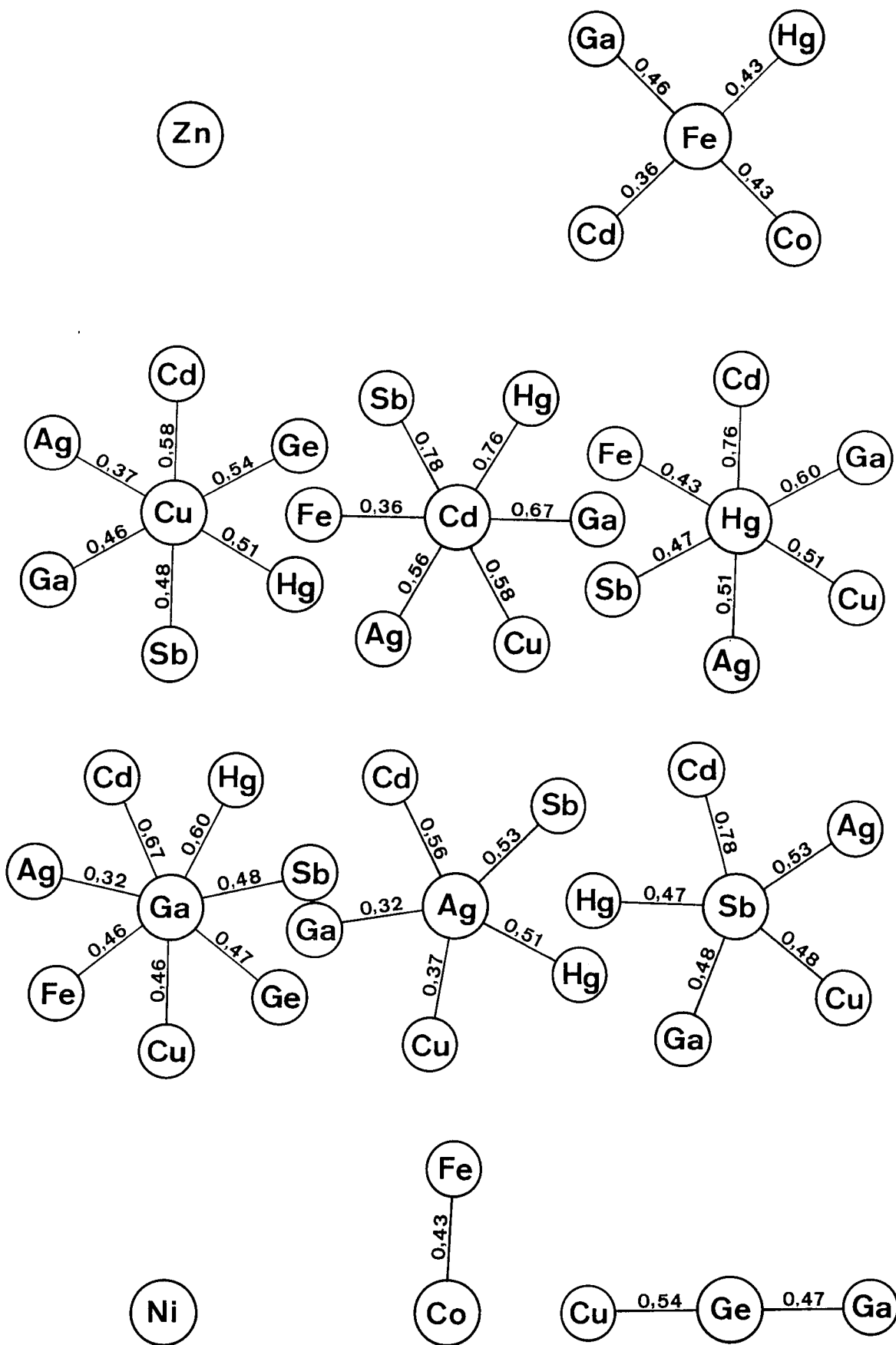


Fig. 4.-Análisis cluster para los elementos mayoritarios y trazas de la esfalerita de Rubiales. Se han representado únicamente los coeficientes de correlación lineal estadísticamente significativos, al nivel de $\alpha = 0,01$ (Sinclair, 1986).

