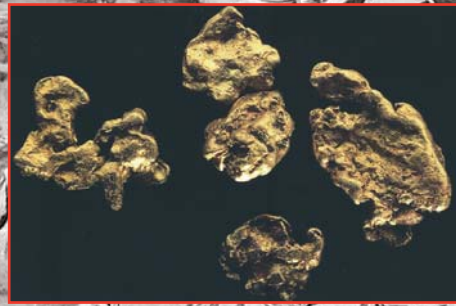


LOS METALES

EN CASTILLA Y LEÓN



Presentación

Los metales han sido desde el origen de los tiempos la base de nuestra civilización, estando presentes en nuestras herramientas y enseres domésticos, en nuestras viviendas y medios de transporte, e incluso en nuestros símbolos de poder, ya sea en las joyas que nos adornan o en las armas con las que nos defendemos.

En esta publicación se presenta una breve descripción del mundo de los metales, sus principales características y aplicaciones, las formas que tenemos de obtenerlos y los procesos industriales que son necesarios para su transformación.

De esta manera se pretende dar a conocer las diferentes vertientes de nuestra industria primaria y concienciar al lector de la indudable necesidad de esta actividad para mantener nuestro estilo de vida, pero dentro de los parámetros de la sostenibilidad medioambiental.

Tomás Villanueva Rodríguez
Consejero de Economía y Empleo
de la Junta de Castilla y León



contenido

¿Qué son los metales?

- Definición
- Algunas características
- Cómo se clasifican

Un poco de historia

Principales aplicaciones de los metales

- Metales férricos
- Metales no férricos

De dónde proceden los metales

- Minerales
- Reciclado

Los yacimientos minerales

- ¿Cómo se forma un yacimiento?
- Investigación minera

De la mina a la fábrica

La minería metálica en Castilla y León

© Junta de Castilla y León
Consejería de Economía y Empleo
Dirección General de Energía y Minas

REALIZACIÓN: Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León (SIEMCALSA)

© DE LA EDICIÓN: Domènech e-learning multimedia, S.A. 

PRIMERA EDICIÓN: 2008

TIRADA: 2.000

DISEÑO GRÁFICO: Domènech e-learning multimedia, S.A.

IMPRESIÓN: Talleres Gráficos Soler, S.A.

DEPÓSITO LEGAL: B-40177-2008

◆ ¿QUE SON LOS METALES?

Desde la más remota antigüedad los metales constituyen la base de nuestra civilización. Con ellos construimos nuestras viviendas, fabricamos nuestras herramientas y sistemas de transporte, e incluso elaboramos nuestras marcas de identidad (monedas, joyas, etc.).

DEFINICIÓN

Todos tenemos claro el concepto de metal, no obstante no es fácil definir con palabras a estas sustancias. Según la Real Academia de la Lengua Española se denominan metales a cada uno de los elementos químicos buenos conductores del calor y de la electricidad, con un brillo característico y normalmente sólidos a temperatura ordinaria (excepto el mercurio).

En el concepto de metal normalmente se incluyen tanto a los elementos puros como a sus distintas aleaciones.

Los metales comprenden la mayor parte de la tabla periódica de los elementos y se separan de los no metales por una serie de elementos de características intermedias, los denominados semimetales, que forman una línea diagonal entre el boro y el polonio. Una característica esencial de los metales es que sus sales en disolución suelen formar iones electropositivos, es decir cationes. Este comportamiento químico determina su forma de aparición en la naturaleza, formando normalmente óxidos (unidos al oxígeno), sulfuros (unidos al azufre) y sulfosales (unidos a un anión puro como es el azufre y a un anión semimetálico como el arsénico, el antimonio o el bismuto). Pero esta forma de aparición no es exclusiva, ya que también pueden encontrarse en forma de elementos nativos, siendo el oro, la plata y el mercurio los casos más conocidos, e incluso en aleaciones naturales como la amalgama, una aleación de plata-mercurio. No menos frecuente en la naturaleza es la aparición en forma de sales complejas, en las que existe un metal que actúa de la forma habitual como catión y otro que actúa como parte positiva del anión. En ocasiones estas sales son empleadas por la industria como principal fuente de ciertos elementos como es el caso de la scheelita, un wolframato cálcico (CaWO_4) que es la principal mena de wolframio a nivel mundial, y en la que el calcio es el catión y el wolframio es la parte positiva del anión wolframato.

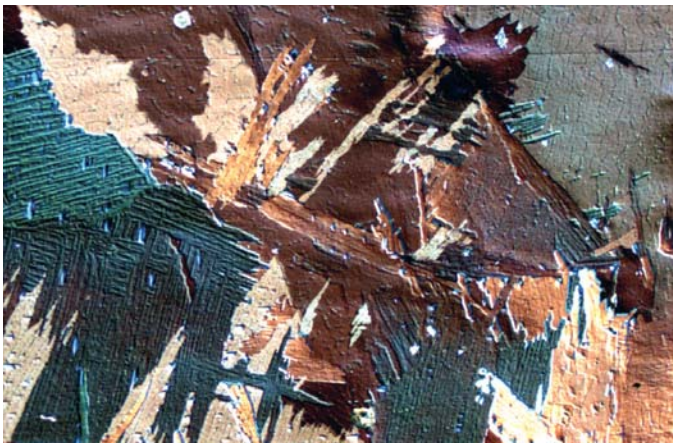


Imagen microscópica de una aleación.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS

La importancia que los metales tienen y han tenido para la humanidad a lo largo de la historia, viene dada por las características intrínsecas de estas sustancias.

Desde el punto de vista físico presentan gran dureza y tenacidad, un intenso y característico brillo, unas excelentes propiedades mecánicas (ductibilidad, maleabilidad, etc.) y una elevada capacidad como conductores del calor y de la electricidad. Estas características determinan una larga vida útil, una gran resistencia y una fácil manipulación y transformación.

La dureza y tenacidad de los metales permite su uso en piezas mecánicas sometidas a desgaste (engranajes, cojinetes, bulones, etc.); el brillo ha permitido su empleo como elemento decorativo, como base de espejos o en distintos elementos ópticos; la alta ductilidad permite la elaboración de hilos o alambres de hasta unas pocas



Aspecto característico de diversos metales.



Hilo de cobre galvanizado fabricado aprovechando la alta ductilidad del cobre.

centésimas de milímetro; mientras que la alta maleabilidad permite su transformación en chapas o láminas de hasta unas pocas micras de espesor (0,0001 mm en el caso del oro). Su gran capacidad para conducir el calor permite su empleo, por ejemplo, en intercambiadores térmicos, mientras que la baja resistividad eléctrica permite todas las aplicaciones eléctricas y electrónicas (cableados, soldaduras, etc.).

Los metales aparecen normalmente en estado sólido a temperatura ambiente, excepto el mercurio que es líquido, y sus puntos de fusión son muy variables, desde unos pocos grados por encima de la temperatura ambiente, como el galio a 29,8 °C, hasta valores que alcanzan los 3.410 °C como el caso del wolframio, lo que le convierte

en prácticamente refractario e infusible. Estas propiedades son de gran utilidad en la industria, por ello el mercurio se emplea por ejemplo en interruptores de movimiento y el wolframio constituye los filamentos de las bombillas, que alcanzan la incandescencia sin llegar a fundir. Los puntos de ebullición son igualmente muy variables desde 357 °C para el caso del mercurio, hasta 5.930 °C en el caso del wolframio. Otra propiedad interesante de los metales es su elevada densidad, con valores que llegan a alcanzar los 22,6 g/cm³ en el caso del osmio. Esta diferencia de densidades entre los distintos metales permite aplicaciones industriales especiales, como la sustitución de elementos de acero, que tiene una densidad de unos 7,8 g/cm³, por otros de aluminio cuya densidad es sensiblemente menor (2,7 g/cm³), por ejemplo en las carrocerías de los automóviles.

CÓMO SE CLASIFICAN

Es posible establecer distintas clasificaciones.

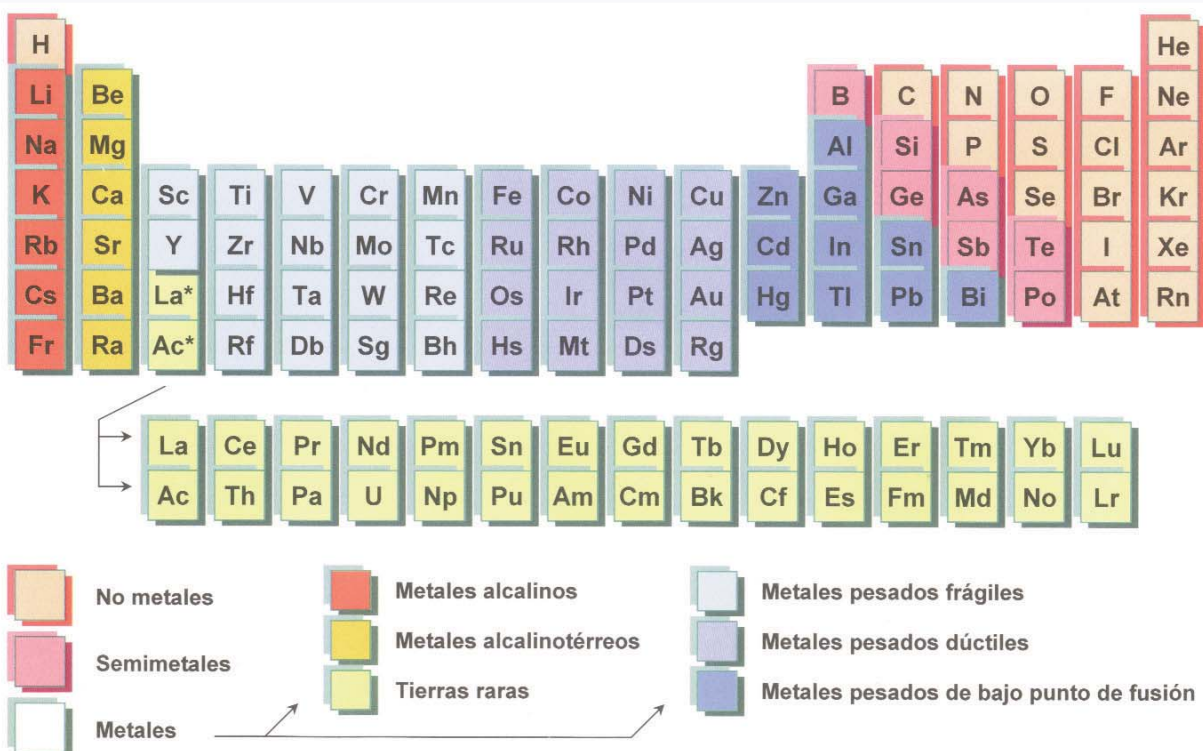
Desde un punto de vista químico:

- **metales alcalinos**
- **metales alcalinotérreos**
- **tierras raras** (lantánidos y actínidos)
- **metales pesados o de transición:**
 - metales pesados frágiles
 - metales pesados dúctiles
 - metales pesados de bajo punto de fusión

Químicamente todos ellos son metales, pero tan sólo los metales pesados o de transición se ajustan al concepto que todos tenemos sobre metales.

