

Joaquim Sanz

Oriol Tomasa



ELEMENTOS Y RECURSOS MINERALES

aplicaciones y reciclaje



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

**Zenobita**
edicions

GeoParc
Mundial UNESCO
de la Catalunya Central 



Joaquim Sanz Balagué

Nacido en Martorell (Barcelona) en el 1950. Es Ingeniero Técnico en Explotación de Minas por la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) (1974), gemólogo por la Universitat de Barcelona (1977) y especialista en diamante por la Universitat de Barcelona y por la Gemmological Association of Great Britain (1978).

Fue profesor de mineralogía y petrología de la Escuela Politècnica Superior de Ingeniería de Manresa (UPC) y director del Museu de Geologia Valentí Masachs de la misma universidad hasta 2015 en que se jubiló. Actualmente es colaborador-conservador del mismo.

Es coautor de la Guia d'Identificació de minerals dels Països Catalans y de la Guia de Identificación de Minerales de la Península Ibérica, y autor de artículos relacionados con el mundo de las aplicaciones de los minerales y de las rocas en diferentes revistas y periódicos, en catalán y castellano.

Fue comisario de las exposiciones sobre esta temática en la sala de exposiciones de la Fundació Caixa Manresa: Minerales y rocas: mil y una aplicaciones (2008) y Minerales del futuro (2011).



Oriol Tomasa Guix

Nacido en Manresa el 1986. Es Ingeniero Superior de Minas (2013) y Máster de Ingeniería de los Recursos Naturales por la Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa (EPSEM) (UPC) (2015).

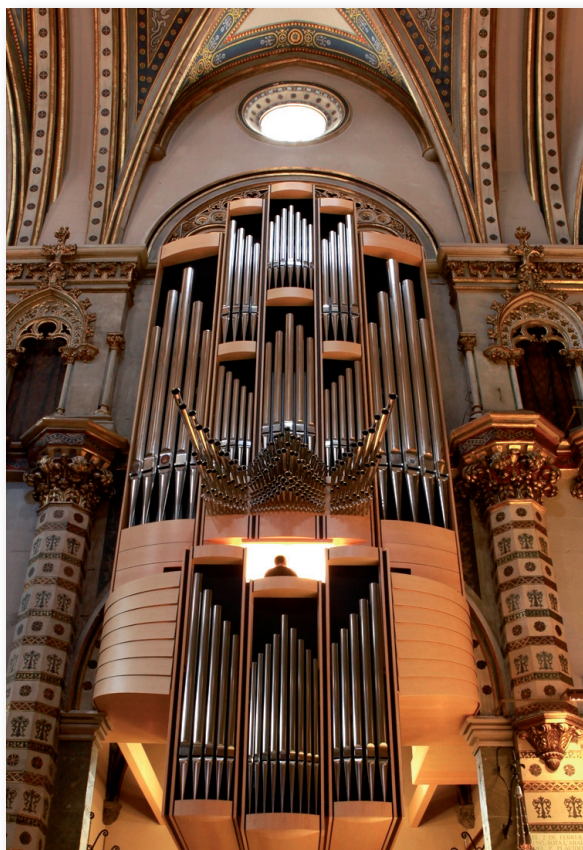
Es profesor asociado a la EPSEM (UPC) desde 2015 y está realizando el doctorado en Ingeniería de los Recursos Naturales y Medio Ambiente en la EPSEM (UPC). Es conservador del Museu de Geologia Valentí Masachs (UPC) desde 2015.

Ha participado en proyectos internacionales de cooperación para asesoramiento geológico y minero en Bolivia. Ha trabajado en el Institut Geològic de Catalunya, departamento de Unitat de Tècniques Geofísiques donde realizó su proyecto final de Ingeniería Superior de Minas (2013). Trabajó en el Museu de Geologia Valentí Masachs de la UPC (2009-2011) en donde realizó su proyecto final de grado sobre el tema: Elements i Recursos Minerals: aplicacions i reciclatge, con la tutoría de Joaquim Sanz.

**Elementos y recursos minerales:
aplicaciones y reciclaje**

A nuestros familiares

Joaquim i Oriol



Órgano de Montserrat (Foto: Oleguer Serra)

De la Tierra al cielo...

ELEMENTOS Y RECURSOS MINERALES

aplicaciones y reciclaje

JOAQUIM SANZ BALAGUÉ

ORIOL TOMASA GUIX

**MU
SEU**
de
geologia

VALENTÍ
MASACHS



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

 **Zenobita**
edicions

GeoParc
Mundial UNESCO
de la Catalunya Central 

Primera edición en español: octubre del 2018

© Joaquim Sanz Balagué y Oriol Tomasa Guix, por el texto

© Los correspondientes autores o titulares, por las imágenes

© Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), por la edición digital

www.upc.edu/ca

Diseño de la portada:

Héctor Herrera

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de este libro, sea cual sea la técnica utilizada, sin haber obtenido previamente la autorización por escrito de los propietarios de copyright

ISBN: 978-84-9880-726-4

Dipósito legal: B 6.893-2018

TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS (interactiva)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	¹ H HIDRÓGENO	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="display: flex; gap: 10px;"> ● Gas ● Sólido ● Líquido a 30°C ● Sintético </div> <div style="display: flex; gap: 10px;"> □ Tierras raras □ Tierras raras ligeras □ Tierras raras pesadas </div> </div>														² He HELIO				
2	³ Li LITIO	⁴ Be BERILIO													⁵ B BORO	⁶ C CARBONO	⁷ N NITRÓGENO	⁸ O OXÍGENO	⁹ F FLUOR	¹⁰ Ne NEÓN
3	¹¹ Na SODIO	¹² Mg MAGNESIO													¹³ Al ALUMINIO	¹⁴ Si SILICIO	¹⁵ P FOSFORO	¹⁶ S AZUFRE	¹⁷ Cl CLORO	¹⁸ Ar ARGÓN
4	¹⁹ K POTASIO	²⁰ Ca CALCIO	²¹ Sc ESCANDIO	²² Ti TITANIO	²³ V VANADIO	²⁴ Cr CROMO	²⁵ Mn MANGANESO	²⁶ Fe HIERRO	²⁷ Co COBALTO	²⁸ Ni NÍQUEL	²⁹ Cu COBRE	³⁰ Zn ZINC	³¹ Ga GALIO	³² Ge GERMANIO	³³ As ARSENICO	³⁴ Se SELENO	³⁵ Br BROMO	³⁶ Kr KRIPTÓN		
5	³⁷ Rb RUBIDIO	³⁸ Sr ESTRONCIO	³⁹ Y ITRIO	⁴⁰ Zr ZIRCONIO	⁴¹ Nb NIOBIO	⁴² Mo MOLIBDENO	⁴³ Tc TECNECIO	⁴⁴ Ru RUTENIO	⁴⁵ Rh RODIO	⁴⁶ Pd PALADIO	⁴⁷ Ag PLATA	⁴⁸ Cd CADMIO	⁴⁹ In INDIO	⁵⁰ Sn ESTAÑO	⁵¹ Sb ANTIMONIO	⁵² Te TELURIO	⁵³ I YODO	⁵⁴ Xe XENÓN		
6	⁵⁵ Cs CESIO	⁵⁶ Ba BARIO	⁵⁷ La-Lu LANTANOS	⁷² Hf HAFNIO	⁷³ Ta TANTALO	⁷⁴ W WOLFRAMIO	⁷⁵ Re RENO	⁷⁶ Os OSMIO	⁷⁷ Ir IRIDIO	⁷⁸ Pt PLATINO	⁷⁹ Au ORO	⁸⁰ Hg MERCURIO	⁸¹ Tl TALIO	⁸² Pb PLOMBO	⁸³ Bi BISMUTO	⁸⁴ Po POLONIO	⁸⁵ At ASTATO	⁸⁶ Rn RADÓN		
7	⁸⁷ Fr FRANCIO	⁸⁸ Ra RADIO	⁸⁹ 103 Ac-Lr ACTINIDOS	¹⁰⁴ Rf RUTENIO	¹⁰⁵ Db DUBNIO	¹⁰⁶ Sg SEABORGIO	¹⁰⁷ Bh BOHRIO	¹⁰⁸ Hs HASSIO	¹⁰⁹ Mt MÉTENRIO	¹¹⁰ Ds DARMSTADTIO	¹¹¹ Rg ROSGENIO	¹¹² Cn COFERNICIO	¹¹³ Nh NIHONIO	¹¹⁴ Fl FLEROVIO	¹¹⁵ Mc MOSCOWIO	¹¹⁶ Lv LIVERNIO	¹¹⁷ Ts TENESIO	¹¹⁸ Og OGANESÓN		
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				

6	⁵⁷ La LANTANO	⁵⁸ Ce CECIO	⁵⁹ Pr PRASODIMIO	⁶⁰ Nd NEODIMIO	⁶¹ Pm PROMETIO	⁶² Sm SAMARIO	⁶³ Eu EUROPIO	⁶⁴ Gd GADOLINIO	⁶⁵ Tb TERBIO	⁶⁶ Dy DISPROSIO	⁶⁷ Ho HOLMIO	⁶⁸ Er ERBIO	⁶⁹ Tm TULIO	⁷⁰ Yb ITERBIO	⁷¹ Lu LUTECIO
7	⁸⁸ Ac ACTINIO	⁹⁰ Th TORIO	⁹¹ Pa Protactinio	⁹² U URANIO	⁹³ Np NEPTUNIO	⁹⁴ Pu PLUTONIO	⁹⁵ Am AMERICIO	⁹⁶ Cm CURCIO	⁹⁷ Bk BERKELIO	⁹⁸ Cf CALIFORNIO	⁹⁹ Es ENSTENIO	¹⁰⁰ Fm FERMIO	¹⁰¹ Md MENDELEVIO	¹⁰² No NOBELIO	¹⁰³ Lr LAWRENICIO

La compra de la versión en papel de este libro se puede efectuar a través de: <https://upcommons.upc.edu/libres>

En esta versión digital, cuando se clic sobre el símbolo de la mayoría de los elementos de la tabla periódica interactiva, se dirigirá directamente a la página con la descripción del elemento deseado.

Y viceversa, desde cada página al clic sobre la ilustración de la pequeña tabla periódica, se volverá a la presente página.

Prólogo a la edición en español

Es para nosotros, los autores, y para el Museu de Geologia Valentí Masachs de la Universitat Politècnica de Catalunya, un placer el presentar para todo el público de habla hispana este libro: *Elementos y Recursos Minerales: aplicaciones y reciclaje*.

En el mercado existen muchos libros de minerales muy bien ilustrados, otros tienen información sobre la aplicación de los minerales y otros sobre el reciclaje de ciertos metales y no metales.

El libro que tiene Ud. en sus manos contempla los diferentes campos antes citados añadiendo un apartado de bibliografía y enlaces comprobados que completan la información ofrecida en el texto.

Esto hace que sea un libro muy útil para profesores, estudiantes de muchos niveles, desde los básicos a los universitarios, y también interesante para aquellas personas que siempre les gusta aprender algo más del amplio y cautivador mundo que forman los recursos naturales que nos da el planeta en el que vivimos y que son básicos para nuestra subsistencia.

Recursos que hemos de extraer, pero siempre teniendo en cuenta que no son renovables, por tanto, habrá que potenciar las "tres r": reciclar, reutilizar y reducir su consumo pensando que no somos los últimos habitantes del planeta Tierra y que otras generaciones vendrán tras nosotros.

Al preparar el libro, hemos pensado en los profesores que han de impartir Ciencias de la Tierra y si se dirigen a www.geomuseu.upc.edu, podrán acceder a unas fichas de muchos de los elementos presentados para ser proyectadas en clase a los alumnos.

En el capítulo "Introducción", encontrarán detalles de cómo está estructurado el libro.

El prólogo que sigue a éste, fue escrito por el amigo Joan Viñals i Olià, que fue profesor de Ciencias de Materiales e Ingeniería Metalúrgica de la Universitat de Barcelona, gran mineralogista y científico, así como gran persona, que falleció en el mes de noviembre del 2013.

Manresa, julio del 2018

Prólogo

Los libros de mineralogía y geología nos hablan de las propiedades de los minerales y de las rocas. Los tratados de química exponen las propiedades de los elementos y compuestos. No obstante, la mayor parte de estos libros no contienen información actualizada sobre las aplicaciones finales de estas sustancias. En el otro extremo, los libros de tecnología de los materiales se ocupan de las aplicaciones de estos, pero no suelen dar información sobre el origen o las materias primas ni sobre el posible reciclaje. Mi experiencia en el mundo de la ciencia de los materiales, y particularmente en el campo de la investigación de materiales nuevos o avanzados, es que el investigador ni siquiera se plantea si será posible implementar a escala global un material nuevo, basado en componentes que pueden requerir materias primas de muy dudosa disponibilidad. Si esto es así en los ámbitos más profesionales, ¿cómo debe ser en el ámbito educativo actual, en el cual la enseñanza de la mineralogía aplicada, excepto, y en parte, en los estudios de geología, ha quedado reducido a casi nada? Y si es así ¿qué podemos decir de lo que cree o espera la sociedad? ¿Quién no ha oído decir, por ejemplo, que el tranvía no contamina o que el coche eléctrico eliminará prácticamente el problema de la contaminación? ¿Se han parado a pensar que solo unos pocos centímetros de catenaria de cobre exigen arrancar con explosivos más de una tonelada de roca, triturar y moler esta roca hasta obtener una consistencia de harina, mantenerla en suspensión con unos diez metros cúbicos de agua inyectando aire y reactivos químicos con el fin de activar la flotación del valioso mineral, secar el concentrado, fundir el concentrado a 1250 °C, convertir el producto fundido a esta temperatura en cobre, solidificar y finalmente, refinar electrolíticamente el metal? ¿Y qué hacemos de la roca residual, de las aguas contaminadas de flotación, de los gases sulfurosos emitidos en el proceso de fusión, o de los extremadamente tóxicos arsénico, talio, antimonio, plomo, cadmio, selenio, mercurio, etc. que resultan del proceso de refinado?

Desde ya hace muchos años, Joaquim Sanz i Balagué, profesor de la Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa, perteneciente a la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), tiene plena conciencia del problema que he intentado exponer. Como fundador y director del Museu de Geologia Valentí Masachs de la UPC ha conseguido hacer un museo dirigido a una didáctica de aplicación de los minerales, por otra parte, nada común en los museos convencionales de mineralogía.

Con todo esto ha querido romper con la sensación que recibe el estudiante o el público general, en el sentido de que los minerales no son solo objetos más o menos curiosos o científicos para coleccionar. En este sentido, Joaquim ha desarrollado una gran tarea a través de publicaciones de guías mineralógicas, de la organización y disposición de las colecciones en el museo y en exposiciones externas como las de la Fundació Caixa Manresa, con títulos tan adecuados como: *Minerales y rocas: mil y una aplicaciones* (2008) o *Minerales del futuro* (2011). El libro *Elementos y recursos minerales: aplicaciones y reciclaje*, que tenéis en la mano, es realmente el fruto de esta experiencia, pero también de un gran trabajo de investigación actualizada sobre las aplicaciones de muchos elementos de la tabla periódica y de los principales, y muy numerosos, minerales industriales. Pretende y consigue, de forma resumida pero acertada, un vínculo entre la mineralogía de la materia prima, las propiedades, las aplicaciones y el reciclaje: el llamado ciclo de la vida de los materiales, desde el nacimiento a partir de la fuente primaria hasta la muerte por corrosión u obsolescencia, y la posible resurrección a través del reciclaje.

Como puede observar el lector, el libro tiene un formato práctico. Está ordenado alfabéticamente por elementos, con profusión de imágenes ilustrativas y con una bibliografía muy seleccionada y actualizada. Hay que decir que las aplicaciones actuales de muchos elementos o minerales pueden resultar sorprendentes, y es que la velocidad del cambio en las aplicaciones de muchos materiales ha resultado en los últimos años vertiginosa, tanto que el fenómeno ya tiene nombre: la “competición de los materiales”. Por ejemplo, quien diría que el elemento praseodimio es actualmente tan doméstico y familiar, sólo hace falta que nos hayan puesto recientemente baldosas o cualquier cerámica con colores amarillos en casa...

La tarea de Joaquim en este libro no hubiera sido posible, o se hubiera hecho mucho más pesada, sin la colaboración del coautor, Oriol Tomasa i Guix. Oriol es también ingeniero de minas por la Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa, y fue becario del Museu. Con su entusiasmo, trabajo y conocimientos de las nuevas tecnologías, su colaboración ha sido, pues, fundamental, todo un vínculo entre la experiencia y las aportaciones de las nuevas generaciones.

Sólo me queda, pues, felicitar a los autores por la idea y tarea hecha y recomendar el libro a todos. Está escrito con rigor, pero de forma tan comprensible que es útil para cualquier persona que se interese por algo tan básico como es de dónde vienen y de qué están hechas las cosas. Así de sencillo y, al mismo tiempo, tan importante.

Joan Viñals i Olià († 2013)

Profesor de ciencias de materiales e ingeniería metalúrgica
Universitat de Barcelona

Vilanova i la Geltrú, invierno del 2011

Introducción

Muchos alumnos con sus profesores, y público en general, han visitado el Museo de Geología Valentí Masachs que la Universitat Politècnica de Catalunya tiene en Manresa (Barcelona), desde que lo inauguramos en junio del año 1980. (www.geomuseu.upc.edu)

En este museo de geología, diferente de los clásicos museos de esta materia, nos hemos centrado sobre todo en hacer que las personas que nos visitan se den cuenta del vínculo que tenemos con la Tierra, mediante las muchas vitrinas que hay de aplicaciones de minerales, de las rocas y también de fósiles.

Fruto de esta línea pedagógica que han recibido alumnos, profesores y visitantes, surgió la petición de que hiciéramos un libro que profundizara sobre el tema de los minerales y elementos.

¡Y manos a la obra! Aquí está el libro *Elementos y recursos minerales: aplicaciones y reciclaje*. El libro lo hemos dividido en tres secciones: Elementos y minerales, Tierras raras y Minerales industriales.

Hemos procurado que el formato fuera tipo ficha y lo que figura en ellas no pretende ser exhaustivo, a buen seguro que se podrían añadir más características y aplicaciones, pero para hacer un libro con fichas y manejable, el espacio es más limitado. Yendo a la bibliografía y enlaces, podréis ampliar la información.

Además, en la web del museo www.geomuseu.upc.edu (ver: fichas minerales) encontraréis 41 fichas resumen representativas para ser proyectadas en el aula y que os podrán ayudar en vuestras clases.

La evolución de nuestra sociedad y la investigación constante para encontrar nuevas aplicaciones y nuevas formas de reciclaje harán que algunas de las utilidades de los elementos y minerales dejen de ser actuales, o que se aprovechen ciertos materiales fabricados de los cuales actualmente no es rentable su reutilización.

Cualquier sugerencia, enmienda o comentario podéis enviarlo a:
museu@epsem.upc.edu.

Agradecemos sinceramente la colaboración dedicada de Pura Alfonso Abella (profesora de geología de la UPC), Marc Boada Ferrer (profesor de ciencias de los materiales de la Escola Massana), Pilar González Duarte (ca-

tedrática emérita de química inorgánica de la UAB), Josep Maria Mata-Peregró (catedrático emérito de geología de la UPC) y Joan Viñals Olià (profesor de ciencia de materiales e ingeniería metalúrgica de la UB), así como a Ares Boyer Margalef por la traducción de la obra al español y a Abigail Jiménez Franco por la supervisión final.

Esperemos que el libro os sea útil para vuestras clases y para vosotros mismos. Creemos que, de buen seguro, favorecerá la conciencia del vínculo que tenemos con la Tierra y de cómo la necesitamos; esta Tierra de la cual, sin ningún tipo de duda, tenemos que utilizar los recursos geológicos, pero de una forma sostenible (que quede para posteriores generaciones), procurando reutilizar y reciclar todos los elementos y minerales que nos sea posible, y procurando, también, reducir el consumo.

Joaquim Sanz Balagué

Oriol Tomasa Guix

Colofón

El libro que se presenta a continuación constituye una herramienta de gran utilidad, ya que en él se hallan aglutinadas las principales aplicaciones de un gran número de minerales mediante la presentación de fichas para cada uno de los elementos de la tabla periódica, con el nombre de la mena a partir de la que se obtiene químicamente, aplicación y obtención a partir del reciclaje. Esto nos sirve para darnos cuenta de que la mayoría de minerales son importantes desde un punto de vista aplicado y también de que la mayoría de las cosas, ya sean objetos cotidianos o muy específicos, provienen de los minerales.

De este modo el libro es de utilidad tanto para satisfacer nuestra curiosidad personal como para su utilización en la docencia de diversas disciplinas de las Ciencias de la Tierra, química, ingenierías, etc.

En nuestra Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa (UPC), es un libro de uso habitual y recomendado en diferentes estudios.

Dra. Pura Alfonso Abella

Geóloga y profesora de la Universitat Politècnica de Catalunya

Directora del Museu de Geologia Valentí Masachs

ELEMENTOS Y MINERALES

Los elementos están ordenados alfabéticamente, con indicación del símbolo químico y el número atómico (Z).

En cada ficha encontraréis una descripción de las principales características del elemento y una fotografía del mineral-mena. En algunos de estos elementos, figura la frase: "estratégico para la UE el año 2017", que hace referencia a que la Unión Europea consensuó una lista de minerales estratégicos para la industria en este año (*critical-raw-materials-for-the-EU-2017*).

Sigue una serie con las aplicaciones más importantes y actuales de este elemento o mineral, ilustrada con fotografías.

Al final de la ficha figura el apartado del reciclaje, dado que es vital para los momentos que vivimos,

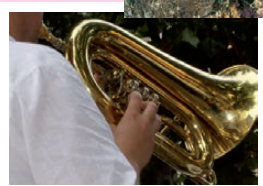
de cara a reutilizar al máximo la riqueza que hay escondida dentro de cada objeto o material fabricado con uno o varios elementos, y por el ahorro que comporta su reutilización, tanto económico como de consumo de los recursos minerales.

Tanto en el apartado de aplicaciones como en el de reciclaje, hemos incluido toda la información que hemos podido obtener de empresas que se dedican al proceso de transformación y al de reciclaje. Al lado izquierdo de la ficha figura una bibliografía y unos enlaces (contrastados y actualizados) que dan más información sobre el elemento y/o mineral mencionado.

BAUXITA



CALCOPIRITA



CROMITA



CELESTINA



HEMATITAS



ESFALERITA ACARAMELADA



ALUMINIO (Al) [Z = 13]

- Es el elemento metálico más abundante de la corteza terrestre.
- Buen conductor eléctrico y del calor, maleable, dúctil, blando y ligero.
- Proporciona una barrera metálica impermeable a la luz, a los rayos UV, a la corrosión, al vapor de agua, a los aceites y grasas, al oxígeno y a los microorganismos.
- Se obtiene de la bauxita.



BAUXITA (roca formada por gibbsita, diásporo i böhmita). *Miralles (Anoia), Cataluña*

APLICACIONES

Industria metalúrgica

El aluminio es utilizado en la fabricación de aleaciones como el simagal (sílice, magnesio y aluminio), al que le confiere una elevada resistencia mecánica o el duraluminio (aluminio, cobre, manganeso y hierro) aumentando sus propiedades mecánicas.

Industria eléctrica

Por el hecho de ser muy buen conductor, se usa en la fabricación de cables eléctricos y componentes electrónicos. La industria eléctrica va sustituyendo el cobre por el aluminio en alta, media y baja tensión, porque es más económico para transportar electricidad, aunque el cable tenga que tener más sección, así también, se reduce el riesgo de robo.

Transporte y construcción

Su ligereza y su resistencia mecánica hacen del aluminio un material óptimo para la fabricación de aviones, automóviles, trenes y para la construcción de edificios.

Otros campos

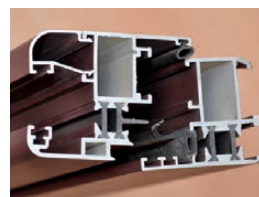
En la industria alimentaria, el aluminio es utilizado en la fabricación de latas de algunos refrescos y tetrabriks, porque es un material higiénico y no afecta el sabor de los productos. También en forma laminada, constituye el papel de aluminio, que se utiliza en la cocina y en el sector de la alimentación. En la industria cosmética se utilizan sales de aluminio como desodorantes, porque frenan el sudor e impiden que crezcan bacterias que provocan el mal olor.

RECICLAJE

Casi el 100 % del aluminio utilizado se puede reaprovechar, aunque su reutilización no es infinita. Producir aluminio a partir de latas de refrescos recicladas ahorra el 95 % de la energía eléctrica que hubiéramos gastado si lo hubiéramos extraído de la bauxita, y conlleva un gran ahorro ambiental ya que evita la generación de lodos que se producen durante su extracción (red mud). En España se reciclaron 40 580 toneladas de este metal en el año 2016.



Latas de bebida



Perfil de aluminio



Envoltorio de una tableta de chocolate

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/mcs-2017-alumi.pdf>
<http://www.aluminio.org>
<http://redmud.org>



ESTIBINA (sulfuro de antimonio). *Abella (Ripollès), Cataluña*

- Semimetal quebradizo y de dureza baja.
- Tiene poca conductividad térmica y eléctrica.
- Funde a baja temperatura (630 °C).
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se obtiene de la estibina.

APLICACIONES

Industria química

El principal uso del antimonio es la producción de retardantes de la llama usados en pinturas, colas, plásticos (para cubiertas de ordenadores, televisores, cables eléctricos, entre otros) y en el tratamiento de tejidos ignífugos (telones de teatro). También se utiliza como catalizador en la fabricación de plásticos PET utilizados en botellas de agua y bebidas.

Industria de baterías

Era uno de los componentes de las baterías tradicionales de plomo-ácido de vehículos, pero se ha substituido por el estaño, evitando así su mantenimiento.

Industria electrónica

El antimonio purísimo se utiliza en la fabricación de semiconductores.

Industria metalúrgica

El antimonio aleado con estaño se usa en soldaduras, y aleado con el zinc aporta dureza a la aleación.

Otros campos

La industria de la cerámica, de los plásticos y de las gomas industriales, consumen sales de antimonio en el proceso de fabricación.

RECICLAJE

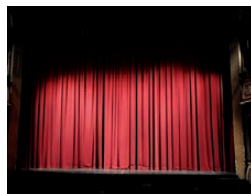
El reciclaje se realiza a partir de las viejas baterías usadas de plomo-ácido de los vehículos y de las industrias.



Batería de coche



Botella de agua



Telón de teatro

BIBLIOGRAFIA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/antimony/mcs-2017-antim.pdf>

ARSÉNICO (As) [Z = 33]

- También recibe el nombre de arsenio.
- Semimetalo de brillo metálico y quebradizo.
- Buen conductor del calor y mal conductor eléctrico.
- Es muy tóxico.
- Se obtiene de la arsenopirita y otros sulfuros.

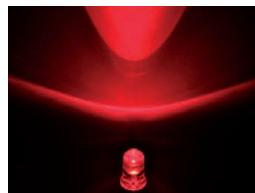


ARSENOPIRITA (sulfuro de hierro y arsénico). *Queralbs (Ripollès), Cataluña*

APLICACIONES

Medicina

Recientemente se han demostrado los buenos resultados en el tratamiento de la leucemia con pequeñas cantidades de trióxido de arsénico, con muchos menos efectos secundarios para el paciente que la quimioterapia. En China, se ha venido utilizando el arsénico en la medicina tradicional desde hace más de dos mil años.



LED rojo-granate

Industria metalúrgica

Se usa como aditivo en aleaciones de plomo.

Industria electrónica

El arseniuro de galio de altísima pureza (99,9999 %) es un importante semiconductor que se utiliza en células solares, circuitos integrados, diodos láser y LEDs de color rojo-granate.

APLICACIONES FUERA DE USO (UE 2004)

El arseniato de cobre y cromo se utilizaba como conservante de la madera.

El arseniato de plomo se utilizaba como insecticida y el arsenito de sodio como herbicida.



Aleación plomo-arsénico

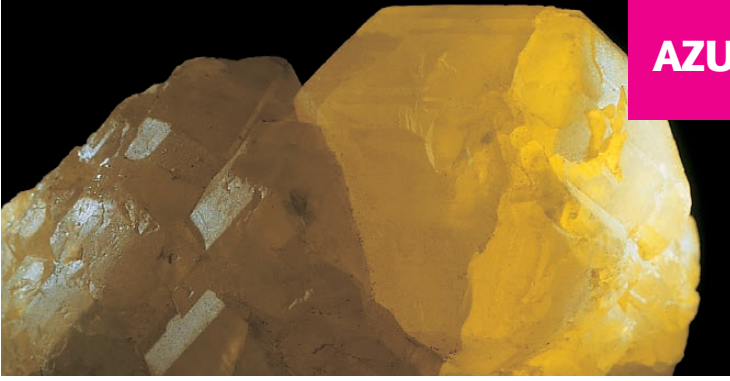
BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/arsenic/mcs-2017-arsen.pdf>
<http://mmta.co.uk/metals/As/>

RECICLAJE

Actualmente, el poco arsénico que se recicla procede de los recortes que se generan en la fabricación de semiconductores de galio-arsénico y de dispositivos electrónicos.

AZUFRE (S) [Z = 16]



AZUFRE. Sicilia (Italia)

- Es un no-metal.
- Desprende mal olor prácticamente en todas sus formas.
- Actualmente se obtiene como subproducto de la destilación del crudo del petróleo, del tratamiento del gas natural (estando en forma de H_2S), y de depósitos evaporíticos y volcánicos.

APLICACIONES

Industria química

El azufre se usa principalmente para fabricar ácido sulfúrico (H_2SO_4), que, a la vez, se usa en el refinado del petróleo, para fabricar pigmentos, para el decapado de superficies metálicas que se hallen pintadas, oxidadas, barnizadas, etc.

El ácido sulfúrico disuelve la fosforita, roca insoluble formada básicamente por fosfato cálcico, en un fosfato soluble denominado superfosfato siendo uno de los más importantes fertilizantes agrícolas usados en todo el mundo, como uno de los principales nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal (ver: *fósforo*).

El azufre es uno de los fungicidas y pesticidas más utilizados en cultivos de fruta y verdura. También se puede utilizar como desinfectante de los barriles que contienen vino, quemando una tira de papel impregnada de azufre dentro de ellos. Existen otros medios químicos para conseguir el mismo efecto.

Otros campos

El azufre se utiliza en la fabricación de papel y como agente blanqueador.

En la producción de neumáticos se utiliza en el proceso de vulcanización del caucho, proceso donde se calienta el caucho en presencia de azufre para hacerlo más duro y resistente.

El azufre es uno de los componentes de la pólvora negra.

RECICLAJE

En la fabricación del ácido sulfúrico se utiliza el azufre procedente, como subproducto, del crudo de petróleo i del gas natural.



Neumático



Botella de ácido sulfúrico



Tira de azufre

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/sulfur/mcs-2017-sulfu.pdf>

BARIO (Ba) [Z = 56]

- Metal alcalinotérreo, blando y pesado.
- Es reactivo con el aire y el agua.
- Absorbe los rayos X.
- Se obtiene de la barita.
- La barita (sulfato de bario) la UE la consideró mineral estratégico en el año 2017.



BARITA (sulfato de bario). *Espinebes (Osona), Cataluña*

APLICACIONES

Medicina

En los procedimientos médicos, denominados radiografías del tracto intestinal, que se utilizan para examinar la parte superior o inferior del sistema digestivo, al paciente se le administra una solución acuosa con sulfato de bario que recubrirá la capa interior de los órganos digestivos. Durante la radiografía, el revestimiento de sulfato de bario absorbe buena parte de los rayos X y pone de manifiesto las posibles zonas lesionadas.



Fuegos artificiales de color verde

Industria química

El sulfato de bario se utiliza como agente de carga en la elaboración de caucho (guantes, juguetes, neumáticos y gomas de borrar) para aumentar la elasticidad.

El sulfato de bario es uno de los componentes del litopón (blanco de zinc), un pigmento blanco que se utiliza en pinturas y esmaltes para obtener recubrimientos que no se oscurezcan en contacto con sulfuros.

El sulfato de bario se utiliza en la producción de papel-cartulina, porque aporta resistencia, densidad y también se emplea en la fabricación de pinturas.

También aporta el color verde a los fuegos artificiales y bengalas.



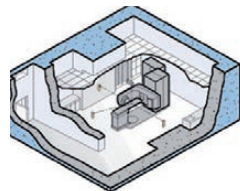
Equipo de perforación de un sondeo

Industria del vidrio y la cerámica

El carbonato de bario se utiliza en la fabricación de vidrio ya que aumenta su índice de refracción y brillantez.

Otros campos

Se utiliza también en la perforación de los pozos de extracción de petróleo, de gas natural y de agua. La barita se utiliza como aditivo en la preparación de hormigones baritados, que se emplean en la construcción de los laberintos donde se ubiquen aceleradores lineales, para evitar la fuga de radiaciones ionizantes.



