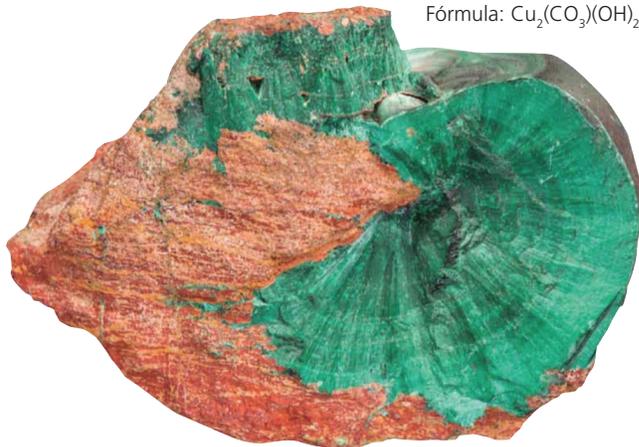


## EL SORPRENDENTE UNIVERSO DE LOS MINERALES

Los minerales conforman su propio reino: son sustancias sólidas inorgánicas, formadas por uno o más elementos químicos que se organizan en una estructura interna definida. Se forman de manera natural en el planeta y se encuentran en todos los cuerpos del Universo. Comúnmente se dividen en MINERALES METÁLICOS, de los cuales se pueden obtener metales y tienen la capacidad de conducción térmica y eléctrica, como cobre, oro, plata, molibdeno o uranio, y en MINERALES NO METÁLICOS, es decir, que al extraerse necesitan de un tratamiento para aprovecharlos en usos industriales y agrícolas. Por ejemplo, salitre, yodo, litio, cal o arcillas. A lo largo de la historia, sus diversas propiedades han servido para la construcción de herramientas, joyas y objetos de culto. Actualmente, son esenciales en la riqueza de una nación, aportan a la cultura digital y al desarrollo de nuevas fuentes de energía limpia. La invitación es a conocer (y valorar) la riqueza mineral de Chile.

### MALAQUITA

Fórmula:  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$



Las fotografías fueron extraídas del libro "LA RIQUEZA MINERAL DE CHILE" creado por el Núcleo Milenio Trazadores de Metales en zonas de subducción, parte de la Iniciativa Científica Milenio del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (2017). Fotógrafo Cristián Prado Valenzuela.  
[www.trazadoresdemetales.uchile.cl](http://www.trazadoresdemetales.uchile.cl)

Libro completo online en [https://issuu.com/nmtm/\\_docs/riquezamineral\\_web](https://issuu.com/nmtm/_docs/riquezamineral_web)

## COBRE NATIVO

Fórmula: Cu

Químicamente puro, este mineral es el más emblemático de Chile, conocido como la “viga maestra” de nuestra economía, tanto que hoy somos el mayor productor del mundo. Conductor térmico, eléctrico y de información, utilizado en la construcción, la industria electrónica y el transporte y últimamente como agente antibacteriano, el cobre tiene múltiples usos.

Aunque se ha explotado desde tiempos prehispánicos, solo en el siglo XX el Estado chileno (a través de CODELCO) comienza el desarrollo de la Gran Minería del Cobre: El Teniente, la mayor mina subterránea del mundo, a la que seguirán Chuquibambilla, Potrerillos o El Salvador, entre otras. Luego se incorporó la explotación por parte de empresas multinacionales con capital privado, como Minera Escondida, BHP BILLITON, Collahuasi y Anglo American.

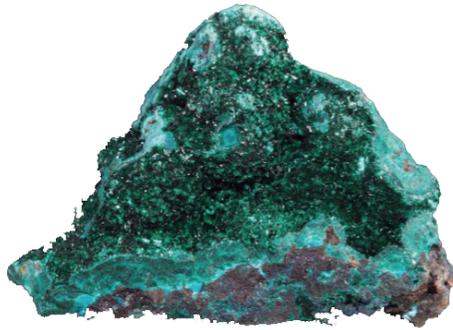


### EL COBRE CHILENO EN CIFRAS AL 2020

- 28% de la producción mundial.
- 23% de las reservas mundiales.
- 5.733 millones de toneladas métricas anuales.
- 50% de las exportaciones chilenas.
- 90,7% de las exportaciones mineras corresponden a cobre.
- 12% del PIB nacional.
- Emplea a más de 200.000 trabajadores.

Fuente: Consejo Minero, COCHILCO, Banco Central 2020.