Fig. 4.-Cluster analysis for major and trace elements of the sphalerite of Rubiales. Only those simple linear correlation coefficients significant at the $\alpha = 0,01$ level are reproduced (Sinclair, 1986).

do con el concepto clásico de anomalía geoquímica, que son las siguientes: $> \bar{x} + 2\sigma$, $\bar{x} + \sigma - \bar{x} + 2\sigma$, $\bar{x} - \bar{x} + \sigma$ y $< \bar{x}$. Esta simplificación facilita el estudio de su distribución espacial.

(3) Definición del grado de similitud entre los pares de datos analíticos a partir del cálculo de la matriz de correlación (*r-mode*). Su estudio, junto con el conocimiento geológico del yacimiento, nos ha aportado información sobre la génesis de la esfalerita.

(4) Construcción de diagramas de correlación a partir de los resultados estadísticamente significativos de la matriz de correlación. Este análisis multivariable nos ha permitido la definición de poblaciones afines o poblaciones cluster, que agrupan a los elementos con comportamientos geoquímicos semejantes.

5. RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS MAYORITARIOS: Zn y Fe.

Dentro del posible rango de variación del contenido en Zn de la esfalerita, que puede oscilar entre un 41% y un 67% (Deer *et al.*, 1962), la esfalerita de Rubiales presenta un contenido relativamente alto, con un valor medio, $\bar{x} = 63,58\%$ y $\sigma = 0,53\%$; oscilando entre un valor mínimo de 61,93% y máximo de 64,38% (Tabla 1). Por el contrario es poco ferrífera, con un contenido medio, $\bar{x} = 1,97\%$, $\sigma = 0,23\%$ y rango entre 1,3 y 2,65% (tabla 1).

Del análisis multivariable se deduce que el Zn no muestra ninguna correlación con los elementos mayoritarios y traza analizados (tabla 2, fig. 4). El Fe muestra una débil correlación positiva, pero significativa desde el punto de vista estadístico (Shaw, 1961; Matheron, 1963; Parslow, 1974; Howarth, 1983; Sinclair, 1986), con el Co ($r = 0,43$), Hg ($r = 0,43$), Ga ($r = 0,46$) y Cd ($r = 0,36$) (Tabla 2, fig. 4).

El contenido en Fe y Zn de la esfalerita de Rubiales no presenta ningún patrón espacial de distribución, ni está relacionado con el tipo de mineralización ni con la litología encajante (figs. 3-B y 3-C). Únicamente hay que destacar la gran homogeneidad composicional de la esfalerita de Rubiales para estos elementos.

El contenido en plomo que aparece en los análisis de la esfalerita de Rubiales, como se refleja en la tabla 1 y en la figura 3-D, responde a la presencia de cristales de galena (Arias, 1988).

6. RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS TRAZA: Cu, Cd, Hg, Ga, Ag, Sb, Ni, Co, As, Tl, In y Ge.

De acuerdo con los resultados del análisis estadístico, que se presenta en las tablas 1 y 2, y en la figura 4, los elementos traza de la esfalerita de Rubiales, analizados en este trabajo, pueden distribuirse en tres conjuntos de comportamiento geoquímico semejante.