Desde un punto de vista práctico:

- **metales férreos** (incluye el hierro y todos aquellos metales afines que se emplean en la industria siderúrgica para la fabricación de aceros y ferroaleaciones: manganeso, cromo, níquel, cobalto, vanadio, molibdeno y wolframio)
- **metales no férreos:**
 - **metales industriales** (empleados en la industria no siderúrgica de manera generalizada: cobre, cinc, plomo, estaño, titanio, antimonio o mercurio (metales industriales pesados), además del aluminio o el magnesio (metales industriales ligeros).
 - **metales preciosos** como el oro, la plata o los platinoides (platino, paladio, rodio, rutenio, osmio e iridio).
 - **metales raros o minoritarios** como el cadmio, talio, niobio, germanio, uranio, galio, etc.



UN POCO DE HISTORIA

Desde los tiempos prehistóricos en los que el Hombre aprovechaba los metales tal y como se los encontraba en la naturaleza, a los tiempos actuales con los grandes avances en metalurgia y aplicaciones industriales, los metales han sido, son y serán la base del progreso de la Humanidad.

Los primeros metales que el hombre utilizó fueron el oro, la plata o el cobre que se encuentran con cierta facilidad en estado metálico puro (en forma de elementos nativos). Paulatinamente se fue desarrollando la tecnología necesaria para obtener nuevos metales (metalurgia), calentándolos en un horno de piedra o barro mediante carbón de madera.

El primer gran avance se produjo con el descubrimiento del bronce, entre 3500 y 2000 a.C., al emplear mineral de cobre mezclado, de manera más o menos accidental, con pequeñas cantidades de estaño, lo que permitía fundirlo con más facilidad y que, una vez sólido, fuese más tenaz. En este momento comenzó la denominada Edad del Bronce.

Otro hito importante en la historia fue el descubrimiento del hierro. Los objetos de hierro más antiguos proceden de Mesopotamia, Anatolia y Egipto y su uso debió ser ceremonial, ya que en origen era un metal muy caro, más que el oro. Inicialmente se utilizó hierro procedente de meteoritos y más tarde como subproducto de la obtención de cobre. La sustitución del bronce por el hierro fue paulatina (iniciándose la Edad del Hierro), teniendo gran importancia el denominado proceso de

carburización, consistente en añadir carbono al hierro. El hierro se obtenía como una mezcla de hierro y escoria (con algo de carbono o carburos), y era forjado para darle forma, eliminándose así la escoria y provocando además la oxidación del carbono. Este hierro forjado tenía por lo tanto un contenido en carbono muy bajo y no se podía endurecer fácilmente al enfriarlo en agua. Se observó que se podía obtener un producto mucho más duro calentando la pieza de hierro forjado en un lecho de carbón vegetal y después sumergirlo en agua o aceite, ya que así el producto resultante presentaba una costra superficial de acero, por lo que era más duro y menos frágil que el bronce, al que comenzó a reemplazar.

El mercurio es conocido desde la época romana debido a la explotación de los yacimientos de Almadén en Ciudad Real, los mayores depósitos existentes en el mundo. No obstante dada su naturaleza líquida a temperatura ambiente y su elevada volatilidad, las aplicaciones fueron limitadas, principalmente para elaborar espejos y para extraer oro y plata por amalgamación, uso este muy empleado en los siglos XVI y XVII durante la conquista de América.

Las aleaciones de cinc, esencialmente el latón (cobre + cinc), han sido empleadas desde la antigüedad, habiéndose encontrado piezas del siglo X a.C. en Israel y Rumania. Los romanos lo empleaban con cierta frecuencia y en China e India su uso se popularizó en el siglo X.



Punzón de cobre y molde (~2500 a.C.).



Galerías de explotación prehistóricas en la mina de cobre "Profunda" en Cármenes (León).



Hacha de latón elaborada en bronce y su molde de fundición (Bronce final).

El plomo también es conocido desde antiguo y ya los romanos utilizaban cañerías de este metal.

Otro de los metales conocidos desde la antigüedad es el platino. Los antiguos egipcios y las civilizaciones indias precolombinas ya lo valoraban como un elemento de gran importancia, pero el descubrimiento "moderno" del platino se atribuye a los conquistadores españoles en el siglo XVII que lo consideraban un subproducto de sus minas de plata, de hay su nombre que viene a significar "plata menor".

El arsénico, al menos sus compuestos, eran utilizados por los "alquimistas" desde la antigüedad, pero el elemento se aisló por primera vez en el siglo XIII.

El antimonio ya era utilizado por los babilonios para ornamentar sus vasijas y por los egipcios como maquillaje y su uso se generalizó en el siglo XVI por su empleo en la fabricación de los tipos de imprenta.



Conjunto de joyas de oro y plata del siglo I a.C. (Tesoro de Arrabalde, Zamora).



Ferrería medieval en Compludo (León).

El gran avance en el descubrimiento de los metales tiene lugar a finales del siglo XVIII con el desarrollo de la Revolución Industrial. En este momento se descubren metales como el níquel, cobalto, manganeso, wolframio, titanio o cromo y sus aplicaciones, principalmente en el campo de los aceros. No obstante metales como el níquel o el cobalto venían siendo empleados desde antiguo, probablemente de manera involuntaria, como impurezas en los bronce (ya que suelen aparecer asociados al cobre). A principios del siglo XIX se descubrió el aluminio.

En esos momentos la metalurgia de este elemento era muy complicada por lo que era considerado un metal precioso tan caro como la plata. Durante esos años se aislaron por primera vez metales como el magnesio, bismuto, molibdeno, niobio, vanadio, circonio, tantalio, cadmio, talio, etc. En época reciente, y en especial a partir de la Segunda Guerra Mundial, se despertó un enorme interés por los metales radiactivos y en especial por el uranio, desde entonces y como consecuencia de los estudios de los mecanismos de desintegración radiactiva, se han ido añadiendo paulatinamente nuevos metales a la tabla periódica.

Herramientas romanas.



Paisaje minero de principios del siglo XX.

PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS METALES

Los metales presentan una gran variedad de usos en la vida actual, todos ellos inherentes a sus propiedades físico-químicas. Las mayores aplicaciones se encuentran en el ámbito industrial (materiales industriales de fabricación), pero no hay que olvidar la importancia económica y técnica de muchos compuestos metálicos en otros sectores, por ejemplo en el sector químico.

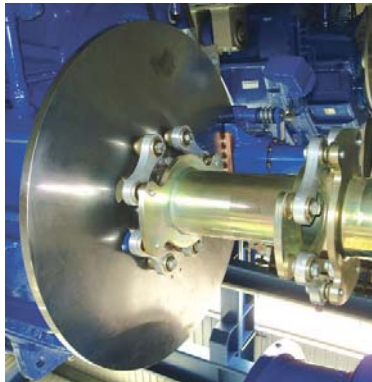
METALES FÉRREOS

Como hemos visto se incluyen en este grupo al hierro y a los metales afines que se emplean en la industria siderúrgica para la fabricación de aceros y ferroaleaciones (manganeso, cromo, níquel, cobalto, vanadio, molibdeno y wolframio).

El **hierro** se puede considerar el cimiento principal de nuestra civilización actual ya que es la base de la producción del acero. El acero supone aproximadamente el 91% de la producción global de metales, con una producción total en 2007 de 1.300 Mt, de las cuales aproximadamente 430 Mt se generaron en China, seguido de Japón (~120 Mt) y Estados Unidos (~100 Mt), mientras que en España se produjeron unas 19 Mt, siendo el 14º productor mundial.

El **acero común** (o acero al carbono) es el material metálico más económico y más utilizado. Se trata de una aleación de hierro y carbono, donde el carbono no supera el 2,1% en peso de la composición de la aleación, alcanzando normalmente porcentajes entre el 0,2% y el 0,3%. Sus excelentes propiedades mecánicas permiten gran variedad de tratamientos (laminación, fundición, forja, corrugación, trefilado, estampado, etc.) y además admite el corte y la soldadura con facilidad. Los campos de aplicación del acero son casi ilimitados, siendo empleado por ejemplo en edificación, construcción de maquinaria, transporte, envases, etc.

Disco de freno de acero de un aerogenerador.



Chasis de acero y aluminio de un automóvil.



En la producción del acero además del hierro pueden participar otros metales que se emplean en la elaboración de los **aceros especiales**.

El cromo y el níquel, con contenidos que varían entre el 0,3 y el 30%, son los metales de aleación más comunes proporcionando al acero un carácter inoxidable. El **cromo** se emplea además en pinturas, en la síntesis del amoníaco, en el curtido del cuero o como protector de la madera, mientras que el **níquel** se usa también en aleaciones especiales, para la fabricación de baterías, para la acuñación de monedas o como catalizador de diferentes reacciones químicas.

El **manganeso** se emplea como agente desoxidante en todos los tipos de aceros mitigando la acción perjudicial del oxígeno y del azufre. Otras aplicaciones frecuentes son en baterías eléctricas, en pinturas y esmaltes y en la industria química para obtener cloro y yodo.

El **molibdeno** aumenta la tenacidad y la resistencia a la corrosión de los aceros, pero también se emplea como desulfurante en la industria petrolera, como pigmento, en la fabricación del caucho, como lubricante y en electrónica (transistores).



Estructura de acero del puente de Requejo en Pino del Oro (Zamora).