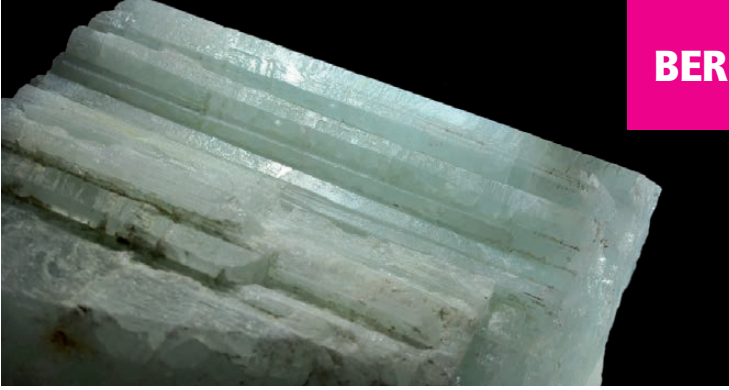
Laberinto de un acelerador lineal

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de bario

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/barite/mcs-2017-barit.pdf>



- Metal alcalinotérreo, ligero, poco abundante y tóxico.
- Tiene el punto de fusión elevado (1278 °C), alta capacidad calorífica y conductividad térmica.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se obtiene del berilo y de la bertrandita.

BERILIO (aluminosilicato de berilio). *Mina Assunção, Ferreira de Aves (Portugal)*

APLICACIONES



Industria metalúrgica

Por su ligereza y resistencia, el berilio se utiliza en la industria aeroespacial, tanto en la fabricación de aviones como de satélites.

El berilio se añade a las aleaciones de cobre y aluminio para aumentar la resistencia y alargar su vida útil.

Las aleaciones de berilio y cobre son tan resistentes como los aceros y no producen chispas si hay fricción. Se usan en la fabricación de maquinaria que está en contacto con fluidos o gases inflamables o en ambientes explosivos.

Generación de energía

El berilio es uno de los componentes de las barras de control de algunas centrales nucleares.

Industria electrónica

Gracias a su ligereza y resistencia se utiliza en la fabricación de equipos de precisión como giroscopios, soportes de equipos ópticos y equipos informáticos.

Industria eléctrica

El óxido de berilio se usa como aislante eléctrico y también como disipador térmico, por ejemplo, en las placas base aislantes de transistores de alta potencia, en equipos para telecomunicaciones.

RECICLAJE

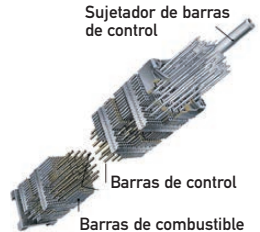
El reciclaje de berilio se realiza a partir de los recortes generados en el proceso de fabricación de productos con este metal. De momento, el berilio reciclado sólo representa un 10 % de la utilización total de este elemento.



Avión comercial



Porción de un lingote de aluminio-berilio



Sujetador de barras de control

Barras de control

Barras de combustible

Barras de control

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/beryllium/mcs-2017-beryl.pdf>

BISMUTO (Bi) [Z = 83]

- Metal de color blanco plateado con un tono rosado. Es pesado y frágil.
- Tiene una conductividad térmica muy baja.
- Se obtiene de la bismutina y como subproducto de la metalurgia del cobre y del plomo.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Puede encontrarse como bismuto nativo. Funde a 272 °C.



BISMUTO NATIVO. Gualba (Valles Oriental), Cataluña

APLICACIONES

Medicina

El subcitrato de bismuto se utiliza como antidiarreico y para el tratamiento de algunas enfermedades gastrointestinales como úlceras y gastritis.

Industria metalúrgica

Las aleaciones con bismuto se expanden al enfriarse, por eso se utilizan en la fabricación de piezas metálicas, ya que esta aleación llena todos los espacios del molde utilizado.

Los baños galvánicos de estaño-bismuto se usan para dar un recubrimiento a componentes electro-técnicos y electrónicos en que la soldabilidad del acabado es importante.

El bismuto es relativamente inerte e inocuo, por eso ha ido sustituyendo al plomo, que sí que es tóxico, en soldaduras especiales Sn-Bi, que necesitan un punto de fusión bajo (114 °C - 200 °C), en sustitución de las Sn-Pb, en el montaje de maquetas, modelismo, etc.

Industria electrónica

El bismuto forma parte de las placas Peltier, que producen frío o calor como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de la unión de dos metales, aleaciones o semiconductores (efecto Peltier).

Se usan las placas Peltier como elemento de refrigeración de las CPU de los ordenadores.

RECICLAJE

Se recicla el bismuto que se puede a partir de materiales que contienen este metal.



Medicamento para gastritis y úlceras



Soldadura estaño-bismuto



Placa Peltier

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. Guía de identificación de minerales. Manresa: Parc, 1993.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bismuth/mcs-2017-bismu.pdf>
<http://mmta.co.uk/metals/Bi/>



SALMUERA RICA EN BORO. *Salar de Uyuni (Bolivia)*

- Semimetal semiconductor.
- Es muy duro.
- Se obtiene del bórax, la ulexita, la colemanita y las salmueras ricas en boro.

APLICACIONES

Industria eléctrica y electrónica

El boro es un importante dopante de los semiconductores de sílice y de germanio.

Industria química

El perborato de sodio se utiliza como fuente de oxígeno activo, con efectos blanqueantes, en detergentes y otros productos de limpieza. También se encuentra en la pasta dentífrica como blanqueante de los dientes. Además, se usa en la producción de fujos artificiales de color verde.

Industria del vidrio y la cerámica

El principal uso del boro, concretamente en forma de borosilicato de aluminio y sodio, es la fabricación de vidrio de alta resistencia, ya que aporta un bajo coeficiente de expansión térmica. Pyrex es una marca comercial de este tipo de vidrio resistente a altas temperaturas. Los boratos se utilizan en la industria cerámica, en la fabricación de fibra de vidrio para aislamientos y en los esmaltes.

Generación de energía

El carburo de boro se utiliza en las barras reguladoras de las centrales nucleares del tipo BWR (GEE). El boro se utiliza como absorbente de neutrones en las piscinas con agua borada donde los elementos combustibles gastados se enfrían.

Otros campos

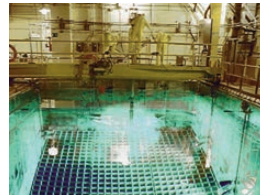
El carburo de boro, material con una dureza de 9,3 sobre 10 en la escala de Mohs, se utiliza en la fabricación de blindajes de tanques y armillas antibalas, y como abrasivo. La energía que desprende la rápida combustión del boro amorfo se utiliza como propulsor de los cojines de seguridad de los vehículos (*airbags*).



Recipiente de Pyrex



Airbag



Piscina de enfriamiento de combustible

RECICLAJE

La cantidad de boro que se recicla es muy pequeña.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/boron/mcs-2017-boron.pdf>

BROMO (Br) [Z = 35]

- No-metal.
- Líquido a temperatura ambiente.
- Es ligeramente soluble en agua.
- Denso, muy agresivo y de olor muy desagradable.
- Se obtiene de las salmueras y del agua de algunos mares.



AGUA RICA EN BROMO. *Mar Muerto (Israel)*

APLICACIONES

Industria química

El bromo se utiliza, en forma de tetrabromobisfenol, como retardador de la llama. Este compuesto se añade en la fabricación de poliésteres y resinas epóxicas utilizadas en tarjetas de circuitos impresos.

El bromuro de metilo se utiliza como plaguicida para la fumigación de suelos.

El bromo se utiliza en la producción de aceites vegetales bromados (BVO), que se utilizan como emulsionantes en muchas bebidas cítricas sin alcohol. La cantidad de este aditivo alimentario en las bebidas refrescantes está regulada, ya que un exceso del mismo puede ser perjudicial para la salud.

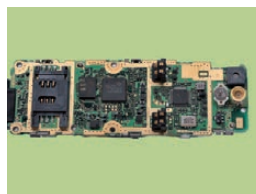
El bromuro de plata constituye el elemento básico de la película fotográfica al ser fotosensible, que, a pesar de la aparición de la fotografía digital, aún tiene un determinado uso entre ciertos profesionales y aficionados.

RECICLAJE

El bromo que se recicla proviene del tratamiento de soluciones químicas que contienen este elemento, lo cual evita que sea un residuo peligroso para el medio ambiente, así como de la incineración de plásticos que contienen retardantes de la llama a base de derivados de este elemento.



Adhesivo de resina epoxi



Circuito impreso



Lata de refresco

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bromine/mcs-2017-bromi.pdf>



- Metal blando, maleable y dúctil.
- Es tóxico.
- En contacto con el aire forma una pátina de oxidación.
- Se obtiene a partir de minerales de zinc, como la esfalerita.

ESFALERITA ACARAMELADA (sulfuro de zinc con cadmio). *Picos de Europa (Santander)*

APLICACIONES

Generación de energía

El cadmio se utiliza en las barras de control de muchos reactores nucleares debido a la facilidad que tiene para absorber neutrones.

El teluro de cadmio se utiliza en la fabricación de la capa fina conductora de las células solares fotovoltaicas.

Industria de baterías

En el año 2009, el 89 % del cadmio consumido se utilizó en la producción de baterías recargables de níquel y cadmio (Ni-Cd), para usos en equipos electrónicos portátiles y en juguetes; sin embargo, estas baterías eran pesadas y no podían almacenar tanta energía como las de Ni-MH (níquel metal hidruro), que cada vez se utilizan más (ver: *lantano*), o las de Li-ion (ver: *litio*).

Industria galvanoplástica

El cadmio se utiliza en recubrimientos galvanoplásticos (*cadmiado*) de sólo ciertos materiales por su toxicidad. También se usa en ciertas aleaciones especiales para cojinetes, por su bajo coeficiente de fricción y su gran resistencia a la fatiga.

Industria química

El sulfuro de cadmio se usa como pigmento amarillo y el seleniuro de cadmio como pigmento rojo para pinturas.

RECICLATGE

El cadmio es recuperado principalmente de las baterías gastadas de níquel-cadmio, y de los recortes que se generan durante la producción de materiales metálicos que lo contengan.



Acero cadmiado



Batería de Ni-Cd



Panel solar fotovoltaico

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cadmium/mcs-2017-cadmi.pdf>
<http://mmta.co.uk/metals/Cd/>

CALCIO (Ca) [Z = 20]

- Metal alcalinotérreo blando.
- Es el quinto elemento más abundante de la Tierra.
- Se obtiene básicamente de la calcita.
- Es un elemento básico para los seres vivos.



CALCITA (Carbonato de calcio). *Arties (Vall d'Aran), Cataluña*

APLICACIONES

Industria química

El carbonato de calcio, como roca caliza, se utiliza en la fabricación del cemento, y el de mucha pureza, como complemento alimentario para las gallinas ponedoras, pinturas, adhesivos, etc. (ver: *calcita*).

Este compuesto también es un aditivo en la producción del caucho, al cual aporta elasticidad, junto con el sulfato de bario.

El sulfato de calcio (*yeso*) se utiliza en el revestimiento de paredes en la construcción, cementos y en traumatología (ver: *yeso*).

El carburo de calcio es la materia prima para la fabricación de acetileno.

El hipoclorito de calcio se utiliza como desinfectante de aguas, como agente blanqueante y como desodorante.

El fosfato de calcio se utiliza en la producción de fertilizantes y en la producción de alimentos para animales (ver: *fósforo*).

Medicina

El carbonato de calcio se utiliza como antiácido, con el fin de neutralizar el exceso de ácido clorhídrico en el estómago. También es el suplemento dietético de calcio más importante y económico.

El hidroxapatito, que es un fosfato de calcio, es un medicamento que se utiliza para fortalecer el esmalte de los dientes, los huesos y en el tratamiento de la osteoporosis.

Otros campos

El carbonato de calcio se utiliza en la fabricación de "yesos" para las pizarras de las escuelas.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del calcio.



Huevo de gallina



Suplemento dietético de calcio

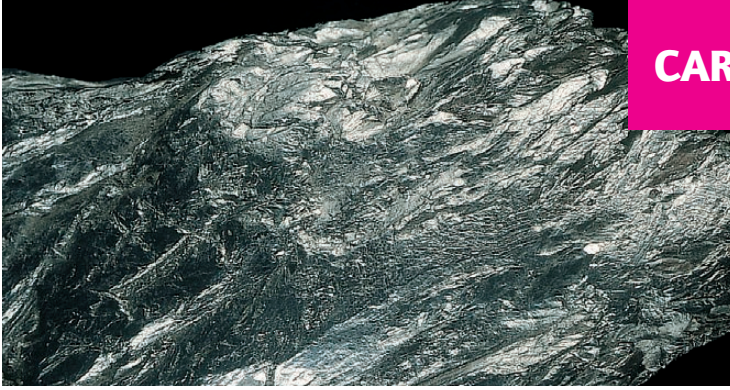


Soldadura oxiacetilénica

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cement/mcs-2017-cemen.pdf>
- <http://mmta.co.uk/metals/Ca/>

CARBONO (C) [Z = 6]



- Es el no-metal clave de la química orgánica.
- Es un componente vital de todos los seres vivos.
- Se encuentra en la naturaleza en forma de diamante (el más duro), de grafito (muy blando) y en los combustibles fósiles.

GRAFITO (carbono). *Marbella (Málaga)*

APLICACIONES

Industria petroquímica

El principal uso que se hace del carbono es como componente básico de los combustibles fósiles, como el gas natural y el petróleo, materia prima en la obtención de gasolina, gasoil, queroseno, aceites lubricantes, alquitranes y en la fabricación de plásticos.

Industria metalúrgica

El acero al carbono es una aleación de hierro y carbono que se utiliza en la fabricación de estructuras metálicas, vehículos, utensilios, etc.

Otros campos

El isótopo carbono-14 se utiliza como sistema de datación con el que se puede determinar la antigüedad aproximada de fósiles del Cuaternario, y especialmente de restos orgánicos. Por las propiedades de resistencia y ligereza que presentan los "composites" con fibras de carbono, se usan en la fabricación de material deportivo (ver: *Carbono-grafito*).

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del carbono.



Plataforma petrolifera



Fibra de carbono (parte del sillín de una bicicleta)



Cazuela de acero

BIBLIOGRAFIA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.

CARBONO (C) [Z = 6]

DIAMANTE

- Es una de las formas alotrópicas del carbono.
- Es el material natural más duro que existe (10 en la escala de Mohs).
- Tiene una alta conductividad térmica y es un excelente aislante eléctrico.
- Los diamantes azules (diamantes con impurezas de boro) son semiconductores naturales.



DIAMANTE (carbono). Kimberley (Sudáfrica)

APLICACIONES

Industria

Los diamantes naturales que no tienen calidad gema (Bort) y los sintéticos se utilizan en la fabricación de brocas, sierras, discos, etc. como herramientas de corte y pulido de rocas y hormigón, así como para cabezales de perforación de pozos y obra pública.

El 90 % de los diamantes usados en la industria son de origen sintético, ya que su calidad se puede controlar y sus características físicas se pueden personalizar para adaptarse a los requisitos específicos del trabajo que han de realizar.

Joyería

El diamante natural de calidad gema se considera una de las piedras preciosas más valiosas utilizadas en joyería y en el mundo de las inversiones, y también, desgraciadamente, contribuye a la financiación de muchos conflictos bélicos en muchos países de África.

El polvo de diamante se utiliza como abrasivo para cortar y pulir otros diamantes y materiales muy duros.



Colgante con diamante (talla brillante)



Fresas adiamantadas

RECICLAJE

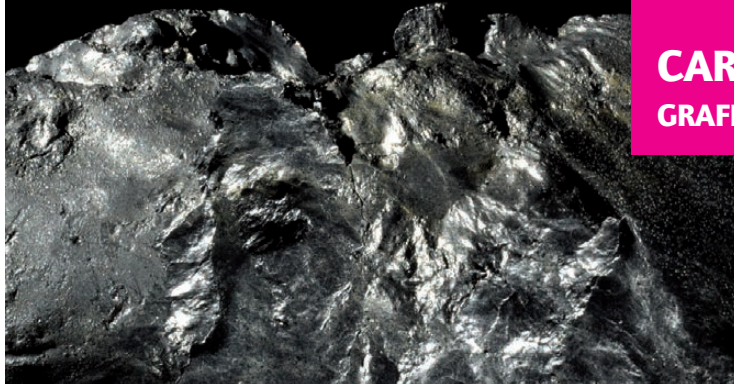
Se recupera todo el diamante industrial natural (Bort) que se puede, tanto en forma de cristales como en granos o polvo, pero la disminución de precios causada por la producción industrial de diamantes sintéticos ha hecho que se reduzca el reciclaje de este mineral.



Disco de sierra adiamantado

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. Guía de identificación de minerales. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/diamond/mcs-2017-diamo.pdf>.



CARBONO (C) [z = 6]

GRAFITO

- Es una de las formas alotrópicas en que se presenta el carbono.
- Es un material blando.
- Buen lubricante sólido.
- Baja conductividad eléctrica.
- Es refractario, resiste muy bien las altas temperaturas.
- La UE lo consideró mineral estratégico en el año 2017.

GRAFITO (carbono). *Huelma (Jaén)*

APLICACIONES

Aplicaciones refractarias

El grafito natural se utiliza mayoritariamente como refractario en revestimientos, crisoles y moldes usados en la fabricación de aceros, en forros de frenos de vehículos, que necesiten soportar altas temperaturas. Es un buen lubricante natural que trabaja bien a altas temperaturas.

Con grafito sintético se fabrican los electrodos de los hornos eléctricos para fundir chatarra.



Horno de fundición eléctrico

Industria electrónica

El grafeno es una estructura laminar plana del grafito de un átomo de carbono de grosor. Tiene una conductividad térmica y eléctrica alta. También posee una elevada elasticidad y gran dureza (es doscientas veces más duro que el acero). Sus muchas aplicaciones están en estudio.

Generación de energía

El grafito se usa como ánodo en la fabricación de baterías ion-litio.



Batería ion-litio

Otros campos

Cada vez más se utilizan polímeros reforzados con fibra de carbono (PRF). Aviones como el A350 los utilizan con un ahorro de combustible de un 5 %. El grafito combinado con arcilla se utiliza en la fabricación de las minas de los lápices de escribir. Los nanotubos de carbono están formados por capas grafiticas enrolladas concéntricamente para formar tubos de diámetro nanométrico. Se utilizan como material de refuerzo en material deportivo por su elevada resistencia y baja densidad.



Avión A350

RECICLAJE

La reutilización del grafito va creciendo discretamente debido a la abundancia de grafito natural.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <http://graphenea.com/>
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/graphite/mcs-2017-graph.pdf>.

CESIO (Cs) [Z = 55]

- Metal alcalino, poco abundante.
- Es ligero y dúctil.
- Es líquido a temperatura ambiente.
- Tiene un punto de fusión muy bajo (28,4 °C).
- Muy reactivo en contacto con el agua y el oxígeno.
- Se encuentra en la polucita y la lepidolita.



POLUCITA (aluminosilicato de cesio). *Mesquitela (Portugal)*

APLICACIONES

Industria química

El formiato de cesio se utiliza como fluido de perforación en los pozos de extracción de petróleo; lubrica la herramienta de perforación, mantiene una presión constante en el terreno y ayuda a extraer el detritus.

Industria eléctrica

Por su característica de elemento fotosensible, se utiliza en las células fotoeléctricas, ya que convierte la luz en flujo de electrones (electricidad).

Industria nuclear y otras

El isótopo cesio-137, con un periodo de desintegración de treinta años, se usa en pequeñas cantidades para calibrar equipos de detección de radiaciones, también se utiliza industrialmente para medir caudales de líquido y grosores de materiales (como el papel).

Medicina

El cesio-137 se utiliza en procedimientos de braquiterapia para el tratamiento de cáncer, en pequeñas cápsulas, denominadas *semillas*, que se introducen dentro de las zonas con presencia de un tumor.

Industria electrónica

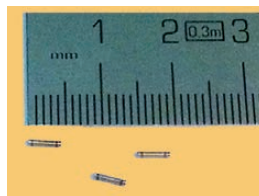
Es el componente principal de los relojes atómicos de cesio, los más precisos del mundo, que utilizan como punto de referencia la frecuencia de vibración del cesio-133, con un error de un nanosegundo por día. Se utilizan para controlar la frecuencia de emisores de televisión y telefonía, y también en los sistemas de posicionamiento global (GPS). También se utiliza en la fabricación de los fotomultiplicadores (detectores de rayos X) de los escáners de los hospitales (TAC).

RECICLAJE

La principal fuente de recuperación del cesio es el fluido de perforación de los pozos de petróleo.



Fabricación de papel



Semillas para braquiterapia



Escáner (TAC)

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cesium/mcs-2017-cesiu.pdf>



- Es un gas muy reactivo y tóxico.
- Se obtiene mediante la electrólisis del cloruro de sodio.
- Se encuentra en la halita, la silvina y la carnalita.

HALITA (cloruro de sodio). *Súria (Bages), Cataluña*

APLICACIONES

Industria química

El cloro se usa principalmente en la potabilización y purificación del agua.

El hipoclorito de sodio (lejía) se utiliza para blanquear la pulpa en la fabricación de papel, y en el blanqueo de tejidos, también se utiliza como desinfectante.

El ácido clorhídrico tiene muchas aplicaciones industriales; también se usa como producto de limpieza (*sulfumán*).

El cloro se utiliza en la producción de cloruro de vinilo, compuesto utilizado en la fabricación de policloruro de vinilo o PVC.

También se usa en la producción de distintos compuestos, como el tetracloruro de carbono, excelente disolvente de grasas y aceites, y el cloroformo.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del cloro.



Depuradora de aguas



Cañería de PVC



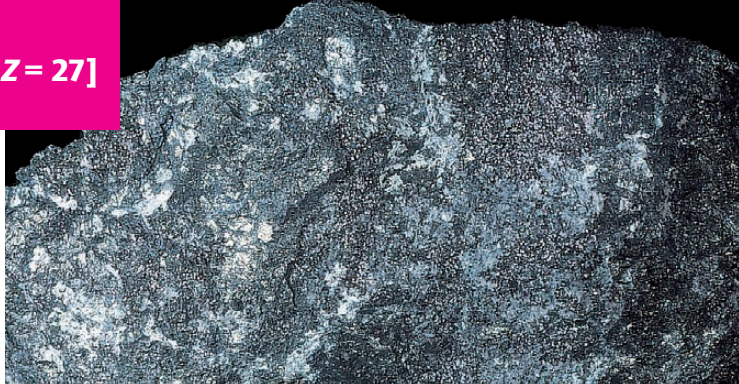
Fabricación de papel

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<http://www.solway.es>
<http://www.ineos.com>

COBALTO (Co) [Z = 27]

- Metal con propiedades magnéticas.
- Tiene una alta temperatura de fusión (1 500 °C).
- Es pesado.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se obtiene a partir de minerales como la cobaltina y la skutterudita.



SKUTTERUDITA (arseniuro de cobalto y níquel). Bou 'Azzer (Marruecos)

APLICACIONES

Industria metalúrgica

La estabilidad frente a las variaciones de temperatura, la alta resistencia y dureza que proporciona el cobalto a los aceros, lo hacen útil en la fabricación de los motores y las turbinas de los aviones a reacción, así como también en la producción de herramientas de corte.

Fabricación de imanes

El cobalto se utiliza en la preparación de aleaciones magnéticas, fuertes y resistentes a las altas temperaturas (AlNiCo). Los imanes de cobalto-samario presentan una alta resistencia a la desmagnetización (SmCo) pero son caros. Los imanes neodimio-boro-disproso van sustituyendo estos imanes sobretodo en vehículos híbridos y eléctricos (ver: *neodimio, disprosio*).

Algunos de estos imanes también se utilizan en los fonocaptadores (pastillas) de las guitarras eléctricas.

Otros campos

El consumo mayoritario de cobalto se centra en la fabricación del cátodo de las baterías recargables e ion litio (Li-ion) y las de níquel hidruro metal (Ni-MH) (ver: *litio y lantano*).

El isótopo cobalto-60 produce rayos gamma (γ) y se utiliza para esterilizar instrumentos quirúrgicos e irradiar alimentos (carne, fruta, etc.).

La aleación cromo-cobalto se usa en odontología para fabricar puentes, coronas y correctores dentales (ortodoncia). Las sales de cobalto se utilizan en la fabricación de pigmentos para pintura, vidrios azules y cerámicas.

RECICLAJE

El reciclaje de cobalto se hace a partir de los recortes que se generan durante la fabricación de productos que contienen este metal y de las baterías ion litio. Representa actualmente el 28 % del total de cobalto consumido.



Reactor de un avión



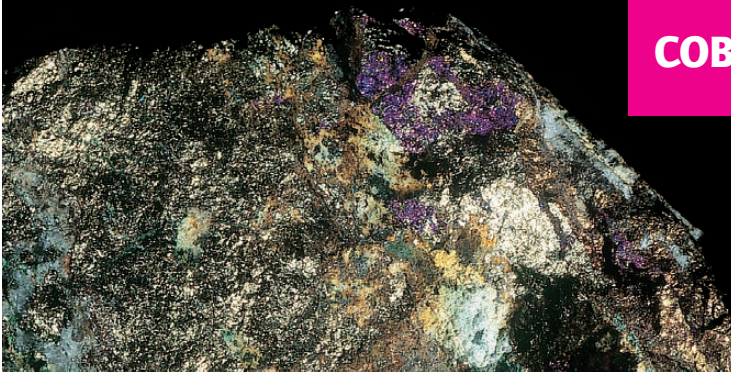
Corrector dental



Vehículo híbrido

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parciri, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cobalt/mcs-2017-cobalt.pdf>



CALCOPIRITA (sulfuro de cobre y hierro). *El Brull (Osona), Cataluña*

- Metal, muy buen conductor eléctrico y térmico.
- Es maleable, dúctil y denso.
- Resiste bien la oxidación.
- Tiene propiedades antimicrobianas.
- Se obtiene de la calcopirita, la bornita, la calcosina y de minerales oxidados como la brochantita y la antlerita.

APLICACIONES

Industria metalúrgica

Por sus características de metal dúctil y maleable, se utiliza ampliamente en la fabricación de planchas, tubos e hilos, así como monedas.

El latón, aleación de cobre y zinc, se utiliza en la fabricación de instrumentos de viento, grifería, etc.; y el bronce, aleación de cobre y estaño, se usa en la fabricación de hélices, estatuas, campanas, cojinetes, etc.



Monedas

Industria eléctrica

El cobre se usa en la fabricación de cables eléctricos de baja y media tensión porque es muy buen conductor (en la electrificación del tren de alta velocidad entre Barcelona y Madrid se utilizaron 6 590 Tm de cable); por la misma razón, se utiliza también para fabricar componentes eléctricos, dispositivos de transferencia térmica, como radiadores y refrigeradores, y componentes electrónicos como circuitos impresos, bobinados y barras colectoras.

El cobre se utiliza, aleado con plata, en las catenarias de las vías férreas, para aumentar la temperatura de recristalización del cobre y hacerlo así más resistente a las altas temperaturas que se alcanzan con la fricción del pantógrafo.



Cable eléctrico

Industria química

El sulfato de cobre se utiliza como fungicida y bactericida en agricultura.

RECICLAJE

Es reciclable al 100 %, sin perder calidad respecto a sus propiedades características. Reciclar el cobre ahorra recursos naturales, reduce en un 86 % las emisiones de SO₂, en un 94 % las de CO₂ y en un 99 % la generación de residuos sólidos. Se consume un 85 % menos de energía que en la obtención *ex novo* y se disminuye el consumo de agua en un 98 %.

El 50 % del cobre que se consumió en España en el año 2015 procedía del reciclaje, y el 48 % de este material provenía de la recuperación de aparatos al final de su vida útil.



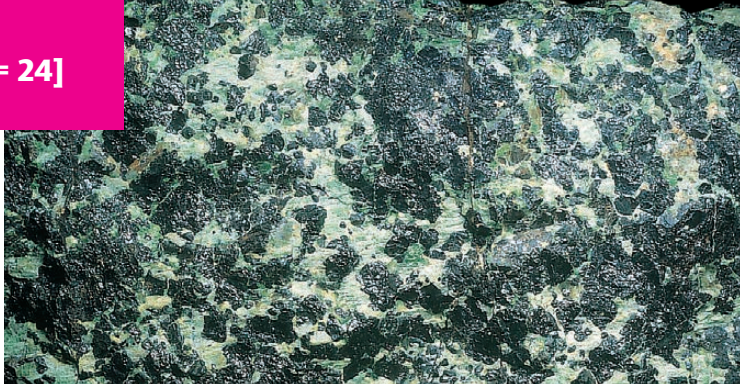
Fiscornio

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/mcs-2017-coppe.pdf>
<https://www.lafarga.es/es/el-grupo/museo-del-cobre/presentacion>
<http://eurocopper.org>

CROMO (Cr) [Z = 24]

- Metal muy duro.
- Temperatura de fusión elevada.
- No se oxida.
- Resiste bien el calor y la fricción.
- Admite un pulido muy alto (de espejo).
- Se obtiene de la cromita.



CROMITA (óxido de cromo). *Turquía*

APLICACIONES

Industria metalúrgica

Gracias a la alta resistencia a la corrosión, este metal se utiliza para el recubrimiento mediante electrodeposición (cromado) de todo tipo de piezas (metálicas, plásticas) para darles dureza y un acabado brillante inalterable.

Se usa en aleaciones de hierro (ferrocromo) para fabricar el acero inoxidable. Las superaleaciones de cromo, resistentes al calor y a la corrosión, se usan en la fabricación de motores de aviones y turbinas de gas.

Por su resistencia a las altas temperaturas, el cromo se utiliza como elemento refractario en la fabricación de moldes para la cocción de ladrillos, para hornos de cemento y para la fundición de metales.

Industria del vidrio y la cerámica

El óxido de cromo (III) da al vidrio el color verde y es también usado en pinturas.

El óxido de cromo (III) es un dopante del corindón (óxido de aluminio) que le confiere el color rojo y se utiliza en la fabricación de rubies sintéticos.

Medicina

Actualmente se utiliza el cromo, aleado con el cobalto y el molibdeno para fabricar *stents* coronarios para reducir la estenosis de las arterias coronarias (entre otras) que podrían originar infartos.

Otros campos

Las sales de cromo (III) se utilizan en curtido de pieles, aunque se están buscando productos alternativos no tan nocivos.

RECICLAJE

El reciclaje de cromo se hace a partir de los aceros inoxidables que lo contienen.

En el año 2015, el cromo reciclado supuso un 34 % del cromo total consumido.



Grifo cromado



Motor de avión



Stent coronario

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/mcs-2017-chrom.pdf>



CASITERITA (óxido de estaño). (Alt Empordà), Cataluña

- Metal maleable, dúctil y pesado.
- No reacciona con el oxígeno ni con el agua, pero sí con ácidos y bases.
- Funde a baja temperatura (232 °C)
- Es un metal poco frecuente.
- Se encuentra en la casiterita.

APLICACIONES

Industria metalúrgica

El bronce es una aleación de cobre y estaño (al 12 %). Con la aleación 85 % - 75 % de estaño y 15 % - 25 % de plomo se fabrican tubos de órgano. El estaño aumenta la resistencia de las aleaciones de titanio. Se utiliza como recubrimiento de la lámina de acero (*estañado*) en la fabricación de latas, que representa el 40 % del consumo mundial de estaño; estas latas se utilizan principalmente como envases para productos alimentarios, pinturas, aceites, etc.

Se usa en las soldaduras, ya que se adhiere a los metales a baja temperatura. El estaño, combinado con plomo, se utiliza en soldaduras, en la industria eléctrica, en soldadura de automóviles y en fontanería. También se utilizan aleaciones de estaño y zinc para soldar aluminio; y estaño, antimonio y plata, para aplicaciones donde se necesite una alta resistencia mecánica final.

Industria del vidrio y la cerámica

El estaño se utiliza en la fabricación de vidrio mediante el proceso de Pilkington, en que el vidrio flota sobre un lecho de estaño fundido.

Industria electrónica

Se usa junto con el indio (ITO) en la fabricación de pantallas táctiles, y junto con el galio, el cobre y el selenio en la fabricación de paneles solares. La forma alotrópica α -Sn es utilizada en el campo de los semiconductores.

Industria de las baterías

En las baterías plomo-ácido se usa en sustitución del antimonio.

Medicina

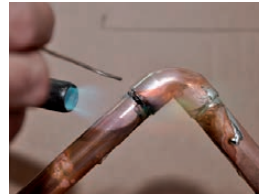
La aleación galio, indio y estaño (*galinstan*) se usa en sustitución del mercurio en termómetros clínicos.

RECICLAJE

En Europa se recupera el estaño a partir de las placas de circuitos impresos y de latas estañadas.



Campana



Soldadura de estaño y plata



Tubos de órgano

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. Guía de identificación de minerales. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tin/mcs-2017-4in.pdf>

ESTRONCIO (Sr) [Z = 38]

- Metal alcalinotérreo, blando y algo maleable.
- Es muy reactivo con el agua, de la cual libera hidrógeno, y también con el oxígeno.
- Se obtiene de la celestina y de la estroncianita.



CELESTINA (sulfato de estroncio). *La Granja d'Escarp (Segrià), Cataluña*

APLICACIONES

Industria química

El nitrato de estroncio da un brillante color rojo a los fuegos artificiales y a las bengalas de señales de emergencia. El estroncio se utiliza en la producción electrolítica de zinc, ya que elimina las impurezas de plomo contenidas en el mineral. El carbonato de estroncio se usa para eliminar los sulfatos en el tratamiento de las aguas residuales.