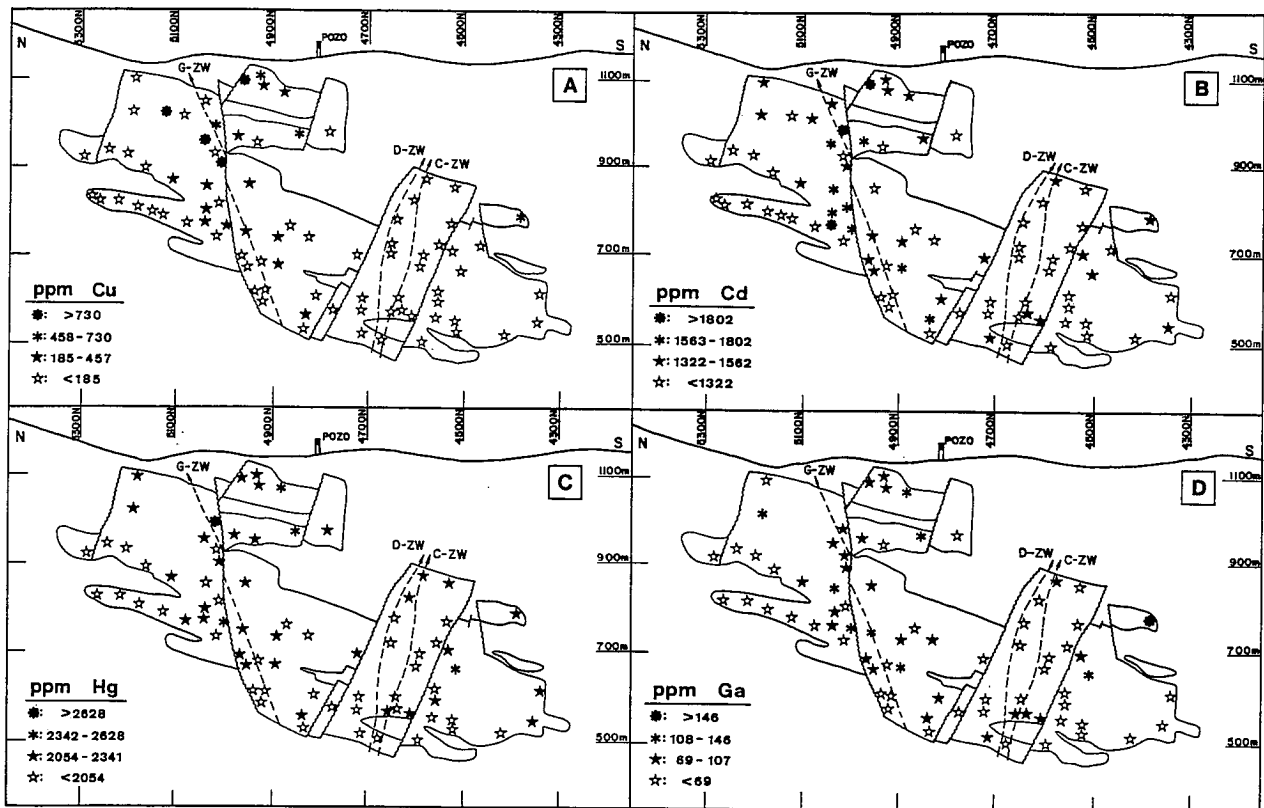


Fig. 5.-Distribución espacial en sección longitudinal de los contenidos en: (A) Cu, (B) Cd, (C) Hg y (D) Ga de la esfalerita de Rubiales.
Fig. 5.-Spatial distribution of the contents of: (A) Cu, (B) Cd, (C) Hg and (D) Ga, of the Rubiales sphalerite.

6.1. Elementos traza con una significativa correlación positiva entre los mismos: Cu, Cd, Hg, Ga, Ag y Sb.

Estos seis elementos, presentes en la esfalerita de Rubiales, muestran un comportamiento geoquímico común, que se caracteriza por los siguientes hechos:

a) Presentan un rango de variación entre los valores máximos y mínimos muy amplio (tabla 1).

b) Muestran una correlación positiva significativa entre ellos (tabla 2 y fig. 4).

c) Se disponen en el yacimiento según una distribución espacial común, caracterizada por la existencia de contenidos máximos en la esfalerita situada en la zona del eje "G"- "ZW", frente a valores mínimos en la esfalerita de la zona de borde (figs. 5-A, 5-B, 5-C, 5-D, 6-A y 6-B).

d) El contenido en estos elementos traza es independiente del tipo de mineralización y de la litología encajante.

