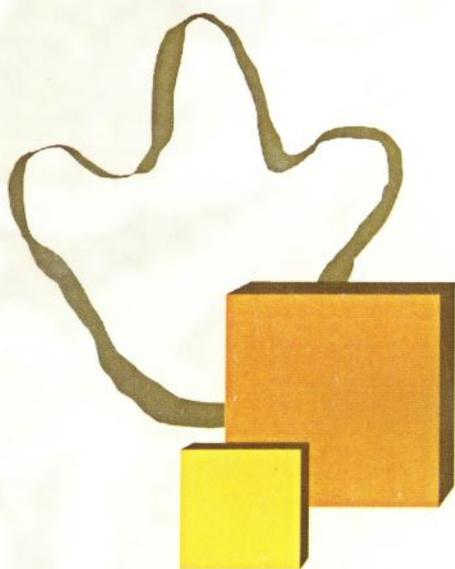
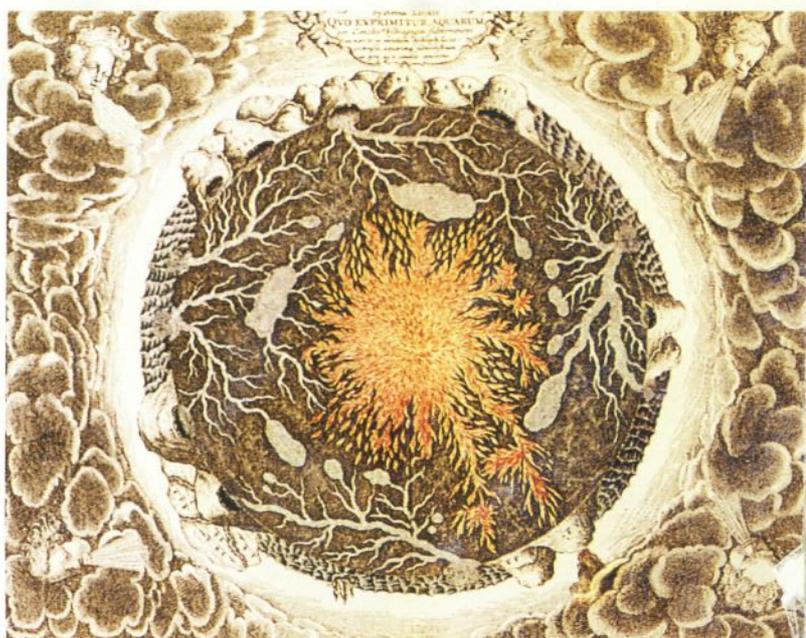


# Enseñanza de las Ciencias



# de la Tierra



Comunicaciones y carteles  
presentados al  
IX Simposio sobre la  
Enseñanza de las Ciencias  
de la Tierra

(Logroño, 9 al 14 de Septiembre de 1996)

REVISTA DE LA  
ASOCIACIÓN  
ESPAÑOLA PARA  
LA ENSEÑANZA  
DE LAS CIENCIAS  
DE LA TIERRA

Volumen Extra - Septiembre 1996

# MINERALES DEL ÁREA DE VILLAMANÍN (PROVINCIA DE LEÓN, ESPAÑA): GUÍA DE IDENTIFICACIÓN Y UTILIZACIÓN DOCENTE

*Some minerals from the Villamanín area (León province, Spain):  
a guide for their identification and educational use*

Esperanza M. Fernández-Martínez <sup>(1)</sup> Roberto Matías <sup>(2)</sup> y José Miguel Domingo <sup>(3)</sup>

## RESUMEN

*Este trabajo está dedicado al estudio de los minerales más abundantes y fácilmente reconocibles que pueden hallarse en dos minas abandonadas (La Profunda y La Providencia) localizadas en el área de Cármenes-Villamanín (Norte de León). Para ello se describen los métodos de reconocimiento más sencillos y fiables sobre veintisiete minerales. Además, se incluye una localización geográfica y geológica de estas minas así como información sobre su génesis. Por último, se proponen algunas ideas sobre el posible empleo docente de este material.*

## ABSTRACT

*This paper deals with the most common and easily recognizable minerals coming from two closed mines located in the Villamanín area (Northern of León province, Spain). For this purpose, the most easy and reliable methods for the identification of twenty-seven minerals are given. In addition, a geographical and geological setting of the mines and some information about their genesis are included. At last, some ideas on the teaching use of this information are proposed.*

**Palabras clave:** *Minerales, Identificación, Enseñanza, León, España.*

**Keywords:** *Minerals, Identification, Teaching, León, Spain.*

## INTRODUCCIÓN

Todos los docentes que imparten materias relacionadas con las Ciencias Naturales concuerdan en la necesidad de realizar actividades prácticas que acerquen al alumno a la realidad de los conceptos impartidos y que le permitan adquirir una serie de destrezas relacionadas con el conocimiento científico del medio natural. Entre otros, Martínez Peña *et al.* (1988) y Pedrinaci *et al.* (1994) citan algunos de los obstáculos que hacen de estas prácticas un elemento inusual en la docencia: falta de sensibilidad social, problemas relativos a la responsabilidad de los profesores, desconocimiento de la Geología regional, dificultades de horarios, alto número de alumnos, etc. Entre estos obstáculos se encuentra la escasez de información actualizada sobre lugares o materiales concretos susceptibles de ser empleados en este tipo de actividades. Teniendo esto en cuenta, el principal objetivo de este trabajo consiste en servir de guía a todos aquellos docentes interesados en realizar una actividad escolar, con trabajos conjuntos de campo y laboratorio, centrada en el estudio de minerales.

Conscientes del gran número y calidad de las propuestas realizadas en los últimos años sobre la forma de enfocar los trabajos prácticos con alumnos, centraremos nuestra aportación en dos puntos: 1º) información escrita y gráfica sobre la zona objeto del trabajo y 2º) métodos de identificación que pueden aplicarse de

forma más o menos directa a los minerales recolectados en dicha zona. El trabajo diseñado es abierto y pretende que cada docente pueda discurrir y aplicar a la actividad propuesta diferentes enfoques y metodologías. No obstante, nuestra propia experiencia nos permite realizar algunas consideraciones didácticas que pueden servir de ayuda en el momento de diseñar la actividad.

La zona seleccionada se encuentra dentro de León, una provincia en la que, a pesar de la calidad de su Geología, este tipo de trabajos es prácticamente inexistente. El estudio se ha centrado en dos minas abandonadas que aúnan un acceso fácil, rápido y poco peligroso a la posibilidad de recolectar más de dos docenas de minerales diferentes y de identificación relativamente sencilla.

## GEOLOGÍA DE LOS YACIMIENTOS ESTUDIADOS

### Localización geográfica.

Los dos yacimientos minerales estudiados están situados en el norte de la provincia de León (Fig. 1), entre las localidades de Villamanín y Cármenes (Mapa Topográfico a escala 1:50.000, Hoja 103, La Pola de Gordón). El acceso más simple se consigue siguiendo la carretera Nacional 630 León-Oviedo y tomando a la altura de Villamanín la carretera Comarcal LE-312 que se dirige al pueblo de Cármenes (Fig. 2).