Según los procesos geológicos que originan el cobre, existen diversos tipos de yacimientos, que pueden dar forma a combinaciones con azufre, cuyo resultado son los sulfuros de cobre, o combinarse con oxígeno, debido a la disolución del cobre en aguas termales que fluyen desde los magmas a la superficie a través de grietas o fracturas rocosas. El resultado: los llamados óxidos de cobre. Todas estas combinaciones generan distintos tipos de minerales cuyo denominador común es el cobre.



### **BROCHANTITA**

Fórmula:  $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$

Es un mineral perteneciente a los óxidos de cobre, específicamente a los sulfatos. Es muy codiciado por coleccionistas, debido a sus llamativos cristales en forma de pequeñas agujas o prismas verdes.



### **MALAQUITA**

Fórmula:  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

Los pueblos prehispánicos la utilizaron en la confección de máscaras y ornamentos. Actualmente este mineral sigue siendo un elemento clave para objetos ornamentales.



### **CRISOCOLA**

Fórmula:  $\text{CuSiO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

Es un mineral de color calipso, que aparece incrustado en rocas, estalactitas o vetas. Normalmente se encuentra en las zonas superficiales de los yacimientos, por lo que servía de indicador para localizar una mina de cobre. Su destino principal es la orfebrería.



### **AZURITA**

Fórmula:  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

Cuando el cobre es transportado en fluidos calientes, al precipitar puede formar minerales, como ocurre con la azurita, que aparece adherida a la roca o formando cristales. Es un mineral típico del norte de Chile y se encuentra asociado a los yacimientos cupríferos. Se utiliza principalmente como pigmento para la joyería.

### **TURQUESA**

Fórmula:  $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Esta piedra semipreciosa formada por fosfato de cobre y aluminio, se encuentra en los yacimientos de cobre de Chuquicamata, Punitaqui y Andacollo.

Se forma debido a la circulación de rocas mineralizantes al interior de rocas sedimentarias y en zonas de alteración de depósitos termales. Se utiliza principalmente como roca ornamental.



### **ATACAMITA**

Fórmula:  $(\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl})$

En 1899 se descubrió la momia de un minero del siglo VI en Chuquicamata, conocido como "el hombre de cobre". Su notable conservación se debe a la aridez del desierto de Atacama y, especialmente, a las sales verdes de atacamita que impregnaron su cuerpo hasta mineralizarlo.





## PLATA NATIVA

Fórmula: Ag

Es un metal noble, resistente a la corrosión y oxidación y gran conductor eléctrico y térmico. La plata pura se extrae de yacimientos primarios de tipo hidrotermal ubicados entre las regiones de Tarapacá y Maule. Se presenta en diversas formas, como pequeñas ramas, en depósitos irregulares o como cristales en forma de alambres finos y entrelazados.

Aunque se explotaba desde tiempos prehispánicos, no es hasta el siglo XIX cuando inicia su repunte con los yacimientos de Arqueros (1825), Chañarcillo (1832) y Tres Puntas (1848), inaugurando el "Siglo de la Plata" que se prolongará hasta fines del siglo XIX.



### MINERALES DE PLATA

- Además de encontrarse en forma pura, la plata puede aparecer combinada con otros elementos:
- Con Azufre forma la ARGENTITA,  $Ag_2S$
- Con Arsénico forma la PROUSTITA  $Ag_3AsS_3$
- Con Antimonio forma la PIRARGIRITA  $Ag_3SbS_3$
- Con Cloro forma la PLATA CÓRNEA  $AgCl$ .

Fuente: United State Geological Survey 2011.





## MOLIBDENITA

Fórmula:  $\text{MoS}_2$

Se origina en depósitos minerales hidrotermales y, en Chile, se lo encuentra como subproducto en los principales yacimientos cupríferos. Posee propiedades lubricantes y es el principal mineral del cual se obtiene molibdeno, utilizado en la industria del acero. Asimismo, es la única fuente de renio, que se utiliza en la industria aeroespacial.



### MOLIBDENO EN CHILE AL 2020

- Producción **59.381** toneladas métricas anuales.
- Participación en producción mundial: **20%**
- Participación en reservas mundiales: **8%**

Fuente: Consejo Minero, Sernageomin y COCHILCO 2021.

## OROPIMENTE

Fórmula:  $\text{As}_2\text{S}_3$

Si en la antigüedad se usaba como veneno de alta toxicidad, actualmente se utiliza en la fabricación de cristal permeable a la radiación infrarroja y en la fabricación de fuegos artificiales. Se forma en las fumarolas volcánicas, en fuentes hidrotermales templadas y como subproducto de la descomposición por acción de la luz solar de otros minerales que contienen arsénico.