6.2. Elementos traza independientes: Ni y Co.

El comportamiento geoquímico de estos dos elementos difiere totalmente del que presentan los elementos descritos en el apartado anterior, caracterizándose por los siguientes hechos:

a) Los contenidos en Ni y Co de la esfalerita de Rubiales se caracterizan por presentar unos valores de

desviación standard y rango moderados, lo que refleja la homogeneidad composicional de la esfalerita para dichos elementos (tabla 1).

b) El Ni y el Co no muestran ninguna correlación entre ellos, ni con el resto de los elementos traza analizados; únicamente el Co presenta una débil correlación positiva con el Fe ($r = 0,43$) (tabla 2 y fig. 4).

c) El contenido en Ni y Co en la esfalerita de Rubiales es totalmente aleatorio, no presentando ningún patrón espacial de distribución (Figs. 6-C y 6-D).

d) El contenido de estos elementos no muestra ninguna relación ni con el tipo de mineralización ni con la litología encajante.

6.3. Elementos traza poco significativos: As, Tl, In y Ge.

Los resultados analíticos para el Tl e In en la esfalerita de Rubiales se encuentran por debajo de los límites de detección ($\ll 5$ ppm) (tabla 1). En el caso del As, tan solo se ha detectado en dos muestras, con valores de 30 y 32 ppm, siendo el resto de los resultados inferiores al límite de detección (tabla 1).

El Ge sólo está presente con valores superiores al límite de detección ($\ll 5$ ppm) en 20 de las 76 muestras analizadas, siendo el valor máximo de 23 ppm (Tabla 1). Para estas 20 muestras, el Ge presenta una débil correlación positiva con el Cu ($r = 0,54$) y con el Ga ($r = 0,47$) (Tabla 2 y fig. 4).