Trompa de latón y acero cromado.

ALEACIONES	
Nombre	Composición
ACERO	(Fe+C) (C<2,1%)
ALNICO	(Co+Al+Ni) (% variables)
ALPACA	(Zn+Cu+Ni) (% variables)
BRONCE	(Cu+Sn) (% variables)
BRONCEALUMINIO	(Cu ₉₀ +Al ₁₀)
CONSTANTÁN	(Cu ₅₅ +Ni ₄₅)
CUPRONIQUEL	(Cu ₇₀ +Ni ₃₀)
DURALUMINIO	(Al ₉₅ +Cu ₅)
LATÓN	(Cu+Zn) (% variables)
MAGAL	(Mg _{90,8} +Al ₈ +Zn ₁ +Mn _{0,2})
MAGMAM	(Mg ₉₈ +Mn ₂)
MAGZINC	(Mg ₉₈ +Zn ₂)
MONEL	(Ni ₆₆ +Cu ₃₄)
MUMETAL	(Ni ₇₅ +Fe ₁₅)
NICROMO	(Ni+Cr+Fe) (% variables)
NITINOL	(Ni ₅₀ +Ti ₅₀)
ORO BLANCO	(Au+Pt) o (Au+Pd) o (Au+Ni)
ORO NÓRDICO	(Cu ₈₉ +Al ₅ +Zn ₅ +Sn ₁)
PELTRE	(Zn+Pb+Sn+Sb) (% variables)
VELLÓN	(Ag ₅₀ +Cu ₅₀)
ZAMAK	(Zn+Al+Mg+Cu) (% variables)

El **wolframio** (o tungsteno) se utiliza principalmente en la fabricación de la "widia", un acero con contenidos del 14-18% de wolframio, de gran dureza y alta resistencia a la temperatura, que se emplea normalmente en herramientas. Además se emplea en los filamentos de las bombillas, en soldaduras y en la fabricación de las bujías de encendido de los automóviles.

El **vanadio** le proporciona a los aceros gran resistencia a la fatiga y un mayor poder de corte, por lo que se usa en herramientas, pero también en piezas sometidas a gran desgaste (cojinetes, bulones, etc.).



Bombilla de incandescencia con filamento de wolframio.



Lubricante con aditivo de molibdeno.

El **cobalto** se emplea para darle dureza a los aceros y en superaleaciones, en la fabricación de baterías y acumuladores eléctricos, en la fabricación de imanes, en la de adhesivos, como material colorante o como catalizador en distintos procesos industriales.

METALES NO FÉRREOS

Se definen así aquellos metales no utilizados de manera habitual en la fabricación de los aceros. En este grupo se incluyen todos los metales base utilizados por la industria (cobre, plomo, cinc, estaño, titanio, antimonio, mercurio, aluminio y magnesio), los metales preciosos (oro, plata y platinoides) y el resto de elementos minoritarios.

El **cobre** es el tercer metal en base a su importancia económica y se emplea fundamentalmente para la fabricación de aleaciones, en electricidad y electrónica, para acuñar moneda y en la fabricación de tuberías e intercambiadores térmicos. También se añade a los "aceros corten" para favorecer su típica oxidación.

La aplicación básica del **cinc**, el cuarto metal de mayor uso a nivel mundial, es el galvanizado, que es un tratamiento anticorrosión del acero, pero también se emplea en la fabricación de baterías especiales, en piezas de fundición o el afino de los metales preciosos.

El **plomo** continúa siendo un metal importante que se emplea esencialmente en la fabricación de baterías, tuberías, recubrimientos, como pigmento y añadido en pequeñas cantidades al acero (0,15-0,30%) permite que éste se corte con más facilidad.

El **estaño**, debido a su alto precio, presenta una gran importancia económica, y se utiliza esencialmente como recubrimiento de las láminas de acero formando la hojalata, en los bronce, en soldaduras, para disminuir la fragilidad del vidrio y como pigmento.

El **titanio** está experimentando un gran desarrollo en los últimos años, siendo una de sus principales aplicaciones la fabricación de intercambiadores térmicos. También se emplea en la industria automovilística para la fabricación de motores o frenos, en blindajes militares, en la industria aeronáutica, naval y espacial (estructuras, turbinas, hélices, etc.), en joyería (relojería), en arquitectura o como material biocompatible en medicina.

El **antimonio** tiene una creciente importancia en la industria de los semiconductores (electrónica) y se emplea también en diversas aleaciones (con plomo, estaño o cinc), en baterías eléctricas y en la fabricación de materiales ignífugos.

Los usos del **mercurio** están en retroceso por su toxicidad, pero se sigue empleando en la fabricación de lámparas, en aparatos de medida, en el campo eléctrico y en la

industria de los explosivos. En Suramérica aún se emplea para su uso tradicional de extracción de oro y plata por amalgamación en la minería artesanal.

Dentro de los metales industriales ligeros destacan por sus aplicaciones el **aluminio** y el **magnesio**, que con frecuencia se alean juntos. Se caracterizan por su baja densidad, por lo que se emplean como material para estructuras, en electricidad (cables de alta tensión), en la fabricación de espejos, en calderería, en la fabricación de piezas por moldeo y en carpintería metálica. El aluminio se emplea también en los aceros de nitruración como desoxidante y es el segundo metal más empleado en el mundo.

COMPOSICIÓN DE ALGUNAS MONEDAS

	Int: Ni+Latón Ext: Cuproniquel		Broncealuminio
	Int: Cuproniquel Ext: Ni+Latón		Cuproniquel
	Oro nórdico		Broncealuminio
	Acero recub. Cu		Aluminio

Un grupo importante son los metales preciosos, denominados así por su elevado precio. Son metales nobles, de alto brillo, muy estables (poco alterables) y fáciles de trabajar en orfebrería, habiéndose utilizado para tal fin desde la antigüedad.

El metal precioso por excelencia es el **oro**, del que se producen anualmente aproximadamente unas 2.400 t y cuya demanda se acerca a las 3.600 t, siendo Sudáfrica, con 275 t, la mayor productora mundial de un metal cuyo

precio ha superado los 1.000\$/oz (~20.000 /kg) a mediados de marzo de 2008, el precio más alto de la historia.

El segundo metal más empleado es la **plata** cuya producción alcanzó las 650 Moz (~20.000 t) en 2006, siendo Perú el mayor productor con 112 Moz (~3.500 t). Tanto el oro como la plata se emplean, además de en joyería, en la acuñación de monedas, en la industria electrónica y en procesos industriales que requieran grandes prestaciones que justifiquen su elevado coste (aeronáutica, óptica, fotografía, medicina, etc.).

Otros metales considerados preciosos son el **platino** y sus metales afines, los platinoideos, como son el paladio, rodio, iridio, rutenio y osmio. Se trata de elementos muy densos y estables con grandes aplicaciones en electrónica, joyería, telecomunicaciones y medicina (odontología).

El desarrollo de las técnicas metalúrgicas de extracción y las nuevas aplicaciones industriales, principalmente en el campo de la electrónica y las telecomunicaciones, han permitido el empleo de otros elementos como el cadmio, germanio, niobio, talio, circonio, tantalio, etc.



Museo Guggenheim de Bilbao recubierto de placas de titanio.



Regadera fabricada en cinc (pintado).



Anillo de platino y oro.



Llanta de automóvil de aluminio.

◆ ¿DE DÓNDE PROCEDEN LOS METALES?

En la actualidad hay dos fuentes básicas de obtención de los metales, a partir de los minerales y procedente del reciclado de las chatarras.

MINERALES

La minería metálica ha sido, desde la antigüedad, la principal fuente de obtención de los metales. Mediante la minería se obtienen los minerales metálicos contenidos en un yacimiento mineral, bien mediante trabajos subterráneos (mina) o en el exterior (corta).

Cada uno de los metales se puede extraer de varios minerales distintos. El cinc, por ejemplo, se puede obtener de su sulfuro, la esfalerita, de sus carbonatos, smithsonita e hidrocincita, de sus silicatos como la hemimorfita, o de sus óxidos como la cincita.



Cristales de galena (Huanzala, Perú).



Cristales de antimonita (Herja, Rumanía).



Cristales de arsenopirita (Panasqueira, Portugal).



Cristales de vanadinita (Mibladen, Marruecos).

ALEACIONES

Metal	Mineral portador	Metal	Mineral portador
Ag	Argentita	Mn	Pirolusita
Al	Bauxita	Mo	Molibdenita
As	Arsenopirita	Ni	Niquelina
Au	Oro nativo	Pb	Galena
Bi	Bismutinita	Pt	Platino nativo
Co	Cobaltina	Sb	Antimonita
Cr	Cromita	Sn	Casiterita
Cu	Calcopirita	Ti	Rutilo
Fe	Hematites	V	Vanadinita
Hg	Cinabrio	W	Scheelita
Mg	Magnesita	Zn	Esfalerita

RECICLADO

En el mundo actual gran parte de los metales son reciclados y recuperados para nuevos usos. El reciclado surgió con caracteres industriales a mediados del siglo XX, y en la actualidad la transformación de metales de desecho supone una contribución de un orden similar a la aportación de las fuentes primarias, llegando a superar el 50% en el caso del aluminio o del plomo, valores cercanos al 45% para el cobre, cerca del 40% para el acero o algo más del 30% para el caso del cinc o del oro.

La siderurgia recuperativa o secundaria, basada en el reciclado de chatarra, se estructura en industrias de menor dimensión que las primarias y están localizadas en las áreas de gran consumo. Si la chatarra está bien seleccionada el tratamiento de recuperación se limita a un proceso de limpieza y fundición, pero si no es así son necesarios procesos previos de selección.

LOS YACIMIENTOS MINERALES

Un yacimiento mineral es un cuerpo geológico constituido por una mineralización económicamente explotable, es decir, aquella en la que el valor de las sustancias contenidas es lo suficientemente elevado como para compensar su extracción y tratamiento posterior. En un mismo yacimiento mineral pueden aparecer varios minerales portadores de metales diferentes, pero su explotación sólo suele resultar rentable para uno o unos pocos metales.

¿CÓMO SE FORMA UN YACIMIENTO?

Para comprender el origen de un yacimiento es importante conocer sus condiciones de formación, pudiendo existir a grandes rasgos yacimientos de afinidad magmática (primarios) y yacimientos sedimentarios (secundarios).