<sup>(1)</sup> Dpto. de Ingeniería Minera. Universidad de León. 24071 León.

<sup>(2)</sup> Antracitas de Fabero S.A. Ctra. Otero, 61. Fabero del Bierzo. 24420 León.

<sup>(3)</sup> Dpto. de Física y Química I. E. S. "Lancia". C/ Ejido Quintín s/n. 24006 León



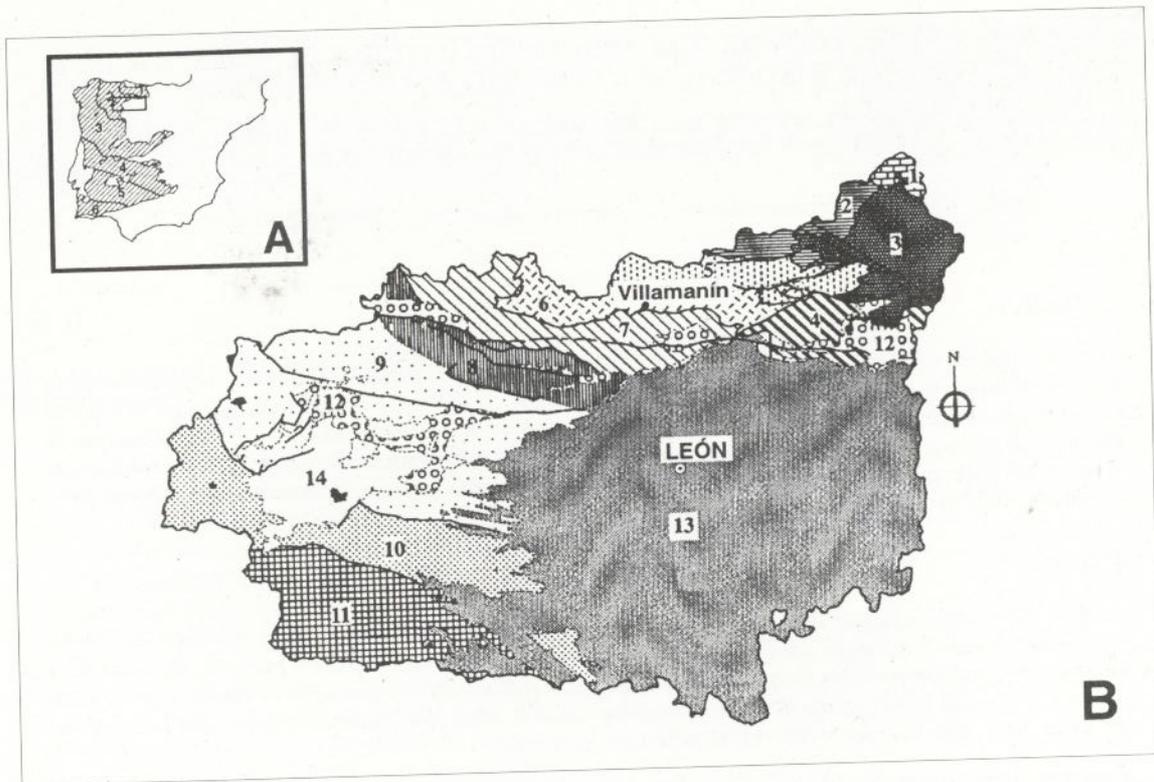


Figura 1.- Localización geográfica y geológica de los yacimientos estudiados. A) Macizo Hespérico. El recuadro indica la localización aproximada de la provincia de León. B) Esquema geológico de la provincia (ligera- mente modificado del Mapa Geológico de la Provincia de León, escala 1:200.000, pág. 18). Cada una de las zonas individualizadas con tramas y números corresponde a un dominio paleogeográfico-estructural diferente: 1- Picos de Europa; 2- Unidad del Ponga; 3- Unidad del Pisuerga-Carrión; 4- Unidades del Esla y Valsurvio; 5- Cuenca Carbonífera Central; 6- Unidad de Bodón; 7- Unidad de Somiedo-Correcillas; 8- Antiforme del Narcea; 9- Dominio del Navia-Alto Sil; 10- Dominio de Mondoñedo-Peñalba; 11- Dominio de Truchas; 12- Cuencas Carboníferas Estefanienses; 13- Cuenca del Duero; 14- Cuenca del Bierzo. Los dominios numerados del 1 al 8 pertenecen a la Zona Cantábrica. Notar que los yacimientos muestreados se localizan en el dominio 6, Unidad de Bodón.

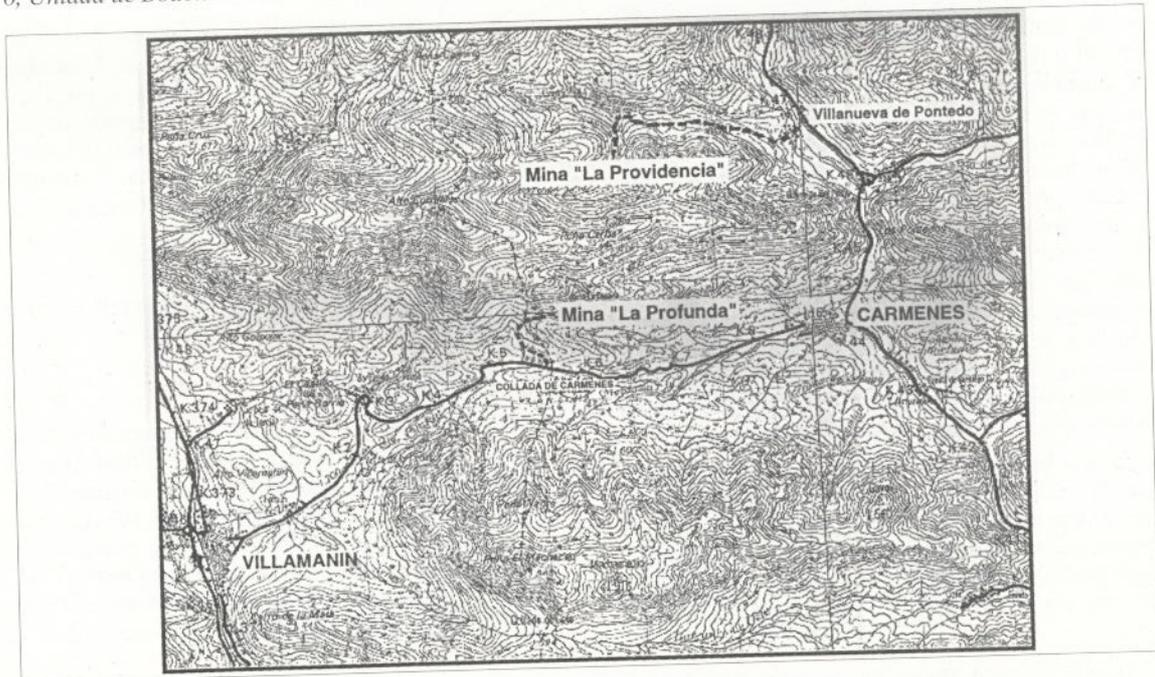


Figura 2.- Localización geográfica de detalle de los yacimientos estudiados (modificado del Mapa Topográfico E 1:50.000, Hoja 103).