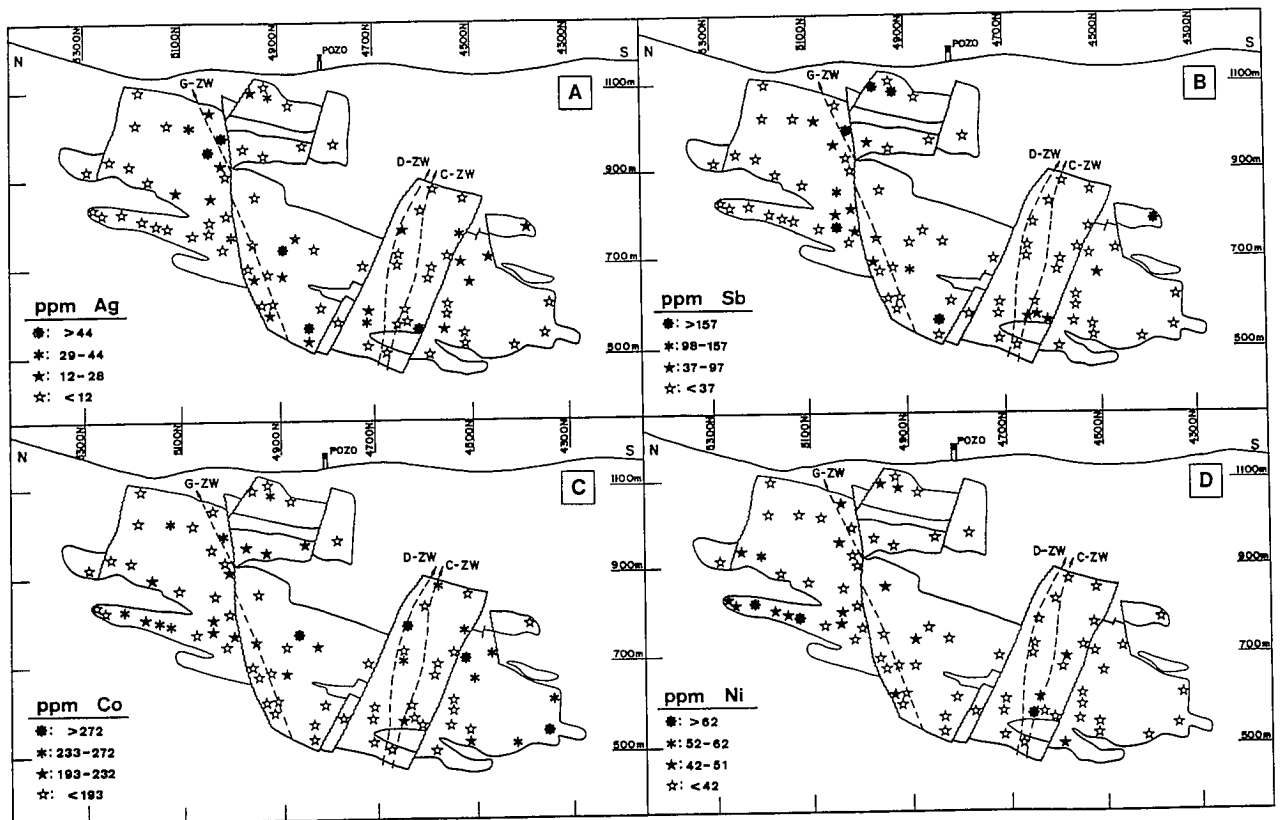


Fig. 6.-Distribución espacial en sección longitudinal de los contenidos en: (A) Ag, (B) Sb, (C) Co y (D) Ni de la esfalerita de Rubiales.
Fig. 6.-Spatial distribution of the contents of: (A) Ag, (B) Sb, (C) Co and (D) Ni, of the Rubiales sphalerite.

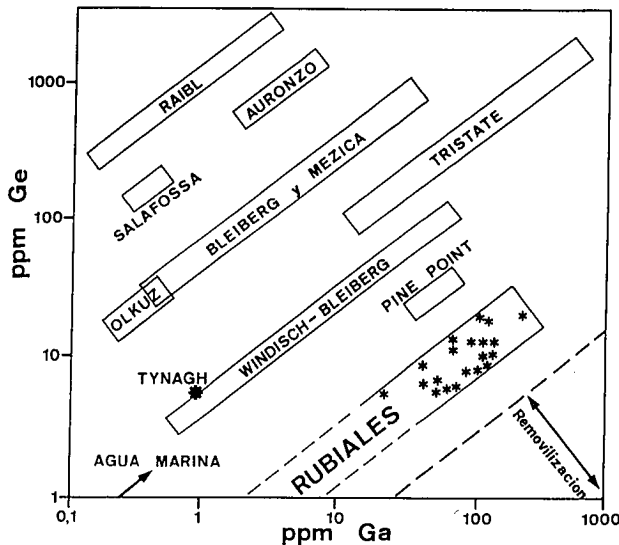


Fig. 7.-Diagrama de variación Ga/Ge de la esfalerita de Rubiales en relación con yacimientos tipo "sedex", "alpino" y "mississippi valley", de acuerdo con los datos de Schroll (1984).

Fig. 7.-Ga/Ge variation of the sphalerite of Rubiales in relation to selected sedex-type, alpine-type and mississippi valley-type deposits, after Schroll (1984).

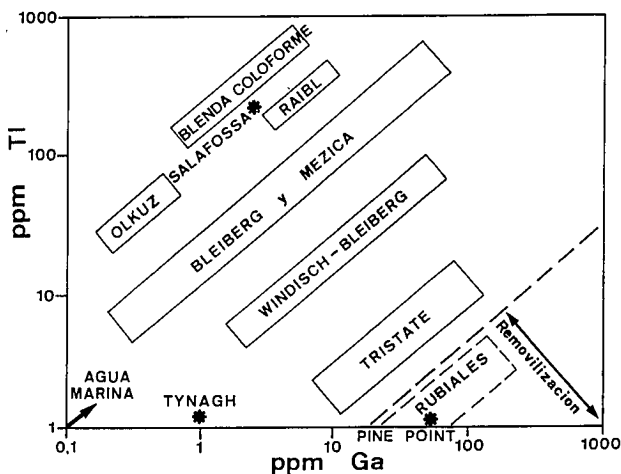


Fig. 8.-Diagrama de variación Ga/Tl de la esfalerita de Rubiales en relación con yacimientos tipo "sedex", "alpino" y "mississippi valley", de acuerdo con los datos de Schroll (1984).