La gran mayoría de los yacimientos de minerales metálicos presentan una afinidad magmática, es decir, su origen está relacionado con la cristalización de un magma. Un magma es una masa viscosa e incandescente formada por la fusión de rocas preexistentes.

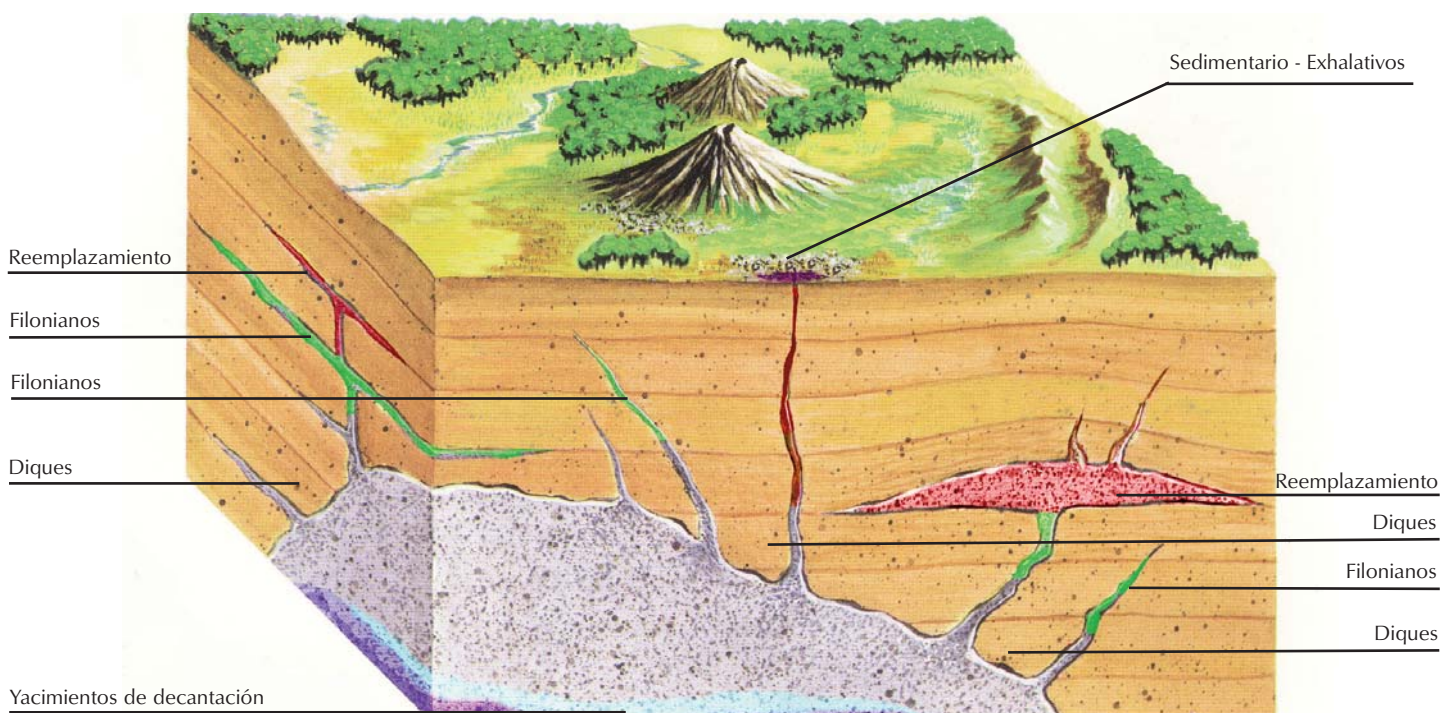
Los magmas se originan en la base de la corteza terrestre (la zona más externa del planeta) o en la parte superior del manto, y mediante complejos procesos tectónicos logran llegar a las capas más superiores donde se enfrían y solidifican lentamente. Durante su ascenso disuelven parte de las rocas que atraviesan, enriqueciéndose en los elementos químicos que éstas presentan. Al enfriarse el magma se produce la separación de las fases más fluidas y volátiles, de las más densas y sólidas, produciéndose la diferenciación magmática, lo que implica que los

minerales más ligeros permanecen en la parte superior de la masa que se está solidificando, y que los más pesados desciendan hacia el fondo. Así se generan algunos yacimientos de metales pesados, por ejemplo los yacimientos de cromo, níquel, cobre, platino o hierro que aparecen en la parte basal de algunos cuerpos magmáticos. Estos yacimientos suelen presentarse en capas o masas irregulares, en ocasiones laminadas debido al proceso de decantación.

En la fase final de la solidificación de un magma a menudo se produce la inyección de los materiales más ligeros a través de las fracturas de las rocas encajantes, generándose así los diques que orlan las grandes masas magmáticas. Cuando estos diques son de tipo granítico, las llamadas pegmatitas, pueden presentar mineralizaciones de estaño, wolframio, niobio y tantalio.

Los fluidos más residuales, muy calientes y enriquecidos en sustancias volátiles que le dan un carácter ácido, escapan por los bordes de la masa magmática y suben por las grietas de las rocas encajantes hacia la superficie.

MODELO ESQUEMÁTICO DE FORMACIÓN DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE YACIMIENTOS DE AFINIDAD MAGMÁTICA



En su ascenso interaccionan con éstas produciéndose diversos mecanismos de disolución y precipitación que dan lugar a los yacimientos de tipo hidrotermal que son los más habituales. La composición, dimensiones o morfología de estos yacimientos es muy variable en función de la naturaleza de las rocas encajantes, de la composición de los fluidos, de las condiciones de temperatura, presión o acidez que existían en el momento de la formación de los metales, etc. Cuando la precipitación de los metales, a partir del fluido portador, se produce en el entorno cercano de la masa magmática se forman los yacimientos filonianos, y cuando ésta tiene lugar a mayor distancia se producen los yacimientos de reemplazamiento. En los primeros, los minerales metálicos aparecen como un mineral más del filón, en forma de granos con unos tamaños que van desde unos pocos milímetros a varios centímetros, mientras que en los segundos los metales aparecen finamente diseminados en la roca, en cristales que no suelen sobrepasar unos pocos milímetros. Tanto unos como otros, debido a los complejos mecanismos tectónicos de la corteza, pueden ser removilizados y vueltos a depositar, formándose así yacimientos más enriquecidos que los primarios y que suelen aparecer rellenando venas y fracturas cortando a los originales. En los yacimientos filonianos son habituales el cobre, plomo, cinc, plata, oro, arsénico, estaño, wolframio, molibdeno o bismuto. En los yacimientos de reemplazamiento son más comunes el arsénico, antimonio y mercurio, aunque también pueden estar presentes los anteriores.



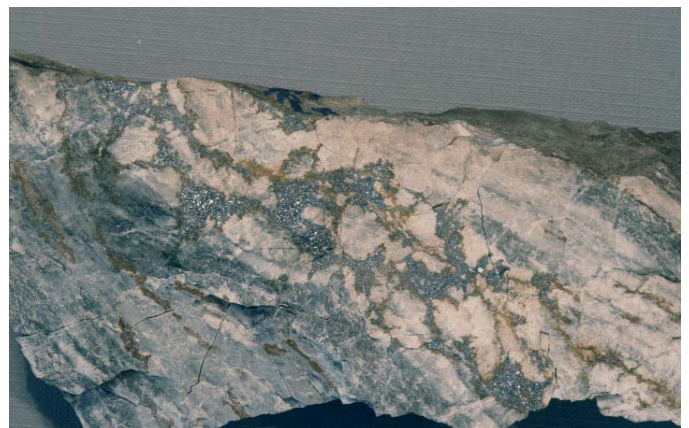
Yacimiento filoniano con estaño (Calabor, Zamora).



Yacimiento vulcano-sedimentario de cobre-cinc (La Zarza, Huelva).

En ocasiones estos fluidos hidrotermales pueden llegar a desarrollar emanaciones de gases (fumarolas), bien en superficie o debajo del agua. En estas condiciones se han formado, por ejemplo, los yacimientos sedimentario-exhalativos de manganeso, bario, mercurio o plomo.

La acción de las aguas superficiales y de la atmósfera, al mismo tiempo que la erosión mecánica o la descomposición biológica, provocan que los minerales se transformen o se disuelvan para dar lugar a minerales secundarios. Este proceso es lento pero constante y se llama alteración. La acumulación consecutiva de minerales útiles, descompuestos o nuevamente formados, conduce a la formación de los yacimientos sedimentarios. Dos ejemplos de este tipo de yacimientos son los placeres con oro y los grandes depósitos de hierro.



Mineralización estratoligada de plomo-cinc en un yacimiento de reemplazamiento (San Tirso de Cabarcos, León).

Cuando las aguas de la superficie actúan sobre un yacimiento, puede ocurrir que disuelvan y arrastren una parte de los metales (solubles), mientras que la otra (insolubles) permanece en el mismo lugar. Así se forman los yacimientos residuales o de alteración-concentración. Un ejemplo de estos yacimientos son los depósitos de bauxitas, o las monteras de oxidación de los yacimientos de sulfuros que suelen presentar enriquecimientos en cobre, plata, oro o cinc.



Yacimiento sedimentario con estaño (El Cubito, Salamanca).

INVESTIGACIÓN MINERA

El descubrimiento y evaluación de un yacimiento mineral no es una tarea sencilla debido a los numerosos factores que influyen en los procesos de concentración, así como en las modificaciones posteriores. Dada esta enorme variedad las campañas de prospección han de reunir un amplio abanico de ensayos y estudios.

Los trabajos iniciales consisten en labores de documentación y gestiones ante la administración para obtener los permisos necesarios para investigar en una zona, es decir obtener el Dominio Minero de esa zona a través de un Permiso de Exploración que cubre un máximo de 900 km².

Tras ello se realizan trabajos de prospección regional (geoquímica de sedimentos de arroyos, técnicas geofísicas, reconocimiento de estructuras, antiguas minas, etc.) sobre una amplia zona, de varias decenas de kilómetros cuadrados, en la que por los trabajos preliminares se sospecha que pudiera haber un tipo de yacimiento determinado. Esto ha de permitir seleccionar una serie de áreas de interés sobre las que se realizaran estudios más detallados.