## PROUSTITA

Fórmula:  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$

Se forma en vetas hidrotermales y también en las últimas etapas de cristalización de éstas, como último mineral que cristaliza en zonas supergénicas. En Chile hay numerosas muestras provenientes del mineral de plata de Chañarillo.



## **ORO NATIVO**

Fórmula: Au

Barómetro de la economía mundial (desde la Bolsa de Londres), el oro es considerado el metal precioso por excelencia. Se encuentra en la Naturaleza en forma de vetas o en las arenas de los ríos. Cuando los yacimientos de superficie se erosionan, las pepitas de oro son transportadas por los ríos, formando depósitos de sedimentos de los cuales se separan las pepitas de oro mediante la técnica de bateo.

En Chile se explota desde la época prehispanica. Con la llegada de los españoles proliferaron lavaderos de oro, como MargaMarga, que produjeron 2000 kilos al año. Aunque durante el siglo XX se implementaron planes nacionales auríferos, fue a partir de 1980 -con la apertura de los yacimientos El Indio y Guanaco (en manos de empresas transnacionales privadas)- que la producción alcanzó entre 38 y 50 toneladas anuales. Aun así, actualmente, Chile solo participa con un 1% en la producción mundial de oro.

## MAGNETITA

Fórmula:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$



Este mineral tiene propiedades magnéticas, y se encuentra en forma natural en rocas de origen ígneo y sedimentario. Junto con la hematita, estos óxidos de minerales contienen casi un 70% de hierro. Y -cuando se combina el hierro con carbono- se obtiene acero. El acero se utiliza para la construcción de buques de guerra, rascacielos y cohetes espaciales.



### HIERRO EN CHILE AL 2019

- Producción: **8,4** millones de TM.
- % de producción mundial: **0,5%**

Fuente: Consejo Minero, Sernageomin y COCHILCO 2019.



## ERITRINA

Fórmula:  $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Aunque no ha tenido importancia económica, los geólogos buscan la eritrina como indicador de depósitos de plata y especialmente cobalto, ya que se encuentra en la superficie, formando costras del mineral llamadas "flor de cobalto".



## PIRITA

Fórmula:  $\text{FeS}_2$

La pirita es un mineral compuesto de azufre y hierro (utilizado para la obtención de ácido sulfúrico) y su nombre deriva del griego *pyr*, que significa fuego, ya que -al rozarla con metales- produce chispas. Es conocida como el "oro de los tontos" por su gran parecido, aunque es mucho más liviana y más dura que el oro. Es uno de los minerales más usados para la obtención de ácido sulfúrico.

## SALITRE

Fórmula:  $N_3NO_3$

Forma parte de la minería no metálica y corresponde a una mezcla de compuestos de nitratos de sodio y de potasio, que se encuentran naturalmente en el desierto de Atacama, en forma de costras llamadas "caliche". El salitre se utilizó principalmente como fertilizante en la agricultura y como ingrediente para la fabricación de pólvora. Chile vivió la época de oro del salitre (representó hasta 50% de los ingresos fiscales) entre 1880 y 1930, ciclo de bonanza que finalizó a partir de la Primera Guerra Mundial, cuando se descubrió el salitre sintético.

Hacia fines del siglo XX, Chile (a través de la empresa SQM) se procede a la gran reinversión. Entonces empezó a producir yodo, sales solares y nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) sustentables medioambientalmente. Con el nitrato de potasio, es posible dar continuidad energética a las plantas de concentración solar aun en ausencia de luz solar. Asimismo -en base al yodo- se elaboran sofisticados elementos para la farmacéutica mundial.



### PATRIMONIOS DE LA HUMANIDAD

Por su pertinencia en nuestra historia económica, por el particular modo de vida de sus habitantes, llamados "pampinos" y por las características arquitectónicas de sus instalaciones, en 2005, la UNESCO declaró como Patrimonio de la Humanidad a 2 salitreras de la región de Tarapacá. Estas son:

- Salitrera Santa Laura.
- Salitrera Humberstone

Fuente: Ministerio de las Culturas, Artes y Patrimonio 2021.

## LAPISLÁZULI

Fórmula:  $(\text{Na}, \text{Ca})_8 (\text{SO}_4, \text{C}_{12}/(\text{AlSiO}_4))_6$

En el mundo existen sólo dos grandes yacimientos de lapislázuli: en Afganistán y en Chile. A mediados del siglo XX se descubrió en el país la mina “Flor de los Andes”, ubicada a 3.600 msnm, al este de Tulahuén, comuna de Monte Patria, región de Coquimbo. Este depósito se relaciona con calizas mesozoicas introducidas por un plutón monzogranítico terciario, por lo que tiene una antigüedad cercana a los 10 millones de años.