Fuegos artificiales

Industria del vidrio y la cerámica

El estroncio mejora las propiedades del vidrio para las pantallas de cristal líquido (LCD). El carbonato de estroncio se añade al vidrio para mejorar la dureza, la resistencia a las rayadas, aumentar la brillantez y la facilidad del pulido. El carbonato de estroncio se utiliza en el esmaltado de la cerámica para vajillas, para mejorar la resistencia a la abrasión y evitar la formación de burbujas durante el proceso de cocción de la cerámica.



Ferrita sinterizada

Otros campos

El estroncio se utiliza en la fabricación de imanes cerámicos de ferrita para mejorar la eficacia.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del estroncio.



Vajilla de cerámica

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/strontium/mcs-2017-strom.pdf>
<http://qsrestroncio.com/>



FLUORITA (fluoruro de calcio). *Sant Cugat del Vallès (Vallès Occidental), Cataluña*

- Gas muy reactivo, corrosivo y tóxico.
- Reacciona con el aire húmedo y el agua para dar ácido fluorhídrico.
- Es el elemento más electro-negativo que se conoce.
- Se obtiene de la fluorita. La UE lo consideró mineral estratégico en el año 2017.

APLICACIONES

Industria metalúrgica

La fluorita se utiliza como fundente metalúrgico en la fundición del aluminio y del acero, dado que hace más manejables y más reactivas las escorias, lo que facilita la eliminación de impurezas y permite conseguir un mejor rendimiento en el proceso de fusión.

Industria química

El ácido fluorhídrico (HF) es el único ácido que disuelve el vidrio, hecho por el cual se utiliza para hacer gravados o para convertirlo en vidrio mateado. También se utiliza en la producción de compuestos organofluorados, como el polímero teflón (PTFE), que se utiliza en revestimientos de aviones, cohetes, cables, condensadores, sartenes, etc. ya que es un gran aislante con mucha resistencia a las altas temperaturas. El teflón también es usado en la fabricación de prótesis médicas (válvulas cardíacas), ya que no reacciona con ninguna sustancia ni tejido; también forma parte del Gore-Tex, un tejido que protege de los efectos del aire, del agua y del viento con una eficiente transpirabilidad. El HF es básico para la fabricación de gases refrigerantes (HFC).

Medicina

El ácido fluorhídrico se utiliza en la producción de fármacos antidepressivos como la fluoxetina (Prozac). La fluorodesoxiglucosa, con el isótopo radiactivo flúor-18, es un radiofármaco usado en la obtención de imágenes médicas por emisión de positrones (PET) (ver: *lutecio*) mediante las cuales se puede evaluar el metabolismo de la glucosa en el corazón, los pulmones y el cerebro.

Generación de energía

El hexafluoruro de uranio (UF₆) se utiliza en el proceso de enriquecimiento del uranio para producir el combustible fisible uranio-235, utilizado en la generación de corriente eléctrica en las centrales nucleares.



Vidrio gravado con ácido fluorhídrico



Pasta dentífrica



Paella con teflón

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
 MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
 STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/mcs-2017-fluor.pdf>
<http://www.minerale.org/iva.com/index.php/es/fluorita>
<http://www.minersa.com>

APLICACIONES

Otros campos

Algunos de los compuestos de flúor se utilizan en la fabricación de pastas dentífricas para prevenir las caries dentales, en la fluoración de las aguas potables, en el recubrimiento de electrodos, en la producción de esmaltes, etc.

En la industria del cemento, el uso de la fluorita reduce el consumo de energía térmica al reducirse la temperatura de clinkerización.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de flúor. Si bien productores de aluminio reciclan ácido fluorhídrico y fluorita de las operaciones de fundición. En los procesos de decapado del acero inoxidable y destilación del petróleo, también se recupera HF y mineral.



Vista panorámica de la mina Berta de fluorita. *Sant Cugat del Vallès (Valles Occidental), Cataluña*



APATITA. Panasqueira (Portugal)

- No-metal muy reactivo; se oxida espontáneamente en contacto con el oxígeno y emite luz (fosforescencia).
- Es insoluble con el agua.
- Es un nutriente esencial para las plantas.
- El adenosin trifosfato (ATP) es el almacén de energía que tienen las células.
- El fósforo se obtiene de la fosforita (variedad criptocristalina del apatito). La UE la consideró roca estratégica en el año 2017.

APLICACIONES

Industria química

La principal utilidad del fósforo es la fabricación del ácido fosfórico concentrado que se utiliza en la preparación de fertilizantes agrícolas.

Industria electrónica

El fósforo se utilizaba en la fabricación de tubos de rayos catódicos, donde era excitado por un haz de electrones produciendo fluorescencia.

El fósforo, activado con metales de tierras raras, es un material fosforescente que se utiliza en la fabricación de pantallas de cristal líquido, de plasma, LCD (ver: *Tierras raras*).

El fósforo genera la mayor parte de la intensidad de luz en las lámparas fluorescentes.

Medicina

Para tratar el agrandamiento de la próstata (HBP) se utiliza el láser Nd: YAG con un cristal de fosfato de titanil y potasio (KTP- láser verde), que vaporiza el tejido, tiene muy buena absorción por la hemoglobina, sin hemorragias ni complicaciones, y una estancia de pocas horas en el centro hospitalario. Ahora bien, no sirve para romper piedras del riñón ni de la vejiga urinaria porque no tienen hemoglobina (ver: *holmio*). También es usado en dermatología.

Otros campos

El fósforo se utiliza en la fabricación de pinturas fluorescentes y diodos. El fósforo rojo se usa en la fabricación de la tira roja que se encuentra en las cajas de cerillas de seguridad.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del fósforo.



Pantalla de plasma



Lámpara fluorescente



Cerillas

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/mcs-2017-phosp.pdf
- <http://www.phosphor-technology.com/>

GALIO (Ga) [Z= 31]

- Metal dúctil y maleable.
- Líquido a una temperatura de 30 °C.
- Es un metal raro y semiconductor.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se encuentra en la bauxita y la esfalerita.



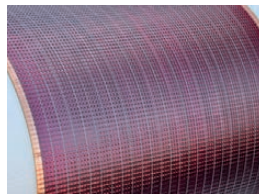
BAUXITA. Fontespatlla, Matarraña (Teruel)

APLICACIONES

Generación de energía

El seleniuro de galio, indio y cobre (CIGS) es un semiconductor que se utiliza en la fabricación de la "capa fina" conductora de las células solares delgadas; es una alternativa eficaz al silicio cristalino, con un 20,4 % de eficiencia.

La aleación de galio con aluminio proporciona una fuente de hidrógeno mediante reacción con el agua. Este método se puede utilizar para hacer funcionar motores y pilas de combustible con hidrógeno.

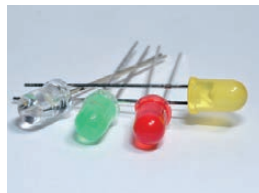


Células solares "capa fina" (CIGS)

Industria electrónica

El arseniuro de galio (GaAs) se utiliza en la fabricación de transistores, circuitos integrados y LEDs. También como diodo láser en los lectores de discos CD y DVD.

El nitruro de galio (GaN) se utiliza como semiconductor en la fabricación de diodos electroluminiscentes LEDs, para la iluminación de vehículos, autobuses, trenes, aviones, semáforos, edificios y viviendas de ciudades enteras, con un notable ahorro del consumo energético.



LEDs con nitruro y arseniuro de galio

Medicina

La aleación de galio, indio y estaño (*galinstan*) se usa en sustitución del mercurio en termómetros clínicos.

El nitrato de galio es usado como medicamento intravenoso para tratar la hipercalcemia, enfermedad asociada al cáncer de huesos.

Los radioisótopos galio-67 y galio-68 se utilizan para valorar procesos inflamatorios en general, pero sobre todo en los pulmones y huesos, mediante SPECT (ver: *tecnecio*). No obstante, el galio-67 ha sido desplazado por el fluor-18 (ver: *flúor*).



Termómetro de *galinstan*

RECICLAJE

Se reciclan los recortes que se generan en la fabricación de componentes electrónicos hechos con arseniuro de galio.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. Guía de identificación de minerales. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gallium/mcs-2017-galli.pdf>



ESFALERITA ACARAMELADA (sulfuro de zinc con germanio). *Picos de Europa (Santander)*

- Semimetal semiconductor poco frecuente.
- Es duro y frágil.
- Se oxida lentamente en contacto con el aire.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se encuentra en la esfalerita y en las cenizas del carbón de hulla.

APLICACIONES

Industria óptica

El óxido de germanio, añadido al dióxido de silicio, le confiere un alto índice de refracción y una dispersión óptica baja, características que lo hacen útil en la fabricación de fibras ópticas y láseres.

El germanio metálico puro, en forma de discos colocados dentro de la óptica, se usa en equipos de visión nocturna, ya que es transparente a los rayos infrarrojos y es útil en cámaras térmicas para detectar puntos calientes en los bosques, en instalaciones eléctricas.



Cámara térmica

Industria electrónica e iluminación

El telurio de germanio y antimonio es usado en la producción de las capas de grabación de discos Blu-ray regrabables.

El germanio es un material semiconductor que se utiliza junto con el silicio en circuitos integrados de alta velocidad, y sustituye el arseniuro de galio en dispositivos de comunicación sin cables.

Todavía se utiliza el germanio en los diodos para transformar la corriente alterna en continua, aunque está siendo sustituido por el silicio.

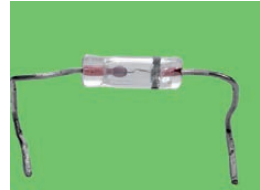
El germanio es utilizado como material fosforescente (fosforóforo) en bombillas fluorescentes y en la fabricación de LEDs.



Blu-ray regrabable

Otros campos

El óxido de germanio es usado en los catalizadores para la polimerización en la producción del tereftalato de polietileno (PET).



Diodo rectificador

RECICLAJE

Aproximadamente el 30 % del germanio que se consume en todo el mundo proviene del reciclaje de equipos que lo contienen. En el proceso de fabricación de aparatos ópticos, más del 60 % del germanio es reutilizado.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/germanium/mcs-2017-germa.pdf>

HAFNIO (Hf) [Z = 72]

- Metal poco frecuente.
- Es dúctil.
- Tiene un punto de fusión elevado (2 233 °C).
- Es muy resistente a la corrosión.
- Reacciona con el O₂ formando una capa de protección.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se obtiene a partir del circón.



CIRCÓN (silicato de circonio con hafnio). *Madagascar*

APLICACIONES

Generación de energía

El hafnio se utiliza en la producción de barras de control de las centrales nucleares por su alta capacidad de absorber neutrones. Utilizado en los reactores de los submarinos nucleares. Por sus propiedades mecánicas y su resistencia a la corrosión, se utiliza en los reactores de agua a presión (PWR), sistema utilizado en uno de los reactores de la central nuclear de Ascó, donde se utiliza el agua como refrigerante.



Toberas de cohetes

Industria metalúrgica

El hafnio se añade a las aleaciones de hierro, titanio, niobio y tántalo porque mejora las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión y temperatura. Estas aleaciones se utilizan en la industria aeroespacial para la fabricación de cohetes y satélites.

El hafnio se usa en los electrodos de corte por plasma de alta potencia, en los cuales aporta una alta velocidad de corte en los aceros, gran precisión y mejor acabado que el de los electrodos de corte con oxígeno (*oxicorte*).



Electrodo de corte por plasma

Otros campos

El carburo de hafnio (HfC) tiene el punto de fusión más alto de todas las substancias (3 890 °C). Se usa en la fabricación de cerámicas para el blindaje térmico de las toberas de cohetes espaciales.

RECICLAJE

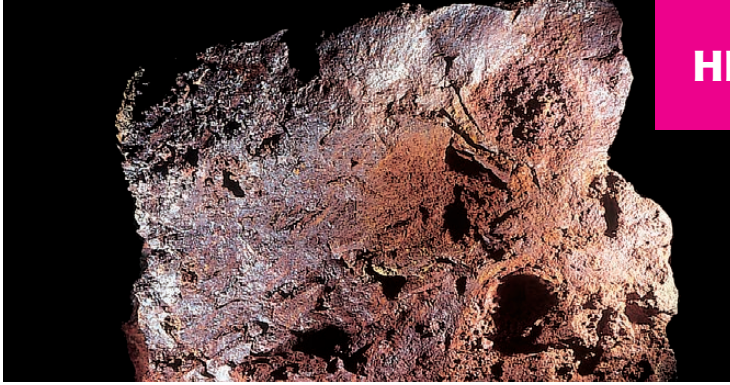
El reciclaje de este elemento se está investigando.



Barras de control

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Marrésa: Parc, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
avalonadvancedmaterials.com/rare_metals/hafnium/
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zirconium/mcs-2017-zirco.pdf>



HEMATITES (óxido de hierro). *Llucena (Alcalatén)*

- Es el cuarto elemento más común en la corteza terrestre.
- Es esencial para todos los organismos vivos.
- El hierro puro es blando y frágil.
- Cuando se le añade carbono se vuelve más duro y resistente.
- Se oxida con el aire y forma óxidos de hierro.
- Es el metal más utilizado del mundo.
- Se obtiene a partir de la hematita y de la magnetita.

APLICACIONES

Industria metalúrgica

El hierro es el metal más utilizado en la fabricación de todo tipo de aceros (combinado con otros metales) para construir maquinaria, vías de tren, automóviles, estructuras, herramientas, utensilios de cocina, latas de bebida, etc.

También tiene gran utilidad en la fabricación de imanes y electroimanes debido a sus propiedades magnéticas.

El terfenol-D es una aleación de hierro, terbio y disprosio altamente magnetoestrictivo que se utiliza en la construcción de sistemas de sonares navales y de sensores magnetomecánicos.

Industria química

Los catalizadores de hierro se utilizan en la producción de amoníaco, materia prima para fabricar abonos que proveen un tercio de la población mundial.

El cloruro de hierro (III) se usa como purificador de aguas y en el tratamiento de aguas residuales. También se utiliza como pigmento rojo en pinturas y tejidos.

El sulfato de hierro (III) es un agente reductor que se utiliza en la reducción de los cromatos en el cemento.

El sulfato ferroso (II) se utiliza para tratar la anemia ferropénica, enfermedad que se presenta cuando no hay suficiente hierro en el cuerpo.

RECICLAJE

La principal fuente de reciclaje del hierro es la chatarra y los aceros procedentes, básicamente, del desguace de automóviles, que son la materia prima para la producción de acero nuevo y de productos de fundición gris (hierro colado).

El reciclaje del acero ahorra un 62 % de energía, respecto a la producción con el mineral de hierro, así como un 85 % de agua y un 95 % de carbón, y reduce en un 80 % la emisión de CO₂.



Pala excavadora



Cazuela de acero



Cuchillo de acero

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_&_steel_scrap/mcs-2017-fesocr.pdf

INDIO (In) [Z = 49]

- Metal muy resistente a la corrosión
- Ligerero, blando, dúctil y maleable.
- Buen conductor eléctrico.
- Funde a baja temperatura (157 °C)
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se encuentra en la esfalerita.



ESFALERITA ACARAMELADA (sulfuro de zinc con indio). *Picos de Europa (Santander)*

APLICACIONES

Industria electrónica

El óxido de indio y estaño (ITO) se utiliza en los circuitos eléctricos no visibles en las pantallas de cristal líquido (LCD), de plasma y en las táctiles de los *smartphones*, *tablets* y ordenadores, ya que es un conductor eléctrico ópticamente transparente.

El germanio dopado con indio se utiliza para fabricar transistores y componentes eléctricos como rectificadores y fotoconductores.

Los compuestos de indio son usados en la fabricación de LEDs y de diodos de láser (LD).

Generación de energía

El indio se utiliza en las barras de control de las centrales nucleares para absorber neutrones.

El seleniuro de galio, indio y cobre (CIGS) es un semiconductor utilizado en la fabricación de la capa fina conductora de las células solares delgadas y flexibles.

Industria del vidrio y la cerámica

El indio se puede utilizar en la fabricación de espejos de la misma calidad que los fabricados con plata, pero con una resistencia más alta a la corrosión.

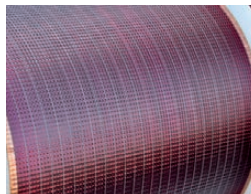
Medicina

La aleación de galio, indio y estaño (*galinstan*) se usa en los nuevos termómetros clínicos.

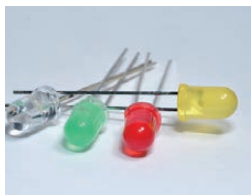
Los rayos gamma emitidos por el indio-111 se utilizan en la detección y valoración de tumores neuroendocrinos en combinación con el PET, con flúor-18 (ver: *flúor*).

RECICLAJE

La recuperación del indio se hace a partir del ITO de los equipos electrónicos que lo contienen, como las pantallas LCD, táctiles, etc.



CIGS solar flexible



LEDs



Pantalla LCD

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/mcs-2017-indiu.pdf>



OSMIRIDIO (aleación natural de osmio, iridio, rodio y rutenio). *Urales (Rusia)*

- Metal noble, duro, denso y frágil.
- Es el más inalterable a la corrosión de todos los metales.
- Tiene una alta resistencia a la temperatura.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se obtiene del osmiridio y de la sperrylita, y como subproducto del electrorefinado del níquel y del cobre.

APLICACIONES

Industria metalúrgica

Las propiedades del iridio, como son la resistencia a la corrosión, a la temperatura y su dureza, hacen de la fabricación de aleaciones la principal aplicación de este metal. Añadiendo iridio al platino, la aleación resultante adquiere más dureza que la del platino solo.

El iridio se usa en la fabricación de crisoles destinados a la fabricación de obleas cristalinas de corindón (zafiro) para la fabricación de diodos electroluminiscentes (LEDs).

Medicina

El radioisótopo iridio-192, depositado en el interior de pequeñas cápsulas denominadas semillas, se usa como fuente de radiación gamma para el tratamiento de cáncer mediante braquiterapia.

Las puntas de los electrodos de los marcapasos contienen iridio y titanio.

Industria química

En electroquímica, el iridio se utiliza, junto con el rutenio, en el revestimiento de los electrodos para la producción, por electrólisis, de cloro y sosa cáustica.

Compuestos de este metal se utilizan como catalizadores en la producción de ácido acético.

Industria del automóvil

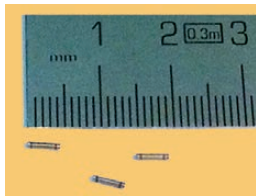
Se utiliza en la fabricación de electrodos de bujías de larga duración, del orden de 120 000 Km.

Otros campos

Por ser tan duro, ciertos plumines de plumas estilográficas se recubren con iridio para darles mayor resistencia al desgaste.



Plumín de estilográfica con iridio



Semillas de Ir-192 para braquiterapia



Electrodo de bujía con iridio

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/mcs-2017-plati.pdf>
http://ngsksparkplugs.com/products/spark_plugs/laser_iridium.asp?mode=nm

RECICLAJE

Se reciclan todos los recortes del metal y restos de objetos que contengan iridio.

LITIO (Li) [Z = 3]

- Es el metal más ligero que se conoce.
- Tiene un potencial electroquímico muy elevado.
- Su presencia en el organismo humano es clave para el equilibrio psíquico.
- Se obtiene de la espodumena, la amblygonita, la lepidolita y las salmueras ricas en litio (pero con poco magnesio).



ESPODUMENA (silicato de aluminio y litio). Namibe (Angola)

APLICACIONES

Industria del vidrio y la cerámica

El mayor consumo de minerales de litio lo lidera la industria del vidrio, de la cerámica y de las vitrocerámicas. Su adición al vidrio, le proporciona una mayor resistencia a la temperatura y a la cerámica, le confiere mayor dureza, resistencia a los impactos y cambios de temperatura, mejorando el color y el lustre.

Industria de baterías

Las baterías de ion de litio poseen alta densidad de energía, larga vida, poco efecto memoria y poca pérdida de carga cuando no se utilizan, por eso se usan en coches eléctricos, herramientas portátiles, etc. También se fabrican en tamaños más pequeños (pilas botón): para relojes digitales, marcapasos, pasando por las de ion litio-polímero para *smartphones*, pequeños motores, ordenadores portátiles, etc. Son baterías que no pueden sobrecargarse eléctricamente ya que podrían encenderse por incremento de temperatura.

Medicina

El carbonato de litio se usa como fármaco en psiquiatría, para regular la presencia de litio en el organismo de personas bipolares. También se utiliza en la preparación de prótesis dentales a base de disilicato de litio.

Industria química

El estearato de litio se usa en la fabricación de goma sintética, grasas y otros lubricantes.

Industria metalúrgica

Se utiliza en aleaciones con aluminio, cobre o manganeso para la industria aeronáutica.

RECICLAJE

Debido al constante crecimiento del consumo de las baterías de ion-litio, ya existen algunas empresas que se dedican a recuperar el litio de las mismas.



Taladro con batería ion litio



Pila botón de litio-manganeso



Motocicleta eléctrica

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/mcs-2017-lithi.pdf>



MAGNESITA (carbonato de magnesio). Eugui (Navarra)

- Metal alcalinotérreo.
- Es más ligero que el aluminio y muy resistente a la corrosión.
- Elemento esencial para el organismo humano y para la clorofila de las plantas para hacer la fotosíntesis.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se obtiene a partir de la magnesita, del cloruro de magnesio de las salmueras y del agua de mar.

APLICACIONES

Industria metalúrgica

La principal aplicación del magnesio es la fabricación de aleaciones con aluminio, las llantas de aleación de los automóviles están fabricadas con magnesio o con una combinación de magnesio y aluminio; el magnesio proporciona más resistencia y ayuda a disipar el calor producido por el sistema de frenado de los vehículos así como le confiere una mayor resistencia a la corrosión y ligereza.

El magnesio forma parte de las aleaciones que se usan en la fabricación de bicicletas muy ligeras.

La aleación elektron ZRE1 combina el magnesio con el zirconio, el zinc y las tierras raras, y el resultado es un producto muy resistente para fabricar piezas de helicópteros tipo Eurocopter y para la industria aeroespacial. También se usa el magnesio como agente reductor en la producción del titanio y otros metales.

Industria electrónica

El magnesio se utiliza en la fabricación de chasis para teléfonos móviles, ordenadores, cámaras, etc., gracias a su ligereza y a las buenas propiedades mecánicas que posee.

Otros campos

El magnesio es fundamental para las plantas (es el elemento principal de la clorofila), como suplemento en la alimentación del ganado y para la recuperación de suelos contaminados.

El carbonato de magnesio es un antiácido muy natural que contribuye a la neutralización del exceso de ácido en el estómago utilizado desde décadas. También es utilizado como desecante para las manos de atletas y gimnastas para mejorar su adherencia a los aparatos de gimnasia así como a las rocas en la escalada.

En forma de virutas y en polvo, el magnesio es muy inflamable y explosivo; produce una intensa luz blanca y un gran ruido, razón por la cual se utiliza en los fuegos artificiales.

El cuerpo principal de muchos sacapuntas metálicos es de magnesio.



Horquilla de bicicleta de aleación de magnesio



Alimentación animal

RECICLAJE

Se recuperan todos los recortes del magnesio metal de los diferentes procesos de fabricación de piezas, así como los objetos en desuso que lo contengan. El proceso de obtención del nuevo metal a partir del reciclaje, ahorra el 50 % de energía que si se obtuviera del mineral.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/mcs-2017-mgcom.pdf>
- <http://www.magnesium-elektron.com/>
- <http://www.roullier.com/es>

MANGANESO (Mn) [Z= 25]

- Metal muy duro y frágil.
- Es refractario y fácilmente oxidable.
- Se obtiene de la pirolusita y otros óxidos de manganeso.

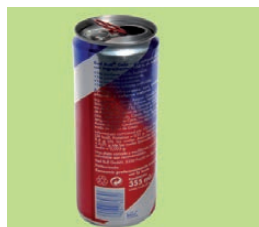


PIROLUSITA (óxido de manganeso). *Tosa d'Alp (Berguedà), Cataluña*

APLICACIONES

Industria metalúrgica

Es esencial en la fabricación de aceros ya que mejora las propiedades mecánicas y les confiere resistencia al desgaste, características que los hacen adecuados para la fabricación de cajas fuertes, rodamientos, vías de tren, herramientas de corte, etc. El manganeso es utilizado en aleaciones con aluminio en la fabricación de latas de refrescos, porque incrementa la resistencia de la aleación frente a la corrosión.



Lata de bebida tonificante

Industria química

El óxido de manganeso es usado como reactivo en la oxidación de los alcoholes bencílicos.

Un derivado orgánico del manganeso se utiliza como aditivo en la gasolina sin plomo para aumentar el octanaje.

Industria de baterías

El dióxido de manganeso reacciona con el zinc en medio de hidróxido de potasio, y esta reacción produce la energía eléctrica en las pilas alcalinas. Estas pilas tienen más densidad de energía y son más duraderas que las clásicas de zinc y carbono de Leclanché que aún se fabrican, ya que son muy económicas.

Ya se está utilizando la combinación del dióxido de manganeso con el litio, el níquel y el cobalto (NCM) para producir baterías con más potencia, estabilidad térmica, mayor seguridad y bajo coste que las de ion-litio.



Pila alcalina

Otros campos

Otra de las aplicaciones del manganeso es como fertilizante agrícola, para aumentar el rendimiento de los cultivos en el proceso de la producción de fotosíntesis.

Este metal se usa como pigmento marrón en la fabricación de pinturas, y el polvo negro de los óxidos de manganeso se utiliza como pigmento para determinadas cerámicas.



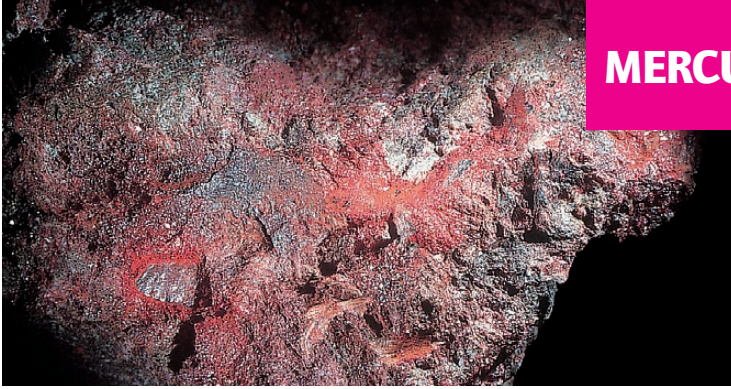
Acero al manganeso

RECICLATGE

La principal fuente de recuperación del manganeso son los recortes obtenidos en la fabricación de aceros.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. Guía de identificación de minerales. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/manganese/mcs-2015-manga.pdf>
<http://mmta.co.uk/metals/Mn/>



CINABRIO (sulfuro de mercurio). *Almadén (Ciudad Real)*

- Es el único metal líquido a temperatura ambiente 20 °C.
- Es altamente tóxico; su uso y comercio están prohibidos en la UE desde enero del año 2010.
- Poco conductor de la electricidad.
- Se obtiene a partir del cinabrio.

APLICACIONES

Medicina

Apenas se utiliza el mercurio en la UE para los empastes dentales, la gran mayoría ya se realizan con resinas.

El mercurio se usaba en los termómetros y los tensiómetros, pero estos están siendo sustituidos progresivamente por digitales o, en el caso de los termómetros, por los de *galinstan* (ver: *galio*).

Industria eléctrica

El vapor de mercurio se utiliza en la fabricación de lámparas fluorescentes y de bajo consumo, donde este metal, en estado excitado por la descarga eléctrica, produce luz ultravioleta, que al reaccionar con el polvo fluorescente de las paredes del tubo produce luz blanca o de colores, según el color del vidrio del tubo.

Industria química

En algunos países todavía se utiliza el mercurio como catalizador para la fabricación de cloruro polivinilo (PVC), cloro y sosa cáustica, sobretodo en China, aunque están en proceso de reducir su uso.

Otros campos

En la fabricación de algún tipo de pilas "botón", aunque va disminuyendo su uso.

Desgraciadamente, el mercurio se utiliza en muchos países de América del Sur, de África, de Asia y de Australia, para la extracción de oro, ya que lo disuelve en forma de amalgama, y provoca enfermedades a las personas que lo usan a la vez que contamina el medio ambiente que rodea las explotaciones. Ya hay algunas ONG, como Minería en Acción (UPC), que anualmente colaboran con cooperativas mineras de Sudamérica para que se utilicen otros métodos de extracción del oro sin mercurio.

RECICLAJE

Las principales fuentes de reciclaje de mercurio son las de la industria química y, también, las baterías, lámparas fluorescentes, instrumentos médicos, interruptores eléctricos y los termómetros que contienen este metal líquido.



Bombilla fluorescente



Interruptor de mercurio



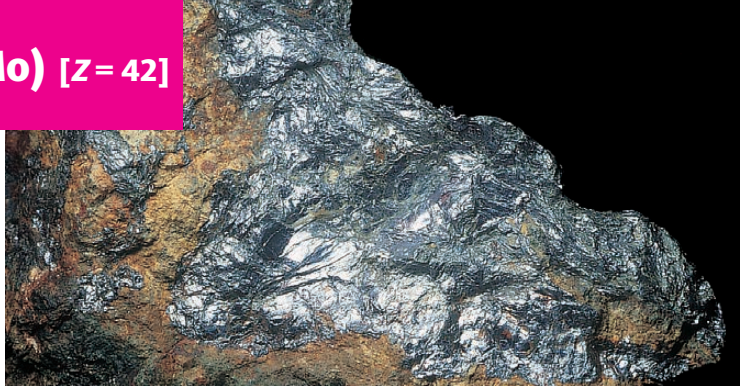
Extracción artesanal del oro con mercurio

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mcs-2017-mercu.pdf>
- <http://mmta.co.uk/metals/Hg>

MOLIBDENO (Mo) [Z= 42]

- Metal buen conductor térmico y eléctrico.
- Tienen un bajo coeficiente de expansión.
- Es refractario (funde a 2 625 °C).
- Se obtiene de la molibdenita.



MOLIBDENITA (sulfuro de molibdeno). Gualba (Vallès Oriental), Cataluña

APLICACIONES

Industria metalúrgica

El molibdeno se utiliza para fabricar aceros de corte de alta velocidad, superaleaciones para cuchillos, rodamientos; aceros resistentes a la corrosión, al desgaste y a las temperaturas elevadas, usados en la fabricación de piezas de aeronaves, contactos eléctricos y motores industriales.

Industria química

El molibdeno se utiliza como catalizador en la industria del petróleo para eliminar el azufre.

Medicina

Actualmente se utiliza el molibdeno, aleado con el cobalto y el cromo, en los aceros inoxidables para fabricar *stents* coronarios que reducen la estenosis de las arterias coronarias (entre otras) que podrían originar infartos.

El isótopo Mo-99 es utilizado en medicina nuclear como generador del tecnecio-99, que es uno de los radioisótopos más usados en radiodiagnóstico (ver: *tecnecio*).

Otros campos

El bisulfuro de molibdeno se utiliza en forma de grasa lubricante natural porque resiste altas temperaturas de trabajo mecánico sin perder las características lubricantes y consistencia.

El molibdato de sodio se utiliza como fertilizante en los cultivos del brócoli y la coliflor.

RECICLAJE

El molibdeno se recicla a partir de las diferentes aleaciones y recortes de acero que lo contienen.



Cuchillo de acero con molibdeno, vanadio y cromo



Grasa lubricante

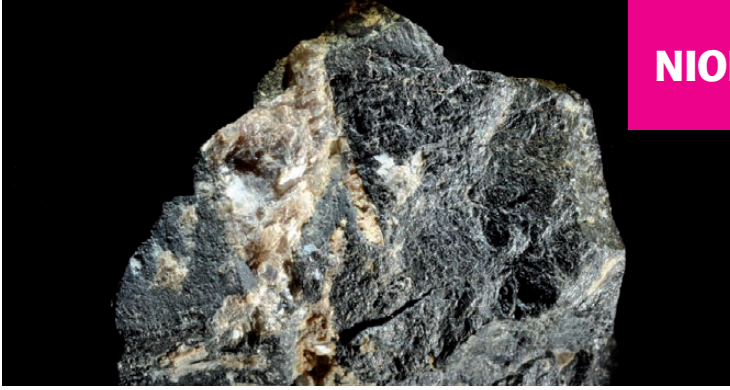


Tobera de escape de helicóptero

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/molybdenum/mcs-2017-molyb.pdf>
- http://www.imoa.info/download_files/molybdenum/Applications_Mo_Metal.pdf

NIOBIO (Nb) [Z = 41]



- Metal resistente a la corrosión.
- Dúctil y duro.
- Es un metal poco frecuente.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se encuentra en la columbita-tantalita (coltan), el pirocloro y la euxenita.

COLUMBITA-TANTALITA (óxido de niobio y tántalo). *Musaca (Rwanda)*
Este mineral puede contener pequeñas cantidades de torio y uranio y emitir radioactividad

APLICACIONES

Industria metalúrgica

El niobio se utiliza en la producción de acero (ferro niobio) porque le confiere dureza, acritud y mejora la soldabilidad y reduce su densidad. El puente colgante de Millau (Francia), el más alto del mundo, está construido con acero al niobio y su peso es un 60 % inferior. Los aceros inoxidables microaleados con niobio se utilizan en componentes estructurales refractarios de automóviles y aeronaves, y en la fabricación de oleoductos y gasoductos en las zonas árticas.