**Mina "La Profunda".** A unos 7 kilómetros de Villamanín, se llega a la "Collada de Cármenes" donde se toma, ya a pie, un camino en dirección norte que conduce al nacimiento del "Arroyo de la Vega". Allí se encuentran las escombreras de dicha mina, las cuales son visibles desde la carretera sólo cuando se accede desde Cármenes. La entrada principal a esta mina, y la única practicable en la actualidad, consiste en una espectacular oquedad artificial a la que se llega subiendo por una empinada vereda. En total, el recorrido a pie desde la carretera comarcal hasta las escombreras es de 1,5 km, y desde éstas a la boca de la mina de unos 200 m. Las escombreras en su conjunto son, por la abundancia de ejemplares y la seguridad del lugar, un emplazamiento idóneo para la recolección de minerales, sin embargo, las muestras mejor cristalizadas sólo pueden obtenerse con gran dificultad en los restos de masas mineralizadas que se encuentran dentro de la oquedad principal.

**Mina "La Providencia".** Para acceder a esta mina hay que seguir la carretera que va desde Cármenes al puerto de Piedrafita de la Mediana. A unos 3,5 km de Cármenes, se llega a la localidad de Villanueva de Pontedo, desde donde parte un camino en mal estado hacia el oeste, que al cabo de 2 km lleva hasta las labores inferiores de la mina. Desde ahí, para alcanzar la entrada principal, donde se ubican las escombreras mineralizadas, el trayecto se realiza por una vereda que sube por el "Arroyo de la Mina" a lo largo de aproximadamente 1 km.

#### Localización geológica

Las labores mineras estudiadas se ubican en el norte de la provincia de León. Desde un punto de vista geológico, esta región está constituida por un conjunto de materiales antiguos, de edad Precámbrico y Paleozoico, con gran variedad de litologías (diferentes tipos de calizas, areniscas, cuarcitas, pizarras, rocas ígneas, etc.) (Fig. 1). Dichos materiales fueron afectados por la Orogenia Hercínica o Varisca, por lo que presentan una tectónica compleja que incluye pliegues, fallas y, muy especialmente, cabalgamientos. Basándose en rasgos tectónicos, las rocas precámbricas y paleozoicas de la Península Ibérica han sido divididas en varias zonas (Lotze, 1945, con modificaciones posteriores de Julivert *et al.*, 1972). Tres de ellas están presentes en la provincia de León (Fig. 1): la Zona Asturoccidental Leonesa y una pequeña parte de la Zona Centro-Ibérica, que comprenden las rocas eminentemente silíceas del occidente leonés y la Zona Cantábrica que engloba el resto de las rocas precámbricas y paleozoicas de la provincia.

El área de Villamanín, donde se localizan las minas estudiadas, pertenece a la Zona Cantábrica (Fig. 1), caracterizada por una tectónica de tipo epidérmico, con predominio de mantos de cabalgamiento afectados por pliegues y práctica ausencia de metamorfismo y esquistosidad. Dentro de la Zona Cantábrica, las mineralizaciones se ubican, de forma general, en los frentes de los mantos de ca-

balgamiento más externos, situados en las proximidades del contacto con las cuencas sinorogénicas. Los yacimientos minerales estudiados contienen las mineralizaciones de Cu-Ni-Co-Fe(U-Au) más abundantes conocidas en la Zona Cantábrica.

Las mineralizaciones analizadas aparecen en materiales carbonatados de edad carbonífera denominados "Caliza de Montaña", término informal que se aplica tradicionalmente al conjunto de las Formaciones Barcaliente y Valdeteja, cuya edad varía desde el Namuriense A hasta el Westfaliense (Figs. 3 y 4). Más información sobre la localización geológica de estos yacimientos puede consultarse en el Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, Hoja 103, La Pola de Gordón.

#### Rasgos generales de las minas Profunda y Providencia

La explotación de las bolsadas de mineral de "La Profunda" data de la época prerromana, realizándose las principales labores durante la segunda mitad del siglo XIX. Esta mina es la explotación más importante de una serie de trabajos mineros destinados a la extracción de cobre y cobalto, principalmente a partir de sulfoarseniuros, así como de minerales de la zona de oxidación, carbonatos, óxidos y arseniatos. Además de Cu y Co, aparecen minerales de Ni y se han encontrado recientemente indicios de U y Au, pero nunca en cantidades explotables.

La otra mina estudiada, conocida como "Divina Providencia", se explotó intensivamente en la misma época que "La Profunda", aunque de forma más irregular y con menor beneficio a causa de problemas en el tratamiento metalúrgico de la mena. Dicha mena está compuesta por una paragénesis de sulfuros de Cu-Ni-Co exclusiva de esta mina y conocida con el nombre de villamaninita, no habiéndose encontrado hasta la fecha una paragénesis similar en ningún otro yacimiento del mundo.

#### Origen del yacimiento

Los yacimientos minerales del área de Villamanín son de origen hidrotermal. Su aparición en puntos concretos está controlada por trampas litológicas y estructurales (Fig. 3), por lo que se localizan en la intersección de fracturas de dirección E-W, NE-SW y NW-SE, encajando sistemáticamente en los materiales carbonatados denominados "Caliza de Montaña", en zonas afectadas por intensas dolomitizaciones (Martín-Izard *et al.*, 1995). Las condiciones fisicoquímicas de formación de estos yacimientos son típicamente epitermales, con temperaturas de depósito que oscilan entre 100 y 200°C y presiones próximas a la hidrostática.

Las dataciones por el método de U-Th-Pb realizadas sobre granos de uraninita dan una edad de  $273 \pm 11$  m.a. para estos yacimientos. Puesto que esta edad es muy próxima a la de las rocas ígneas emplazadas en áreas de fractura de las zonas Cantá-