El lapislázuli está compuesto por los minerales lazurita, silicato cálcico complejo que le proporciona el color azul característico, wollastonita y calcita, que producen el veteado gris y blanquecino, y pirita, que le otorga los reflejos dorados.



Conocida como “oro azul”, en 1984, el LAPISLÁZULI fue declarada Piedra Nacional de Chile por el Ministerio de Minería. Asimismo, en 2018, la piedra cruz de Laraquete (Comuna de Arauco) recibió el sello de origen de INAPI, organismo dependiente del Ministerio de Economía.



## **COMBARBALITA**

Fórmula: No posee.

Única en el mundo, esta roca ornamental semipreciosa fue declarada Piedra Nacional de Chile en 1993. Explotada desde tiempos prehispánicos por los diaguitas para la fabricación de pectorales, flautas tipo "antaras" y "pifilkas", es parte de la cultura de este pueblo originario y una importante fuente de trabajo artesanal y de orfebrería.

Sus yacimientos se encuentran en Combarbalá, en la provincia de Limarí, región de Coquimbo. La combarbalita es una roca volcánica que se origina por una alteración de materiales volcánicos ocurrida hace 80 millones de años.



### **COMBARBALITA: COLORES VARIADOS**

Su color varía según las asociaciones de minerales:

- CAOLINITA: color blanco.
- HEMATITA-CAOLINITA: color rosado marrón.
- HEMATITA: color rojizo.
- SCHLOSSMACHERITA: color verde turquesa.

Fuente: <https://www.quimica.es/enciclopedia/combarbalita.html>



### **CUARZO**

Fórmula:  $\text{SiO}_2$

Está presente en una gran cantidad de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Cuando el cuarzo es transparente e incoloro, es cuarzo puro y se le conoce como SELENITA. También se encuentra como:

- Cuarzo CITRINO, con trazas de aluminio.
- Cuarzo AMATISTA contiene iones férricos.
- Cuarzo ROSA lleva dentro trazas de fósforo y aluminio.



### **AZUFRE**

Fórmula: S

El azufre se usa principalmente como fertilizante y en la fabricación de pólvora, laxantes, fósforos, insecticidas, antisépticos y fungicidas. También es utilizado en procesos industriales relacionados con la producción de ácido sulfúrico para baterías.

### **YESO**

Fórmula:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,

¿Sospechaba que el yeso se usa como fertilizante (pulverizado) en la agricultura, para obtener ácido sulfúrico, como material en la industria cerámica y en la producción de cemento?



## LITIO

Fórmula: Li

Conocido como el nuevo “oro blanco”, el Litio (mineral no metálico) forma parte de las actuales energías limpias. Se obtiene de yacimientos minerales, de aguas termales, del mar y de la evaporación de las salmueras de los salares. El trabajo de extracción de litio en los salares implica bombear las salmueras por debajo de la corteza salina y ubicarlas en lagunas de evaporación solar. Al evaporarse el agua, queda el litio concentrado en la salmuera, que es deshidratado y se obtiene carbonato o cloruro de litio.



RESERVAS DE LITIO A NIVEL MUNDIAL (EN TONELADAS DE LITIO)

PAÍS	RESERVAS	% PARTICIPACIÓN
• CHILE	8.600.000	51,9*
• Australia	2.800.000	16,9
• China	1.000.000	6,0
• Argentina	1.700.000	10,2
• EE.UU	630.000	3,8
• Canadá	370.000	2,2
• Brasil	95.000	0,6
• Zimbabwe	230.000	1,4
• Portugal	60.000	0,4
• Otros (Finlandia, Mali, México)	1.100.000	6,6
• TOTAL	16.850.000	100,0

### \*EL CASO DE BOLIVIA

Esta misma fuente indica que BOLIVIA tiene Recursos totales de Litio que suman 21 millones de ton de litio. Se estiman que alrededor de 9 millones de ton de litio están contenidas como reservas en el Salar de Uyuni. Si a futuro se confirman las cifras de Bolivia, las reservas de litio de Chile representarían solamente el 34% de las reservas a nivel mundial. Asimismo, ARGENTINA ha aumentado al 2020 su estimación de recursos de litio en más de 10 salares, a un total de 14 millones de ton.

Fuente: U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries 2020.