Reactor de avión

Industria electrónica

El niobio se utiliza en la fabricación de condensadores porque, gracias a su alta constante dieléctrica, es capaz de almacenar cargas eléctricas. El niobato de litio es un material electroóptico que se usa en la fabricación de equipos de comunicaciones ópticas.



Equipo de resonancia magnética nuclear

Medicina

El niobio sirve para producir campos magnéticos muy fuertes, ya que es un superconductor a bajas temperaturas. Los campos magnéticos producidos por la aleación Nb-Ti (niobio-titanio) hacen útil este material para los equipos de resonancia magnética, y también para la construcción de aceleradores de partículas.

El niobio se utiliza en los dispositivos médicos como los marcapasos, ya que es un metal compatible con el cuerpo humano.

Industria del vidrio y la cerámica

El niobio se añade al vidrio para conseguir un índice de refracción más alto y permite hacer más delgadas las lentes correctoras de las gafas.



Condensador

RECICLAJE

El niobio es reciclado a partir de aceros que lo contienen y de imanes superconductores. El niobio reciclado supone aproximadamente el 20 % del consumo aparente.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/mcs-2017-niobi.pdf>
http://advancematerials.com/rare_metals/niobium/
<http://tamb.org>

NÍQUEL (Ni) [Z = 28]

- Metal dúctil y maleable.
- Es un poco ferromagnético a temperatura ambiente.
- Funde a 1 455 °C.
- Resistente a la corrosión, no se oxida.
- Se extrae de la pentlandita, la garnierita, la niquelina y la niquel-skutterudita.



SKUTTERUDITA (arseniuro de cobalto con níquel). *Bou Azzer (Marruecos)*

APLICACIONES

Industria metalúrgica

La fabricación de aceros inoxidables austeníticos (con más de un 7 % de níquel) es el principal uso de este metal.

El níquel proporciona a la aleación cobre-níquel una mejor resistencia a la corrosión marina, a la contaminación biológica y una mejor ductilidad. Se usa ampliamente tanto en aplicaciones submarinas como en canalizaciones, en la fabricación de revestimientos de plataformas y cascos de barcos, en jaulas utilizadas en acuicultura y también en intercambiadores de calor y condensadores.

Este metal se utiliza en recubrimientos electrolíticos antioxidantes (*niquelado*), entre ellos el niquelado que protege a los imanes de neodimio (ver *neodimio*).

También se utiliza en la fabricación de crisoles para laboratorios químicos.

Forma una aleación con el titanio que tiene "efecto memoria", y se usa en correctores dentales, y el níquel en poca cantidad, interviene en la composición de los *stents* coronarios.

Industria de baterías

El hidróxido de níquel se utilizaba en la fabricación de baterías recargables de níquel y cadmio (Ni-Cd), pero eran pesadas y no podían almacenar tanta energía como la de Ni-MH (níquel e hidruro metálico), que las han sustituido porque son más baratas y menos contaminantes (ver: *Tierras Raras: lantano*).

El níquel se utiliza en la fabricación de baterías de sodio y níquel (*baterías cebra*) que trabajan a altas temperaturas.

Va en aumento el uso del sulfato de níquel como parte de todo para baterías de iones litio tipo NCA (Ni, Co, Al) y NMC (Ni, Mn, Co) para vehículos eléctricos e híbridos.

Fabricación de imanes

El níquel interviene en la fabricación de imanes permanentes Al-Ni-Co, formados por aluminio, níquel y cobalto sinterizados. Eran los imanes más fuertes que se conocían antes de aparecer los de neodimio y de samario-cobalto (ver: *Tierras Raras: neodimio y samario*).



Barandilla de acero inoxidable



Moneda con níquel, cobre y zinc



Corrector dental de níquel y titanio

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/nickel/mcs-2017-nicke.pdf>
- <http://www.nickelinstitute.org>

Otros campos

El níquel se utiliza en la fabricación de monedas, como las de 1 y 2 euros.

La aleación níquel-cromo-hierro constituye el nicrom, usado como resistencia eléctrica para tostadoras, hornos, cortadores industriales, etc. Soporta altas temperaturas (sobre 500 °C).

RECICLAJE

El níquel se recupera, básicamente, a partir de la chatarra del acero inoxidable y de otros aceros que lo contienen. El acero inoxidable del mercado tiene un promedio del 65 % de níquel reciclado.



Caja de ascensor de acero inoxidable

ORO (Au) [Z = 79]

- Metal noble.
- Es el metal más dúctil y maleable que se conoce.
- Muy buen reflector del calor y la luz.
- Excelente conductor eléctrico.
- No se oxida. Es uno de los metales más estables.
- Se encuentra asociado con otros minerales en yacimientos primarios y aluviales. También se obtiene como subproducto de la metalurgia del cobre.
- Se encuentra puro o aleado natural con plata, formando el electro.



ORO NATIVO. Nevada (EUA)

APLICACIONES

Joyería

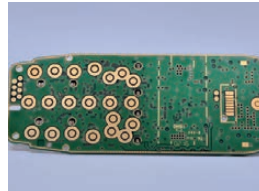
Las principales aplicaciones del oro son la joyería, la inversión, las reservas de los bancos centrales y el acuñado de ciertas monedas conmemorativas. El oro puro de (24 ct) es blando y solo se utiliza en forma de lingotes para inversión y fondos estatales. En joyería se usa en forma de aleación con otros metales como el oro de 18 ct, que es una aleación de oro (75 %), plata (12,5 %) y cobre (12,5 %); oro blanco de 18 ct, que es una aleación de oro (75 %), paladio (10 %) y plata (15 %); y oro gris que es una aleación de oro (75 %) con níquel (15 %) y cobre (10 %).



Anillo de oro blanco

Industria electrónica

El oro, por ser un excelente conductor de la electricidad y no oxidarse, se utiliza en la fabricación de conectores eléctricos y electrónicos, circuitos impresos dorados, relés con contactos dorados y microchips, ya que garantiza siempre un buen contacto eléctrico.



Circuito impreso dorado

Otros campos

Últimamente se utilizan pequeñas láminas de oro como ingrediente decorativo en alimentos y bebidas selectas, ya que no es considerado un metal tóxico. Se usa también en cosmética. El "pan de oro" es una hoja muy delgada de oro batido (0,006 mm) utilizada para dorar diversos objetos de arte.

RECICLAJE

Es reutilizables al 100 %, por tanto, se reciclan todos los restos y objetos que contengan este preciado metal.



Colgante de oro

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Marnesa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/mcs-2017-gold.pdf>



OSMIRIDIO (aleación natural de osmio, iridio, rodio y rutenio). *Urales (Rusia)*

- Metal noble, extremadamente duro.
- Dos veces más denso que el plomo.
- Resistente a la corrosión y a las altas temperaturas.
- Aparece asociado a otros metales del grupo del platino, en sulfuros de níquel y cobre y en minerales propios como el osmiridio.

APLICACIONES

Industria metalúrgica

Las aleaciones de osmio con platino e iridio son utilizadas en la fabricación de productos donde se requiere una gran resistencia a la fricción: para determinados contactos eléctricos, pivotes de instrumentos (como brújulas), temples de plumas estilográficas.

Industria electrónica

Su alta conductividad lo convierte en una alternativa más eficaz y duradera que el oro o el platino en productos electrónicos.

Industria química

En la industria química se utiliza como catalizador de oxidación ya que es extremadamente eficiente.

Otros campos

Se usa como producto de tinción de preparaciones para ser observadas con microscopía electrónica de transmisión y en determinadas reacciones químicas.

RECICLAJE

Se recicla todo el osmio que se puede proceder de recortes o metales que lo contengan.



Plumín de estilográfica



Brújula

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/mcs-2016-plati.pdf>
- <http://www.ipa-news.com/index/platinum-group-metals/the-six-metals>
- <http://www.mmta.co.uk/metals/Os/>

PALADIO (Pd) [Z = 46]

- Metal noble, ligero, dúctil y maleable.
- Tiene el punto de fusión más bajo de los metales del grupo del platino.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se obtiene, mezclado con otros metales del grupo del platino, en yacimientos aluviales, de las sperrylita y, en la minería de los sulfuros de níquel y cobre.



SPERRYLITA (arsenuro de platino con paladio y rodio). Ontario (Canadá)

APLICACIONES

Industria química

La principal aplicación del paladio (65 %) es la fabricación de convertidores catalíticos usados en el craqueo (cracking) del petróleo, y catalizadores para vehículos de gasolina, donde se convierten los compuestos contaminantes (CO, NOx y CxHy) en compuestos no nocivos: CO₂, N₂ y H₂O.

El paladio se usa como reactivo en los reactores de membrana que se utilizan en la producción de hidrógeno de alta pureza.

El paladio es un catalizador importante en la eliminación de sustancias tóxicas de los acuíferos.

Industria electrónica

La estabilidad química y la conductividad eléctrica del paladio lo convierten en una alternativa eficaz del oro en la producción de componentes electrónicos, como los condensadores cerámicos de multicapa (MLCC) utilizados en reproductores multimedia y *tablets* digitales, en las pistas conductoras de paladio y plata, en circuitos integrados híbridos (HIC) y en conectores.

Medicina

El radioisótopo paladio-103 se puede utilizar en el tratamiento del cáncer de próstata (*braquiterapia*).

Joyería

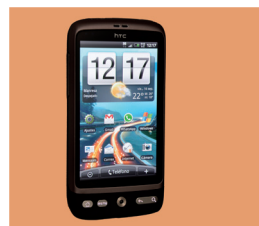
El paladio se utiliza solo, o bien combinado con el oro y la plata para preparar la aleación denominada *oro blanco* y hacer pulseiras, collares, anillos (ver: *oro*). También en forma de lingotes como inversión dado el incremento constante de su valor en pocos años (por encima del platino, en marzo del 2018).

RECICLAJE

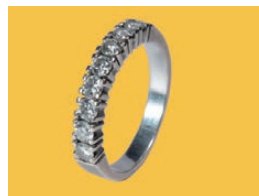
El paladio se recicla a partir de los convertidores catalíticos fuera de uso y recortes del metal. En Alemania e Inglaterra hay plantas de reciclaje de catalizadores.



Catalizador de automóvil



Smartphone



Anillo de oro blanco

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/mcs-2017-plati.pdf>
<http://pa-news.com/index/platinum-group-metals/the-six-metals>



PLATA (hilos). Poblet (Conca de Barberà), Cataluña

- Es un metal noble, blando, muy dúctil y maleable.
- Tiene la conductividad eléctrica y térmica más alta de todos los metales.
- Es resistente a la corrosión, pero se oxida.
- Es el metal más blanco y de más poder reflector.
- Muchas sales de plata son sensibles a la luz.
- Se obtienen de la argentita, de la galena argentífera, y como subproducto de la metalurgia del cobre (lodos anódicos).

APLICACIONES

Industria electrónica

Se utiliza aleada con el estaño para soldar los dispositivos electrónicos a las placas de circuitos impresos. Hay tarjetas de crédito con microchip cuya capa de contacto es de plata.

Industria de baterías

Pequeños aparatos electrónicos, como relojes analógicos, suelen utilizar baterías de óxido de plata por el nivel de energía que dan y su larga duración.

Joyería

La plata es un metal precioso muy usado en joyería. También se utiliza en las aleaciones de oro para conferirle dureza. El oro de 18 quilates contiene un 12,5 % de plata, un 12,5 % de cobre y un 75 % de oro. El oro blanco tiene un 15 % de plata, un 10 % de paladio y un 75 % de oro.

Industria química

Las sales de plata se utilizan en la fabricación de películas fotográficas, a pesar de la poca producción actual debido a la incorporación de la fotografía digital. También se utilizaban para las placas radiográficas (Rayos X), que han pasado a ser digitales (ver: *europio*)

Se utiliza plata metálica como catalizador de reacciones de oxidación en la producción de formaldehído a partir de metanol. La industria petrolífera usa nitrato de plata como catalizador.

Generación de energía

Se utiliza en las barras de control de los reactores nucleares de agua a presión (PWR) en forma de aleación con indio (15 %) y cadmio (5 %).

También interviene en la fabricación de células solares junto con el silicio.

Medicina

Pequeñas cantidades de plata se usan en ciertos vendajes para prevenir la infección de las heridas y favorecer su cicatrización.



Catenaria de tren cremallera



Joya de plata



Película fotográfica

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
 MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
 STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silver/mcs-2017-silver.pdf>

APLICACIONES

Industria eléctrica

La plata se utiliza aleada con el cobre en las catenarias de las vías de los trenes para aumentar la temperatura de recristalización del cobre y hacerlo más resistente a las temperaturas que alcanza con la fricción del pantógrafo.

Otros campos

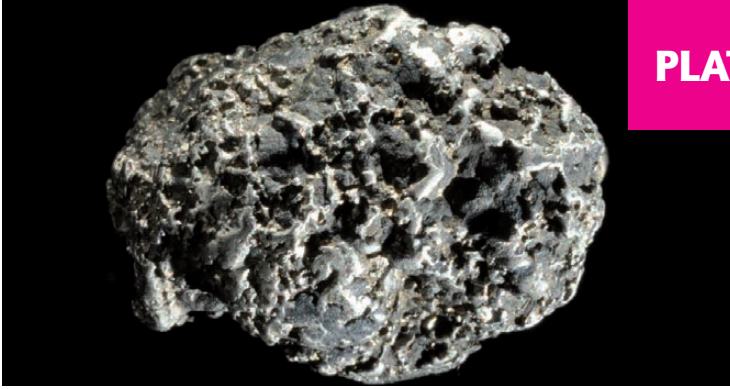
La plata se usa como muy buen reflector de la luz de sol en los paneles solares, permitiendo concentrar los rayos del sol sobre un líquido o unas sales de sodio y obtener así vapor para generar posteriormente energía eléctrica.

RECICLAJE

El reciclaje de la plata se realiza a partir de restos generados durante la fabricación de los productos con este metal, de aleaciones y de objetos viejos.



GALENA ARGENTÍFERA. *Vilaller (Alta Ribagorça), Cataluña*



PLATINO NATIVO. Chocó (Colombia)

- Metal noble, denso, maleable y dúctil.
- No se oxida.
- Buen catalizador de reacciones
- Resistente a la corrosión y a las altas temperaturas.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Aparece asociado a otros metales del grupo del platino, en sulfuros de níquel y cobre, y en minerales propios como la perryllita.

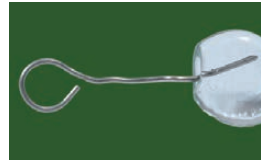
APLICACIONES



Industria del automóvil

La principal aplicación del platino es la fabricación de catalizadores para vehículos de diesel y gasolina, donde se convierten los compuestos contaminantes (CO, NOx y CxHy) en compuestos no nocivos: CO₂, N₂ y H₂O (pero contaminantes).

Se utiliza también en la fabricación de los catalizadores que contienen las pilas de combustible, capaces de generar energía, en los vehículos que utilizan el hidrógeno como combustible. También se utiliza para la fabricación de las bujías de larga duración.



Hilo de platino

Industria petroquímica

Los catalizadores de platino son muy utilizados en el proceso de obtención de gasolinas del petróleo, en la fabricación de combustibles de alto octanaje y en la obtención de ácido nítrico.

Industria electrónica

El platino aleado con cobalto se utiliza en la producción de discos duros del ordenador, ya que mejora las propiedades magnéticas, y permite obtener más capacidad de almacenamiento de datos.



Catalizador de automóvil

Medicina

El cisplatino y el carboplatino son medicamentos que se utilizan en el tratamiento de varios cánceres (*quimioterapia*).

Otros campos

El platino es muy apreciado en la fabricación de joyas por su color característico y en lingotes como inversión. El platino se usa en laboratorios de química en forma de hilos, crisoles, filtros, electrodos. También se utiliza en la fabricación de siliconas para moldes que tienen que ir al horno (hasta 500 °C).

RECICLATGE

La mayor parte del platino que se recicla proviene del tratamiento de catalizadores para automóviles (en Alemania e Inglaterra hay plantas de reciclaje de catalizadores), así como de restos obtenidos en la fabricación de objetos y aleaciones que contienen este metal.



Carboplatino

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/mcs-2017-plati.pdf>
<http://pa-news.com/index/platinum-group-metals/the-six-metals>
http://www.ngksparkplugs.com/products/spark_plugs/gpower.asp?mode=nm1

PLOMO (Pb) [z = 82]

- Metal blando, dúctil, maleable y muy pesado.
- Muy resistente a la corrosión.
- Buen absorbente del sonido y de la radioactividad.
- Por su toxicidad, sus aplicaciones se ven reducidas.
- Se obtiene de la galena.



GALENA (sulfuro de plomo). *El Molar (Priorat), Cataluña*

APLICACIONES

Construcción

El plomo se utiliza en la fabricación de planchas y ladrillos que se usan como blindaje contra las radiaciones ionizantes en las salas de los hospitales y centros donde se realizan radiografías, TACs, medicina nuclear, así como, en empresas o instituciones científicas donde existan equipos que generen radiaciones ionizantes.

Industria de baterías

La principal aplicación del plomo es la fabricación de las baterías de plomo-ácido, utilizadas ampliamente en la mayor parte de los vehículos, en alimentación de equipos electrónicos y como fuente eléctrica de emergencia en empresas, centros de comunicaciones y de cálculo.

Industria del vidrio y la cerámica

El óxido de plomo, añadido al vidrio que se utiliza en joyería y en la fabricación de cierta clase de vidrio denominado "cristal", le proporciona un índice más alto de refracción, más brillo, así como un agradable sonido al golpearlo suavemente. Se usa también en la fabricación del vidrio plumado, protector de radiaciones ionizantes.

El plomo es utilizado para unir los vidrios de colores de las vidrieras de muchas iglesias (*vidrio emplomado*).

Industria metalúrgica

Aleado con estaño y plata, se utiliza en soldaduras que tienen que obtener una buena resistencia mecánica.

Otros campos

El plomo se usa como cubierta protectora de los cables eléctricos submarinos. Y también se utiliza en la fabricación de balas, perdigones y contrapesos.

RECICLAJE

En la UE, su reciclaje está sobre el 74 %, principalmente de las baterías eléctricas plomo-ácido, chatarra y recortes.



Batería de coche



Copa de vino



Perdigones

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lead/mcs-2017-lead.pdf>
<http://www.ila-lead.org>
<http://www.eurometaux.org/>



SILVITA (cloruro de potasio). *Sallent (Bages), Cataluña*

- Metal alcalino.
- Reacciona con el agua para dar hidrógeno.
- Se oxida rápidamente en el aire y vigorosamente en el agua con formación de llamas.
- Elemento esencial para la vida humana, animal y vegetal.
- Se obtiene de la silvita y de la carnalita, y también del agua de ciertos mares (Mar Muerto).

APLICACIONES

Alimentación

El cloruro de potasio se utiliza como sustituto de la sal para disminuir la ingestión de sodio en el control de la hipertensión. El bisulfito de potasio se utiliza como conservante alimentario en bebidas alcohólicas como el vino y la cerveza.

Industria química

El potasio es esencial para el crecimiento de las plantas y los árboles, por eso, los compuestos de potasio, como el cloruro de potasio (llamado popularmente *potasa*), el sulfato de potasio y el nitrato de potasio se utilizan como fertilizantes en la agricultura (ver: *silvita*).

El nitrato de potasio se utiliza en la fabricación de pólvora y cerillas. La mezcla de sodio y potasio (NaK) se utiliza como medio de transferencia de calor en los reactores nucleares.

El hidróxido de potasio se utiliza en la fabricación de jabones blandos por su suavidad y porque es más soluble que el hidróxido de sodio. También se utiliza como electrolito en pilas alcalinas.

El cromato de potasio se utiliza en la fabricación de explosivos y como colorante rojo brillante en fuegos artificiales y cerillas.

Medicina

Para tratar el agrandamiento de la próstata (HBP) se utiliza el láser Nd: YAG con un cristal de fosfato de titanil y potasio (KTP- láser verde), que vaporiza el tejido, tiene muy buena absorción por la hemoglobina, sin hemorragias ni complicaciones, y una estancia de pocas horas en el centro hospitalario. El cloruro de potasio se utiliza en cirugía cardíaca para parar el corazón.

Otros campos

El bisulfito de potasio se utiliza como blanqueador de tejidos y en el tratamiento de cueros.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de potasio.



Campo con fertilizantes



Jabón suave



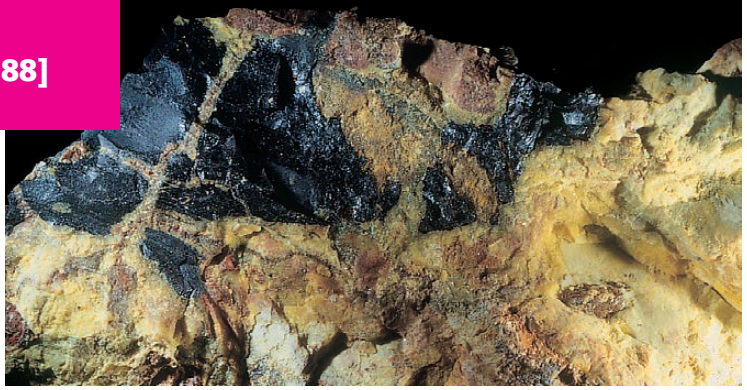
Pila alcalina

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash/mcs-2017-potas.pdf>
<http://www.ioliberia.com>

RADIO (Ra) [Z = 88]

- Es el metal más pesado de los alcalinotérreos.
- Es altamente radioactivo, mucho más que el uranio.
- Se desintegra para formar gas radón.
- Se encuentra en pequeñas cantidades en minerales de uranio.



URANINITA (óxido de uranio). Don Benito (Badajoz)

APLICACIONES

Medicina

El isótopo radio-223 se utiliza para el tratamiento de tumores de próstata cuando haya habido metástasis a los huesos.

Generación de radón

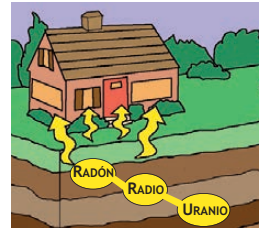
El radio tiene un uso muy limitado. La principal aplicación es la preparación del gas radón en los laboratorios de investigación. El radón es un elemento químico gaseoso, radioactivo, incoloro, inodoro e insípido, que procede de la desintegración natural del radio (uranio-radio-radón). Pesa más que el aire y, al emerger del suelo, tiene tendencia a acumularse en los sótanos de las casas, pero disminuye su concentración hasta niveles muy bajos en el momento en que se ventilan y así se evita su inhalación que, en grandes concentraciones, resulta perjudicial para la salud.

Su presencia va ligada directamente al tipo de terreno, los graníticos generan más que los arcillosos.

El gas radón se utiliza para estudiar el transporte de masas de aire, los fenómenos físicos de dispersión y para la validación de modelos de transporte atmosféricos.

RECICLAJE

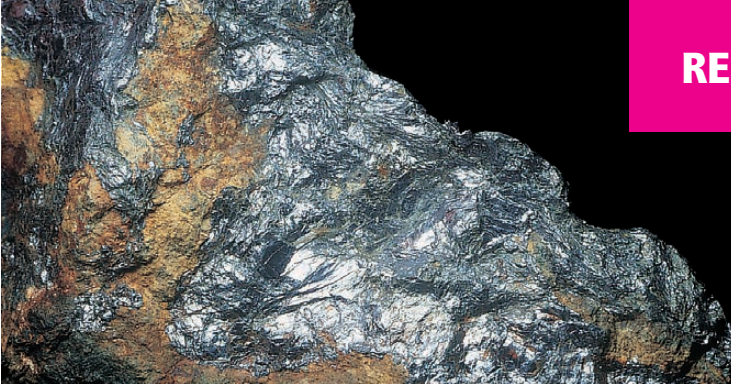
Se desconoce el reciclaje del radio.



Generación del gas radón natural

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. Guía de identificación de minerales. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.



MOLIBDENITA (sulfuro de molibdeno). *Gualba (Vallès Oriental), Cataluña*

- Es extremadamente duro y muy denso.
- Punto de fusión: 3 186 °C.
- Resistente a la corrosión y al desgaste.
- Superconductor a temperaturas bajas.
- Metal muy escaso y muy caro.
- Se extrae de la molibdenita y de sulfuros de cobre.

APLICACIONES

Industria metalúrgica

La principal aplicación del renio (70 %) está en la fabricación de superaleaciones con hierro, níquel y cobalto, muy resistentes al desgaste y a las altas temperaturas de trabajo de turbinas y reactores para aviación. Si los álabes de las turbinas de estos motores no llevaran renio en su composición, no podrían superar temperaturas por encima de los 1 500 °C. Con el renio, pueden llegar a los 1 610 °C, mejorando el ahorro de combustible entre el 40 y el 60 %, además de duplicar la potencia, el empuje y reducir la emisión de CO₂ hasta el 64 %.



Motor de avión

Industria petroquímica

La combinación renio-platino, se usa como catalizador en el proceso de destilación del crudo de petróleo para producir gasolinas de alto octanaje y gasolinas sin plomo.

Otros campos

Interviene también en la fabricación de crisoles y contactos eléctricos que han de resistir temperaturas muy altas. En la fabricación de termopares para medir temperaturas de hasta 2 760 °C, se utiliza el renio junto al tungsteno. También en la fabricación de contactos eléctricos que han de soportar el arco eléctrico, electrodos, filamentos.



Termopar de renio-tungsteno

RECICLAJE

Se recicla el renio presente en los viejos álabes de las turbinas de los motores a reacción y de los recortes de fabricación, ya que es uno de los metales más caros que hay.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rhenium/mcs-2017-rheni.pdf>

RODIO (Rh) [Z = 45]



SPERRYLITA (arsenuro de platino con paladio y rodio). Ontario (Canadá)

- Metal noble y raro.
- Es denso, maleable, duro y dúctil.
- Resistente a la corrosión y a las altas temperaturas (1 960 °C).
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Aparece asociado a otros metales del grupo del platino, en sulfuros de níquel y cobre y en minerales propios como la sperrylita.

APLICACIONES

Industria del automóvil

El rodio se utiliza en la fabricación de catalizadores para los tubos de escape de vehículos, donde se convierten los compuestos nocivo-contaminantes (CO, NO_x y C_xH_y) del combustible no quemado, en compuestos no nocivos: CO₂, N₂ (pero contaminantes) y H₂O.



Catalizador de automóvil

Joyería

En las joyas de plata y oro gris se aplica electrolíticamente una fina capa de rodio (*rodado*) que mejora mucho su apariencia, evita la oxidación de la plata y mejora la resistencia al desgaste de la joya. Aleado con el platino, lo endurece.

Industria química

Como catalizador, es de mucha utilidad en el proceso de destilación de los hidrocarburos y en la fabricación de ácido nítrico.

Industria eléctrica

Se utiliza en la fabricación de contactos eléctricos que tienen que trabajar con mucha frecuencia y en la preparación de termopares rodio-platino.



Refinería de petróleo

RECICLAJE

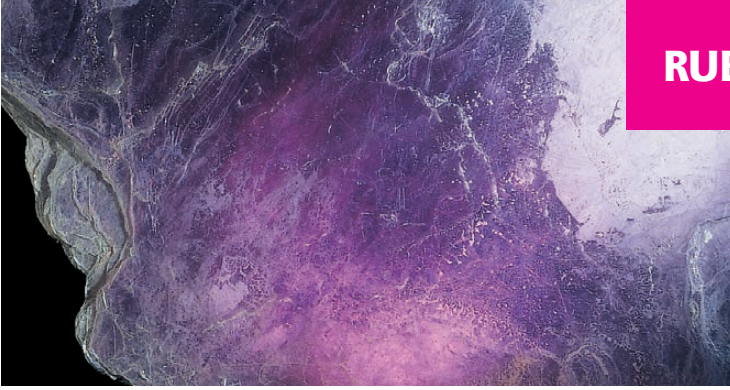
La mayor parte del rodio que se recicla proviene del tratamiento de catalizadores para automóviles. En Alemania e Inglaterra hay plantas de reciclaje de estos equipos.



Colgante de plata rodado

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. Guía de identificación de minerales. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/mcs-2017-plati.pdf>
<http://www.ipa-news.com/index/platinum-group-metals/the-six-metals>



- Metal alcalino poco frecuente.
- Se asocia con el cesio y el potasio.
- Es líquido a temperatura ambiente.
- Se encuentra en la mica lepidolita, en el feldespato potásico y en la mica moscovita.

LEPIDOLITA (aluminosilicato de potasio y litio con rubidio). *Itrongay (Madagascar)*

APLICACIONES

Industria eléctrica

El rubidio, por su alta constante dieléctrica, se utiliza en la fabricación de aisladores cerámicos para líneas de alta tensión, ya que este metal aumenta enormemente la capacidad de aislamiento y reduce las pérdidas de tensión.

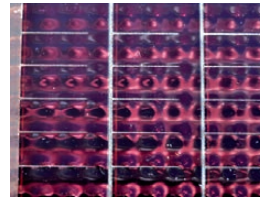


Aisladores eléctricos

Industria electrónica

Como el cesio, el rubidio se utiliza en células solares, ya que también convierte la luz en un flujo de electrones, es decir, en electricidad.

Los relojes atómicos que utilizan rubidio-87 para controlar la frecuencia son más baratos y menos compactos que los relojes atómicos con cesio-133, pero menos precisos. Se utilizan para controlar la frecuencia de estaciones de televisión y telefonía, y también en sistemas de posicionamiento global (GPS).



Células solares

Medicina

El isótopo radioactivo rubidio-82 es absorbido rápidamente por las células del corazón y se puede utilizar para identificar, mediante tomografía por emisión de positrones (PET), las regiones del músculo cardíaco con poco flujo sanguíneo y, por lo tanto, con riesgo de infarto (ver: *lutecio*).

Comparado con el tecnecio-99m, el rubidio-82 permite un diagnóstico más detallado y un nivel de exposición a la radiación más bajo, pero es más caro.

Otros campos

El radioisótopo rubidio-87 se usa en determinaciones geocronológicas de rocas (su vida media es de 50×10^9 años).

Este metal está en constante investigación en cuanto a sus aplicaciones.



PET+TAC

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de este metal.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
 MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
 STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cesium/mcs-2017-cesiu.pdf>

RUTENIO (Ru) [Z = 44]

- Metal noble, denso, maleable y dúctil.
- Resistente a la corrosión y a las temperaturas elevadas (2 310 °C).
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Aparece asociado a otros metales del grupo del platino, en sulfuros de níquel y cobre y en minerales propios como la sperrylita.



SPERRYLITA (arsenuro de platino con paladio, rodio y rutenio). Ontario (Canadá)

APLICACIONES

Industria metalúrgica y eléctrica

El rutenio se utiliza en aleaciones de platino y paladio para mejorar la resistencia al desgaste; estas aleaciones se usan como recubrimiento en los contactos eléctricos.

La adición de un 0,1 % de rutenio al titanio mejora en cien veces la resistencia a la corrosión.

El rutenio, aleado con molibdeno, se convierte en superconductor.

Industria química

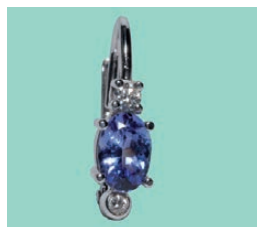
El rutenio, asociado con el iridio, se utiliza en el revestimiento de electrodos utilizados en la producción de cloro y sosa caustica, en sustitución de los antiguos electrodos de mercurio.

Es muy buen catalizador usado en muchos tipos de procesos químicos e industriales.

Joyería

Se utilizan pequeñas cantidades de rutenio para aumentar la estabilidad del oro en las joyas.

La aleación de paladio y rutenio se utiliza para fabricar joyas.



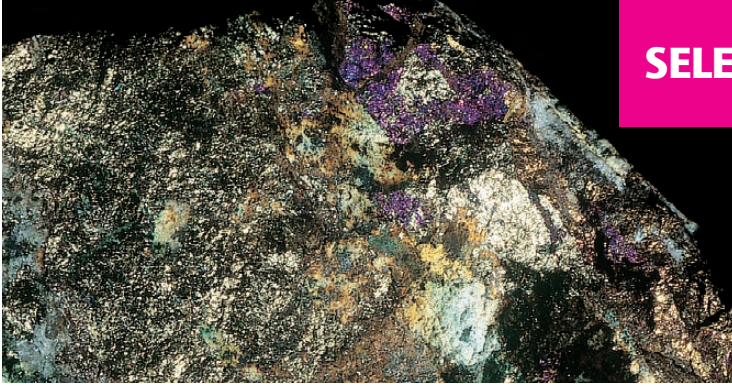
Joya de paladio (95 %) y rutenio (5 %)

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/mcs-2017-plati.pdf>
- <http://www.ipa-news.com/index/platinum-group-metals/the-six-metals>
- <http://mmta.co.uk/metals/Ru/>

RECICLAJE

Se recupera todo el rutenio que se puede proceder de joyería e industrias que utilizan este metal.