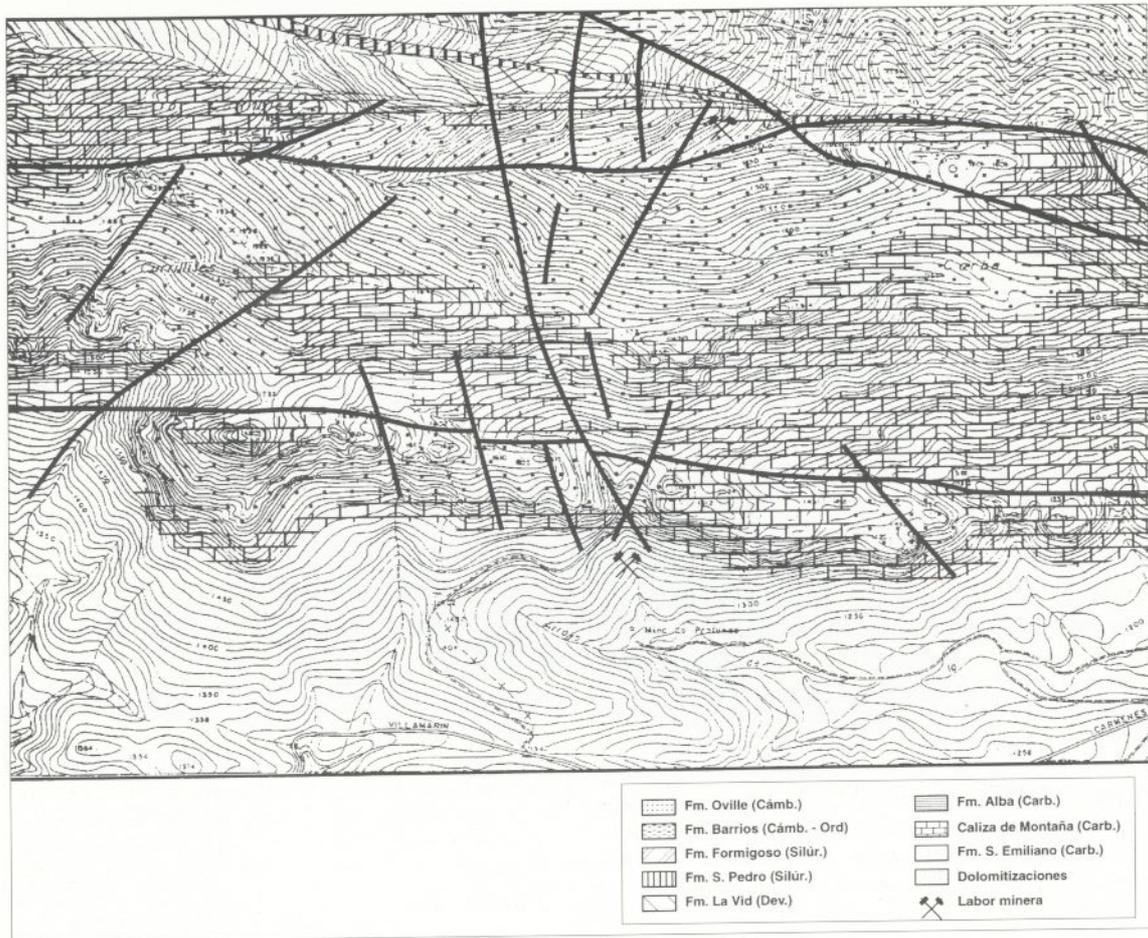


Figura 3.- Mapa geológico del sector Profunda-Providencia, escala aproximada 1:10.000, según Matías (1992).

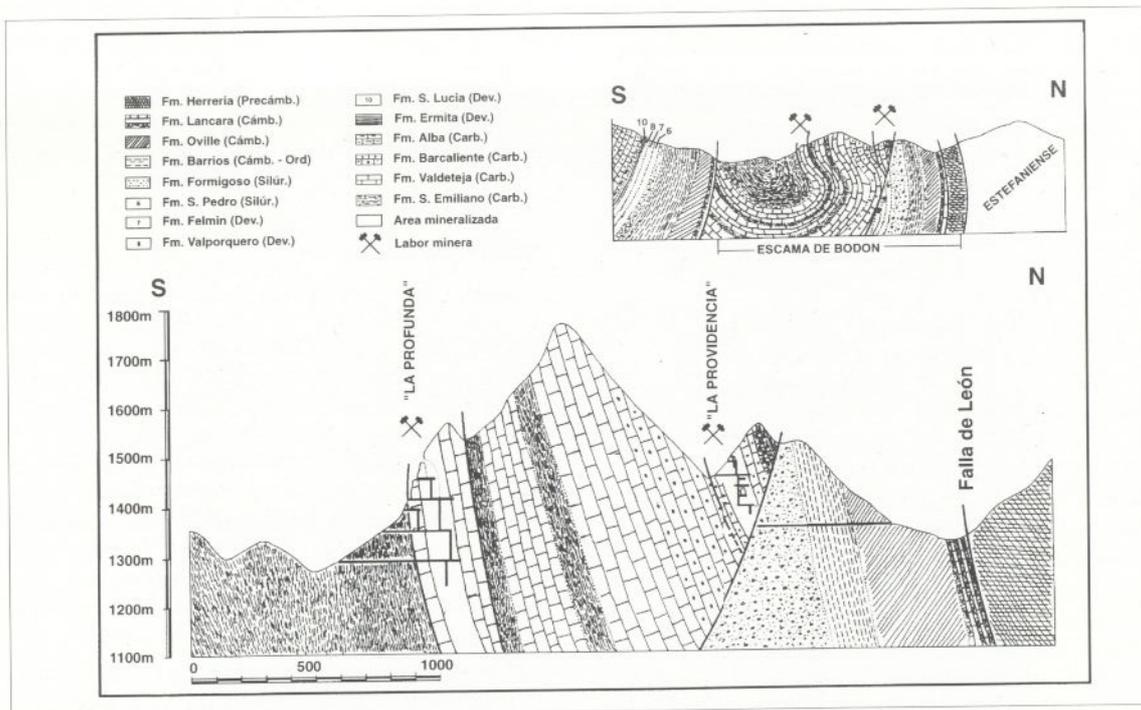


Figura 4.- Perfil geológico del área mineralizada según Matías (1992). Parte superior derecha: esquema geológico general de la Unidad de Bodón, con indicación de la posición de las labores mineras. Parte inferior: perfil geológico de detalle que incluye las bandas mineralizadas así como un plano de perfil de las labores mineras.

brica y Asturoccidental-leonesa, Paniagua *et al.*, 1993 han sugerido que las intrusiones ígneas actuaron creando un gradiente térmico y generando circuitos hidrotermales portadores de los elementos que darían lugar a las mineralizaciones. Sin embargo, y según los autores antes mencionados, el origen de los metales presentes en estos fluidos no sería magmático sino que procedería de la interacción previa de estos fluidos con rocas sedimentarias próximas (especialmente pizarras negras y hierros oolíticos presentes en varios materiales paleozoicos). Se obtendrían así los metales que darían lugar a las mineralizaciones.

A nivel de detalle, las mineralizaciones forman filones y bolsadas irregulares, con tendencia lenticular y disposición marcadamente subvertical. Según Martín Izard *et al.* (*op cit.*), la sucesión mineral comprende, habitualmente, una asociación precoz de minerales del grupo de la pirita, que incluye a la pirita, bravoita, cobaltita, y villamaninita, así como uraninita, entre otros. A continuación se produce una asociación más tardía constituida principalmente por calcopirita y bornita. Como minerales accesorios aparecen esfalerita, seleniuros de cobre, cobalto y níquel y, muy ocasionalmente, oro nativo.

La oxidación de las masas mineralizadas en sus afloramientos cambia sustancialmente la mineralogía de la mena, formándose abundantes carbonatos, arseniatos y algunos óxidos hidratados, estos últimos fundamentalmente de hierro y cobalto. Por último, indicar que en torno a las áreas mineralizadas se desarrolla una importante dolomitización y silicificación de la roca encajante que da lugar a la aparición de minerales como cuarzo, dolomita, calcita o hematites.

## MINERALES DE LOS YACIMIENTOS ESTUDIADOS

En las mineralizaciones descritas pueden encontrarse hasta 27 minerales fácilmente reconocibles y de composición variada: sulfuros, sulfoarseniuros, carbonatos, arseniatos y óxidos. Según la etapa de formación, se diferencian dos grupos: minerales primarios y minerales secundarios.