En las áreas de interés se solicita una nueva figura de Dominio Minero, el Permiso de Investigación, que admite una extensión máxima de 90 km². Estas zonas son cartografiadas y muestreadas para establecer el carácter geoquímico de la mineralización existente. Para precisar los límites y la morfología del yacimiento se densifica la geoquímica de sedimentos de arroyos, se realizan diversas campañas de geoquímica de suelos, tomando una muestra de roca del suelo siguiendo una malla definida (que puede oscilar entre 200x200 m en las campañas iniciales, hasta densificaciones de 5x5 m en las zonas más ricas) y se usan diversas técnicas geofísicas, que se basan en analizar las diferentes respuestas de los materiales a una magnitud física (electricidad, magnetismo, radiación, etc.) en función de su naturaleza.

Posteriormente se abren calicatas sobre el terreno para observar y muestrear la roca fresca, situada inmediatamente bajo el suelo, y para conocer la continuidad en profundidad, y definir el yacimiento en tres dimensiones, se hacen sondeos mecánicos (perforaciones mediante taladros especiales que permiten extraer una muestra cilíndrica de las rocas hasta profundidades superiores a los 1.000 m).

Se toman muestras en volumen y se realizan ensayos metalúrgicos para conocer cuales son las técnicas más apropiadas para recuperar los metales.

Mediante tratamientos estadísticos se hace un cálculo de los recursos de mineral contenidos en el yacimiento mediante un modelo tridimensional. Por último con los datos obtenidos se elabora un estudio de viabilidad tanto técnica como económica, que de resultar satisfactorio, conduciría a la explotación del yacimiento, previo cambio de la figura de Dominio Minero a la situación de Concesión de Explotación que se restringe a la zona a explotar.



DE LA MINA A LA FÁBRICA

Mediante la minería explotamos un yacimiento mineral para obtener la materia prima, los recursos originales, pero estos recursos se encuentran en estado “bruto” y son necesarias diversas acciones metalúrgicas que nos permitan obtener el metal en estado puro.

En la mina se obtienen los minerales metálicos portadores de los metales de interés (mena), pero asociados a los demás minerales y rocas que les acompañan en un yacimiento y que no presentan interés económico (ganga). Los minerales, una vez extraídos del frente, se transportan hacia la planta de tratamiento en la que, mediante diversas técnicas mineralúrgicas, se separan los minerales metálicos de los no metálicos.

Existen dos tipos básicos de minería: a cielo abierto y subterránea. El empleo de un tipo u otro es una función directa de las características propias del yacimiento (morfología, dimensiones, riqueza, etc.) y de los costes de extracción y restauración medioambiental. La minería a cielo abierto se realiza a través de cortas o canteras en superficie y se suele emplear en yacimientos en superficie o en aquellas sustancias que no admiten grandes costes de extracción. Es un método agresivo desde el punto de vista medioambiental, ya que genera un gran cráter y un importante volumen de escombreras, si bien las modernas técnicas de explotación sostenible y restauración minera han minimizado notablemente este impacto. La minería subterránea es la que se emplea habitualmente en la extracción de los metales ya que el alto precio de éstos permite este tipo de explotación. Esta minería es menos agresiva con el entorno ya que las labores se producen bajo tierra y los residuos producidos, tanto las escombreras de estériles como los desechos de planta, se pueden volver a introducir en las galerías para su relleno.

El mineral extraído en el frente es trasladado a la planta de tratamiento en la que, primeramente, se procede a la trituración y molienda del mineral hasta alcanzar el tamaño óptimo de partícula para separar ganga de metal, que previamente se ha calculado a partir de los ensayos mineralúrgicos. El mineral triturado es sometido a diversos tratamientos que permiten separar los metales de los no metales en base a sus propiedades físicas o mecánicas (diferencia de densidades, magnetismo, capacidad de disolución, poder de adhesión a distintos compuestos, etc.) o físico-químicas (disolución en ácidos o bases,

¿CUANTO VALEN LOS METALES?			
Metal	€/kg	Metal	€/kg
Ag	323,23	Mn	1,97
Al	1,60	Mo	57,33
Au	18.225,53	Ni	17,53
As	1,00	Pb	1,72
Bi	20,93	Pt	33.022,16
Co	78,26	Sb	3,74
Cu	4,54	Sn	11,12
Fe	0,006	W	11,86
Hg	11,81	Zn	1,56

Valores a 31 Dic 2007. Cambio \$/€ = 0,679)

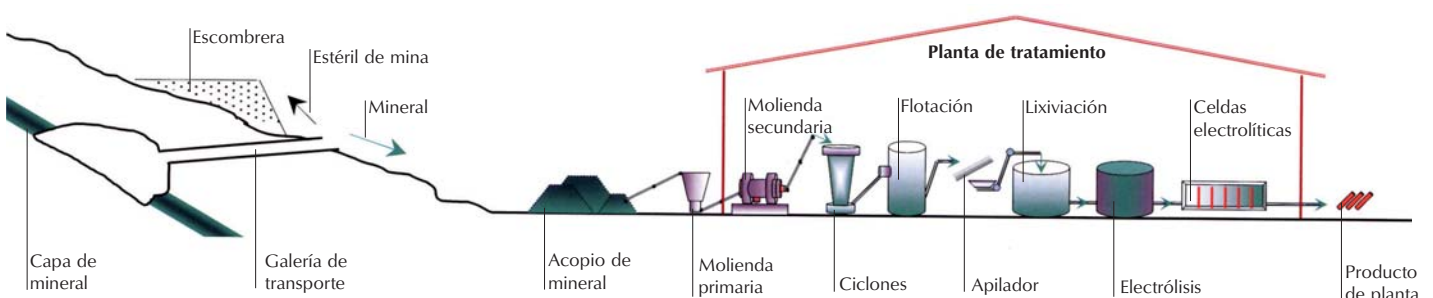
tostación, calcinación, oxidación, reducción, etc.). De esta manera se obtiene un concentrado mineral de mayor riqueza en metales pero con abundantes impurezas.

Sobre este concentrado mineral se aplican diversas técnicas metalúrgicas para extraer el metal contenido. Así se emplean tratamientos químicos (electrólisis, lixiviación mediante reacciones ácido-base, precipitación química, electrodeposición, cianuración, etc.), diferentes para cada uno de los metales, e incluso una fundición preliminar para eliminar en las escorias gran parte de las impurezas.

El purificado final (afino) del metal obtenido se realiza en una instalación específica mediante fundición (pirometalurgia) o por electrólisis (hidrometalurgia), elaborándose los productos metálicos finales que son aprovechados por la industria.

La transformación de las chatarras para su reciclado sigue un proceso equivalente al de los metales primarios. Primeramente se separan y clasifican los metales para su tratamiento, que consta inicialmente de una fase de trituración y limpieza de impurezas hasta obtener un concentrado metal, que finalmente es purificado mediante técnicas de fundición.

ESQUEMA DE PRODUCCIÓN DE MINERAL DE COBRE



LA MINERÍA METÁLICA EN CASTILLA Y LEÓN

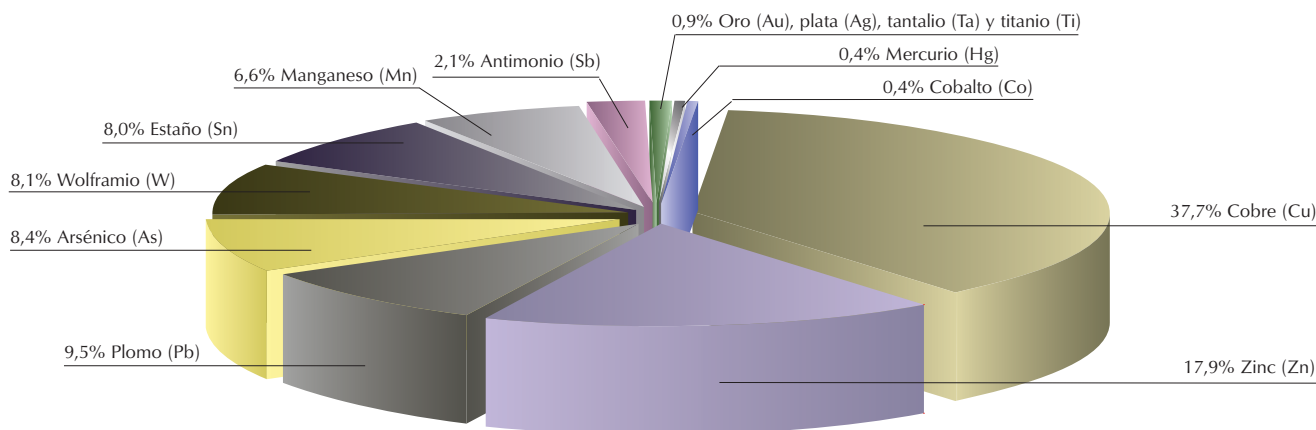
En Castilla y León, y como consecuencia de la gran variedad geológica de su territorio, se han catalogado unos 1650 yacimientos de minerales metálicos, de distintos tamaños, en los que se han beneficiado hasta 17 metales distintos contenidos en un número muy superior de minerales portadores.