CALCOPIRITA (sulfuro de cobre y hierro). *El Brull (Osona), Cataluña*

- No-metal semiconductor.
- Es fotoconductor (la conductividad eléctrica aumenta cuando se expone a la luz).
- Se obtiene principalmente en el proceso de refinado electrolítico del cobre a partir de los minerales de sulfuro de cobre seleníferos.

APLICACIONES

Industria del vidrio y la cerámica

El selenio es usado en la producción de vidrio, donde decolora el color verde producido por las impurezas de hierro que este contiene. Añadido al vidrio, se usa en la construcción, reduciendo la transmisión del calor solar. Proporciona un color rojizo al vidrio y a la cerámica.

Industria metalúrgica

En revestimiento de materiales, el selenio mejora el aspecto y la durabilidad. Se utiliza en la producción electrolítica de manganeso porque mejora la producción y rendimiento, así como en la obtención de determinados aceros

Generación de energía

El seleniuro de galio, indio y cobre (CIGS) es un semiconductor utilizado en la fabricación de la capa fina conductora de las células solares flexibles, resultando una alternativa eficaz al silicio cristalino.

Alimentación

El selenio se usa como suplemento dietético para las personas y los animales, ya que es un elemento esencial, aunque en exceso es tóxico.

Otros campos

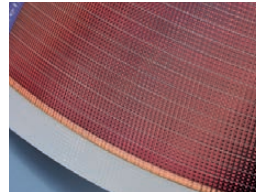
Se utiliza como aditivo al caucho porque mejora la resistencia a la abrasión, así como pigmento en la obtención de esmaltes, plásticos, pinturas y tintas expuestas al calor, a los UV y a la humedad.

El sulfuro de selenio es un ingrediente básico en los champús anticaspa, ayudando al desprendimiento de la piel seca.

Las fotocopiadoras e impresoras láser tienen un cilindro cubierto de selenio que es un elemento clave en el proceso de realización de las fotocopias.

RECICLAJE

El reciclaje del selenio se realiza a partir de viejas fotocopiadoras.



Células solares flexibles
CIGS



Neumáticos



Champú anticaspa

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/mcs-2017-selen.pdf>
<http://mmta.co.uk/metals/Se/>

SILICIO (Si) [Z = 14]

- Semimetal semiconductor.
- Es el segundo elemento más abundante en la Tierra después del oxígeno.
- Se obtiene de la arena silíceo blanca y del cuarzo puro.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.



CUARZO HIALINO (óxido de silicio). Chamonix (Francia)

APLICACIONES

Industria electrónica

El silicio puro se usa en la fabricación componentes electrónicos y eléctricos como: células fotoeléctricas, solares, microchips y rectificadores.

Industria metalúrgica

El ferrosilicio se utiliza en las fundiciones para mejorar las propiedades del acero.

El silicio metal se utiliza para mejorar las propiedades del aluminio en el proceso de fundición.

Otros campos

Una combinación del silicio con el oxígeno da lugar a un polímero llamado silicona, que se utiliza para fabricar lubricantes, adhesivos, recipientes para hornos, aislamientos de cables eléctricos, prótesis valvulares e implantes mamaros.

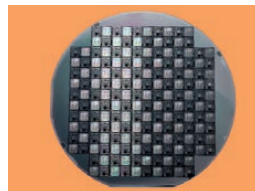
La combinación de silicio con el carbono a alta temperatura forma el carburo de silicio (también llamado *carborundum*), un material de dureza 9 en la escala de Mohs (el diamante tiene 10) que se usa como abrasivo y antideslizante; es una material resistente y buen aislante eléctrico (ver: *cuarzo*).

El dióxido de silicio hidratado es un componente abrasivo de las pastas dentífricas.

El gel de silicio es una forma porosa del dióxido de silicio fabricado sintéticamente a partir del silicato de sodio y que da lugar a un agente desecante de gran utilidad.

RECICLAJE

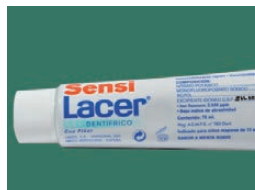
Dentro del ámbito europeo ya se recogen paneles solares fuera de uso o rotos para ir recuperando el silicio, además del cobre, el aluminio, el hierro y los plásticos (ver: www.pvcycle.org).



Oblea de silicio con microchips



Moldes de silicona para el horno



Pasta dentífrica

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. Guía de identificación de minerales. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silicon/mcs-2017-simet.pdf>

SODIO (Na) [Z= 11]



HALITA (cloruro de sodio). *Síria (Bages), Cataluña*

- Metal alcalino.
- Reacciona muy fuertemente con el agua desprendiendo H_2 .
- Se oxida rápidamente con el aire.
- Elemento básico en la alimentación humana y animal.
- Se obtiene de la halita.

APLICACIONES

Industria química

El cloruro de sodio es la sal común para cocinar, aliñar y conservar alimentos (ver: *halita*).

El sulfato de sodio, como que es higroscópico, se utiliza como absorbente de la humedad en los laboratorios y en la industria química (ver: *thenardita* y *halita*).

El gel de sílice es una forma porosa del dióxido de silicio fabricado sintéticamente a partir del silicato de sodio y que se convierte en un agente desecador de gran utilidad.

El hidróxido de sodio (sosa cáustica) es un agente químico ideal para desatascar desagües y limpiar depósitos.

Industria metalúrgica

El sodio metálico se utiliza en aleaciones metálicas mejorando su estructura.

Se usa como purificador de metales porque elimina la cal.

Otros campos

El vapor de sodio se utiliza en la fabricación de lámparas de buen rendimiento eléctrico y luminoso, utilizadas básicamente en la iluminación nocturna de ciudades, monumentos y vías de comunicación, con la típica luz anaranjada, a pesar de que ya van sustituyéndose por lámparas de LEDS que aumentan el nivel de intensidad lumínica y ahorran energía eléctrica.

El sodio líquido se usa en determinados tipos de centrales nucleares, para la transferencia de calor del núcleo del reactor a las turbinas generadoras de energía eléctrica.

El cloruro de sodio se utiliza en la fabricación de baterías de sodio y níquel (baterías cebra) que trabajan a altas temperaturas.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del sodio.



Iluminación con lámparas de vapor de sodio (Manresa)



Gel de sílice



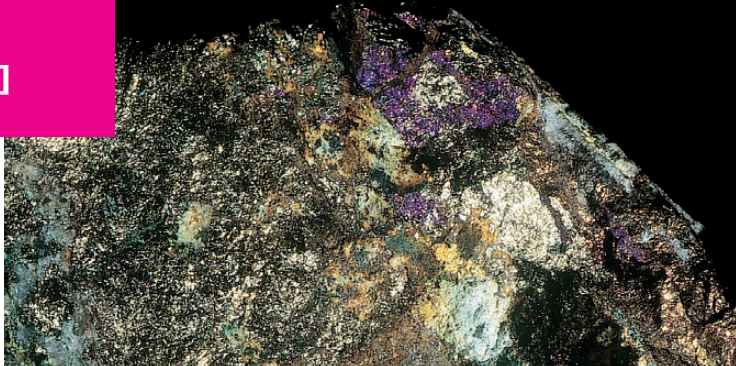
Anchoas en salazón

BIBLIOGRAFIA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
 MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
 STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<http://www.iclberia.com>

TALIO (Tl) [Z = 81]

- Metal gris maleable.
- Blando y pesado.
- Se parece al estaño.
- Extremadamente tóxico.
- Se extrae de los sulfuros de cobre, de plomo y de zinc.



CALCOPIRITA (sulfuro de cobre y hierro). *El Brull (Osona), Cataluña*

APLICACIONES

Debido a su extrema toxicidad (incluso el contacto con la piel) las utilidades del talio queden reducidas a pocos campos:

Industria electrónica

Se usa como dopante de cristales de yoduro de sodio en detectores de radiactividad (escintilómetros).

La conductividad eléctrica del sulfuro de talio cambia cuando está expuesto a la radiación infrarroja, por eso es utilizado en ciertas células fotoeléctricas y detectores de rayos infrarrojos.

Otros campos

El talio se usa en la fabricación de bengalas luminosas de socorro a las cuales les da un intenso color verde cuando se encienden. Al vidrio, le incrementa su densidad e índice de refracción. Se habían usado las sales de talio como uno de los mejores ratificadas conocido. Actualmente está prohibido su uso dada la elevada toxicidad de este elemento.

También se usaba el isótopo talio-201 (*emisor de radiación gamma*) para comprobar el buen funcionamiento del miocardio durante los años 1970-1980, con gammagrafía SPECT, pero fue sustituido por el tecnecio-99m (ver: *tecnecio*) mucho más eficiente y no venenoso.

El talio es un veneno muy potente y cancerígeno, incluso a través de la piel. El mejor antídoto es el Azul de Prusia (*ferrocianuro férrico*) que lo absorbe y neutraliza.

El Azul de Prusia también es el mejor antídoto contra el isótopo cesio-137, que es uno de los isótopos radioactivos emitidos a la atmósfera en accidentes de centrales nucleares como los de Chernóbil y Fukushima.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del talio.



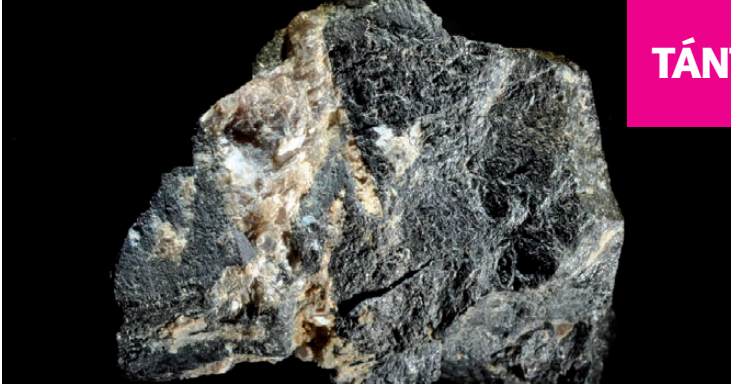
Detector de radiactividad



Equipo SPECT

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
- MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1983.
- STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
- <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/thallium/mcs-2017-4hall.pdf>



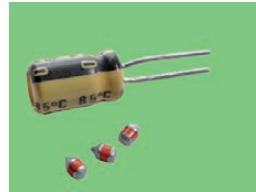
COLUMBITA-TANTALITA (óxido de niobio y tántalo). *Musaca (Ruanda)*
Este mineral puede contener pequeñas cantidades de torio y uranio y emitir radioactividad

- Es pesado, duro y resistente a la corrosión.
- Tiene una gran capacidad de almacenamiento de electricidad.
- Resistente a altas temperaturas (funde a 2 996 °C).
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se encuentra en la columbita-tantalita y en la tantalita-casiterita.

APLICACIONES

Industria electrónica

La principal aplicación del tántalo es la producción de condensadores. La capacidad de almacenar electricidad en pequeñas cantidades del metal y dar una buena respuesta a altas frecuencias ha permitido la miniaturización de todos los dispositivos electrónicos como teléfonos móviles, videoconsolas, microprocesadores, armas "inteligentes", misiles, etc. mediante la sustitución de los clásicos condensadores de aluminio (más grandes) por los de tántalo (mucho más pequeños).



Condensadores de tántalo (rojos) y de aluminio (amarillo)

Industria metalúrgica

La segunda aplicación es la fabricación de súper aleaciones refractarias debido a la buena resistencia a elevadas temperaturas y a la corrosión, para la industria espacial, motores a reacción, turbinas de gas. También se utiliza como proyección térmica para recubrimientos protectores de superficies al desgaste y oxidación de piezas que trabajen a altas temperaturas.

El carburo de tántalo se considera más resistente que el carburo de tungsteno, y se usa en herramientas de corte. También se fabrica, con este metal, instrumental quirúrgico, prótesis para articulaciones, implantes, piezas mecánicas y aparatos para laboratorios químicos.



Herramientas de corte

Industria química

El tántalo puede ser utilizado en los equipos de obtención de ácidos tan agresivos como el clorhídrico (HCl) o el nítrico (HNO₃).

Industria óptica

El óxido de tántalo se añade al vidrio para aumentar la transparencia y el índice de refracción, al mismo tiempo que lo hace más ligero.



Smartphone

RECICLAJE

Del proceso de fabricación de condensadores, componentes electrónicos, herramientas y también de las aleaciones basadas en este metal.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos* Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/mcs-2017-tanta.pdf>

TECNECIO (Tc) [Z = 43]

- Es el más ligero de todos los elementos químicos que no tienen isótopos estables.
- El isótopo tecnecio-99 emite partículas beta de baja energía.
- Se obtiene a partir de las barras gastadas de combustible nuclear.
- El isótopo metaestable tecnecio-99m tiene un período de semidesintegración de 6 horas y emite radiación gamma. Se obtiene a partir de un generador que contiene el isótopo molibdeno-99 el cual, mediante la desintegración, se convierte en tecnecio-99m.



GENERADOR DE TECNECIO-99m

APLICACIONES

Medicina

El tecnecio-99m es uno de los radiofármacos más utilizados (del orden del 83 % sobre otros) en procedimientos de diagnóstico de funcionamiento de órganos del cuerpo humano (corazón, cerebro, tiroides, pulmones, huesos, sangre). Este isótopo metaestable, con un período de semidesintegración de 6 horas, se inyecta al paciente y se acumula en las diferentes partes del cuerpo, concentrándose en las partes alteradas, y emitiendo radiación gamma de 140 KeV detectable por los aparatos de gammagrafía (SPECT).

Otros campos

El tecnecio-99 se puede utilizar como patrón de radiación beta para calibrar instrumentos científicos.



Equipo SPECT

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del tecnecio.

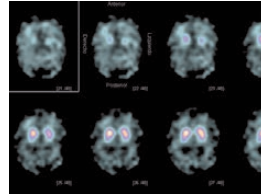
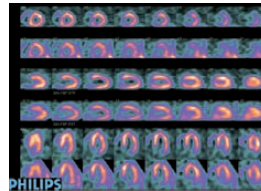


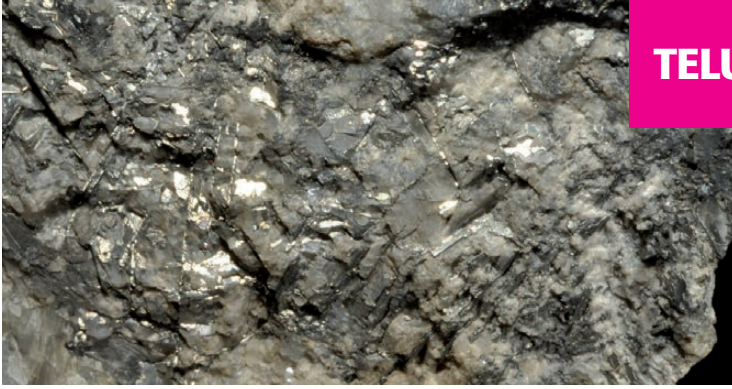
Imagen del cerebro con resonancia magnética (blanco y negro) y SPECT (color)



SPECT del corazón

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
http://www.medidores.com/site_flash/files/Drytec_Tech_GE.pdf
https://www.flickr.com/photos/taea_imagebank/sets/72157632748273285/



SILVANITA (telururo de plata y oro). Nagiag (Transilvania, Rumanía)

- También recibe el nombre de telurio.
- Semimetal semiconductor
- Es fotoconductor (la conductividad eléctrica aumenta ligeramente al exponerlo a la luz).
- Se obtiene a partir de telururos de oro como la silvanita y la calaverita, y también como subproducto del refinado del cobre.

APLICACIONES

Industria metalúrgica

El uso principal del telurio es su adición al acero para mejorar las propiedades mecánicas como la dureza y la resistencia a la corrosión.

También se usa como aditivo en las aleaciones de cobre porque mejora su maquinabilidad sin perder conductividad eléctrica. El telurio, añadido al plomo, mejora la dureza e incrementa la resistencia a los ácidos.

Industria química

El telurio es un catalizador usado en la producción de fibra sintética.

Se utiliza en la producción de neumáticos para acelerar el proceso de vulcanización del caucho, proceso donde se calienta el caucho en presencia de telurio, en sustitución del azufre o del selenio, y se hace más duro y resistente.

Generación de energía

El telurio se utiliza cada vez más en la fabricación de células solares junto al cadmio.

Industria electrónica

El telururo de cadmio y zinc se utiliza en detectores de rayos gamma para la medicina (en tomografía de emisión de positrones, PET) y la industria; el telururo de cadmio y manganeso se utiliza como semiconductor sensible a los rayos infrarrojos.

El óxido de telurio se usa en la preparación de la superficie grabable de los DVD y Blu-ray.

El telururo de bismuto es uno de los compuestos claves de las placas Peltier, que producen frío o calor como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de la unión de dos metales, aleaciones o semiconductores (efecto Peltier).

RECICLAJE

El reciclaje del telurio es muy bajo, aunque va creciendo su recuperación a partir de viejos paneles solares.



Panel solar con cadmio y telurio



Neumático



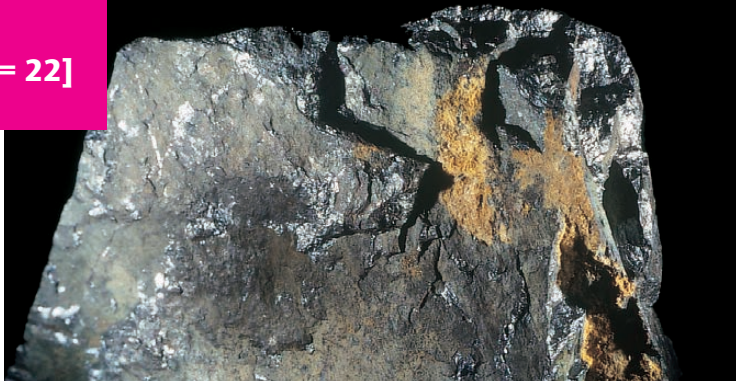
Placa Peltier

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/mcs-2017-tellu.pdf>
<http://mmta.co.uk/metals/Te/>

TITANIO (Ti) [Z = 22]

- Metal duro y muy resistente a la corrosión.
- Más ligero que el acero (40 %).
- Es inoxidable y muy biocompatible.
- Tiene un punto de fusión alto (1668 °C).
- Se obtiene de la ilmenita y del rutilo.



ILMENITA (óxido de titanio y hierro). *Sierra de la Albarraña (Córdoba)*

APLICACIONES

Industria metalúrgica

El titanio es usado como elemento de aleación con hierro en los aceros porque mejora la refinación del grano y actúa como elemento desoxidante, y también en aceros inoxidables para reducir el contenido de carbono.

Gracias a su resistencia a las altas temperaturas, a la tracción, a la fatiga y a la corrosión, el titanio y sus aleaciones se utilizan en la industria química, en la militar (blindajes y misiles), en la aeronáutica (aeronaves y naves espaciales), en la fabricación de barcos y submarinos.

Industria química

El óxido de titanio es muy utilizado como pigmento de un blanco intenso y como opacificante en papel, pinturas, plásticos, alimentación, productos farmacéuticos, cosmética, etc. Puesto que se utiliza en la fabricación de pinturas de vehículos, su consumo es un indicador de la actividad industrial en este campo. Es un componente de las cremas solares.

Medicina

El titanio es muy biocompatible, no es tóxico y, mayoritariamente, el cuerpo no lo rechaza (aunque se dan algunos casos de rechazo). Se usa en la fabricación de instrumentos quirúrgicos e implantes médicos, dentales, en tornillería y en los marcapasos cardíacos combinado con el iridio.

Otros campos

Por su ligereza y resistencia se usa en la fabricación de bicicletas, sillas de ruedas, muletas, raquetas de tenis, gafas, relojes, etc. También se utiliza en la construcción de plantas desalinizadoras del agua del mar y en la fabricación de *piercings*.

RECICLAJE

Se recicla el titanio procedente de los recortes de los procesos de estampación, pero también a partir de restos del metal ya utilizado.



Motor de helicóptero



Prótesis de cadera



Pintura con dióxido de titanio

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. Guía de identificación de minerales. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/mcs-2017-titan.pdf>
<http://mma.co.uk/metals/Ti/>
<http://www.titanium.org>



MONACITA (fosfato de cerio, lantano, neodimio y torio). *Evje (Noruega)*

- Metal actínido radioactivo.
- Es blando, dúctil y maleable.
- Tiene un punto de fusión alto (2 946 °C).
- Se encuentra en la monacita y en la torianita.
- La monacita es, actualmente, la principal mena de torio, en sustitución de la torianita, visto el elevado consumo de tierras raras que contienen monacita.

APLICACIONES

Generación de energía

En la corteza terrestre, el torio es más abundante que el uranio. El torio-232 se puede utilizar como combustible en un reactor nuclear adecuado, ya que no es fisionable por sí mismo, sino que absorbe neutrones lentos para producir uranio-233, que sí es fisionable. En este proceso se reduce la producción de residuos nucleares de larga duración comparados con el uranio.

Esta tecnología está actualmente en vías de estudio en países como EUA, Rusia e India, si bien los intereses económicos en el uranio, ralentizan su aplicación.

Las camisas de las lámparas de gas utilizan actualmente el itrio (no radioactivo) en sustitución del torio (radioactivo) que antes se utilizaba.

Industria metalúrgica

El torio se añade a aleaciones de magnesio usadas en los motores de las aeronaves para aumentar la resistencia a las altas temperaturas (el óxido de torio funde a 3 300 °C).

En el método de soldadura eléctrica TIG (Tungsten Inert Gas) para aleaciones de aluminio, magnesio y acero inoxidable se usan electrodos de wolframio (tungsteno) con una pequeña cantidad de óxido de torio (2 %), que aumenta la corriente y la duración del electrodo y facilita la formación y estabilidad del arco.

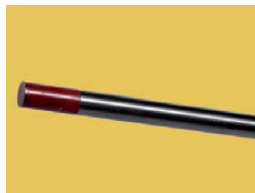
Industria química

El óxido de torio se utiliza como catalizador en la conversión del amoníaco a ácido nítrico, en el refinado del petróleo y en la producción de ácido sulfúrico.

En general, va sustituyéndose en la industria el uso del torio por otros elementos que no sean radiactivos

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de torio.



Electrodo para soldar de tungsteno-torio



Reactor de un avión

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
 STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/thorium/mcs-2017-thor1.pdf>
<http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Thorium/>
<http://www.thoriumenergyworld.com>

TUNGSTENO (W) [Z = 74]

- También se llama wolframio.
- Metal con un punto de fusión muy alto (3 422 °C).
- Resiste altas temperaturas.
- Semiconductor.
- Es muy duro y más denso que el mercurio.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se obtiene de la wolframita, de la scheelita y de la ferberita.

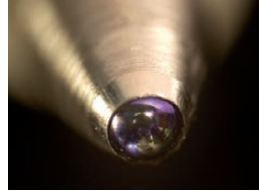


FERBERITA (wolframato de hierro). *Panasqueira (Portugal)*

APLICACIONES

Industria eléctrica

El tungsteno, al resistir las altas temperaturas y tener una presión de vapor muy baja, es prácticamente el único material utilizado en la fabricación de filamentos de lámparas de proyección, halógenas, fluorescentes, de descarga de alta intensidad, etc., y como cátodo emisor de electrones en tubos de rayos X.



Punta de bolígrafo

Industria metalúrgica

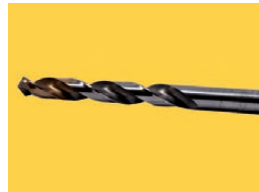
El tungsteno forma, junto con el carbono y el cobalto, el carburo de tungsteno (*widia*), una aleación de gran dureza que se utiliza en la fabricación de herramientas de corte como fresas, brocas, sierras, coronas de perforación, etc. La adición del tungsteno (en un 10 %) aumenta la dureza total de los aceros de alta velocidad (HSS, High Speed Steels) y permite trabajar a altas temperaturas.

La bolita de la punta de los bolígrafos está hecha de carburo de tungsteno.

Cuando se añade tungsteno al acero se forma una superaleación muy resistente que se usa en la fabricación de los motores de los aviones y de las turbinas de generación de energía.

El acero al tungsteno se usa en la fabricación de los discos de las sierras de diamante, ya que aumenta su resistencia mecánica.

Los electrodos de tungsteno con torio se utilizan en soldaduras de aceros inoxidables y aleaciones especiales (ver: *torio*).



Broca de acero con tungsteno

Medicina

Se utiliza en la fabricación de los colimadores de los aceleradores lineales usados en radioterapia.

Otros campos

El tungsteno se utiliza en la fabricación de pesos para la pesca y de perdigones de caza, en sustitución del plomo, pero es más caro.



Acelerador lineal

RECICLAJE

Es muy alto el reciclaje del metal y de los carburos de tungsteno (*widia*).

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1999.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tungsten/mcs-2017-tungst.pdf>
<http://ftia.info>



TORBERNITA (fosfato de uranio y cobre). *Don Benito (Badajoz)*

- Metal actínido que emite radiactividad de forma natural.
- Es muy denso.
- Está formado por tres isótopos uranio-238, uranio-235 y uranio-234. El isótopo fisible útil es el uranio-235.
- Como subproducto del enriquecimiento del uranio-235 se obtiene mucho uranio empobrecido (duro y muy denso).
- Se obtiene principalmente de la uraninita, la autunita, la torbernitza y la carnotita.

APLICACIONES

URANIO ENRIQUECIDO (con un contenido de uranio-235 de entre el 3 % y el 10 %)

Generación de energía

La principal aplicación del uranio enriquecido es la de actuar como combustible nuclear para generar calor y luego energía eléctrica. Un kilogramo de uranio-235 puede producir 80 terajoules de energía, tanta como 3000 toneladas de carbón.

URANIO ENRIQUECIDO (con un contenido de uranio-235 de entre el 20 % y el 90 %)

Industria militar

Se utiliza básicamente para fabricar bombas atómicas y cabezales nucleares. También como propulsor de los submarinos atómicos.

URANIO EMPOBRECIDO (con un contenido de uranio-235 cerca del 0,7 %; de muy bajo nivel de radiactividad)

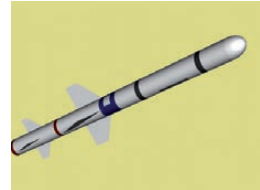
Industria militar

El uranio empobrecido se usa principalmente en la fabricación de proyectiles antiblindaje, ya que cuando impacta, perfora, se inflama y se volatiliza en el interior del vehículo blindado. También se usa como contrapeso para los misiles y aviones militares. Además, se usa para fabricar blindajes de vehículos militares (tanques).

El uranio empobrecido, gracias a su alta densidad, es un material adecuado para el blindaje frente a las radiaciones gamma; por eso se utiliza para fabricar contenedores para almacenar y transportar materiales radioactivos.



Central nuclear



Misil con cabeza nuclear

RECICLAJE

Se reprocesan las pastillas gastadas con uranio y plutonio de las centrales nucleares para ser utilizadas como nuevo combustible (MOX).

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
 MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1983.
 STWIERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<http://www.iaea.org>
<http://www.enresa.es>
<http://www.nrc.gov/materials/fuel-cycle-fac/ur-enrichment.html>

VANADIO (V) [Z = 23]

- Metal dúctil y muy resistente a la corrosión.
- Una fina capa de óxido protege el metal de oxidaciones posteriores.
- Tiene mucha resistencia a los ácidos y a las bases.
- La UE lo consideró metal estratégico en el año 2017.
- Se obtiene de magnetitas ricas en titanio y vanadio (VTM).



VANADITA (clorovanadato de plomo). *Mibladen (Marruecos)*

APLICACIONES

Industria metalúrgica

La principal aplicación de este metal es la aleación ferrovandio que se utiliza como aditivo en la fabricación de aceros para mejorar las propiedades mecánicas del hierro: herramientas, ejes de vehículos, cuchillos, engranajes, blindaje de vehículos, etc. El ferrovandio va teniendo cada vez más uso en la fabricación del forjado que conforma el hormigón armado para construcciones en países donde el peligro de terremotos es alto, así los edificios soportan mejor los movimientos e incendios causados por los movimientos sísmicos.

El vanadio, añadido en aleaciones de titanio y aluminio, mejora la resistencia mecánica y proporciona estabilidad a altas temperaturas; estas aleaciones se usan en la fabricación de motores de aviones.

Industria de baterías

Sigue la investigación de las baterías de flujo redox de vanadio (VRB) con gran capacidad de almacenamiento de energía; así como las de fosfato litio-vanadio, con una alta densidad de energía, mayor potencia, mayor seguridad y menor tiempo de recarga que las de litio-cobalto, tanto para vehículos eléctricos, como para electrónica portátil.

Industria química

La segunda principal aplicación del vanadio es en forma de pentóxido de vanadio, que se utiliza como catalizador químico (sin consumirse), es decir, ayudando a acelerar la reacción química en la obtención de ácido sulfúrico mediante el proceso de contacto y el proceso húmedo.

RECICLAJE

El reciclaje de vanadio se realiza a partir de la recuperación de aceros que lo contengan y de catalizadores utilizados en procesos químicos.



Llave de acero con cromo-vanadio



Llanta de bicicleta con aleación de vanadio



Ácido sulfúrico

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

FRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcís, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/vanadium/mcs-2017-vanad.pdf>

YODO (I) [Z = 53]



CALICHE (roca con salitre e yodatos). Pozo Almonte (Chile)

- Es un elemento esencial para los humanos y animales.
- Se concentra en la glándula tiroides.
- Tiene propiedades antisépticas.
- Se obtiene principalmente del caliche (roca con salitre [nitratos de sodio- potasio y yodatos de calcio]) al norte de Chile y de los yoduros de las salmueras de Minami Kanto (Japón).

APLICACIONES

Industria química

El yodo se utiliza como catalizador en la producción de ácido acético y como desinfectante en el tratamiento del agua. También como biocida en pinturas, adhesivos y tratamientos de la madera.

Medicina

La povidona yodada (polímero combinado con yodo) es el componente básico de muchos antisépticos y desinfectantes que se utilizan para tratar pequeños cortes y heridas en la piel.

Se utiliza como elemento de contraste en las radiografías de ciertas partes del cuerpo, ya que el yodo es un elemento opaco a los rayos X.

El yodo-131 se utiliza en la terapia para tratar el hipertiroidismo. El yodo-125 se usa en braquiterapia para el tratamiento de tumores de próstata y el yodo-123 para el diagnóstico de la enfermedad de Parkinson.

Industria eléctrica

El yodo forma parte de algunos tipos de lámparas halógenas.

Otros campos

La sal yodada se utiliza para corregir deficiencias de este elemento en el cuerpo humano.

El yoduro de plata se combina con el bromuro de plata como base activa de las películas fotográficas y cinematográficas que aún se utilizan, a pesar de la fotografía digital.

El yodo es un componente clave de las láminas polarizantes de pantallas (LCD/LED) de smartphones, tablets y televisores.



Desinfectante con yodo



Radiografía de vejiga con contraste yodado

RECICLAJE

Se reciclan pequeñas cantidades de yodo.



Sal yodada

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iodine/mcs-2017-iodin.pdf>
<http://www.sqm.com>

ZINC (Zn) [Z = 30]

- Metal frágil.
- Tiene un punto de fusión bajo (420 °C).
- Una delgada capa de óxido protege el metal de oxidaciones posteriores.
- Se obtiene principalmente de la esfalerita y la smithsonita.



ESFALERITA ACARAMELADA (sulfuro de zinc). *Picos de Europa (Santander)*

APLICACIONES

Industria metalúrgica

La principal aplicación del zinc, que supone aproximadamente el 55 % del consumo, es como agente anticorrosivo en la galvanización de hierro y aceros.

La segunda aplicación es la fabricación de la aleación Zamak, que contiene zinc como metal base, aleado con el aluminio, el magnesio y el cobre, y se usa en la fabricación de moldes para fundición a presión.

Otra aplicación importante del zinc es la fabricación del latón (aleación de cobre y zinc), que se utiliza en la fabricación de instrumentos de viento, grifos y complementos decorativos.

El zinc se usa en la fabricación de "ánodos de sacrificio", que son piezas de este metal conectadas eléctricamente a estructuras de acero, como puentes, vías de tren y cascos de buques; el zinc se va disolviendo hasta desaparecer, pero durante este proceso ha estado protegiendo el acero de la oxidación.

Industria de baterías

El cloruro de zinc, junto con el carbono y el dióxido de manganeso, forman las clásicas pilas secas, económicas, pero que no admiten un consumo de energía muy elevado, y que van siendo desplazadas por las alcalinas o las de Ni-MH. Las diminutas baterías zinc-aire (el oxígeno reacciona con el zinc y genera energía) son la fuente de alimentación de los pequeños audífonos.

Otros campos

El óxido de zinc se usa en la fabricación de algunos desodorantes y en la fabricación de pinturas blancas, caucho y cremas solares.

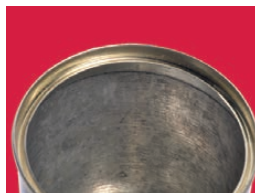
Sulfatos, óxidos y quelatos de zinc se utilizan en agricultura como fertilizantes, curativos y preventivos de enfermedades o deficiencias de cereales y frutales.

RECICLAJE

La fuente principal son los residuos químicos de galvanización, restos de aceros galvanizados y de latón.



Fiscorno



Lata galvanizada con zinc



Pila zinc-aire y audífono

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.

STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.