Los minerales primarios (Tabla I) son los que se depositan inicialmente y no están sometidos a ningún tipo de alteración atmosférica. Entre ellos destacan la villamaninita, un sulfoseleniuro complejo de Cu-Ni-Co-Fe, especialmente abundante en "La Providencia" y la bornita que, por su elevado contenido en cobre fue el mineral objeto de mayor explotación.

Los minerales secundarios (Tabla II) son aquellos que se han formado por la influencia de la oxidación atmosférica sobre la mena de la mineralización primaria. En los yacimientos muestreados, destacan por su abundancia, rareza o espectacularidad, los siguientes minerales:

**Zeunerita:** Difícil de encontrar bien cristalizada, esta mica de uranio y cobre ha sido descrita, en España, únicamente en estas minas. Generalmente

aparece asociada a pechblenda de color negro. Por su contenido en uranio genera anomalías radiométricas que no son difíciles de detectar con un contador Geiger portátil; estas anomalías se localizan tanto en las escombreras como en el interior de la mina, especialmente cerca de bolsadas de mineral en la mina "La Profunda".

**Tirolita:** Aparecen en ocasiones nódulos fibroso-radiados de hasta 1,5 cm de diámetro, pudiéndose considerar los mejores ejemplares de esta especie en España.

**Malaquita, Azurita:** Son los minerales que más destacan por su vistosidad y colorido, muy abundantes en las escombreras.

**Heterogenita:** Es un óxido de cobalto, de color negro, muy extendido en toda el área como recubrimiento, procedente de la oxidación de minerales de cobalto.

**Aragonito:** Se presenta en la parte superior de "La Profunda", en una cavidad natural a modo de grandes masas estalactíticas finamente bandeadas en hermosos tonos verdes.

Todos estos minerales y otros más que aparecen asociados, pueden ser fácilmente identificados con ayuda de las Tablas I y II, en las que se exponen conjuntamente las características fisicoquímicas de cada uno de ellos. Para utilizar correctamente estas tablas de identificación se recomienda seguir el siguiente orden en las características: 1ª) Color; 2ª) Morfología; 3ª) Brillo; 4ª) Resto de propiedades físicas, según se manifiesten; 5ª) Caracterización fisicoquímica. Para la realización de este último paso se incluye una descripción de los ensayos químicos necesarios para su determinación.

### Análisis químicos

En este apartado, se describen algunos análisis químicos que permiten detectar elementos cuya presencia es significativa en la identificación de minerales con características físicas parecidas pero con composición química diferente. En el caso de los minerales estudiados, los análisis se reducen a la investigación de los distintos carbonatos y a la identificación de arsénico, selenio, uranio, hierro, cobre, cobalto y níquel.

**Presencia de carbonatos.** La calcita y el aragonito, con HCl diluido al 10% producen viva efervescencia. En el caso de la dolomita sólo lo hace con HCl en caliente.

**Diferenciación entre calcita y aragonito.** El polvo de aragonito, puesto en un tubo de ensayo con 4 cc de agua destilada y 10 gotas de nitrato de cobalto al 10% en agua, cambia su color de blanco a rosa violeta después de hervir la mezcla durante dos minutos. La calcita, en iguales condiciones no cambia de color.

**Presencia de selenio.** Una pequeña muestra pulverizada se mezcla con carbonato de sodio o nitrato potásico. Se calienta fuertemente en tubo cerrado. Se rompe el tubo y el residuo se mezcla con carbonato amónico y se vuelve a calentar. Un subli-



mado rojo en el tubo indica la presencia de selenio. Este ensayo puede ser interferido por la presencia de hierro, por lo cual, al citar más adelante el análisis de cationes por vía húmeda, daremos un ensayo más específico del selenio.

**Presencia de azufre (sulfuros).** Al disolver polvo del mineral en  $\text{HNO}_3$  concentrado y con calentamiento posterior, se forma azufre amarillo que flota en la disolución, además de percibirse el olor característico del dióxido de azufre. Este olor también se percibe al tostar en tubo abierto el polvo del mineral.

**Presencia de U, As, Se, Fe, Co, Ni y Cu.** Para determinar la presencia o ausencia de estos elementos seguiremos en líneas generales la marcha analítica del carbonato sódico propuesta por Arribas (1978). Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1<sup>º</sup>) Disolución de la muestra: 200 mg se atacan con HCl o con  $\text{HNO}_3$ , utilizándose hasta que se produzca disolución completa, primero diluidos, en frío y en caliente y, si fuera necesario, con los ácidos concentrados. La presencia de azufre se suele manifestar por la liberación de  $\text{H}_2\text{S}$ , de olor característico, por la formación de un sobrenadante amarillo de azufre o por los vapores sulfurosos que se desprenden.
- 2<sup>º</sup>) Preparación de la muestra problema: Se neutraliza la disolución ácida obtenida con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
- 3<sup>º</sup>) Marcha analítica: Al neutralizar la solución se produce un precipitado en el que se encuentran todos los cationes. Un color pardo o marrón indicará una abundante presencia de Fe, verde indica Cu o Ni.

En el sobrenadante pueden estar el selenio, uranio y arsénico. Para detectar el selenio seguimos el siguiente procedimiento: a dos gotas de la disolución en placa se le añade un cristalito de bisulfito sódico y luego una gota de azul de metileno al 0,01% en agua. Si a los 10-30 segundos éste se decolora, hay selenio. Este ensayo es específico y no tiene interferencias como el citado más arriba.

El uranio se detecta en el sobrenadante como ión uranilo mediante reacción en medio ácido con ferrocianuro potásico: a tres gotas de la solución se añaden otras de HCl 2N hasta acidez. Añadir a continuación cuatro gotas de ferrocianuro potásico 2N. Color rojo oscuro indica presencia de uranio, que al calentar suavemente da un precipitado coposo del mismo color.

Para detectar el arsénico en la solución se toman 10 gotas y se añade ácido nítrico 2N hasta neutralidad o ligera acidez, hirviendo para eliminar el exceso de carbonato. Filtrar en caso de que aparezcan precipitados. Añadir tres gotas de hidróxido amónico concentrado y cinco de mixtura magnésiana. Agitar fuerte. Aparición de un precipitado indica presencia de arseniatos. Se comprueba separando el precipitado y añadiendo gotas de nitrato de plata 0,1 N. El color blanco cambia a pardo rojizo en presencia de arsénico

Se disuelve el precipitado en HCl 2N. A esta disolución clorhídrica se le añade disolución saturada de sulfato amónico. A continuación se añade  $\text{NH}_3$  concentrado con lo que el hierro, en caso de estar presente se manifestará por la formación de un precipitado pardo de hidróxido férrico. El hierro puede identificarse mediante disolución del precipitado en HCl 2N y reacción con ferrocianuro potásico con aparición de precipitado azul de Prusia característico. El resto de los cationes permanecen en disolución en forma de complejos amoniacales, estables en presencia de sales amónicas. Asegurándonos de que ha precipitado todo el hierro con exceso de amoníaco concentrado, filtramos y sobre la disolución obtenida investigamos el resto de los cationes. El color azul de esta disolución nos indicaría la presencia de Cu y/o Ni, pues los complejos amoniacales de ambos presentan este color. El Ni se detecta llevando unas gotas de la disolución a una depresión de la placa de porcelana y añadiendo dos o tres gotas de dimetilglioxima. La presencia de níquel se advierte por una coloración rosa o un precipitado rosa, según la concentración del catión.