En Castilla y León existe una dilatada tradición minera cuyos albores se confunden con los de la propia historia, prueba de ello es la existencia en esta comunidad de la mayor mina del mundo hasta principios del s. XX, "Las Médulas", cuyos orígenes se situarían en época prerromana, sobre el siglo III antes de nuestra era. Sin embargo el aprovechamiento minero a escala industrial no se consolida hasta principios del siglo XIX, presentando su máximo desarrollo en la década de 1960-70. Tras la crisis energética mundial de 1973 la minería metálica inició un acusado declive que llevó al progresivo cierre de la mayor parte de las explotaciones. En los últimos años y como consecuencia, en parte, de los elevados niveles de crecimiento económico y desarrollo industrial de algunas de las mayores naciones del planeta (China, India, Brasil), que apareja una elevada demanda de materias primas base, o del imparable desarrollo tecnológico que implica nuevas aplicaciones industriales, el mercado de los metales ha sufrido un interesante resurgimiento que se ha

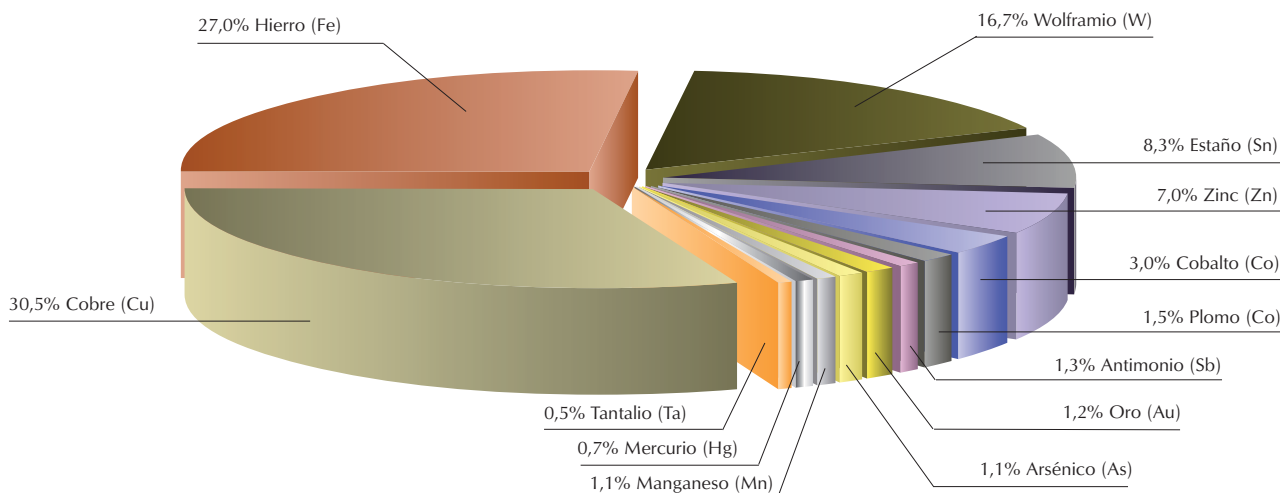
visto reflejado en los numerosos trabajos de investigación minera que se están llevando a cabo en la región y que, por el momento, han culminado con la apertura a principios de 2008 de la mina de wolframio de Los Santos.

En Castilla y León el metal por excelencia ha sido el hierro, que medido en términos de producción supone cerca del 99,0% del tonelaje total extraído en la Comunidad (12,3 Mt). Si consideramos el valor económico de lo extraído las cosas varían sustancialmente, ya que el cobre pasa a ser el metal principal suponiendo un 30,5% de la riqueza generada por la minería metálica en Castilla y León, que ascendería hasta los 750 M según la estadística minera nacional (datos de producción entre 1861 y 2007 para precios a 31-12-2007). El cobre es seguido de cerca por el hierro (27,0%) y el wolframio (16,7%) y en menor medida por el estaño (8,3%) o el zinc (7,0%), mientras que el resto de metales (Pb, Sb, As, Co, Ni, Mn, Hg, Au, Ag, Ta, Ti, Mo, Bi) son minoritarios.

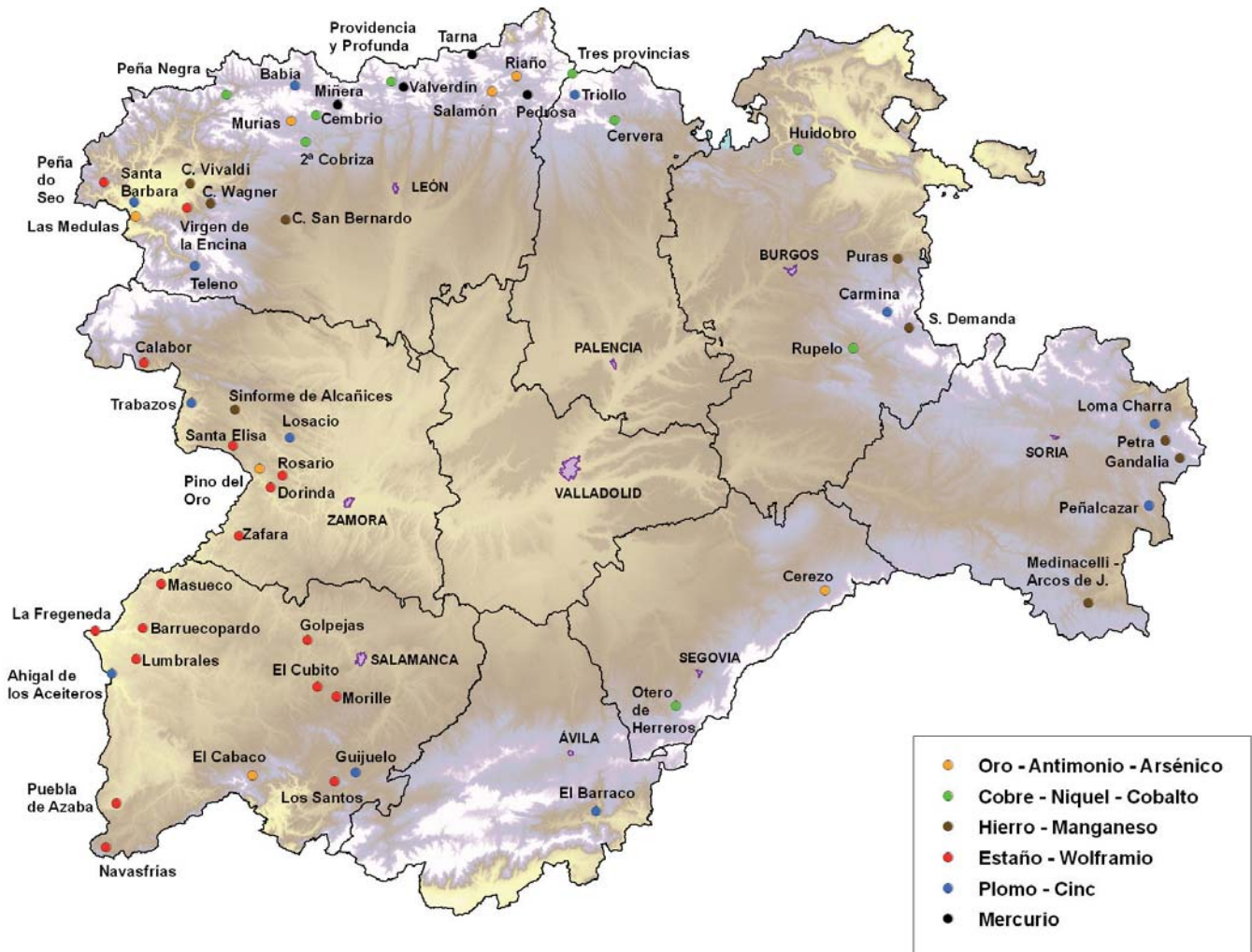
PRODUCCIÓN TOTAL en peso (excluido el Fe)



VALOR DEL METAL



SITUACIÓN DE LAS PRINCIPALES MINAS DE CASTILLA Y LEÓN



COBRE

A pesar de que desde un punto de vista económico la producción de cobre en Castilla y León es significativa, las algo más de 22.000 t extraídas entre 1861 y 1963 no tienen apenas significación en los valores de producción nacional, controlados por los grandes depósitos de la Faja Pirítica en Huelva y Sevilla, unos de los mayores yacimientos a escala mundial.

Los yacimientos más significativos de este metal se encuentran en la provincia de León y son las minas "Profunda" y "Divina Providencia", ambas cerca de la localidad de Cármenes. En ambas se explotó una mineralización que contenía cobre (2,2 y 1,6% respectivamente), níquel (1,5 y 0,9%) y cobalto (0,9 y 0,7%), habiéndose descubierto recientemente la presencia además de



Vista panorámica de la mina de cobre-cobalto-níquel "Divina Providencia" (Villanueva de Pontedo, León).

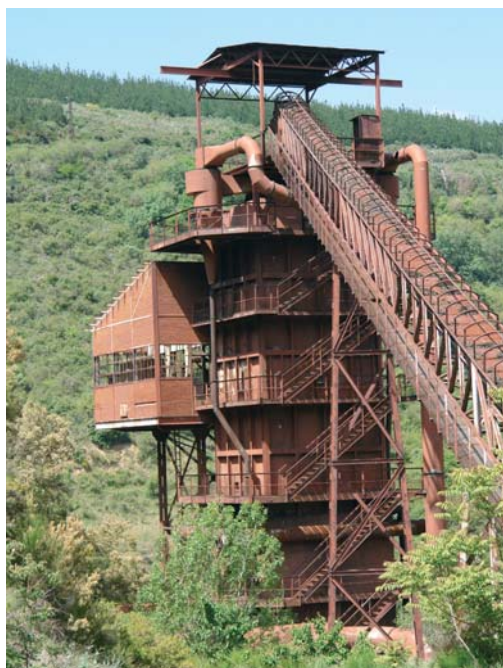
pequeñas cantidades de oro, uranio, selenio y platinoídes, las únicas mineralizaciones conocidas hasta la fecha para estos metales en la Comunidad.

En la localidad de Otero de Herreros en Segovia existe un yacimiento, explotado en época romana, que fue intensamente investigado en los años 70 y 80 del siglo XX, que presenta 4,6 Mt con 0,5% de Cu, además de contenidos importantes de Zn (1,11%), Ag (38 g/t), Sn (1.400 g/t) y W (1.300 g/t).

Otras zonas mineras en las que se produjo cobre han sido la mina "Mojón de las Tres Provincias", junto a Peña Prieta, y en el Área del Antiforme del Narcea (minas "Peña Negra", "Cembrio" y "Segunda Cobriza") en la provincia de León, la zona de Cervera de Pisuerga en Palencia y las de Huidobro y Rupelo en Burgos.