<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zinc/mcs-2017-zinc.pdf>

<http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=749>

<http://www.zinc.org>



- Metal duro y resistente.
- Muy resistente a la corrosión.
- Es refractario y resiste altas temperaturas.
- Se obtiene del zircón.

ZIRCÓN (silicato de zirconio). *Madagascar*

APLICACIONES

Generación de energía

El zircaloy (aleación de zirconio y otros metales) se utiliza en la fabricación de las barras de los elementos combustibles de los reactores nucleares.

Industria de cerámica

El principal consumo de zirconio está en la fabricación de revestimientos cerámicos esmaltados, muy resistentes al calor a la vez que actúa como opacificante.

Las partes de los motores de las turbinas de gas que tienen que resistir altas temperaturas para producir más electricidad y menos CO₂ están protegidas con una fina capa cerámica altamente refractaria, compuesta por óxido de zirconio e itrio.

Joyería

El zirconio se utiliza en joyería como piedra preciosa cuando tiene buen color y transparencia, y el óxido de zirconio cúbico sintético (zirconita) se utiliza, también en joyería, como gema de imitación; tiene una dureza de 8,5 en la escala de Mohs y un alto índice de refracción, y su apariencia es parecida a la del diamante.

Medicina

También se utiliza el óxido de zirconio (zirconia) en la fabricación de implantes dentales y en prótesis cerámicas para corregir deformaciones de los dedos (*hallux rigidus*), ya que es biocompatible.

Otros campos

Cuando se funde zirconita y alúmina se obtiene la zirconia-alúmina fundida, que se utiliza como un refractario de alto rendimiento, estabilidad química, resistencia mecánica y choque térmico, muy usada en revestimientos de las naves espaciales expuestas a las altas temperaturas originadas en su entrada a la atmósfera terrestre. También en la fabricación de discos abrasivos, rodamientos mecánicos, cuchillos, etc.



Baldosa con óxido de zirconio



Implante dental de óxido de zirconio

RECICLAJE

El zirconio reciclado proviene de la reutilización de chatarra producida durante el tratamiento y la fabricación de elementos con este metal, y de los refractarios usados o desgastados.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zirconium/mcs-2017-zirco.pdf>



Explotación de tierras raras. *Nancheng (provincia de Jiangxi), China*

Detrás de los minerales, siempre hay las personas...

TIERRAS RARAS

- Se llaman tierras raras el grupo de elementos de la serie de los lantánidos más el escandio y el itrio. Se subdividen en dos grupos: ligeras y pesadas.
- Se encuentran básicamente en la monacita, la bastnäsita, la xenotima y en arcillas lateríticas de adsorción iónica impregnadas de tierras raras pesadas, del sur de China.

(ver cada una en su propia página)

Tierras raras ligeras

Lantano (La), cerio (Ce), praseodimio (Pr), neodimio (Nd) y samario (Sm). La UE los consideró metales estratégicos en el año 2017.

Tierras raras pesadas

Europio (Eu), gadolinio (Gd), terbio (Tb), disprosio (Dy), holmio (Ho), erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu). La UE los consideró metales estratégicos en el año 2017.

Otros elementos (que se encuentran en otros minerales)

El itrio (Y) y el escandio (Sc) (La UE los consideró metales estratégicos en el año 2017), no son propiamente tierras raras; aunque sus propiedades fisicoquímicas son muy similares a las de las tierras raras, y por esos se incluyen en este grupo.

APLICACIONES

Fabricación de imanes

Los imanes fabricados a partir de tierras raras (como los de neodimio Nd-Fe-B) son los imanes permanentes más potentes y de menor volumen que existen. Se usan en los motores eléctricos de los coches híbridos y en los generadores de las turbinas eólicas, porque se consigue un mejor rendimiento de generación de energía a partir del viento. También se utilizan en los equipos de aire acondicionado, en ascensores, en los discos duros de ordenadores, en aparatos electrónicos de poco volumen, pero que necesitan imanes de fuerte magnetismo, como auriculares pequeños (de reproductores multimedia, *smartphones*, etc.), altavoces, micrófonos, y en equipos de resonancia magnética.

Industria de baterías

Las tierras raras son el componente clave de las baterías de níquel e hidruro metálico (lantano) (Ni-MH) que se usan en coches híbridos y en algunos vehículos eléctricos, en ordenadores portátiles, etc.



ARCILLA IMPREGNADA DE TIERRAS RARAS PESADAS. (*China*)



MONACITA (Fosfato de cerio, lantano, neodimio, itrio, gadolinio y torio). *Minas Gerais (Brasil)*

Industria del automóvil

Se usan en los catalizadores del tubo de escape de los vehículos.

Industria eléctrica y electrónica

Se usan en la fabricación de LED's, y como fosforóforos en las pantallas de plasma, LCD, en las bombillas de bajo consumo, fluorescentes (*fosforóforo: compuesto que presenta luminiscencia cuando es excitado por electrones*) (*portador de propiedades del fósforo elemento*).

Industria del vidrio y la cerámica

Se usan en pulidos de gran calidad de cristales, siendo además, absorbentes de la luz ultravioleta.

Se utilizan como colorantes y opacificantes en la cerámica clásica, y en las cerámicas técnicas, las tierras raras les dan resistencia al calor, poco peso y alta dureza. También se usan en la preparación de esmaltes.

Medicina

Se usa en láseres YAG para usos médicos (oftalmología, dermatología, ginecología, cirugía oral, urología).

Otros usos

En los procesos de destilación del crudo del petróleo.

RECICLAJE

Actualmente, ya se están reciclando el neodimio y el disprosio de los imanes de los aerogeneradores, de motores eléctricos y de discos duros (Santoku Corporation); como también el lantano y el níquel de las baterías NiMH (Umicore).

La empresa Solvay-Rhodia, en la fábrica de La Rochelle de Francia, ya recicla las lámparas fluorescentes y de bajo consumo, el cerio, lantano, europio, terbio, gadolinio e itrio que contienen.

Se siguen investigando métodos para recuperar estos valiosos elementos de los equipos electrónicos viejos (*minería urbana*), ya que a pesar de que su contenido en ellos sea muy bajo, caro y complicado extraerlos, la creciente demanda de nuevos equipos y el riesgo de suministro por parte del principal productor mundial que es China, justificará los procesos y costes de recuperación.

<http://web.mit.edu/12.000/www/m2016/finalwebsite/index.html>

CERIO (Ce) [Z = 58]



MONACITA (fosfato de cerio, lantano, neodimio, itrio, gadolinio y torio). *Esje (Noruega)*

- Forma parte del grupo de las tierras raras ligeras.
- Es dúctil y maleable.
- Se oxida fácilmente en contacto con el aire.
- Es pirofórico, se inflama fácilmente al rascarlo o triturarlo.
- Se encuentra en la monacita, la bastnäsita, la allanita, la cerita y la samarskita.

APLICACIONES

TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS	
1	H
2	He
3	Li
4	Be
5	B
6	C
7	N
8	O
9	F
10	Ne
11	Na
12	Mg
13	Al
14	Si
15	P
16	S
17	Cl
18	Ar
19	K
20	Ca
21	Sc
22	Ti
23	V
24	Cr
25	Mn
26	Fe
27	Co
28	Ni
29	Cu
30	Zn
31	Ga
32	Ge
33	As
34	Se
35	Br
36	Kr
37	Rb
38	Sr
39	Y
40	Zr
41	Nb
42	Mo
43	Tc
44	Ru
45	Rh
46	Pd
47	Ag
48	Cd
49	In
50	Sn
51	Sb
52	Te
53	I
54	Xe
55	Ba
56	La
57	Ce
58	Pr
59	Nd
60	Pm
61	Sm
62	Eu
63	Gd
64	Tb
65	Dy
66	Ho
67	Er
68	Tm
69	Yb
70	Lu
71	Hf
72	Ta
73	W
74	Re
75	Os
76	Ir
77	Pt
78	Au
79	Hg
80	Tl
81	Pb
82	Bi
83	Po
84	At
85	Fr
86	Ra
87	Ac
88	Th
89	Pa
90	U
91	Np
92	Pu
93	Am
94	Cm
95	Bk
96	Cf
97	Es
98	Fm
99	Mendelevium
100	Nobelium
101	Lawrencium
102	Rutherfordium
103	Dubnium
104	Roggenbium
105	Nielsenium
106	Silberbergium
107	Bohrium
108	Hassium
109	Mt
110	Darmstadtium
111	Roentgenium
112	Copernicium
113	Nihonium
114	Flerovium
115	Moscovium
116	Livermorium
117	Tennessine
118	Oganesson

Industria del automóvil

El óxido de cerio forma parte del soporte cerámico de los catalizadores que transforman las emisiones de los gases de escape de los vehículos en CO₂ y H₂O y reducen la contaminación ambiental.

Industria electrónica

Combinado con el itrio se usa en la fabricación de LED's de luz blanca.

Industria del vidrio y la cerámica

El óxido de cerio, combinado con el óxido de estaño, es utilizado en la fabricación de vidrio para automóviles y de paneles solares para absorber las radiaciones ultravioletas.

El óxido de cerio sirve para pulir la superficie del vidrio frontal de los vehículos, de las pantallas LCD y de plasma, y de los cátodos de los tubos de rayos X. También sirve para pulir piedras preciosas y lentes.

Además, se usa como colorante, ya que la combinación de cerio y titanio le da un color amarillo dorado al vidrio.

Se utiliza en la fabricación de prótesis dentales.

Industria química

El cerio, añadido al gasóleo, permite al combustible quemarse de una manera más limpia y con un grado de contaminación más bajo.

Otros campos

El ferrocerio, un material a base de hierro, cerio, lantano, neodimio, praseodimio y magnesio, se usa para fabricar piedras de mechero, ya que al rascarlo chispea.

El óxido de itrio y el de cerio son los sustitutos del torio en las camisas de luz de gas, porque son resistentes al calor, dan una luz muy intensa cuando se calientan y no son radiactivos.



Soporte cerámico del catalizador con cerio



LED blanco



Piedras de mechero

RECICLAJE

El cerio utilizado en los procesos de pulimento se reutiliza el máximo posible.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2017-raree.pdf

DISPROSIO (Dy) [Z = 66]

- Forma parte del grupo de las tierras raras pesadas.
- Dúctil y maleable.
- Tiene un brillo metálico plateado.
- Se encuentra principalmente en las arcillas impregnadas de tierras raras pesadas de China, en la xenotima, la monacita y la bastnásita.



ARCILLA IMPREGNADA DE TIERRAS RARAS PESADAS CON DISPROSIO. China

APLICACIONES

Fabricación de imanes

El disprosio, junto con el neodimio y el terbio, es utilizado en la fabricación de imanes permanentes, ya que ayuda a mantener y aumentar la fuerza del campo magnético a pesar de las altas temperaturas.

Estos imanes tienen aplicaciones en los motores eléctricos de los vehículos híbridos y en los aerogeneradores, de los cuales mejoran el rendimiento. También es uno de los componentes principales de los imanes de los discos duros de los ordenadores.



Vehículo híbrido

Industria metalúrgica

El disprosio tiende a mejorar la resistencia de los aceros a la corrosión.

El disprosio, el hierro y el terbio forman una aleación con la magneto-resistencia más potente que existe a temperatura ambiente, el ferfenol-D, usado en sistemas de sonar naval y en sensores magnetomecánicos (ver: *Tierras raras: terbio*).



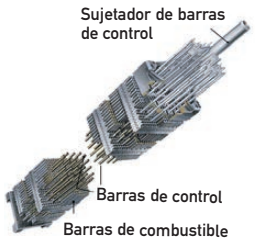
Disco duro de PC

Generación de energía

Tiene una gran capacidad de absorción de neutrones, razón por la cual se puede utilizar en la fabricación de las barras de control de los reactores nucleares, que tienen como función regular la reacción nuclear en cadena que produce calor.

Industria eléctrica

El yoduro de disprosio se utiliza en la fabricación de lámparas halógenas de alta intensidad para iluminación y proyección, porque mejora la calidad del espectro y sobretodo en la franja del rojo.



Barras de control

RECICLAJE

Se está desarrollando procesos de reciclaje del disprosio a partir de imanes recuperados que lo contengan de motores eléctricos, aerogeneradores y aparatos electrónicos grandes.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2017-raree.pdf



XENOTIMA (fosfato de itrio con cerio, erbio y torio). *Novo Horizonte (Bahía, Brasil)*

- Forma parte del grupo de las tierras raras pesadas.
- Maleable y dúctil.
- Es estable en contacto con el aire, y no se oxida tan fácilmente como otros metales de las tierras raras.
- Se encuentra principalmente en las arcillas impregnadas de tierras raras pesadas de China, y también en la xenotima y la euxenita.

APLICACIONES

TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS	
1	H
2	He
3	Li
4	Be
5	B
6	C
7	N
8	O
9	F
10	Ne
11	Na
12	Mg
13	Al
14	Si
15	P
16	S
17	Cl
18	Ar
19	K
20	Ca
21	Sc
22	Ti
23	V
24	Cr
25	Mn
26	Fe
27	Co
28	Ni
29	Cu
30	Zn
31	Ga
32	Ge
33	As
34	Se
35	Br
36	Kr
37	Rb
38	Sr
39	Y
40	Zr
41	Nb
42	Mo
43	Tc
44	Ru
45	Rh
46	Pd
47	Ag
48	Cd
49	In
50	Sn
51	Pb
52	Hg
53	Tl
54	Pb
55	Bi
56	Po
57	At
58	Rn
59	Fr
60	Ra
61	Ac
62	Th
63	Pa
64	U
65	Np
66	Pu
67	Am
68	Cm
69	Bk
70	Cf
71	Es
72	Fm
73	Mendelevium
74	Nobelium
75	Livermorium
76	Tennessium
77	Oganesson

Industria del vidrio y la cerámica

El erbio se usa como colorante rosa en la fabricación del vidrio y la cerámica, así como en la fabricación de la zirconita para joyería.

Industria electrónica

Se usa en comunicaciones vía fibra óptica, ya que permite amplificar directamente un impulso luminoso dentro del cable sin tener que convertirlo en señal eléctrica, de forma que sale de la fibra de vidrio dopada con erbio con mucha más intensidad que cuando entró.

Generación de energía

Tiene una gran capacidad de absorción de neutrones, razón por la cual se puede utilizar en la fabricación de barras de control de los reactores nucleares, que tienen como misión regular la reacción nuclear en cadena que produce calor.

Medicina

Es un componente del láser Er-YAG utilizado en dermatología para eliminar imperfecciones de la piel. Sus características técnicas hacen que su aplicación sobre la piel actúe sobre las capas superficiales de la misma sin dañar las otras más profundas.

Otros campos

Es usado como componente de los vidrios de ciertos filtros fotográficos.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del erbio.



Filtro fotográfico



Láser Er-YAG



Sujetador de barras de control

Barras de control

Barras de combustible

Barras de control

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2017-raree.pdf

ESCANDIO (Sc) [Z = 21]

- Se clasifica como un elemento del grupo de las tierras raras, porque presenta características similares, pero realmente no lo es.
- Es un metal raro, ligero y resistente a los ácidos.
- La UE consideró este metal como estratégico en el año 2017.
- Se encuentra en minerales ricos en tierras raras, principalmente la thortveitita, la gadolinita y la euxenita.



GADOLINITA (silicato de cerio, erbio, escandio, iterbio y berilio). *Khibiny (P. Kola, Rusia)*

- Se puede extraer también de la carbonización de los lodos rojos finales de la obtención del aluminio (*red mud*).

APLICACIONES

Industria metalúrgica

La principal aplicación del escandio es la producción de aleaciones con aluminio, como la AlMgSc, con la que se consigue una aleación muy resistente a la corrosión, ligera y durable, permitiendo una muy buena capacidad para la soldadura por fusión con rayo láser, obteniendo excelentes propiedades de las uniones soldadas y permitiendo así la eliminación de remaches. La empresa Airbus Group lleva años investigando en las aleaciones AlMgSc (Scalmalloy®)

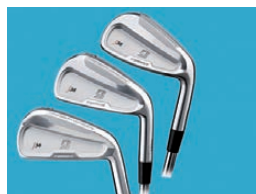
También se está ensayando la combinación: aluminio-escandio-zircón (AlScZr), aleación que permite ser soldada en vez de remachada, disminuyendo así el peso de los aviones comerciales en un 20 %, con la correspondiente reducción del consumo de combustible.

Si bien la presencia del escandio metal en el mercado es escasa y a la vez los precios son muy elevados, se cree que los incrementos de sus aplicaciones mejorarán los volúmenes de extracción y disminuirán los precios.

También aleaciones AlSc son utilizadas para la fabricación de equipos deportivos de gama alta como bates de béisbol, cuadros de bicicleta y palos de golf. Esta aleación es inerte a la acción de aguas saladas y se usa en la construcción de ciertas piezas de barcos y de plantas desalinizadoras.

Industria de lámparas

El óxido de escandio se utiliza en la fabricación de lámparas de descarga de alta intensidad para iluminar estadios i escenarios. El yoduro de escandio, añadido a las lámparas de vapor de mercurio, aumenta la intensidad de la luz emitida y le da una temperatura de color similar a la de la luz solar, de esta forma se consigue que las imágenes nocturnas de TV retransmitidas se an como tomadas con luz de día.



Palos de golf



Iluminación de un estadio de fútbol

RECICLAJE

Se desconoce el reciclado del escandio.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/scandium/mcs-2017-scand.pdf>



- Es el más reactivo de las tierras raras pesadas.
- Es blando como el plomo y es bastante dúctil.
- Se oxida rápidamente con el aire.
- Se encuentra principalmente en la bastnäsita y la monacita.

BASTNÄSITA (carbonato de cerio, lantano, itrio, europio, neodimio y samario). *Peshawar (Pakistán)*

APLICACIONES

Industria electrónica

El óxido de europio (III) es usado como material fosforescente (fosforóforo) rojo, junto con el terbio y el itrio, en las pantallas de plasma y LCD, y en tecnología militar (*fosforóforo: compuesto que presenta luminiscencia cuando es excitado por electrones*) (portador de propiedades del fósforo elemento).

Industria de lámparas

El europio se utiliza en la fabricación de lámparas fluorescentes compactas (de bajo consumo) para mejorar la eficiencia energética y obtener una tonalidad más cálida que la de los fluorescentes clásicos.

Medicina

El europio interviene en el proceso de detección del síndrome de Down y en otras enfermedades genéticas.

El europio es usado como fosforóforo, junto con el bromo, el bario y el flúor, en las placas para radiografías digitales con rayos X, que han sustituido las anteriores con película fotográfica.

Otros campos

El europio se usa en la fabricación de pinturas fosforescentes, que una vez expuestas a una fuente de luz intensa mantienen la luminosidad durante horas.

También está presente en las tintas de impresión de los billetes de euro, los cuales adquieren una fuerte fluorescencia de color rojo con luz ultravioleta.

RECICLAJE

La empresa Solvay-Rhodia, en la fábrica de La Rochelle de Francia, ya está reciclando el europio de las lámparas fluorescentes y de bajo consumo que lo contienen.



Bombilla de bajo consumo



Televisión de plasma



Radiografía digital

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earth/mcs-2017-raree.pdf

GADOLINIO (Gd) [Z = 64]

- Forma parte del grupo de las tierras raras pesadas.
- Es maleable y dúctil.
- Es relativamente estable en contacto con el aire.
- Sus compuestos son paramagnéticos.
- Se encuentra en la monacita y la bastnásita.



MONACITA (fosfato de cerio, lantano, neodimio y torio). Minas Gerais (Brasil)

APLICACIONES

Industria electrónica

El gadolinio dopado con terbio se usa como material fosforescente (fosforóforo) de color verde en las pantallas de plasma y LCD (*fosforóforo: compuesto que presenta luminiscencia cuando es excitado por electrones*) (*portador de propiedades del fósforo elemento*).

Industria metalúrgica

Se añade gadolinio a las aleaciones de hierro y cromo para aumentar la resistencia a la corrosión y mejorar la mecanización del acero.

Medicina

Los compuestos de gadolinio son paramagnéticos (débilmente magnéticos) pero responden a los fuertes campos magnéticos de las resonancias magnéticas. Al ser inyectados en el paciente, hacen resaltar el contraste de las imágenes de los vasos sanguíneos con ciertas partes del cuerpo, facilitando de este modo el trabajo del especialista en el diagnóstico.

En la tomografía por emisión de positrones (PET), se han usado como detectores de la radiación cristales de oxiorfosfato de gadolinio (GSO), pero actualmente ya se han incorporado cristales de oxiorfosfato de lutecio dopados con itrio (LYSO) incluso en los más actuales denominados PET digitales (ver: *lutecio*)

Otros campos

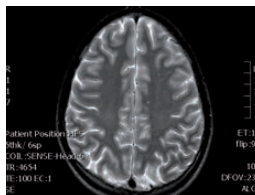
Está en investigación el uso de la aleación de gadolinio con germanio y silicio en la refrigeración magnética, que permitirá reducir los costos eléctricos de calefacción y refrigeración en un 80 %.

RECICLAJE

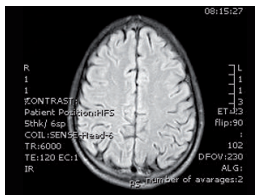
La empresa Solvay-Rhodia ya está reciclando el gadolinio de las lámparas fluorescentes y de bajo consumo que lo contienen.



Televisión de plasma



Resonancia magnética sin contraste de gadolinio



Resonancia magnética con contraste de gadolinio

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2017-raree.pdf



ARCILLA IMPREGNADA DE TIERRAS RARAS PESADAS CON HOLMIO. *China*

- Forma parte del grupo de las tierras raras pesadas.
- Posee propiedades magnéticas extraordinarias.
- Es el elemento que presenta más intensidad magnética.
- Gran absorbente de neutrones generados en fisiones nucleares.
- Se encuentra principalmente en las arcillas impregnadas de tierras raras pesadas de China, en la gadolinita y en la monacita.

APLICACIONES

Industria del vidrio y la cerámica

Excelente colorante para vidrios amarillos y rojos y también para la zirconita utilizada en joyería, a la cual confiere un color melocotón o amarillo según el tipo de luz incidente.

Fabricación de imanes

Se usa para crear fuertes campos magnéticos colocándolo entre fuertes imanes, como "concentrador del flujo magnético".

Medicina

Se utiliza en la fabricación de láseres de estado sólido, como el Ho-YAG (holmio-itrio-aluminio-granate). El láser de holmio es de gran utilidad en intervenciones quirúrgicas, sin hospitalización, de próstata (HBP), piedras en la vejiga o en el riñón, intervenciones oculares, dentales, de piel, de rodilla, etc., por su alta seguridad, eficiencia, poca penetración y por el hecho de ser muy absorbido por el agua de los tejidos, lo que provoca la vaporización y la posterior cauterización de los vasos sanguíneos (ver: *láser KTP a fósforo* o *a potasio*; ver: *láser de tulio*).

Generación de energía

Tiene una gran capacidad de absorción de neutrones, razón por la cual se puede utilizar en la fabricación de las barras de control de los reactores nucleares, que tienen como misión regular la reacción nuclear en cadena que produce calor.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del holmio



Láser de holmio



Vidrio con holmio



Barras de control

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
 STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2017-raree.pdf

ITERBIO (Yb) [Z = 70]

- Forma parte del grupo de las tierras raras pesadas.
- Es maleable y dúctil.
- Reacciona con el agua y se oxida con el aire.
- Se encuentra principalmente en las arcillas impregnadas de tierras raras pesadas de China, en la monacita y en la xenotima.



MONACITA (fosfato de cerio, lantano, neodimio, gadolinio, iterbio y torio). *Exje (Noruega)*

APLICACIONES

Medicina

El isótopo iterbio-169, con una energía de entre 250 y 350 KeV, se utiliza, puntualmente, como fuente de rayos gamma en la radiografía industria portátil y en la medicina.

Industria metalúrgica

El iterbio se añade al acero inoxidable para mejorar el grado de refinamiento y resistencia.

Generación de energía

Es usado en las células solares, junto con el silicio, para convertir la energía solar en electricidad mejorando la eficiencia en la absorción de las longitudes de onda del infrarrojo.

Industria electrónica

El iterbio se puede usar como amplificador en los cables de fibra óptica. Intercalando segmentos de fibras ópticas dopadas con este elemento de forma alternativa en toda la longitud del cable, se incrementa el nivel de la señal. También interviene en la fabricación de láseres marcadores de productos industriales.

Otros campos

El iterbio, sometido a altas presiones, aumenta su resistencia eléctrica, por eso se utiliza para medir deformaciones del terreno en explosiones nucleares, voladuras y terremotos.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del iterbio.



Panel solar



Voladura

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. Guía de identificación de minerales. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2017-raree.pdf



XENOTIMA (Fosfato de itrio, cerio, erbio y torio). *Novo Horizonte (Bahía, Brasil)*

- Se clasifica como elemento del grupo de las tierras raras, porque presenta características similares, pero realmente no lo es.
- Es relativamente estable en contacto con el aire.
- Tiene alta resistencia a los golpes y elevado punto de fusión.
- Se encuentra en la xenotima, la monacita, la bastnäsita y en las arcillas impregnadas de tierras raras de China.

APLICACIONES

Industria metalúrgica

El itrio se añade a las aleaciones de magnesio y aluminio y aporta resistencia a la corrosión.

El granate sintético, formado por itrio y aluminio (YAG) y dopado con neodimio, es el componente básico de los potentes láseres Nd:YAG usados en soldaduras y en el corte de aceros y otros metales.



Corte de plancha con láser

Industria electrónica

El itrio tiene un uso destacado en la tecnología LED's de color blanco. También se usa en las lámparas fluorescentes para producir una intensa luz blanca con un ahorro importante de energía.

El itrio, dopado con europio, es usado como material fosforescente (*fosforóforo*) rojo en la fabricación de pantallas de plasma y LCD (*fosforóforo: compuesto que presenta luminiscencia cuando es excitado por electrones*) (*portador de propiedades del fósforo elemento*).



Bombilla de bajo consumo

Industria de la cerámica

El óxido de itrio añadido al óxido de circonio forma parte de una cerámica extremadamente dura y resistente al calor, utilizada en la fabricación de cuchillos, en odontología, motores.

Medicina

Los láseres Nd:YVO₄:YAG (neodimio-itrio-vanadato/itrio-aluminio-granate) son de gran utilidad en oftalmología, dermatología y otorrinolaringología.

El isótopo itrio-90 se usa en el tratamiento de tumores óseos, tumores en ovarios, páncreas y leucemias.

Otros campos

El óxido de itrio y el de cerio son los sustitutos del torio en las camisas de luz de gas, porque son resistentes al calor, dan una luz muy intensa cuando se calientan y no son radiactivos.

RECICLAJE

La empresa Solvay-Rhodia, en la fábrica de La Roche-le-Francais, ya está recuperando el itrio de las lámparas fluorescentes y de bajo consumo que lo contienen.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
 STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2017-yitri.pdf

LANTANO (La) [Z = 57]

- Forma parte del grupo de las tierras raras ligeras.
- Es maleable, séctil y blando.
- Se oxida rápidamente cuando entra en contacto con el aire.
- Se encuentra en la monacita, la bastnäsita y la loparita.



MONACITA (Fosfato de cerio, lantano, neodimio, itrio, gadolinio y torio). Minas Gerais (Brasil)

APLICACIONES

Industria óptica

El óxido de lantano mejora la resistencia alcalina del vidrio, por eso se usa en la producción de vidrios especiales como los cristales de absorción de infrarrojos (equipos de visión nocturna) y las lentes de las cámaras fotográficas y de los microscopios, mejorando la claridad visual.

Industria de baterías

El lantano es un componente de las baterías recargables de níquel e hidruro metálico (Ni-MH) que se usan en automóviles híbridos, en ordenadores, en equipos electrónicos y herramientas eléctricas portátiles.

Se utiliza como catalizador en las pilas de combustibles de hidrógeno en los vehículos de nueva generación con hidrógeno.

Industria electrónica

El lantano activado por el terbio y por el tulio es usado como material fosforescente (*fosforóforo*) que da los colores verdes y azul a las pantallas plasma y LCD (*fosforóforo: compuesto que presenta luminiscencia cuando es excitado por electrones*) (*portador de propiedades del fósforo elemento*).

Medicina

El carbonato de lantano se usa en el tratamiento de la insuficiencia renal y de la hiperfosfatemia, enfermedad provocada por el exceso de fósforo en la sangre.

Industria química

En la industria del petróleo se usa el lantano en el proceso de craqueo (*cracking*), que es la ruptura de moléculas complejas para obtener otras de más simples que convierten el crudo denso del petróleo en gasóleos, gasolinas y gases (butano, propano, etc.)

Otros campos

El ferrocero, un material con una mezcla de hierro, cerio, lantano, neodimio, praseodimio y magnesio, se usa para fabricar pias de mechero.



Vehículo híbrido



Pantalla de plasma



Batería de Ni-MH

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
MATA, J.M.; SANZ, J. Guía de identificación de minerales. Manresa: Parcir, 1993.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://www.americanelements.com/la.html>
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earth/mcs-2017-raree.pdf

LANTANO (La)

Otra utilización del lantano es en la fabricación de electrodos de alta intensidad de luz para proyectores con lámparas de arco, para teatros, cine, estudios de TV, etc.

RECICLAJE

Toyota Motor Europa ya está reciclando el 90 % de las baterías de sus coches híbridos, y desde 2011, SNAM (Francia), está recuperando el lantano, el níquel y otros metales de las mismas. La empresa Solvay-Rhodia, en la fábrica de La Rochelle de Francia, ya está reciclando el lantano de las lámparas fluorescentes y de bajo consumo que lo contienen.



MONACITA (fosfato de cerio, lantano, neodimio, itrio, gadolinio, iterbio y torio). *Esje (Noruega)*

LUTECIO (Lu) [Z= 71]

- Forma parte del grupo de las tierras raras pesadas.
- Es el más denso y resistente de todos los elementos de las tierras raras.
- Es extremadamente raro.
- Se encuentra en la xetonima, en la monacita y en las arcillas impregnadas de tierras raras de China.



ARCILLA IMPREGNADA DE TIERRAS RARAS CON LUTECIO. China

APLICACIONES

Industria electrónica

El lutecio es utilizado como dopante en el granate de galio y gadolinio (GGG) para fabricar los dispositivos magnéticos de memoria de los ordenadores (memoria de burbuja).

También se utiliza en la obtención de LED's orgánicos (OLED's) (diodos con una capa de componentes orgánicos que reaccionan y producen luz gracias a una estimulación eléctrica), y ya se usan en pantallas de: móviles, tabletas, televisión, equipos electrónicos portátiles.



Teléfono móvil con pantalla de OLED

Industria química

El lutecio es usado como catalizador en la industria del petróleo en el proceso de craqueo.

Medicina

El tantalato de lutecio es el material blanco más denso que se conoce. Se utiliza como material fosforescente (*fosforóforo*) para los equipos de rayos X y las lámparas de descarga de alta intensidad. (*fosforóforo: compuesto que presenta luminiscencia cuando es excitado por electrones*) (*portador de propiedades del fósforo elemento*).

El ortosilicato de lutecio se usa en medicina nuclear en el equipo PET (tomografía por emisión de positrones), mediante el cual, se obtiene una imagen del cuerpo humano donde aparecen diferenciadas las zonas sanas de las alteradas, en sólo 20 minutos.

El ortosilicato de lutecio actúa de sensor de los fotones emitidos por los protones del radioisótopo inyectado al paciente (generalmente flúor-18).

El isótopo Lu-177 (Dotatate) es un radiofármaco empleado en pacientes que presentan metástasis inoperables de tumores neuroendocrinos en el tracto gastrointestinal (estómago, intestino y páncreas). Por un lado, el Lu-177 emite radiación beta que produce el efecto terapéutico y gamma que permite la obtención de imágenes de la evolución del tratamiento.



PET+TAC

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del lutecio

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://www.americanelements.com/lu.html>
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2017-raree.pdf



- Forma parte del grupo de las tierras raras ligeras.
- Es una de las más reactivas.
- Tiene excelentes propiedades magnéticas.
- Tiene brillo metálico plateado.
- Se oxida rápidamente en contacto con el aire.
- Se encuentra en la monacita y la bastnäsita.

BASTNÄSITA (carbonato de cerio, lantano, europio y neodimio). Peshawar (Pakistan)

APLICACIONES

Industria del automóvil, eléctrica y electrónica

Los imanes de neodimio (Nd-Fe-B) son los imanes permanentes más potentes y de menos volumen que existen. Aunque son más frágiles, también resultan más baratos, más ligeros y más potentes que los imanes de samario-cobalto. Se utilizan en los motores eléctricos de los coches híbridos y en los generadores de las turbinas eléctricas, donde permiten obtener un mejor rendimiento de generación de energía a partir del viento, en motores de ascensores, aire acondicionado, en discos duros de ordenador, en vehículos y aviones militares, en pequeños, pero potentes, imanes para auriculares y micrófonos. (ver: *disprosió*)



Aerogenerador

Industria metalúrgica

El granate sintético formado por itrio y aluminio (YAG), dopado con neodimio, es el componente básico de los potentes láseres Nd:YAG usados para soldar (aluminio, titanio, inoxidable) y para cortar metales y otros materiales.