El cobalto se identifica con AEDT- $\text{Na}_2$  (5 %) y agua oxigenada (3 %) calentando suavemente. Un tono azul que vira al violeta indica la presencia de cobalto.

El cobre se puede poner de manifiesto con Cuprón (alfa-benzoinoxima) sobre papel de filtro. Color verde indica presencia de cobre.

### Pruebas de radiactividad

La propiedad más característica para determinar el uranio es su radiactividad. La zeunerita, parecida cuando está en forma masiva a otros minerales de color verde, suele venir acompañada de pechblenda, de color negro y ambos dan un nivel alto de radiactividad, detectable fácilmente con un contador Geiger.

### UTILIZACIÓN DOCENTE DE LOS YACIMIENTOS ESTUDIADOS

#### Análisis de la experiencia

El trabajo que aquí desarrollamos surgió de una actividad extraescolar integrada en el programa del MEC de Apertura de Centros en Horario No Lectivo y realizada por uno de los firmantes (J.M. Domingo). Aunque en un primer momento, dicha actividad se inició como respuesta a la demanda de un grupo de alumnos de 1<sup>º</sup> de BUP que pedían realizar prácticas relacionadas con la Geología, posteriormente, y a lo largo de cinco años, variaron diversos parámetros, como el número de alumnos, su edad, los objetivos y la metodología aplicada.

Los alumnos que tomaron parte en esta actividad, en general en torno a 15 cada año, pertenecían a cursos diferentes ya que muchos de ellos comenzaron en 1<sup>º</sup> de BUP y siguieron participando hasta que finalizaron sus estudios. Esto supuso trabajar con distintos niveles, con las dificultades que impli-



ca a la hora de diseñar y compaginar actividades, pero también posibilitó que algunos alumnos de mayor nivel actuaran, en ocasiones, como tutores de sus compañeros más noveles. El mismo papel fue también desempeñado por licenciados que realizaban prácticas para la obtención del Certificado de Aptitud Pedagógica en el centro.

Los objetivos iniciales fueron variando, acomodándose a las peticiones y respuestas de los alumnos, a las posibilidades de las zonas estudiadas y a la disponibilidad de material docente. Así, el objetivo primario de "aprender a hacer ciencia" se concretó en dos objetivos más operativos: la consecución de cierta soltura tanto en trabajos de campo como de laboratorio y el conocimiento, a su nivel, de los principales yacimientos minerales de la provincia de León.

A grandes rasgos, la actividad se realizó en dos fases: una primera dedicada al conocimiento de las propiedades de los minerales y a su identificación y otra segunda centrada en la aplicación de estos conocimientos al estudio de yacimientos concretos. Las actividades con los alumnos estaban estructuradas en sesiones de dos horas, una tarde a la semana, complementadas con salidas al campo de un día o de medio día de duración, éstas con una frecuencia mensual.

La metodología empleada se modificó adaptándose a diversas circunstancias. En general se planteaba, en una reunión conjunta, un tema de trabajo (la luminiscencia, la radiactividad, la detección de la presencia de determinados elementos químicos en un mineral, la clasificación de los minerales, ...) y se orientaba a los alumnos hacia la recopilación y lectura de material bibliográfico sobre el mismo. La siguiente sesión se dedicaba a una puesta en común en la que se aclaraban dudas, se introducían conceptos necesarios para la comprensión de los fenómenos, etc. En ella, se veían en seguida posibilidades de poner en práctica lo aprendido y de diseñar experiencias que permitieran llevarlo a cabo. Estas experiencias pretendían básicamente dos logros: la motivación de los alumnos y que éstos desarrollasen la mayor autonomía posible en su trabajo.

La evaluación constante de la actividad realizada permitió concretar objetivos, modificar metodologías y corregir actividades, dirigiendo de esta manera su desarrollo.

No obstante, lo que nos gustaría destacar de esta práctica y lo que nos ha impulsado a divulgarla es el gran interés despertado en los alumnos participantes, responsable sin duda de parte de los logros alcanzados. Así, y a través de las actividades prácticas de laboratorio, los alumnos se han familiarizado con el material propio de un laboratorio de Química, han obtenido un conocimiento práctico de algunas técnicas básicas empleadas en él y han aprendido a respetar las normas de seguridad fundamentales. Al mismo tiempo, el trabajo de campo ha permitido afianzar los hábitos de observación, aprender métodos de muestreo y reconocer el interés científico de los minerales. De todo ello,

se ha derivado un mayor conocimiento del medio natural, de sus posibilidades y de la necesidad de preservarlo. Resultó también destacable el buen ambiente de convivencia, no sólo entre alumnos sino también entre éstos y el profesor, así como el alto grado de participación que caracterizaron el desarrollo de la actividad.

Nos parece también interesante comentar el hecho de que estas prácticas han supuesto para el centro un enriquecimiento tanto material: reactivos, instrumental científico, ...; como docente: aprovechamiento de algunas de las prácticas diseñadas para la docencia de grupos oficiales. Así mismo, el vestíbulo del centro se ha visto enriquecido con un expositor donde se pueden contemplar, con explicaciones adecuadas, los mejores ejemplares de minerales y rocas recogidos y estudiados. Pensamos que la presencia cotidiana, a la vista de todos, de este "elemento decorativo" posee un interesante valor didáctico para la comunidad educativa.

### Otras propuestas de utilización en docencia

El actual diseño de la Enseñanza Secundaria Obligatoria contempla la posibilidad de que los centros oferten, en la 2ª etapa, asignaturas optativas que deben completar la formación del alumno de acuerdo con sus intereses y aficiones. La información contenida en este trabajo podría ser enfocada hacia el diseño de una asignatura de estas características, cuyos objetivos son muy similares a los de la experiencia docente referida en el apartado anterior.

Otra posible utilización de este material se encontraría en las asignaturas de Ciencias Naturales que configuran de forma habitual el currículo de la ESO. La implantación del nuevo sistema educativo supone, a la par que un vuelco en la metodología, un cambio de los objetivos que pretende la enseñanza secundaria. Así, de una docencia dedicada casi exclusivamente a la impartición de conceptos, se pasa a una enseñanza cuya finalidad es desarrollar capacidades y generar actitudes positivas en los alumnos. Desde este punto de vista y en el ámbito de las Ciencias Naturales, son varios los objetivos que pueden plantearse. De entre ellos, dos nos parecen especialmente interesantes: el conocimiento práctico del método científico de trabajo y el desarrollo de una actitud de respeto hacia el medio ambiente.

La información aportada por este trabajo puede ser enfocada a la consecución de ambos objetivos sin más que hacer hincapié en dos elementos de la actividad: la necesidad de un método de trabajo tanto en el campo como en el laboratorio y la obligatoria conexión entre ambas fases.