HIERRO

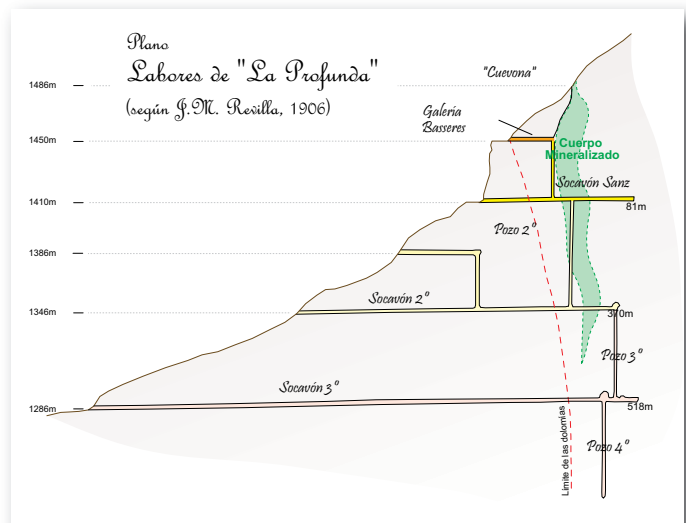
La explotación de hierro en Castilla y León se produjo de manera industrializada entre 1861 y 1990, habiéndose producido unos 12 Mt que suponen el 10% de la producción española. Esta producción se centró en los yacimientos del área de Ponferrada- Astorga (León) (minas "Coto Wagner", "Coto Vivaldi" y "Coto San Bernardo"), en las que se explotaron unos yacimientos de origen sedimentario que se habían formado hace unos 465 millones de años, en el periodo Ordovícico. Estos yacimientos dejaron de ser rentables en 1982, pero aún conservan los mayores recursos nacionales con cerca de 260 Mt con una ley media del 52-53% de hierro. También fueron importantes los yacimientos del Moncayo (Soria) (minas "Gandalía", "Petra" y "Pobre"), cerrados definitivamente en 1990, y en los que se extraía un hierro muy puro procedente de hematites. Otras áreas con explotaciones de hierro se localizan en los alrededores de Medinaceli y Arcos de Jalón en Soria, en la Sierra de la Demanda en Burgos o en la zona de Alcañices en Zamora.



Castillete del cargadero de mineral de la mina de hierro "Coto Wagner" en Molinaseca (León).



Cámara de explotación principal de la mina de cobre-cobalto-níquel "Profunda" (Cármenes, León).



Niveles mineralizados de hierro en Somaen (Soria).



Corta del yacimiento de hierro "Petra" en Ólvega (Soria).

ESTAÑO Y WOLFRAMIO

Estos dos metales suelen aparecer siempre juntos en los mismos yacimientos minerales, aunque la explotación de ambos simultáneamente pocas veces resulta rentable. La mayoría de los yacimientos europeos se encuentran en los terrenos hercínicos del borde oeste del continente (Reino Unido, Francia, Portugal, España) constituyendo una gran región metalogénica. En Castilla y León aparecen esencialmente en las provincias de León, Zamora y Salamanca, y en menor medida en las de Ávila y Segovia, y constituyen el 25% del total de las minas de la Comunidad. Han sido explotados desde antiguo, pero de manera industrial la producción se centró entre 1942 y 1986, con una producción de unas 9.000 t de estaño, el 3% de la producción nacional, y otras 9.000 t de wolframio, el 24% del total de España.

El yacimiento más importante es la mina de Los Santos (Salamanca) que tiene calculadas unas reservas de 2,5 Mt con una ley del 0,6% de wolframio, que con los precios actuales supondrían unos 120 M. Se trata de un yacimiento de scheelita que aparece diseminada en unos niveles de calizas, transformados por fluidos hidrotermales asociados a la formación de un granito (yacimiento de tipo skarn). De una tipología semejante son los yacimientos del Distrito de Morille-Martinamor en Salamanca y el de Otero de Herreros en Segovia.



Bocamina de acceso a una de las galerías de la mina de estaño y wolframio "Peña do Seo" en Corullón (León).

No obstante la tipología de yacimiento más habitual son los filones de cuarzo, bien con casiterita, con wolframita o con scheelita. A este tipo corresponden los distritos mineros de Barruecopardo-La Fregeneda, Masueco-Valderrodrigo, Villar del Ciervo-Bañobarez, Guijuelo y Navasfrías en la provincia de Salamanca, la Virgen de la Encina y Peña do Seo en León o las de Zafara, Calabor, Ricobayo y Villaseco-Pereruela en Zamora. La mina más importante de este tipo se localizaba en Golpejas (Salamanca) y en ella se explotó un yacimiento de 5 Mt con una ley de 1.500 gSn/t. Otras minas importantes son: "Feli" en La Fregeneda, "Coto Merladet" en Barruecopardo, "Mari Tere" en Lumbrales y "Dominica" en Pizarral de Salvatierra en la provincia de Salamanca; las minas "Casualidad" en Calabor, "Santa Elisa" en Arcillera, "Dorinda" en Carbajosa o "Rosario" en Cerezal de Aliste en la provincia de Zamora; y "Peña do Seo" en Corullón y "Virgen de la Encina" en Ponferrada en la de León.

Se han explotado también yacimientos secundarios de tipo placer, formados por desmantelamiento por erosión de los yacimientos filonianos y posterior sedimentación por la acción de los ríos. A este tipo corresponden las zonas mineras de Puebla de Azaba y El Cubito en Salamanca.



Vista aérea de los yacimientos de estaño "Casualidad" en Calabor (Zamora) y "Montesinhos" en Portugal (al fondo).



Mina de wolframio "Coto Merladet" en Barruecopardo (Salamanca).

CINC Y PLOMO

Como en el caso del estaño y del wolframio, las mineralizaciones de cinc y plomo suelen aparecer asociadas, si bien en los depósitos de estos metales se suele observar cierta zonación, existiendo predominio del plomo en las zonas más superficiales y del cinc en las más profundas. La producción total de cinc alcanzó las 20.000 t, mientras que la de plomo fue de algo más de 6.500 t, unas producciones que apenas suponen el 0,5% de lo producido en el país, que ha estado centrada en las grandes minas de la Faja Pirítica en Huelva y Sevilla ("Sotiel", "Aznalcollar", etc), la de "Rubiales" en Lugo, las de "Reocín" y "Aliva" en Cantabria o las de las zonas de La Unión en Murcia y Linares-La Carolina en Jaén.

Los principales yacimientos de Castilla y León corresponden a mineralizaciones estratoligadas a las calizas cámbricas. A este tipo corresponden la mina Antonina y el proyecto Santa Bárbara, ambos en Toral de los Vados (León) y en los que existe un yacimiento de unos 4 Mt con leyes de Pb+Zn superiores al 11% y unos 50 g/t de plata, las mineralizaciones del área de Babia también en León o la mina Carmina en Burgos.



Escombreras de la mina Juan de Austria en Peñalcazar (Soria).



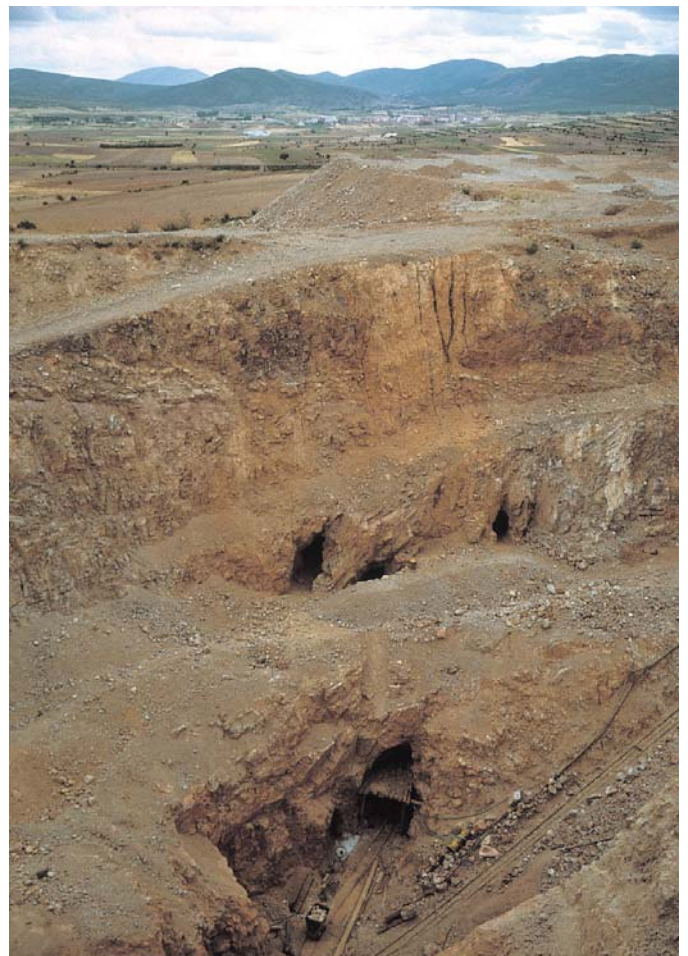
Mineralización de esfalerita de la mina Valdetriollo (Triollo, Palencia).

Existe otro grupo de mineralizaciones que fueron originadas por infiltración de fluidos cargados en estos metales a través de fracturas en las calizas carboníferas, por ejemplo las minas de Triollo y Velilla del Río Carrión en Palencia y las de Boca de Huérgano en León.

Otra tipología clásica son los yacimientos filonianos, de los que existen numerosos ejemplos en la zona de Corporales, en la cara sur del Teleno en León, en Losacio y Latedo en Zamora, en la zona de Guijuelo, Valdemierque, Ahigal de los Aceiteros, El Endrinal, Alameda de Gardón, Garcibuey y Santibáñez de Bejar en Salamanca, en la zona El Barraco en Ávila y en Peñalcázar en Soria.

Una tipología especial es la de la mina Loma Charra, en Muro de Ágreda (Soria), en la que se explotó una mineralización originada por mecanismos de erosión cárstica que afectan a una estructura filoniana previa.

En el área de Trabazos, en la provincia de Zamora, existe otro grupo de yacimientos originados por fumarolas existentes en el fondo del mar que cubría el oeste de esta provincia hace unos 420 millones de años, en el periodo Silúrico (yacimientos sedimentario-exhalativos).



Vista general de la mina "Loma Charra" en Muro de Ágreda (Soria).

ORO

La minería del oro en Castilla y León presenta dos vertientes bien definidas, por un lado la explotación de los placeres fósiles (yacimientos secundarios) realizada desde la época romana y por otra las pequeñas explotaciones y las labores de investigación realizadas sobre los yacimientos primarios que por el momento no han fructificado en una explotación.