Auriculares con neodimio

Medicina

El neodimio, el boro y el hierro son los componentes de los grandes imanes permanentes que forman parte de los equipos de resonancia magnética abierta. Los láseres de Nd:YVO₄:YAG (neodimio-itrio-vanadato/itrio-aluminio-granate) son de gran utilidad en oftalmología, dermatología y otorrinolaringología.

Otros campos

El ferrocerio, un material de hierro, cerio, lantano, neodimio, praseodimio y magnesio, se usa para fabricar piedras de mechero. El neodimio interviene como catalizador en el proceso de vulcanización del caucho para los neumáticos de coches de fórmula 1, su presencia hace que los neumáticos se peguen al asfalto y duren más.



Vehículo híbrido

RECICLAJE

Se está reciclando el neodimio a partir de los imanes recuperados de motores eléctricos como los de aerogeneradores y vehículos que lo contengan.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos: Barcelona: Vox, 2013.
 STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://www.americanelements.com/nd.html>
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earth/mcs-2017-raree.pdf

PRASEODIMIO (Pr) [Z= 59]

- Forma parte del grupo de las tierras raras ligeras.
- Es reactivo, con el aire genera una capa de color verde.
- Dúctil y más resistente a la corrosión que el lantano, el europio, el cerio o el neodimio.
- Se encuentra en la monacita y la bastnäsita.



MONACITA (fosfato de cerio, lantano, neodimio, itrio, praseodimio, iterbio y torio). *Exje (Noruega)*

APLICACIONES

Fabricación de imanes

El praseodimio, con cobalto y hierro, forma unos imanes que pueden sustituir los de neodimio, boro y hierro. El praseodimio ayuda a mantener la fuerza y el rendimiento del campo magnético de los imanes de neodimio, aunque estén sometidos a altas temperaturas.

Industria del vidrio y la cerámica

Las sales de praseodimio con neodimio se utilizan en la fabricación de los vidrios para las gafas de protección para soldadura eléctrica, así como para producir vidrios protectores de la luz ultravioleta.

En cerámica, se utiliza óxido de praseodimio junto con óxido de zirconio como pigmento de color amarillo intenso.

Industria de lámparas

El praseodimio es usado junto con el europio en la fabricación de bombillas de bajo consumo para mejorar su eficiencia energética.

Industria metalúrgica

La aleación del praseodimio con el magnesio forma un metal de alta resistencia mecánica que se utiliza en los motores de los aviones, previniendo su corrosión.

Otros campos

El ferrocero, un material de hierro, cerio, lantano, neodimio, praseodimio y magnesio, se usa para fabricar piedras de mecheros. En las lámparas de arco eléctrico con el que se iluminan algunas escenas de películas, se utilizan electrodos de carbono dopados con praseodimio, para dar una tonalidad similar a la luz del día.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del praseodimio.



Bombilla de bajo consumo



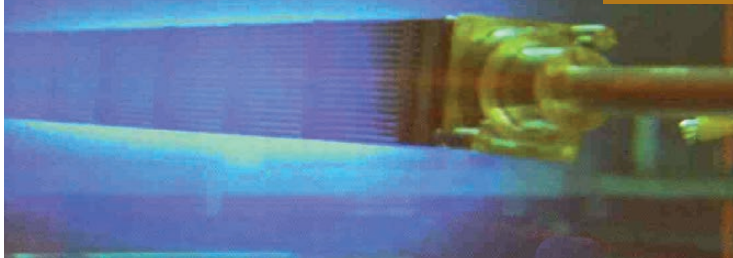
Pantalla de protección de soldadura



Foco de cine

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://www.americanelements.com/pr.html>
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earth/mcs-2017-raree.pdf



- No se ha podido encontrar en la naturaleza.
- Es un elemento radioactivo que emite partículas beta.
- Se obtiene como subproducto de la fisión del uranio.

ELEMENTO COMBUSTIBLE NUCLEAR. El color azul es debido al prometio.

APLICACIONES

Generación de radiaciones y energía

El prometio se utiliza como fuente de radiación beta para medir espesores.

Se utiliza como fuente de luz para las señales que requieren un funcionamiento fiable e independiente, junto con fósforo, que absorbe la radiación beta y produce luz de fosforescencia.

El isótopo prometio-147 se puede usar en la fabricación de baterías nucleares, en las cuales las células convierten las emisiones beta en corriente eléctrica durante una vida útil de cinco años.

El cloruro de prometio se utilizó durante años, junto con el sulfuro de zinc, en la fabricación de pinturas luminosas de relojes, después que las sales de radio fueran desaconsejadas por ser radioactivas.

Cuando el neodimio está sometido a una intensa radiación de neutrones en un reactor nuclear se convierte en prometio

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del prometio.

BIBLIOGRAFIA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://www.americanelements.com/pm.html>

SAMARIO (Sm) [Z = 62]

- Forma parte del grupo de las tierras raras ligeras.
- Tiene buenas propiedades magnéticas.
- Tiene un punto de fusión alto.
- Se encuentra en la bastnäsita y la monacita.



BASTNÄSITA (carbonato de cerio, lantano, itrio, europio, neodimio y samario). Peshawar (Pakistan)

APLICACIONES

Fabricación de imanes

Los imanes de samario-cobalto son muy potentes (los más potentes después de los de neodimio), tienen una alta resistencia a la desmagnetización y a la corrosión, y pueden trabajar perfectamente hasta temperaturas de 300 °C. Eso los hace muy útiles en los motores, separadores magnéticos y en elementos de generación de energía eléctrica para aviones. También se utiliza en la fabricación de imanes de las pastillas electromagnéticas de las guitarras eléctricas y los instrumentos de música electrónicos.

Medicina

El samario-153 se utiliza como medicamento paliativo para aliviar el dolor intenso del cáncer de huesos. El nombre comercial es Quadramet.

Industria del vidrio

Se añade al vidrio para absorber las radiaciones infrarrojas.

Generación de energía

Tienen una gran capacidad de absorción de neutrones, razón por la cual se utiliza en la fabricación de barras de control de algunos reactores nucleares, que tienen como misión regular la reacción nuclear en cadena que produce calor.

RECICLAJE

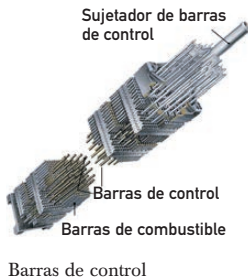
El reciclaje de este elemento está en proceso de investigación; se están buscando sistemas de separación del metal y estudiando su rentabilidad a partir de imanes de samario-cobalto.



Avión comercial



Quadramet



Barras de control

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. Los elementos. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. A Guide to the Elements. Oxford University Press, 2012.
<https://www.americanelements.com/sm.html>
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2017-raree.pdf



ARCILLA IMPREGNADA DE TIERRAS RARAS PESADAS CON TERBIO. China

- Forma parte del grupo de las tierras raras pesadas.
- Maleable y dúctil.
- Es relativamente estable en contacto con el aire.
- Se oxida lentamente.
- Se encuentra en las arcillas impregnadas de tierras raras pesadas de China, en la xenotima y en la monacita.

APLICACIONES

Industria del automóvil, y generación eléctrica

El terbio, junto con el neodimio y el disprosio, forma parte de los imanes de neodimio para soportar temperaturas de hasta 200 °C, que son parte fundamental de los motores eléctricos de los vehículos híbridos y de los generadores de las turbinas eléctricas y permiten obtener un mejor rendimiento en la generación de energía a partir del viento.



Aerogenerador

Industria electrónica

Es usado como material fosforescente (*fosforóforo*) verde en luces fluorescentes y en pantallas plasma y LCD (*fosforóforo: compuesto que presenta luminiscencia cuando es excitado por electrones*) (*portador de propiedades del fósforo elemento*).

El terbio (fosforescencia verde-amarillo limón) y el europio (fosforescencia roja y azul) producen una luz blanca de mucha intensidad, más que la luz del fluorescente tradicional, y consiguen un mejor equilibrio cromático.



Televisor de plasma

Industria metalúrgica

El terfenol-D es una aleación de hierro, terbio y disprosio altamente magnetostrictivo (que se expande o se contrae en presencia de un campo magnético) que se usa en sistemas de sonar naval y en sensores magnetomecánicos.

Otros campos

El terbio (III) está presente en las tintas de los billetes de euro a los cuales les da una fluorescencia de color verde con la luz ultravioleta.

RECICLAJE

Se están desarrollando procesos de reciclaje de terbio a partir de los imanes recuperados de motores eléctricos, aerogeneradores y aparatos electrónicos grandes.

La empresa Solvay-Rhodia, en la fábrica de La Rochelle de Francia, ya está reciclando el terbio de las lámparas fluorescentes y de bajo consumo que lo contienen.



Vehículo híbrido

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
 STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2017-raree.pdf

TULIO (Tm) [Z = 69]

- Forma parte del grupo de las tierras raras pesadas.
- Es maleable y dúctil y muy escaso.
- Se oxida lentamente con la humedad.
- Se encuentra en arcillas impregnadas de tierras raras de China y en la monacita.



ARCILLA IMPREGNADA DE TIERRAS RARAS PESADAS CON TULIO. China

APLICACIONES

Fabricación de imanes

El tulio se usa en la fabricación de imanes de cerámica (ferritas sinterizadas) para equipos de microondas.

Medicina

El láser (Ho-Cr-Tm)-YAG se usa en medicina para realizar ablaciones superficiales de tejidos (ver Tierras raras: *holmio*).

El láser de tulio (YAG Tm 180) se utiliza con gran eficiencia en intervenciones quirúrgicas sin hospitalización del engrandecimiento benigno de próstata (HBP), en los procesos de vaporización, coagulación y seccionamiento de la misma. Presenta muy buena absorción del agua presente en los tejidos. (ver Tierras raras: *holmio*).

Otros campos

El isótopo tulio-170, con una energía de 85 keV, se utiliza como fuente de rayos gamma en la radiografía industrial portátil, la arqueología, el arte, la medicina, etc., a pesar de tener un coste elevado y poca disponibilidad en el mercado.

El láser (Ho-Cr-Tm)-YAG es de alta eficiencia y tiene muchas utilidades en meteorología y en la industria militar.

El tulio (III) está presente en la tinta de los billetes de euro a los cuales da fluorescencia de color azul con luz ultravioleta.



Ferrita sinterizada



Billete de euro

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

GRAY, T. *Los elementos*. Barcelona: Vox, 2013.
STWERTKA, ALBERT. *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, 2012.
<https://www.americanelements.com/tm.html>
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2017-raree.pdf

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje del tulio.

MINERALES INDUSTRIALES

En esta sección encontraréis la mayor parte de los minerales llamados industriales (excluidos, generalmente, los metálicos y combustibles minerales), de gran valor económico y que son utilizados directamente en procesos industriales o mediante una preparación adecuada, en función de sus propiedades físicas o químicas, más que por los compuestos o elementos que se puedan extraer de ellos.

Una casa familiar contiene hasta 150 toneladas de minerales industriales, un coche hasta 250 kg; estos minerales representan el 50 % del contenido de las

pinturas y hasta el 50 % del papel, mientras que la cerámica y el vidrio están fabricados totalmente con estos minerales, que son esenciales en nuestra vida cotidiana

Cerca de un 50 % de estos minerales se reciclan de forma indirecta. Es decir, cuando se reutilizan o transforman muchos de los productos donde han sido utilizados: cerámica, hormigón, vidrio, papel, plásticos, etc. se están reciclando y ahorrando minerales industriales primarios. (<http://www.ima-europe.eu>)

APLICACIONES

Las aplicaciones más importantes de estos minerales se pueden dividir en cuatro grupos:

Construcción

Son minerales esenciales para construir casas, hacer carreteras, fabricar vidrio, mortero, hormigón, revestimientos cerámicos, etc. (por ejemplo la caliza, el yeso, la dolomía, la thenardita, la arena sílice o la caolinita).

Industria

Estos minerales intervienen en los procesos de fabricación de refractarios, cementos, aislantes, abrasivos, papel, plástico, neumáticos, pinturas, detergentes, cosméticos, medicamentos, fertilizantes (son minerales como la magnesita, la thenardita, el talco, la sílice, la calcita, la mica, la silvina o la dolomita).

Medio ambiente

También en este campo intervienen estos minerales, en el tratamiento de suelos, de aguas, en la restauración de terrenos degradados (por ejemplo el yeso, el talco, la dolomita, las zeolitas, la calcita y la magnesita).

Agricultura y ganadería

Estos minerales son esenciales como fertilizantes para el campo, en la corrección del pH de los suelos y como aditivos para la alimentación animal (entre otros, la silvina, la magnesita, la fosforita, la calcita y la dolomita).





Barita (pág. 16)



Miles de asientos de plástico en un campo de fútbol



100 kg de cerezas por árbol



Silvina (pág. 114)

Roca caliza (pág. 101)



Toneladas de hormigón para construir una autovía

CALCITA



CALCITA (Carbonato de calcio). *Illes Medes (Baix Empordà), Cataluña*

- Carbonato de calcio.
- Frágil y poco duro.
- Es reactivo con los ácidos y produce efervescencia.
- Es un mineral formador de rocas sedimentarias y metamórficas, como las calizas y los mármoles.

APLICACIONES

Las aplicaciones descritas a continuación corresponden, básicamente, a las de las rocas de las cuales este mineral es el principal formador, como son: la caliza, el mármol y la creta.

Industria química y del vidrio

El carbonato de calcio extraído de la roca caliza, se utiliza como fertilizante agrícola en tierras ligeramente ácidas y en el tratamiento de aguas potables. También forma parte del proceso de fabricación del vidrio.

Industria siderúrgica

La caliza es esencial en la siderurgia para la obtención del hierro y del acero.

Construcción

También es importante el consumo de la roca caliza como árido y en la fabricación de cemento, hormigón y cal. Ciertas rocas calizas y mármoles de calidad se utilizan como rocas ornamentales en fachadas e interiores de edificios, y otras, como grava en jardinería.

Otros campos

La creta se utiliza en cargas para dar consistencia a papeles, pinturas, plásticos, polímeros, adhesivos, chicles, en la fabricación de "yesos" para las escuelas, en alimentación y en la producción de abrasivos suaves. También se usa como absorbente de aceites y gases, ya que es una roca porosa y como complemento alimenticio para las gallinas, para dar consistencia a la cáscara de los huevos.

La creta se utiliza también en la fabricación de extintores, esmaltes, cosméticos, detergentes... y en el aglomerado asfáltico.

RECICLAJE

Se recicla el óxido de calcio (cal) utilizado en las industrias del papel, en depuradoras y en fábricas de carburos. El reciclaje y/o reutilización del vidrio, plástico y restos de construcción y derribs, contribuye a la disminución del consumo de caliza.



Cemento



Fabricación de papel



Huevo de gallina

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<http://www.comoelosaridos.org>
<http://imerys-carbonates.com/es/>
<http://reverteminerals.com>

CAOLINITA

- Silicato de aluminio hidratado.
- Componente básico de muchas arcillas.
- Blanco y suave al tacto.
- Adquiere plasticidad en contacto con el agua.
- Tiene baja conductividad térmica y eléctrica.



CAOLINITA (silicato de aluminio hidratado). *Ares d'Alpont (Serrans), Cataluña*

APLICACIONES

Las aplicaciones descritas corresponden al caolín.

Industria farmacéutica

El caolín se utiliza ampliamente en medicamentos para tratar problemas gastrointestinales, para aligerar la irritación estomacal y también como anti-diarreico.

Industria de cosméticos

El caolín es la base de muchos cosméticos. Ayuda a la eliminación de puntos negros y suciedad de la piel, elimina la grasa y deja una piel lisa y suave.

Industria del papel

El caolín se utiliza como carga para dar consistencia y opacidad al papel y también se aplica como capa superficial para dar al papel el aspecto brillante que a menudo vemos en las revistas.

Industria de la cerámica y el vidrio

La principal utilización del caolín es en la fabricación de cerámicas sanitarias, baldosas y vajillas, ya que proporciona fuerza, plasticidad y reduce la deformación en la cocción. En la fabricación del vidrio, ayuda a estabilizar la masa fundida a alta temperatura. Interviene como aditivo en la obtención de la fibra de vidrio.

Otros campos

Se utiliza como pigmento en pinturas y plásticos, ya que ofrece brillo y opacidad. También en la fabricación de "yesos" para las pizarras de las escuelas.

El caolín se usa en la fabricación de correas de transmisión de goma, ya que aumenta la dureza, la rigidez y la resistencia a la abrasión.

El caolín se utiliza en la fabricación de plásticos porque mejora las propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas.

RECICLAJE

El reciclaje directo es insignificante, pero se ahorra mucho caolín reciclando papel y plásticos.



Cerámica sanitaria



Productos cosméticos



Periódicos

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<http://www.ima-europe.eu/about-industrial-minerals/industria-minerals-ima-europe/kaolin>
<http://www.imeys-perfmins.com/calced-kaolin/eu/calced-kaolin.htm>

CARNALITA



- Cloruro de potasio y magnesio hidratado.
- Tiene gusto salado y muy amargo.
- Frágil.
- Es muy higroscópico (absorbe la humedad).
- Se encuentra en depósitos evaporíticos.

CARNALITA (cloruro de potasio y magnesio). *Balsareny (Bages), Cataluña*

APLICACIONES

Industria química

Puede ser una fuente de extracción de potasio, el cual se utiliza como fertilizante agrícola, aunque es más costoso que extraerlo de la silvita, ya que la separación por flotación es menos eficaz.

Industria metalúrgica

La carnalita se utiliza en la fundición de aluminio; se aplica una delgada capa a los lingotes como recubrimiento protector.

Investigación

Entre las líneas de investigación que ICL Iberia Súa & Sallent trabaja, relacionadas con la eficiencia energética, se incluye el uso de materiales procedentes del proceso de producción para el almacenamiento de energía en forma de calor. El proyecto SOLAR recoge varias iniciativas por parte de ICL Iberia Súa & Sallent para evaluar la viabilidad de utilizar sales como el cloruro sódico y/o carnalita para el almacenaje de calor sensible. Los sistemas de almacenamiento de energía permiten aprovechar los excedentes energéticos, producidos en horas de baja demanda, para ser utilizados en horas punta del mercado eléctrico.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de carnalita.



Lingote de aluminio



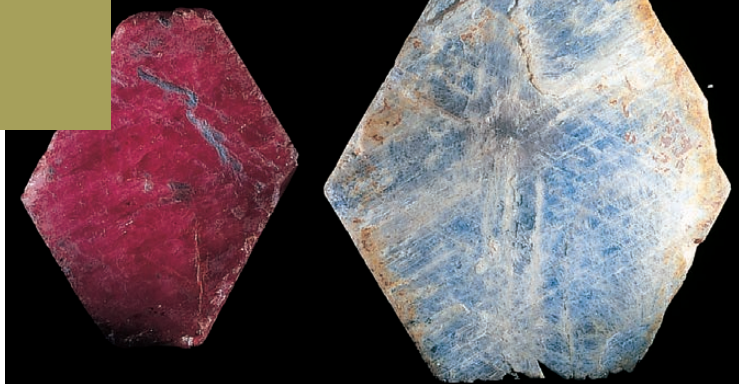
Cerezo abonado con potasio

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<http://www.iciberia.com/page/innovacion>

CORINDÓN

- Óxido de aluminio.
- Es muy duro (9 en la escala de Mohs).
- Al corindón transparente de color rojo con impurezas de Fe-Cr se le llama rubí.
- Al corindón transparente de color azul con impurezas de Fe-Ti se le llama zafiro.
- También hay de otros colores (amarillo, naranja...)



CORINDÓN (óxido de aluminio). *Madagascar*

APLICACIONES

Joyería

La principal aplicación del corindón transparente o translúcido y con buen color es como piedra preciosa en joyería.

Desde hace años se fabrica el corindón sintético con el proceso llamado de Verneuil o mediante la síntesis hidrotermal, con los cuales se obtiene una calidad casi idéntica a la del corindón natural, tanto de rubí como de zafiro, y unos cristales más grandes que los de la naturaleza a precios muy económicos comparados con los naturales.

Fabricación de abrasivos

La alta dureza del corindón lo hace especialmente útil como abrasivo. Se encuentra en la naturaleza una variedad granular impura del corindón llamada esmeril, formada por una mezcla de este mineral con óxidos de hierro (hematites o magnetita) y espinela, de dureza mediana 8 (en la escala de Mohs), que se utiliza para desbastar y pulir metales, deslustrar el vidrio, trabajar las piedras preciosas de dureza igual o inferior a 8, afilar herramientas mecánicas, etc.

En el mercado estos abrasivos se pueden encontrar en forma de muelas o bien sobre tela (tela de esmeril). Ciertas limas para las uñas llevan una capa de corindón sintético finamente triturado.

Otros campos

Además del mundo de la joyería, el corindón sintético se usa en la construcción de ciertas partes mecánicas como, por ejemplo, tubos, barras, cojinetes y equipos ópticos resistentes al rayado, y como componente de láseres.

RECICLAJE

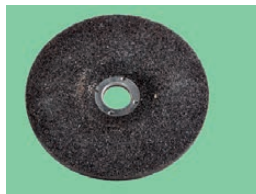
Ciertas industrias de metales que trabajan con el esmeril en grano, lo recuperan al máximo para reutilizarlo.



Rubí con efecto asterismo (estrella)



Zafiro con diamantes



Disco de esmeril

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<http://geology.com/minerals/corundum.shtml>



CUARZO AMATISTA (óxido de silicio). *Minas Gerais (Brasil)*

- Es un silicato (óxido de silicio).
- Es duro (7 en la escala de Mohs) y frágil.
- Al aplicar corriente eléctrica entre los extremos de un cristal de cuarzo, éste, vibra a una frecuencia exacta (comportamiento resonante).
- Se presenta de varias formas con distintas aplicaciones.

APLICACIONES

Cuarzo macrocristalino

El cuarzo natural se usa en decoración y joyería. En general, el cuarzo sintético, debido a su comportamiento resonante, se utiliza en la fabricación de relojes digitales, emisores de radio y TV, temporizadores, etc. El cuarzo macizo se utiliza en la fabricación del ferrosilicio (aleación usada en la desoxidación y fabricación de aceros especiales).



Silestone

Cuarzo criptocristalino

Son granitos microscópicos de cuarzo (como el sílex) con los cuales se fabrica una roca artificial formada por sílex, resinas y colorantes, que se utiliza en la construcción de cocinas y edificios (Silestone).

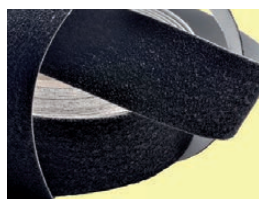
Arena silícea

Fabricación de vidrio, fibra de vidrio, fibra óptica y abrasivos. Es el principal medio de filtración industrial de agua para extraer los sólidos de las aguas residuales, y de filtración de líquidos ácidos y agresivos, ya que no se ve afectada por ellos, y filtros para vehículos con gasoil.

La alta resistencia al desgaste y al ataque químico hacen de ella un componente básico en la fabricación de neumáticos, pinturas, cerámicas y refractarios. También tiene utilidad en jardinería.

Se usa en la fabricación de moldes en fundición de hierro, cobre y aluminio, porque tiene un punto de fusión más alto que ellos. La arena silícea de alta pureza combinada con carbono (coque de petróleo) a alta temperatura (más de 2000 °C) da el carborundum (carburo de silicio), material de dureza alta (9 en la escala de Mohs) que se usa como abrasivo y antideslizante, y es utilizado en pararrayos eléctricos ya que es aislante, resistente y refractario.

La tierra de diatomeas (formada por esqueletos silícicos de algas unicelulares) se utiliza como un abrasivo muy fino y como filtro de vinos y aceites.



Carborúndum abrasivo

RECICLAJE

Reciclando el vidrio ahorramos arena silícea. El vidrio es 100 % reciclable sin perder calidad (siempre que no contenga metales pesados como el plomo). Una botella de vidrio se puede reutilizar entre 40 y 60 veces con un consumo energético de solo el 5 % necesario para fundirla.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<http://sibelcohispania.com>
<http://www.ima-europe.eu/about-industrial-minerals/industrial-minerals-ima-europe/silica>
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silica/mcs-2017-sandi.pdf>

DOLOMITA

- Carbonato de calcio y magnesio
- Mineral parecido a la calcita, pero no es efervescente con ácido clorhídrico si no se calienta. Es más resistente a los ácidos que la calcita.
- La dolomía es la roca formada principalmente por dolomita, de aplicaciones similares a la caliza.
- También hay mármoles dolomíticos.



DOLOMITA (carbonato de calcio y magnesio). *Eugui (Navarra)*

APLICACIONES

Las aplicaciones descritas corresponden a la dolomita y a la dolomía.

Agricultura

La dolomita se mezcla con los suelos para reducir la acidez y como fuente de magnesio, para el buen crecimiento de las plantas, influye directamente en la función clorofílica y en la asimilación del potasio.



Campo de maíz

Industria siderúrgica

La dolomía sinterizada (calcificada a 1600 -1700 °C) se ha utilizado como refractario en siderúrgica. Actualmente, se usa la magnesita calcinada, ya que la presencia del óxido de calcio de la dolomita disminuye la calidad final de la fundición (ver: *magnesita*). La dolomita también tiene utilidades como fundente de los aceros en los altos hornos.

Otros campos

La dolomita y la dolomía en polvo se utilizan como agentes de carga en la fabricación de jabón, detergentes, pinturas, cerámicas, esmaltes, caucho y papel.

La dolomía que presente un aspecto atractivo, se utiliza como roca ornamental: en construcción, como revestimiento de paredes interiores y exteriores, ya que es un buen aislante térmico y es resistente al fuego.

Como árido, la dolomía se utiliza en la preparación de hormigones, morteros y estuco; en el refinado del azúcar; como absorbente de metales pesados en suelos contaminados, en el tratamiento de aguas residuales, en la fabricación de vidrio.



Pinturas

RECICLAJE

El mejor reciclaje de este mineral es el indirecto, que es el que se obtiene reciclando papel y vidrios.



Cerámicas

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.

<http://www.calcinor.com>

<http://www.samim.fr>

EPSOMITA



EPSOMITA (sulfato de magnesio). *Terrer (Zaragoza)*

- Sulfato de magnesio heptahidratado.
- Tiene un sabor un poco salado y amargo.
- Frágil.
- Soluble en agua.
- El nombre común es sal de Epsom.
- Se encuentra en depósitos evaporíticos.

APLICACIONES



Medicina

La sal de Epsom se utiliza en forma de gel para tratar heridas, dolores y molestias por vía tópica, y en forma de polvo se utiliza como laxante. También como complemento dietético de magnesio.

Industria química

La alta solubilidad que tiene el sulfato de magnesio lo hace ideal como corrector del contenido de suelos agrícolas.

Otros campos

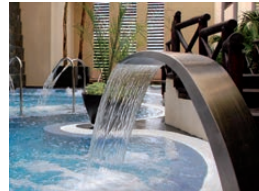
La sal de Epsom se utiliza como sal de baño en la terapia de flotación, ya que hace que aumente la densidad del agua y la persona sumergida en esta agua tratada se siente más relajada.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de la epsomita.



Medicamento



Baños terapéuticos

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
http://epsomsaltcouncil.org/about_epsom_salt.cfm

- Son aluminosilicatos de potasio (ortoclasa), de sodio (albita) o de calcio (anortita).
- Los feldespatos de sodio y calcio forman las plagioclasas.
- Tienen una dureza alta (6 en la escala de Mohs).
- Alta resistencia a la abrasión.
- Baja viscosidad.
- Son muy abundantes en todos los ambientes.



FELDESPATO ORTOCLASA (silicato de aluminio y potasio). *Montnegre (Maresme), Cataluña*

APLICACIONES

Industria de la cerámica

Una de las principales aplicaciones es como agente de fluidez de la mezcla formada por la arcilla, cuarzo y el agua en la fabricación de la cerámica, y como elemento que mejora la resistencia y la dureza.

Los feldespatos se utilizan como fundente, junto con la caolinita, en la fabricación de porcelana para vajillas, sanitarios, aislantes y fusibles eléctricos, etc.



Cerámica sanitaria

Industria del vidrio

La principal utilidad de los feldespatos es en la fabricación del vidrio, en la que actúan como fundente, reduciendo la temperatura de fusión de cuarzo (consiguiendo un notable ahorro energético en la producción), ayudando a controlar la viscosidad del mismo y mejorando la dureza y la durabilidad.

Otros campos

También se utilizan como carga en pinturas, esmaltes, plásticos, adhesivos y en el caucho con el que se fabricarán neumáticos, cintas, correas, etc.

Las variedades de feldespatos: adularia (piedra luna) y la labradorita, que presentan bellas coloraciones, son empleadas en joyería.



Vajilla de porcelana

RECICLAJE

El reciclaje de los feldespatos es indirecto. Al reciclar envases de vidrio, se contribuye a disminuir su consumo, con un notable ahorro energético.



Gres cerámico

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<http://www.ima-europe.eu/about-industrial-minerals/industrial-minerals-ima-europe/feldspar>
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/feldspar/mcs-2017-felds.pdf>
<http://www.ilsansa.com/es/>

FOSFORITA



- Es un fosfato de calcio.
- Puede considerarse como una variedad criptocristalina del apatito.
- Es la fuente principal de fósforo.
- El fósforo es un nutriente esencial para las plantas y los animales (ver: *fósforo*).
- La UE consideró esta roca como estratégica en el año 2017.

FOSFORITA (fosfato de calcio). *Logrosán (Cáceres)*

APLICACIONES

Industria química

La fosforita es la principal fuente de obtención del ácido fosfórico y del ácido superfosfórico, utilizados en la fabricación de fertilizantes agrícolas (superfosfatos) que aportan al suelo la cantidad de fósforo necesaria para el buen crecimiento de las plantas y los árboles.

También son utilizados en la fabricación de suplementos alimenticios para animales.

Los fosfatos forman parte de la composición de muchos detergentes, si bien la Unión Europea ha prohibido su uso en detergentes para lavadoras y lavavajillas a partir de enero de 2017.



Campo de cereales abonado con superfosfatos

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de la fosforita.



Detergente

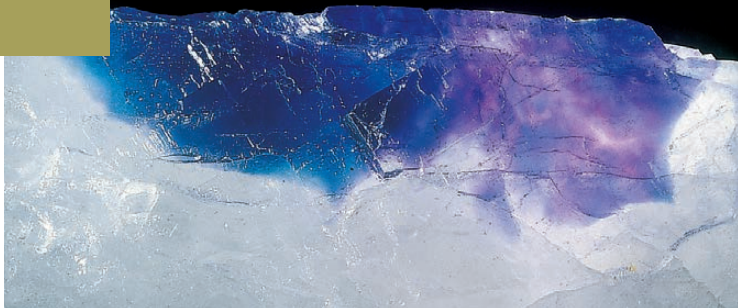


Granja de cerdos

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/mcs-2017-phosp.pdf
<http://www.roullier.com/es/actividades/fosfatos>
<http://www.phosphrea.com>

- Cloruro de sodio.
- Es la sal común.
- Tiene sabor salado.
- Frágil.
- Muy soluble en agua.
- Se obtiene de depósitos evaporíticos y del agua de mar.



HALITA (cloruro de sodio). *Sallent (Bages), Cataluña*

APLICACIONES

Industria química

La mezcla de sal más agua tiene el punto de congelación más bajo que el agua sola y se utiliza para retardar la formación de hielo en las calles y carreteras.

La sal se utiliza en la curtiduría de pieles de animales.

También se usa en la fabricación de detergentes y jabones.

La halita se utiliza como descalcificador, suaviza el agua y evita las incrustaciones de las sales que ésta lleva disueltas.

El cloro extraído de la halita se utiliza en la fabricación de polícloruro de vinilo (PVC) (ver: *Elementos y minerales: cloro*).

La halita es la fuente de obtención de la sosa cáustica (NaOH), del ácido clorhídrico (HCl), del carbonato de sodio (Na₂CO₃) y de la salmuera.

El óxido de sodio interviene en la fabricación del vidrio.

También se extrae sodio metálico de la halita.

Industria alimenticia

La sal tiene un papel fundamental en la alimentación humana y animal. En la preparación de platos en las cocinas, da buen sabor a los alimentos. Los animales necesitan de la sal para ayudar a la digestión de la hierba y piensos.

La halita, sal común, se utiliza en la conservación de alimentos: carnes, pescados, verduras, quesos, etc.

Medicina

Soluciones glucosalinias isotónicas.

Otros campos

Tratamientos de piel (*peeling*), como bactericida y fungicida.

RECICLAJE

El reciclaje de la sal es insignificante.



Máquina repartidora de sal



Anchoas en conserva



Sal para lavavajillas

MAGNESITA



MAGNESITA (carbonato de magnesio). *Eugui (Navarra)*

- Carbonato de magnesio.
- Industrialmente se obtienen tres tipos de magnesita:
 - Cruda (no tratada térmicamente).
 - Calcinada cáustica (700 - 1000 °C).
 - Calcinada a muerte (sinterizada) (1500 -2000 °C).
- Otras fuentes del magnesio son el agua de mar y las salmueras.

APLICACIONES

Industria siderúrgica

El consumo mayoritario de la magnesita se produce en la fabricación de refractarios para altos hornos de fundición de acero, los hornos rotatorios de las cementeras, otros tipos de hornos y para fabricar moldes para fundición.