En cualquier tipo de estudio, el método científico de trabajo en el campo requiere un muestreo riguroso. A pesar de ello, es habitual que durante las prácticas de campo que implican recogida de materiales (minerales, rocas, fósiles, ...) éstas sean realizadas al azar, sin indicación gráfica o es-



crita del lugar de recolección, sin etiquetado de muestras y con mezcla de materiales procedentes de diversas zonas cuando no de yacimientos diferentes. Es también usual que todos los elementos recogidos sean trasladados al laboratorio del centro o a domicilios particulares donde, o son almacenados sin más o son, con ocasión de alguna limpieza, arrojados a la basura.

Este tipo de actuaciones induce en los alumnos dos ideas negativas: en primer lugar, sugiere que el trabajo de campo carece de metodología; en segundo lugar, disminuye el valor científico del elemento natural hasta anularlo por completo. A la larga, este hecho se traduce en las ideas de que el medio natural tiene poco que ver con la ciencia (el mineral deja de ser interesante una vez que se ha recogido) y de que una actitud poco respetuosa, incluso agresiva hacia el medio ambiente (recolecciones indiscriminadas), no ha de ser necesariamente negativa.

Para evitar estas conclusiones, es preciso que el trabajo de recogida en el campo tenga un valor, algo que sólo se adquiere a través del empleo de un método adecuado, y que los alumnos adviertan la estrecha conexión entre este método y la obtención de información científica a partir de los materiales recogidos. De esta forma el alumno aprende a valorar la aplicación de un método en el trabajo y a considerar el medio natural como fuente de información.

Varias actividades relacionadas con el trabajo que aquí presentamos pueden favorecer la obtención de este tipo de conclusiones. Así, la recogida de minerales en escombrera e interior de mina ha de permitir obtener asociaciones diferentes, de las cuales sólo la segunda sería válida para deducir la génesis del yacimiento. También la presencia de minerales secundarios en determinados lugares es significativa.

Por otro lado, las actividades prácticas que sugerimos implican una necesaria conexión entre campo y laboratorio; a través de ella, el alumno aprende a reconocer el campo como parte integrante del proceso de resolución de problemas científicos y, por tanto, a valorarlo.

Por lo que respecta a la metodología, son ya muchos los trabajos publicados que centran su contenido en el análisis de la metodología aplicable a las salidas de campo. De entre las propuestas más usuales, aquella que nos parece más útil para la actividad que sugerimos es la basada en la resolución de problemas (García de la Torre *et al.*, 1993; Pedrinaci *et al.*, 1994). En este contexto, son varios los problemas que podrían ser planteados y la elección de uno de ellos debe estar especialmente sujeta al nivel y contexto educativo en el cual se quiera desarrollar la práctica.

Entre los problemas que pueden plantearse figuran, además de los indicados en la experiencia anteriormente relatada, los siguientes: ¿para qué

sirven los minerales? (en relación a este problema, la zona de trabajo permite reconocer la doble utilidad científica, ya que aportan datos sobre la historia geológica de la región, y económica, puesto que han sido explotados desde antiguo); ¿en qué contexto geológico se han originado estas mineralizaciones?; ¿cómo debe realizarse un muestreo de minerales para que éstos nos proporcionen información?; ¿cuales son los rasgos naturales y cuales los antrópicos en el área muestreada?; etc.

La elección del problema puede ser realizada por el profesor o por los alumnos pero, como corresponde a una perspectiva constructivista, es necesario llevar a cabo una actividad colectiva anterior a la práctica propiamente dicha, que permita reconocer las ideas previas de los alumnos y los conceptos geológicos que se precisarán para llevar a cabo la actividad. Esta misma puesta en común ha de servir para concretar los objetivos prefijados así como para reconocer la presencia de representaciones mentales erróneas que deberían ser erradicadas.

Por lo que respecta al trabajo de laboratorio, son menos los artículos que proponen metodologías novedosas y enraizadas en una perspectiva constructivista del aprendizaje. En el ámbito del reconocimiento de minerales nos parecen especialmente interesantes los diagramas de flujo (García de la Torre, 1992). En los yacimientos estudiados se encuentran 27 minerales que pueden ser reconocidos por los métodos indicados en este trabajo. Aunque, con el fin de abarcar el máximo número de minerales, hemos elegido el empleo de tablas y descripciones para mostrar los rasgos que permiten su identificación, nada impide utilizar éstas para obtener diagramas de flujo que posibiliten el reconocimiento de unos pocos elementos previamente seleccionados.

### Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de los alumnos del I.E.S. "Lancia" de León, que, a lo largo de cinco años, participaron con entusiasmo en las actividades extraescolares que han servido de base al mismo. Aunque sus nombres no aparezcan en el trabajo, la autoría es tanto de ellos como nuestra.

Estamos también agradecidos al M.E.C. que colaboró económicamente con las actividades extraescolares realizadas a través del "Programa de Apertura de Centros en Horario No Lectivo" y a la Asociación de Padres de Alumnos del I.E.S. "Lancia".

Así mismo, agradecemos las acertadas sugerencias del Dr. J. L. Acebes Arranz y de dos revisores anónimos, las cuales permitieron mejorar el documento inicial de trabajo.



## BIBLIOGRAFÍA

Alonso, J.L.; Suárez Rodríguez, A.; Rodríguez Fernández L.R.; Fariás, P. y Villegas, F. (1991). *Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, Hoja 103, La Pola de Gordón*. ITGE, Madrid.

Arribas, S. (1978): *Análisis Cualitativo Inorgánico*. Editorial Paraninfo. Madrid.

García de la Torre, E. (1992). La utilización de los diagramas de flujo para la identificación de las rocas en el campo. *Investigación en la Escuela*, 16:101-102.

García de la Torre, E.; Sequeiros San Román y Pedrinaci Rodríguez, E. (1993). Fundamentos para aprendizaje de la Geología de campo en Educación Secundaria: una propuesta para la formación del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1(1): 11-18.

Grupo Mineralogista de Madrid (1994). *Bocamina*. Revista de Mineralogía y Yacimientos de España. 0: 6-7.

ITGE y Diputación de León (1994). *Mapa Geológico de la Provincia de León*. E 1:200.000.

Julivert, M.; Fontboté, J. M.; Ribeiro, A. y Conde, L. (1972). *Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. IGME. Madrid.

Lotze, F. (1945).- Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotekt. Forsch.*, 6:78-92.

Mapa Topográfico Nacional, HOJA 103. Instituto Geográfico Nacional.

Martín-Izard, A.; Paniagua, A. y Arias, D. (1995). Yacimientos minerales: modelos de formación. En: C. Aramburu y F. Bastida (eds), *Geología de Asturias*. Ediciones Trea S.L. Gijón.

Martínez Peña, M.B.; Calvo Hernández, J.M. y Millán, H. (1988). Itinerarios locales como alternativa a los regionales en la introducción al conocimiento de la Geología. *Actas del Congreso Geológico de España*, 2:579-582.

Mata-Perelló, J.M.; Sanz i Balagué, J. (1993). *Guía de identificación de minerales adaptada fundamentalmente a la Península Ibérica*. Parcir Edicions Selectes. Manresa (Barcelona).

Matías, R. (1993). *Mineralizaciones de uranio en el Sector Occidental de la Cordillera Cantábrica*. Trabajo fin de Carrera. E. U. I. T. de Minas de León. Universidad de León. Inédito.