La importancia del laboreo romano es indudable quedando numerosos testimonios de ello, principalmente en las cuencas de los ríos Sil y Órbigo y sus afluentes en la provincia de León, pero también en El Cabaco en Salamanca, en Pino del Oro en Zamora y en Cerezo de Arriba en Segovia. En total están catalogados cerca de 400 depósitos auríferos y según diversos trabajos arqueológicos se habrían extraído, sólo en la provincia de León, del orden de 60 t de oro. El yacimiento más importante es el de Las Médulas de Carucedo (León), en el que se estima que se han removido 228 Mm³ de roca con una ley de oro de 50 mg/m³, quedando aún entre 800 y 1.000 Mm³ con esa misma ley. Para remover este volumen de roca se trazaron hasta 16 canales con una longitud promedio de 80 a 100 km y una longitud total de 1.440 km.

Respecto a las mineralizaciones primarias, existen en la Comunidad unas 100 minas con contenidos apreciables de oro en sus mineralizaciones. Estos yacimientos han sido objeto de diversos trabajos de investigación minera para valorar la viabilidad económica de su explotación, pero por el momento ninguno ha llegado hasta el final. El proyecto más importante está localizado en la localidad de Salamón (León) donde existe un yacimiento con 760.000 t con una ley media de 6,64 gAu/t, es decir 5.135 kg de oro contenido. Este yacimiento forma parte del Distrito Minero de Riaño-Estalaya que agrupa a numerosas mineralizaciones de arsénico y/o antimonio con oro.



Oro nativo en un filón de cuarzo de Candín (León).



Aspecto característico de la roca portadora de la mineralización de oro del yacimiento "Salamón" (León).



Vista panorámica del yacimiento de oro romano de "Las Médulas" en Carucedo (León).

MANGANESO

Este metal se extrajo fundamentalmente entre 1942 y 1966 y se produjeron algo más de 7.000 t, apenas el 1,5% de la producción nacional. El manganeso se explotó esencialmente en los yacimientos de Puras de Villafranca (Burgos) que beneficiaban concentraciones de pirolusita, en fracturas y oquedades desarrolladas sobre los conglomerados calcáreos del Terciario, que alcanzaban leyes de hasta el 56% MnO₂. Otras mineralizaciones de cierta importancia se han explotado a lo largo del Sinforme de Alcañices (Zamora) donde existen mineralizaciones sedimentario-exhalativas formadas en el fondo del mar.

ANTIMONIO

La producción de antimonio en Castilla y León es significativa habiéndose producido 2.350 t, el 31% de la producción nacional. La principal zona productora se encuentra en el entorno de Riaño (León), en la que se explotaban varias minas con yacimientos asociados a rocas ígneas solidificadas cerca de superficie (subvolcánicas). De menor importancia son los depósitos de la zona de Cervera de Pisuerga en Palencia, Losacio en Zamora, Murias de Paredes y Riello en León o de la Sierra de la Demanda en Burgos.

ARSÉNICO

El gran desarrollo de la minería del arsénico está relacionada con el auge de la industria armamentística durante la Segunda Guerra Mundial y la guerra de Corea. La producción total es de casi 8.000 t, el 35% de la producción española. Existen dos ámbitos de explotación bien diferenciados, por un lado los depósitos del área de Riaño-Estalaya, con mineralizaciones similares a las de antimonio, y por otro el área de Barruecopardo-La Fregeneda, donde el arsénico acompaña a las mineralizaciones de estaño y wolframio.

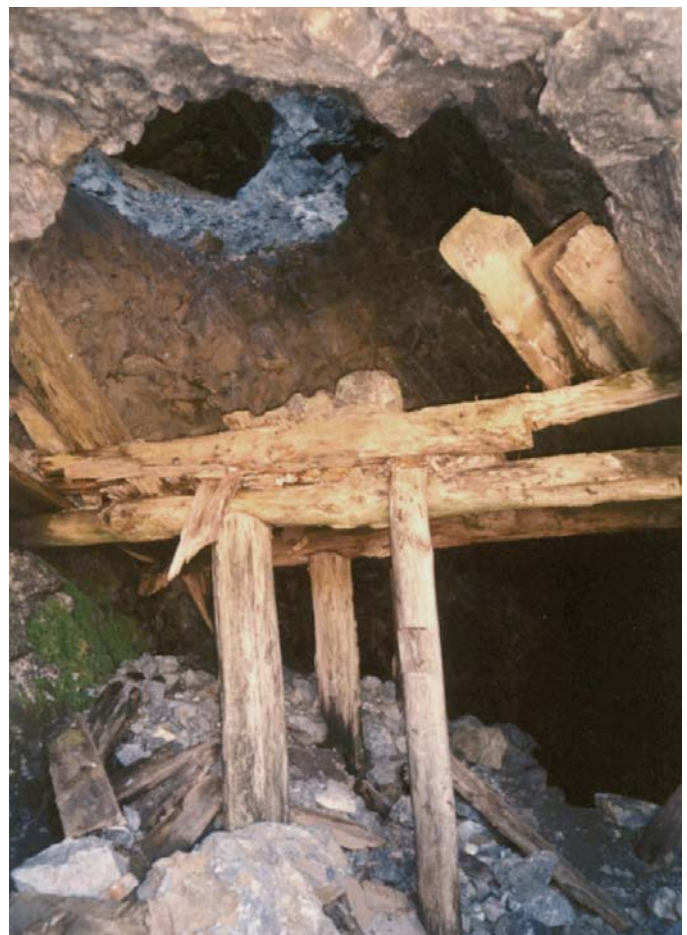
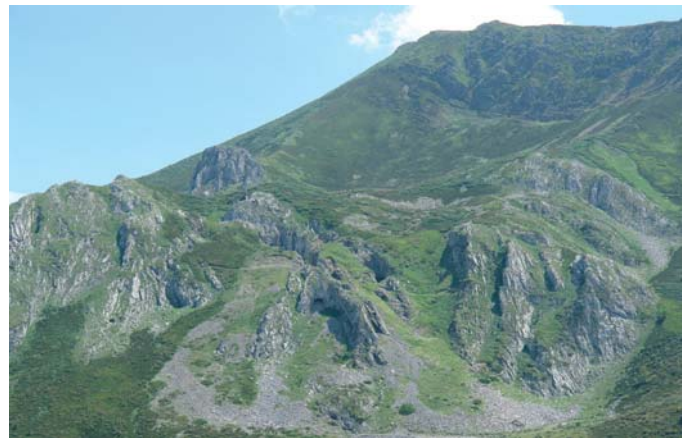
MERCURIO

La producción de mercurio de la comunidad ha sido minoritaria a nivel nacional suponiendo únicamente el 2% de la producción en el periodo entre 1959-1971, en total 481 t, no obstante dicha producción llegó a estar entre las 10 mayores del mundo en un sector que España dominaba sobradamente gracias a los depósitos del sinclinal de Almadén en Ciudad Real.

Todas las mineralizaciones de mercurio regionales se encuentran en la provincia de León y presentan un origen común ya que son de origen epitermal, es decir, formadas a partir de fluidos calientes cargados en mercurio que circularon a través de las fracturas de las rocas carbonatadas del periodo Carbonífero. Las principales minas se encuentran en el puerto de Tarna, en Miñera de Luna, Lois, Pedrosa del Rey y Valverdín.



Mena de manganeso (pirolusita) de los yacimientos del Sinforme de Alcañices (Zamora).



Vista panorámica de la mina de mercurio "Escarlati" en el puerto de Tarna (León) y detalle del entibado de una de las galerías.

PLATA

La producción de plata en Castilla y León viene ligada a la del plomo, cinc y cobre, elementos con los que aparece asociada, y la máxima producción corresponde a la mina Antonina, en Toral de los Vados (León), de la que se extrajeron 570 kg de plata, lo que supuso el 0,53% de la producción española.

TANTALIO Y NIOBIO

Las producciones de tantalio y niobio están siempre ligadas a las de estaño ya que los minerales portadores de estos elementos (tantalita, niobita, tapiolita y columbita) aparecen siempre asociados a la casiterita, normalmente como microinclusiones y exoluciones. La producción de estos raros metales es apenas anecdótica y tan sólo en la mina de Golpejas (Salamanca) se explotaba con cierta rentabilidad, ya que presentaba una ley de 70 g/t.



Detalle de la mineralización de estaño (marrón) y molibdeno (plateado) de la mina "Maritere" en Lumbrales (Salamanca).

TITANIO

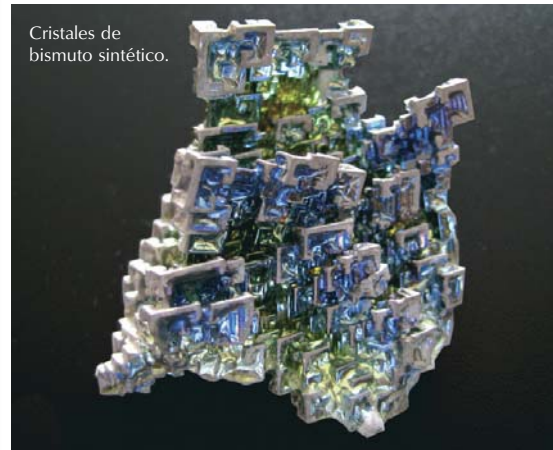
La producción histórica de titanio en la comunidad tiene dos vertientes, por un lado como explotaciones de ilmenita (29 t) y por otro como subproducto en mineralizaciones de estaño (39 t), ambos tipos localizados en la provincia de Salamanca en la zona de Puebla de Azaba.

MOLIBDENO

La única producción de este metal en la comunidad es debida a la mina Mari Tere de Lumbrales que explotaba dos filones de cuarzo con casiterita y molibdenita. En este yacimiento están cubricadas unas reservas de 2,54 Mt, con 2.500 gSn/t y 100 gMo/t.

BISMUTO

En Castilla y León este elemento tiene un comportamiento análogo al del molibdeno y se presenta como mineral accesorio en la gran mayoría de las mineralizaciones de estaño-wolframio, aunque sin posibilidades de explotación dadas las pequeñas cantidades, ni siquiera como subproducto.



Cristales de bismuto sintético.



Corta de la mina de estaño y tantalio de Golpejas (Salamanca).



Más información en:
www.siemcalsa.com (apartado publicaciones)
♦ Libro: La Minería en Castilla y León