Fig. 8.-Ga/Tl variation of the sphalerite of Rubiales in relation to selected sedex-type, alpine-type and mississippi valley-type deposits, after Schroll (1984).

7. ESTUDIO E INTERPRETACIÓN DE LOS PARES DE ELEMENTOS: Ga/Ge y Ga/Tl.

En los diagramas de variación Ga/Ge (Fig. 7) y Ga/Tl (Fig. 8), el yacimiento de Rubiales aparece próximo al campo de los yacimientos de "removilización". Esta zona se caracteriza por contenidos relativamente altos en Ga y muy bajos en Ge y Tl, claramente diferenciada de los ratios de los yacimientos tipo "sedex", "alpino" y "mississippi valley" que se muestran como comparación (Schroll, 1984).

El enriquecimiento relativo en Ga en relación con el Ge y Tl, así como la propia concentración del Ga, son un efecto directo de la temperatura de formación (Möller *et al.*, 1980; Schroll, 1984). En el caso de Rubiales, el estudio de inclusiones fluidas e isótopos de S indican temperaturas medias del orden de los 220°C, claramente más altas que las calculadas para los tipos de yacimientos anteriormente citados (Arias y Tornos, 1992).

8. CONCLUSIONES.

El estudio geoquímico de la esfalerita de Rubiales nos permite extraer las siguientes conclusiones:

1) La esfalerita de Rubiales presenta para los elementos mayoritarios, Zn y Fe, una composición muy homogénea en todo el yacimiento, independientemente de su situación espacial, del tipo de mineralización y de la litología encajante; es decir, independientemente de los controles estructural y litológico definidos en el yacimiento (Arias, 1988; Arias *et al.*, 1991). Este hecho podría ser indicativo de unas condiciones de formación homogéneas y estables en todo el yacimiento durante su génesis, no existiendo asimismo modificaciones sustanciales posteriores a su origen.

2) Entre los elementos traza analizados, el Cu, Cd, Hg, Ga, Ag y Sb, presentan un comportamiento geoquímico muy semejante, caracterizado por una significativa correlación positiva entre los mismos y concentración preferente en la esfalerita situada en torno al eje "G"- "ZW", independientemente del tipo de mineralización y de la litología encajante. Estos resultados parecen corroborar el hecho de que el eje formado por las fallas "G" y "ZW" haya sido el canal principal por el que accedieron las soluciones mineralizantes en la génesis de Rubiales (Arias, 1988; Arias *et al.*, 1991). De este modo, la primera esfalerita en formarse sería la situada alrededor del eje "G"- "ZW", la cual captaría la mayor parte de los elementos traza presentes en los fluidos mineralizantes, dando lugar a soluciones residuales empobrecidas en trazas. Estas soluciones al irse alejando del canal de acceso, representado por el eje "G"- "ZW", darían lugar a una esfalerita pobre en trazas como la que se encuentra en Rubiales en la zona de borde del yacimiento.

3) La esfalerita de Rubiales presenta un contenido homogéneo en Ni y Co, sin ningún patrón espacial de distribución, ni relación con el tipo de mineralización o con la litología encajante. El alto contenido en Co, como en el caso de Rubiales, caracteriza a todas las mineralizaciones filonianas de Pb-Zn de la Península Ibérica, de acuerdo con los trabajos de Arribas y Moro (1981).

4) El alto contenido en Ga de la esfalerita de Rubiales y los bajos valores de Ge, Tl e In sitúan a este yacimiento en el campo de los depósitos de "removilización" (Möller *et al.*, 1980; Schroll, 1984). Esto sería coherente con la hipótesis de un yacimiento desarrollado en una zona de cizalla, como se ha propuesto en

los trabajos de Arias (1988) y Arias *et al.* (1991).