Matías, R. (en prensa). *El distrito minero Profunda-Provincia*. Revista de Minerales.

Paniagua, A.; Fontboté, L.; Fenoll, P.; Fallick, A.; Morciras, D. y Corretgé, G. (1993). *Tectonical setting, Mineralogical characteristics, Geochemical signatures and Age dating a new Model of Epithermal Carbonate-Hosted precious metal Deposits: The Villamanin Area (Cantabrian Cordillera, Northern Spain)*. En: P. Fenoll y otros (eds), *Current Research in Geology Applied to Ore Deposits*. Universidad de Granada.

Pedrinaci, E.; Sequeiros, L. y García de la Torre, E. (1994). El trabajo de campo y el aprendizaje de la Geología. *Alambique*, 2:37-45.

Valle del, A.; Niño M.P.; Medina J. y Rull F. (1987). *Mineralogía para químicos*. Universidad de Valladolid.

Ver tablas I y II en páginas 108 y 109



TABLA I.- DETERMINACIÓN DE MINERALES PRIMARIOS EN LA ZONA DE VILLAMANÍN

MINERALES PRIMARIOS	COMPOSICIÓN	COLOR	MORFOLOGÍA	BRILLO	RAYA	D	P.e.	SIST C	CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA
VILLAMANINITA	(Cu, Ni, Co, Fe) S <sub>2</sub>	gris-negro	nódulos fibroso-radiados y agregados idiomorfos en dolomita	metálico	negra	4,5	4,5	C	contiene Se
BRAVOITA	(Fe, Ni, Co) S <sub>2</sub>	gris-amarillo	granular o masivo, a veces concreccionado	metálico	gris	5,5-6	4,5	C	cuando se presenta con villamanita se distingue de esta porque no contiene SE
PIRITA	Fe S <sub>2</sub>	amarillo	masivo, granular, en pequeños cristales (pentagonododecaedros)	metálico	verdosa	6	5	C	sólo contiene Fe + S
GERSDORFFITA	(Ni, Fe) S As	gris	masivo, granular	metálico	gris	5	6	C	contiene Ni y mucho As
ESMALTINA	Co S As	gris	masiva, en filoncillos	metálico	gris	5,5-6	6,5	C	contiene Co y mucho As
URANINITA	U O <sub>2</sub>	negro	granular, terrosa	céreo	negra	3-5	9	C	contiene U. Radiactiva
BORNITA	Cu <sub>5</sub> Fe S <sub>4</sub>	bronce pálido-azul metálico	masiva, granular, en filoncillos	metálico	gris	3	5	C	la superficie fresca adquiere rápidamente un tono azulado característico por alteración superficial ("cuello de pichón")
CALCOPIRITA	(Cu, Fe) S <sub>2</sub>	amarillo verdoso	granular, masivo	metálico	verdosa	3,5-4	4,3	Ti	contiene menos cobre que la bornita
TENNANTITA	Cu <sub>12</sub> As <sub>4</sub> S <sub>13</sub>	gris	masiva, en filoncillos, granular	metálico	gris	3-4	4,6	C	no contiene Ni ni Co
CALCOSINA	Cu <sub>2</sub> S	azul parduzco	masiva, concreccionada	metálico	negra	2,5-3	5,7	H	no contiene Ni ni Co
HEMATITES (OLIGISTO)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	rojo	masivo, fibroso, terroso o pulverulento	sedoso	roja	1-3	5,2	R	color rojo característico. Prueba del hierro
CUARZO	Si O <sub>2</sub>	blanco o incoloro	masivo, cristalino o microscópico en la dolomita	vítreo	blanca	7	2,6	H	se distingue fácilmente de la calcita por la dureza
DOLOMITA	Ca Mg (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	blanco, rosado o crema	masiva, granular, en cristales romboédricos de caras ligeramente curvadas	vítreo	blanca	3,5-4	2,9	R	a diferencia de la calcita, no produce efervescencia con HCl en frío



TABLA II. - DETERMINACIÓN DE MINERALES SECUNDARIOS EN LA ZONA DE VILLAMANÍN

MINERALES SECUNDARIOS	COMPOSICIÓN	COLOR	MORFOLOGÍA	BRILLO	RAYA	D	P.e.	SIST C	CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA
CALCITA	Ca CO <sub>3</sub>	blanco	espática, en filoncillos, a veces en geodas de cristales lenticulares	vítreo	blanca	3	2,7	R	exfoliación romboédrica característica. Eferescencia con HCl en frío
ARAGONITO	Ca CO <sub>3</sub>	blanco	concrecionado, acicular, fibroso -radiado. Bandas verdoso-azuladas por inclusiones	vítreo	blanca	3,5	2,9	Ort.	se distingue de la calcita mediante la prueba con nitrato de cobalto
AZURITA	Cu <sub>3</sub> ((OH) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	azul	agregados esféricos de cristales milimétricos, granular, concrecionada	adamantino vítreo	azul	3,5	3,8	M	color azul característico
MALAQUITA	Cu <sub>2</sub> ((OH) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ))	verde	terroso, concrecionado, en impregnaciones sobre calcita y dolomita	sedoso	verde	4	4	M	se distingue de otros minerales verdes de cobre porque no contiene As
ESFEROCOBALTITA	Co CO <sub>3</sub>	rosa	terroso, concrecionado, en costras	sedoso	blanca	4	4	R	alteración de minerales de Co. Prueba del Co
ANNABERGITA	Ni <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	verde	acicular, fibroso-radiado, granular, terroso	sedoso	verde	2	3,1	M	alteración de minerales de Ni. Prueba del Ni
ERITRINA	Co <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . 8.H <sub>2</sub> O	rosa	acicular, fibroso-radiado, terroso, a veces en cristales milimétricos	vítreo	rosa	2	3	M	color rosa característico Prueba del Co
OLIVENITA	Cu <sub>2</sub> AsO <sub>4</sub> (OH)	verde oliva	masivo, terroso, arrionado	céreo	verde	3	4,3	M	color verde oliva característico
TIROLITA	CaCu <sub>5</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (OH)	verde azulado	acicular, fibroso-radiado, cristales tabulares	vítreo	blanca	1,5	3,2	Ort.	
ZEUNERITA	Cu (UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 8-12.H <sub>2</sub> O	verde oliváceo	cristales tabulares, escamas, terroso	vítreo	verde	2,5	3,7	Tl.	contiene U. Radiactivo
CUPRITA	Cu <sub>2</sub> O	rojizo	granular, masivo	céreo	parda-rojiza	3,5-4	6,15	C	prueba del Cu
GOETHITA	Fe O(OH)	negro	concrecionada, masiva, terrosa	graso	negra-parda	5	4,3	Ort.	Color negro, dureza y densidad
LIMONITA	Hidróxidos de Fe	negra, parda	concrecionada, terrosa	terroso, mate	parda-amarilla	—	3,5	—	se distingue de la goethita por el color de la raya
HETEROGENITA	Co O (OH)	negro	terrosa, concrecionada, pseudomorfa de minerales de Co	graso	negra	3-4	4,72	—	prueba del Co