5) El control litológico de Rubiales, puesto de manifiesto porque el 90% del Zn y 75% del Pb se concentran en los jasperoides (Arias, 1988), no tiene ningún reflejo en la composición química de la esfalerita del yacimiento. El contenido en los elementos mayoritarios y traza analizados en este trabajo es totalmente independiente de la litología encajante.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, D. (1988): *La caracterización geoquímica y mineralógica del yacimiento de Pb-Zn de Rubiales (Lugo, España)*. Tesis Univ. Oviedo, 263 p.
- Arias, D., Pérez-Cerdán, F. y Fernández-Jardón, L. (1988): Controles estructural y litológico del yacimiento de Pb-Zn de Rubiales (Lugo). *Bol. Soc. Esp. Min.*, 5: 143-146.
- Arias, D., Suárez, O., Corretgé, L.G., Fernández-Jardón, L. y Pérez-Cerdán, F. (1991): Structure, hydrothermal alteration and composition of the Rubiales Pb-Zn orebody (Lugo, Spain): genetic model. *Mineralium Deposita*, 26: 199-210.
- Arias, D. y Tornos, F. (1992): Isotopic (S, Pb) constraints on the genesis of the Zn-Pb ore deposit of Rubiales (NW Spain). Manuscrito en preparación.
- Arribas, A. y Moro, C. (1981): Distribución de elementos traza en las esfaleritas y galenas de los yacimientos filonianos españoles del tipo B.G.P.C. *Tecniterrae*, 1: 10-43.
- Bastida, F., Martínez-Catalán, J.R. y Pulgar, J.A. (1986): Structural, metamorphic and magmatic history of the Mondoñedo nappe (Hercynian Belt, NW Spain). *Jour. Struc. Geol.*, 8: 415-430.
- Deer, W.A., Howie, R.A. y Zussman, J. (1962): *Rock-forming minerals, 5, non-silicates*. John Wiley and Sons, New York. 371 p.
- Howarth, R.J. (1983): *Statistics and data analysis in geochemical prospecting. Handbook of exploration geochemistry*, 2. Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam. 437 p.
- Julivert, M., Fontboté, J.M., Ribeiro, A. y Conde, L. (1972): *Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares E:1:1.000.000*. IGME. Madrid.
- Marcos, A. (1973): Las series del Paleozoico inferior y la estructura herciniana del occidente de Asturias (NW de España). *Trab. Geol. Univ. de Oviedo*, 6: 1-113.
- Matheron, G. (1963): Principles of geostatistics. *Econ. Geol.*, 58: 1246-1266.
- Möller, P., Dulski, P., Schley, F., Luck, J. y Szaki, W. (1980): A new way of interpreting trace elements concentrations with respect to modes of mineral formation. *Jour. Geochem. Explor.*, 15: 271-284.
- Parslow, G.R. (1974): Determination of background and threshold in exploration geochemistry. *Jour. Geochem. Explor.*, 3: 319-336.
- Ribera, F., Tornos, F. y Locutura, J. (1992): Las mineralizaciones estratoides de Zn-Pb de la serie de Vegadeo en la zona de Ponferrada (zona Asturoccidental-leonesa, NO de España). *Geogaceta*, 11: en prensa.
- Schroll, E. (1984): Geochemical indicator parameters of lead-zinc ore deposits in carbonate rocks. In: *Syngeneses and epigenesis in the formation of mineral deposits*. Ed. Springer-Verlag: 294-305.
- Shaw, D.M. (1961): Element distribution laws in geochemistry. *Geochim. Cosmoch. Acta*, 23: 116-124.
- Sinclair, A.J. (1986): Statistical interpretation of soil geochemical data. *Reviews in Econ. Geol.*, 3: 97-128.

Recibido el 17 de septiembre de 1991
Aceptado el 7 de febrero de 1992