Industria farmacéutica

El carbonato de magnesio se utiliza en la fabricación de antiácido estomacal y es presente en varios laxantes.

Es utilizado en los tratamientos para hacer frente a enfermedades como el reumatismo y la gota.

Alimentación animal

El óxido de magnesio se añade al pienso para reforzar las defensas de los animales, favoreciendo la fertilidad y la disminución del estrés de los mismos.

Construcción

La magnesita es uno de los componentes de las placas antifuego (por ejemplo las de Pladur); actúan como retardador de la llama junto con yeso, silicatos y fibra de vidrio.

Agricultura

La magnesita se mezcla con la tierra para reducir la acidez y aportar magnesio al terreno. Factores que permiten dos funciones esenciales para el buen crecimiento de las plantas: la función clorofílica y la asimilación del potasio.

Otros campos

Obtención de magnesio metálico, descontaminantes y cementos.

El óxido y el hidróxido de magnesio se utilizan en el tratamiento de aguas residuales, en la fabricación del caucho, en la desulfuración de gases, en la industria del petróleo y en la industria química.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de la magnesita.



Hornos rotatorios de una cementera



Alimentación animal



Placas antifuego

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<http://www.roullier.com/es/actividades/magnesita>
<http://www.phosphea.com>

- Silicato de aluminio y potasio.
- Tiene estructura laminar.
- Excelente aislante térmico y eléctrico.
- Es el material con más resistencia a la rotura dieléctrica.
- Hay de varias clases, moscovita, biotita y lepidolita, entre otras.
- Es abundante en las rocas ígneas ácidas y en algunas metamórficas.



MICA MOSCOVITA (silicato de aluminio con hierro y potasio). Tamariu (Baix Empordà), Cataluña

APLICACIONES

Industria del automóvil

La mica se utiliza en la fabricación de pastillas de freno y de embrague del motor de los vehículos porque tiene poca conductividad térmica. También interviene, como carga, en la fabricación de los neumáticos y materiales plásticos del vehículo, para mejorar la calidad.

Industria eléctrica

La mica se utiliza, como carga, en la fabricación de plásticos para cables eléctricos, ya que aumenta la resistividad eléctrica del aislamiento.

Construcción

Es un excelente aislante térmico y le da consistencia, razón por la cual se utiliza en la fabricación de placas de yeso antifuego.

Industria de la cerámica

Las micas moscovita y lepidolita se utilizan en la fabricación de cerámicas especiales y esmaltes.

Otros campos

La mica es un componente de los lodos de perforación para pozos de petróleo, ya que como que es laminar, sella las paredes, evita las fugas y las pérdidas de presión cuando el cabezal perforador encuentra zonas fracturadas.

La mica es un componente del polvo seco de los extintores por su estructura laminar y alta resistencia al calor.

También se usa en la fabricación de papel con brillo (para empapelar paredes), de pinturas decorativas y pinturas de exterior, de las cuales mejora la resistencia a la corrosión; y en cosmética, para preparar sombra de ojos y pintura de uñas.

RECICLAJE

El reciclaje de plásticos contribuye al ahorro del uso de la mica.



Cosméticos



Plásticos del interior de un coche



Extintor de polvo

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mica/mcs-2017-mica.pdf>
<http://www.ima-europe.eu/about-industrial-minerals/industrial-minerals-ima-europe/mica>
<http://www.imerys-perfmins.com/mica/eu/mica.htm>

SEPIOLITA



- Silicato de magnesio hidratado.
- Es una arcilla especial.
- Es blanda, ligera y porosa.
- Buen aislante térmico con gran capacidad de absorción y de adsorción.

SEPIOLITA. *Vallecas (Madrid)*

APLICACIONES



Fabricación de absorbentes

La sepiolita se utiliza en la fabricación de arena para camas de gatos, ya que es un producto ligero, es un excelente absorbente de la orina y tiene un efecto de deshidratación de los excrementos sólidos, de forma que reduce al mínimo el olor. Se usa también en la fabricación de los absorbentes de los pañales.

La sepiolita es un absorbente industrial que se utiliza en el tratamiento de residuos para absorber productos tóxicos.



Arena para gatos

Construcción

La sepiolita se utiliza en la producción de cemento y mortero para dar unos acabados de mejor calidad. También se usa en la fabricación de placas antifuego ya que, como que es porosa, es un buen aislante térmico.

La sepiolita se utiliza en la fabricación de emulsiones asfálticas, que se usan como estabilizantes en revestimientos de impermeabilización.

Otros campos

Se utiliza en los lodos de perforación, sustituyendo a la bentonita, en terrenos con presencia de agua salada o que estén a altas temperaturas.

La sepiolita es un aditivo alimentario para animales, ya que es un excelente agente aglomerante; se usa en la fabricación de pienso porque mejora la rentabilidad, ya que se necesita una temperatura y compresión inferiores a las utilizadas con otros aglomerantes.

También se utiliza como material de carga para la fabricación de caucho, como espesante de grasas, pinturas, adhesivos y como decolorante.



Pañales

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de la sepiolita.



Tela asfáltica

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

<http://myia.es>
<http://www.sepiolisa.com>
<http://www.ima-europe.eu/about-industrial-minerals/industrial-minerals-ima-europe/sepiolite>

- Cloruro de potasio.
- Tiene un sabor picante y salado.
- Es frágil.
- Muy soluble en agua.
- Se encuentra en depósitos evaporíticos.
- Forma parte del grupo de las potasas.



SILVITA (cloruro de potasio). *Sallent (Bages), Cataluña*

APLICACIONES

Industria química

La silvita es utilizada básicamente en la producción de fertilizantes agrícolas para mejorar el crecimiento de las plantas y la calidad de las frutas, las verduras, los árboles, los cereales, las flores, etc., ya que el potasio es uno de los tres macronutrientes más importantes para los vegetales.

Actualmente hay un aumento de demanda de potasio para los fertilizantes agrícolas en campos de girasoles, soja, maíz, caña de azúcar, etc. a causa de la creciente producción de biocombustibles y del cultivo de cereales como elemento fundamental para la subsistencia de los países emergentes.



Biocombustibles
(combustibles verdes)

Industria del vidrio

El carbonato de potasio se utiliza como agente fundente en la fabricación de vidrios.

Otros campos

En farmacia, medicina, explosivos, detergentes, industria electroquímica, metalurgia.



Cerezo abonado con potasio

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de la silvita.



Campo de cereales
abonado con fertilizantes

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<http://www.iciberia.com/paige/aplicaciones-sal-y-potasa>
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash/mcs-2017-potas.pdf>



TALCO (silicato de magnesio hidratado). *Maçanet de Cabrenys (Alt Empordà), Cataluña*

- Silicato de magnesio hidratado.
- Es un excelente mineral para cargas.
- Es de color blanco y verdoso.
- Es blando, suave, ligero e hidrofóbico.
- Resiste temperaturas de hasta 1300 °C
- Tiene conductividad térmica y eléctrica baja.
- Se encuentra principalmente en rocas metamórficas.

APLICACIONES

Industria plástica, pinturas y papel

El talco se utiliza como carga para dar consistencia al papel, las pinturas y todo tipo de plásticos, y sobre todo a los plásticos que actúan como aislantes de conductores eléctricos. En la fabricación de un coche se utilizan entre 20 y 30 kg de talco. Se utiliza en la fabricación de caucho, donde sirve para que la goma fabricada no se pegue al molde y se pueda sacar con facilidad.



Fabricación de papel

Industria textil

Se utiliza como blanqueador y para liberar las cargas eléctricas en los productos de algodón.

Industria cosmética

El talco pulverizado es la base de fabricación de muchos productos cosméticos; proporciona la textura, la estabilidad, la resistencia al agua y la adherencia a la piel, y se añade pigmento para obtener el color deseado.



Polvos de talco

Industria farmacéutica

El talco es la fuente principal para producir polvos de talco que al ser aplicados sobre la piel, especialmente de bebés, suavizan las irritaciones de la misma.

Industria cerámica

El principal consumo de talco va destinado a la fabricación de cerámica, se añade para evitar la fisuras en vajillas, sanitarios, baldosas, etc.

Otros campos

Se utiliza talco también en agricultura y en la fabricación de dentífricos.



Piezas de una vajilla de cerámica

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de talco, pero reciclando el papel y los plásticos, ahorramos talco.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<http://www.anandtalco.com>
<http://www.ima-europe.eu/about-industrial-minerals/industrial-minerals-ima-europe/talc>
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/talc/mcs-2017-talc.pdf>

THENARDITA

- Sulfato de sodio.
- Tiene un sabor un poco salado.
- Es higroscópico.
- La glauberita (sulfato de sodio y calcio) tiene propiedades y utilidades parecidas.



THENARDITA (sulfato de sodio). *Villarrubio de Santiago (Toledo)*

APLICACIONES

Industria química

Su principal uso es como carga en la fabricación de jabones y detergentes en polvo, de los cuales mejora su comportamiento mecánico.

Como que es higroscópica, se utiliza como absorbente de humedad en laboratorios y en la industria química.

El sulfato de sodio se utiliza en la fabricación de tejidos para reducir las cargas eléctricas negativas en las fibras y, así, mejorar la penetración de los tintes.



Tintes

Industria del vidrio

Se añade al vidrio como agente clarificante; ayuda a eliminar pequeñas burbujas de aire que puedan quedar en el proceso de fabricación.

Otros campos

También se usa en la fabricación de la pasta de papel, cerámica y en productos de alimentación humana y animal.

RECICLAJE

Se desconoce el reciclaje de este mineral.



Detergentes en polvo



Jabón

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<http://www.crimidesa.es>
http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/sodium_sulfate/mcs-2012-nasul1.pdf

WOLLASTONITA



- Silicato de calcio.
- Cristales aciculares.
- Generalmente es de origen metamórfico.

WOLLASTONITA. Gualba (Vallès Oriental), Cataluña

APLICACIONES

Industria cerámica

La wollastonita se utiliza en la fabricación de cerámica, ya que reduce la temperatura de cocción, aumenta el brillo y la resistencia. Su utilización incorpora el calcio a la pasta cerámica y evita la utilización de carbonatos, que conllevan emisión de CO_2 .

Fabricación de pinturas y plásticos

Se utiliza como carga en la fabricación de pinturas y plásticos, aumenta la resistencia, la rigidez y su durabilidad.

Construcción

La wollastonita se utiliza como aditivo en la fabricación de morteros y hormigones porque aumenta la resistencia al desgaste, la estabilidad a alta temperatura y mejora la durabilidad.

Industria metalúrgica

La adición de wollastonita a los fundentes metalúrgicos proporciona al acero una buena fusibilidad y una viscosidad baja. También lubrica las paredes del molde, la cual cosa mejora la circulación del acero fundido.

Otros campos

Es un sustituto de los asbestos y amiantos en la fabricación de frenos para vehículos y maquinaria, ya que actúa como elemento de fricción y resiste muy bien altas temperaturas originadas en la frenada.

También en la fabricación de adhesivos, elastómeros, vidrio, cerámica.

RECICLAJE

El reciclaje de plásticos contribuye al ahorro de wollastonita.



Pinturas



Plásticos de un automóvil



Pastillas de freno

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.
<http://www.crimidesa.es>
http://www.ima-na.org/?page=what_is_wollastonite
<http://www.imerys-additivesformetallurgy.com/our-resources/wollastonite/>
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/wollastonite/mcs-2017-wolla.pdf>

YESO

- Sulfato de calcio hidratado.
- Es un mineral muy blando.
- Soluble en agua.
- Mal conductor del calor (y, por lo tanto, buen aislante).
- Se obtiene a partir de depósitos evaporíticos, pero últimamente ya se obtienen grandes cantidades de yeso a partir de la desulfuración del carbón en las centrales térmicas.



YESO (Sulfato de calcio). *Vinaixa (Les Garrigues), Cataluña*

APLICACIONES

Agricultura

El yeso se utiliza como fertilizante agrícola, desalinizador y corrector del pH de los suelos.

Construcción

El uso de yeso como aislante térmico en revestimiento de paredes, en estucados y en paneles (yeso-cartón) constituyen la principal aplicación de este mineral a nivel mundial.

Medicina

En traumatología se usa este mineral en la preparación de vendajes (escayolados) para inmovilizar los huesos rotos.

Industria química y del cemento

El yeso se utiliza en el tratamiento del agua y en el refinamiento del azúcar.

Es un aditivo que se usa en la fabricación del cemento como regulador de la velocidad de endurecimiento.

Otros campos

Se utiliza en la fabricación de moldes, aparatos sanitarios y esculturas.

RECICLAJE

El reciclaje del yeso se realiza a partir de productos prefabricados de yeso. El yeso reciclado se usa principalmente como corrector de suelos agrícolas, se reutiliza en los estucados y en el tratamiento de aguas potables.



Techo con placas de yeso



Brazo escayolado



Corrector del pH de terrenos de cultivo

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.

<http://www.atefy.es/>

<http://www.knauf.es/productos/placas>

<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gypsum/mcs-2017-gypsu.pdf>

ZEOLITAS



CABAZITA. *Islandia*

- Grupo de aluminosilicatos con magnesio, potasio, calcio y sodio, hidratados.
- Son blandas, ligeras y porosas.
- Buenas aislantes térmicas y grandes absorbentes y adsorbentes.
- Poseen gran capacidad de intercambiar iones.
- Tienen mucha afinidad para el amoníaco (NH_3).
- Las principales son la clinoptilolita y la cabazita.

APLICACIONES

Industria química

La principal aplicación de zeolitas en la fabricación de detergentes.

También se utilizan en la industria química y en las piscinas como filtro para la purificación de aguas, ya que su porosidad y superficie específica las convierte en un excelente medio filtrante de metales, olores y algunos contaminantes orgánicos.

En la industria petroquímica, se utilizan como catalizadores en el craqueo del petróleo y como material para retener metales pesados peligrosos procedentes de la minería y de la metalúrgica.

Agricultura

Las zeolitas son fertilizantes de liberación lenta natural de nutrientes; se utilizan en los cultivos ecológicos. Las zeolitas retienen nutrientes como potasio, magnesio y nitrógeno, así como el agua que necesita el cultivo, de manera que reducen el consumo y de agua y fertilizantes.

Cría de animales

Las zeolitas son un aditivo alimentario del pienso de animales, ya que reducen el nivel de amoníaco de los intestinos y, de esta forma, favorecen la prevención de problemas de salud y reducen el mal olor de los excrementos.

También se pueden utilizar como absorbentes del amoníaco de los excrementos en las granjas de cerdos y pollos para reducir los malos olores.

Construcción

Las zeolitas, que son puzolanas naturales, se utilizan en la fabricación de hormigón ligero y de alta calidad.

RECICLAJE

Algunas zeolitas se pueden reprocesar y reutilizar.



Piscina



Cultivo agrícola ecológico



Granja de cerdos

BIBLIOGRAFIA Y ENLACES

MATA, J.M.; SANZ, J. *Guía de identificación de minerales*. Manresa: Parcir, 1993.

<http://www.zeolitanatural.com>

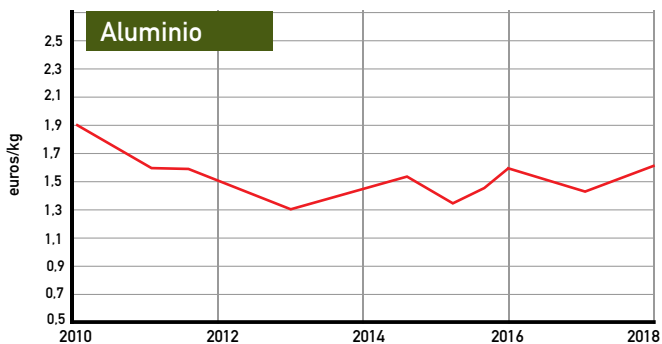
<http://zeolite.com.au>

<http://zeotechcorp.com>

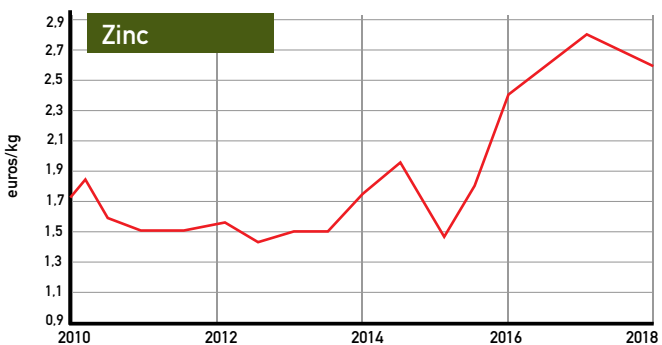


La Tierra es muy grande... pero no infinita.
Hay que reciclar, reducir y reutilizar sus recursos naturales.

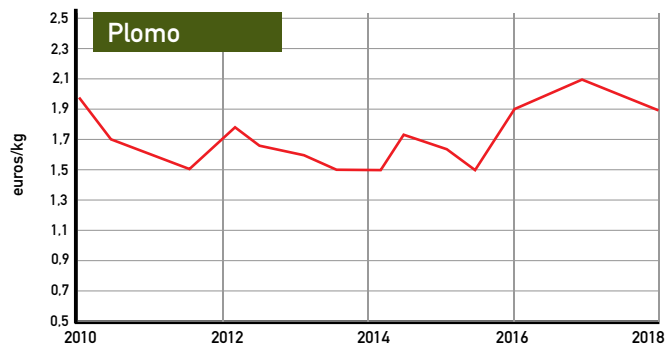
Anexo. Evolución de los precios



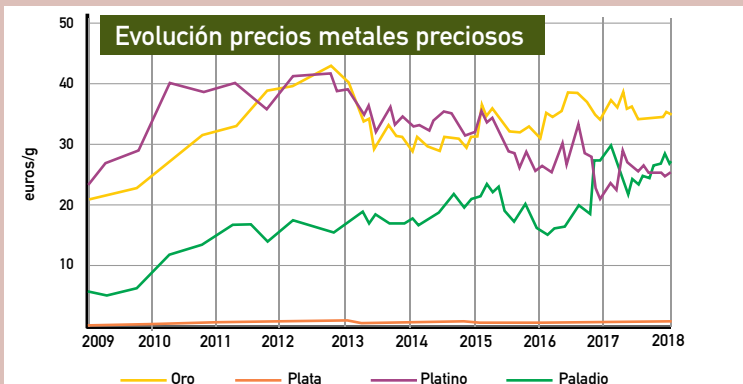
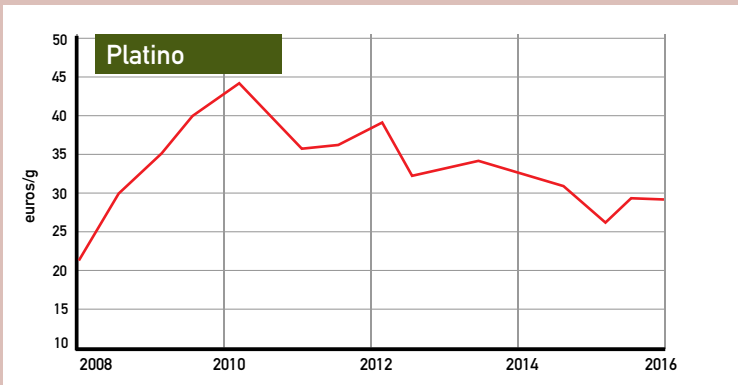
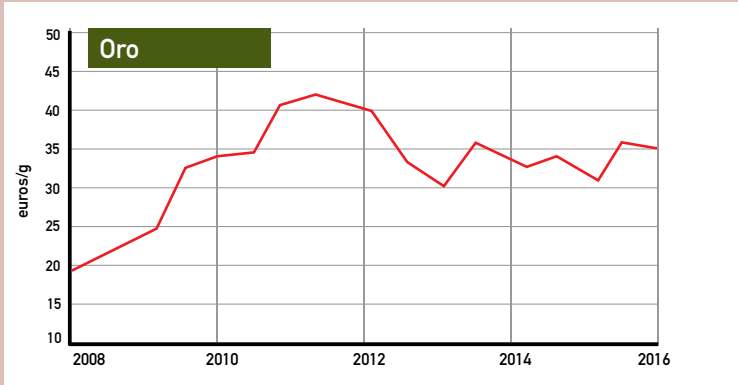
Fuente: infomine

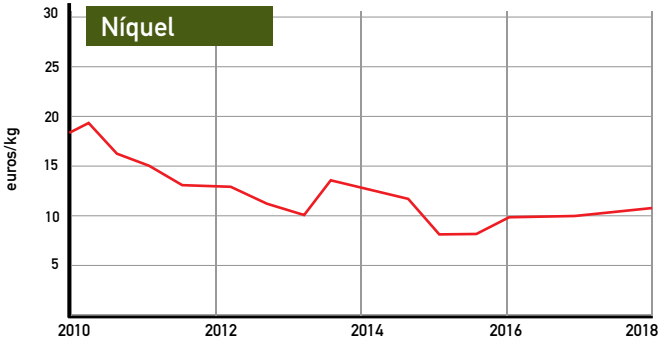


Fuente: infomine

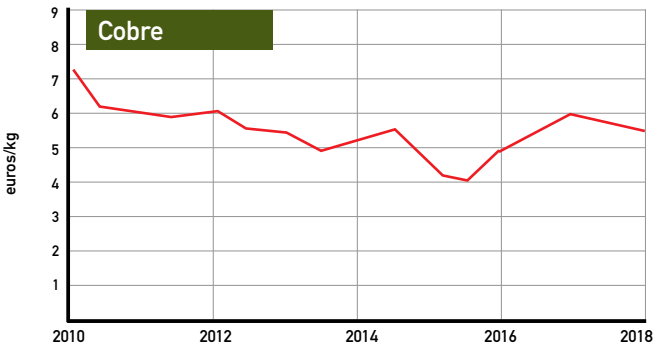


Fuente: infomine

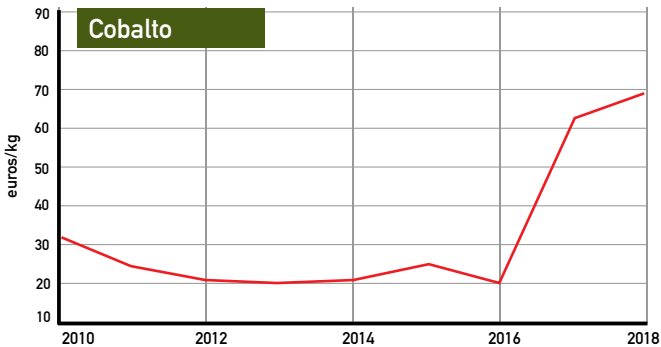




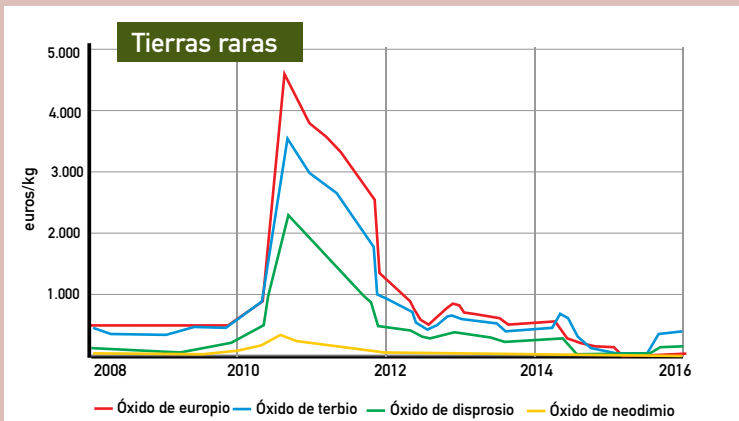
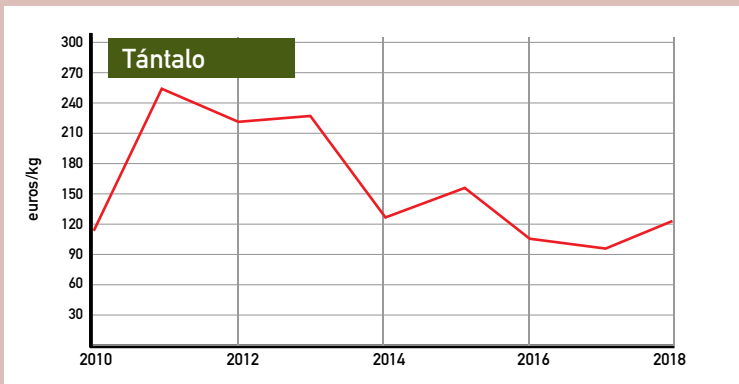
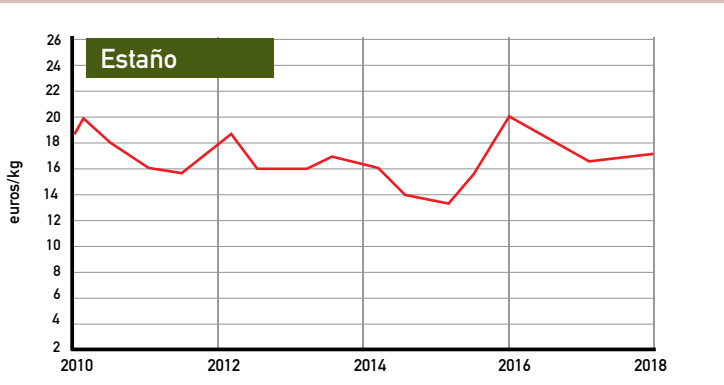
Fuente: infomine



Fuente: infomine



Fuente: infomine



Agradecimientos

Personas, empresas e instituciones que han colaborado en la edición del presente libro:

- Andrea Artacho Pradas. *Sant Joan de V.*
- Ares Boyer Margalef. *Manresa*
- Jordi Casado Garriga. *Manresa*
- Daniel Calvo Torralba. *Manresa*
- Javier Castelo Torras. *Miami Platja*
- Abigail Jiménez Franco. *Méjico*
- Antonio Lagran Fuentes. *Manresa*
- Francesc Martínez Arànega. *Manresa*
- Maribel Martínez Prat. *Manresa*
- Francisco Matamala Blanch. *Santpedor*
- Dr. Josep Mira Prunés. *Manresa*
- Gerard Morales Martínez. *Manresa*
- Jesús Molero Martínez. *Manresa*
- Pau Palà (cal Pelfort). *Camps, Fonollosa*
- Teresa Prat Serracanta. *Manresa*
- Teresa Pujol Sabanés. *Manresa*
- Agustí Ruiz Martínez. *Barcelona*
- Rubèn Sanz Arcas. *Manresa*
- Guiu Sanz Garcia. *Manresa*
- Nor Sidki Rius. *Manresa*
- BLANCAFORT OM. *Collbató*
- COMERCIAL ELECTRÒNICA, SL. *Manresa*
- DARSA. *Manresa*
- DYETINT. *Terrassa*
- ELÈCTRICA GARRIGA. *Manresa*
- ELECTRORECYCLING, SA. *El Pont de Vilomara*
- FARMÀCIA OLGA TRUJILLO. *Manresa*
- FASOL. *Manresa*
- FITÓ FUSTERS, SL. *Manresa*
- FORN, SA. *Manresa*
- GRANJA EL CANADELL, SA. *Sta. Maria d'Oló*
- HELION TOOLS. *Manresa*
- INDICOM COMERCIAL, SA. *Manresa*
- INTAN, SL. *Barcelona*
- JOIERIA COPÈRNIC. *Manresa*
- MACSA ID, SA. *Manresa*
- MAGNETI MARELLI, SA. *Santpedor*
- ÒPTICA SOLER. *Manresa*
- PÈNDULUM (Marc Boada). *Terrassa*
- PNEUMÀTICS TORRALLARDONA. *Manresa*
- PRAT MATERIALS I MAQUINÀRIA, SL.
Manresa
- RIEJU, SA. *Figueres*
- STORA ENSO. *Castellbisbal*
- TALLERS BALLÚS, SL. *Manresa*
- VHF-TECHNOLOGIES, SA. *Suïssa*
- VINS TOMASA. *Manresa*
- BOMBERS DE LA GENERALITAT (Parc de Manresa)
- ALTHAIA (Xarxa Assistencial de Manresa)
- CENTRE DE DIAGNOSI PER IMATGE DEL BAGES. *Manresa*
- CLÍNICA SANT JOSEP (Althaiia). *Manresa*
- HOSPITAL DE LA SANTA CREU I SANT PAU (Unitat Medicina Nuclear). *Barcelona*
- INSTITUT MÈDIC PER LA IMATGE. *Manresa*
- EPSEM (UPC) - Servei de Manteniment.
Manresa
- EPSEM (UPC) - Jordi Bonet Dalmau. *Manresa*
- EPSEM (UPC) - Josefina Pla Playà. *Manresa*
- EPSEM (UPC) - Francesca Sala Farré.
Manresa
- EPSEM (UPC) - Jordi Bonet Dalmau. *Manresa*
- EPSEM (UPC) - Josefina Pla Playà. *Manresa*
- EPSEM (UPC) - Francesca Sala Farré.
Manresa
- ICMAB - CSIC - Gerard Tobias Rossell
- UAB - Pilar González Duarte. *Barcelona*
- UAB-CSIC - Francesca Campabadal Segura.
Barcelona
- UB - Joan Carles Melgarejo. *Barcelona*
- UB - Joan Viñals Olià. *Barcelona*
- UPC - F. Xavier Gil Mur. *Barcelona*
- UPC - INTE - Maria Amor Duch. *Barcelona*
- UPC - INTE - Arturo Vargas Drechsler.
Barcelona

Créditos de las imágenes

La mayoría de las imágenes son propiedad de Joaquim Sanz Balagué, a excepción de:

Cap. I. Elementos y minerales

- (Bario – perforación pozo) Raúl Osorio Gómez
(Bario– fuegos artificiales) Salvador Redó Martí
(Boro – piscina enfriamiento) Javier Castelo Torras
(Boro – Salar d'Uyuni) Oriol Tomasa Guix
(Bromo – Mar Muerto) © Zoonar / Alex Gulevich / Age fotostock
Carbono/Grafito – Horno de fundición
© Reliance Foundry.
(Cesio – bobina papel) STORA ENSO (*Castellbisbal*)
(Cesio – *semillas* braquiterapia) Agustí Ruiz Martínez
(Cloro – bobina papel) STORA ENSO (*Castellbisbal*)
(Cobalto – avión) Carlos Domínguez Morano
(Cromo – avión) Carlos Domínguez Morano
(Estaño– órgano) Oleguer Serra
(Estroncio – fuegos artificiales) Mireia Arso Busquets
(Flúor – mina Berta) David Parcerisa Duocastella
(Iridio – *semillas* braquiterapia) Agustí Ruiz Martínez
(Litio – moto) RIEJU, SA
(Mercurio – extracción artesanal) Sílvia Palacios Ubach
(Niobio – avión) Carlos Domínguez Morano
(Torio – avión) Carlos Domínguez Morano
(Uranio – central nuclear) Javier Castelo Torras

(Yodo – *caliche*) © Gudrun Schreiber

Cap. II. Tierras raras

- (Tierras raras – explotación de tierras raras)
© Reuters / Cordon Press
(Escandio – campo de fútbol) Albert Prat Carné
(Itrio – láser) OLIVA TORRAS, SA.
(Neodimio – láser) OLIVA TORRAS, SA
(Prometio – elemento combustible) Javier Castelo Torras
(Samarío – Quadramet) Agustí Ruiz Martínez

Cap. III. Minerales industriales

- (Minerales Industriales – campo de fútbol)
Albert Prat Carné
(Minerales Industriales – Eje Diagonal) Salvador Redó Martí
(Calcita – bobina papel) STORA ENSO (*Castellbisbal*)
(Talco – bobina papel) STORA ENSO (*Castellbisbal*)
(Thenardita – tintes) Dani Calvo Torralba
(Yeso – brazo escayolado) Pura Alfonso Abella
(Minerales Industriales – la Tierra “mordida”)
Héctor Herrera para Zenobita edicions

Índice

PRÓLOGO A LA EDICIÓN EN ESPAÑOL	6	Mercurio	45	Gadolinio	86
PRÓLOGO	7	Molibdeno	46	Holmio	87
INTRODUCCIÓN	9	Niobio	47	Iterbio	88
1 ELEMENTOS MINERALES	11	Níquel	48	Itrio	89
Aluminio	12	Oro	50	Lantano	90
Antimonio	13	Osmio	51	Lutecio	92
Arsénico	14	Paladio	52	Neodimio	93
Azufre	15	Plata	53	Praseodimio	94
Bario	16	Platino	55	Prometio	95
Berilio	17	Plomo	56	Samario	96
Bismuto	18	Potasio	57	Terbio	97
Boro	19	Radio	58	Tulio	98
Bromo	20	Renio	59	3 MINERALES INDUSTRIALES	99
Cadmio	21	Rodio	60	Calcita	101
Calcio	22	Rubidio	61	Caolinita	102
Carbono	23	Rutenio	62	Carnalita	103
Carbono (Diamante)	24	Selenio	63	Corindón	104
Carbono (Grafito)	25	Silicio	64	Cuarzo	105
Cesio	26	Sodio	65	Dolomita	106
Cloro	27	Talio	66	Epsomita	107
Cobalto	28	Tántalo	67	Feldespato	108
Cobre	29	Tecnecio	68	Fosforita	109
Cromo	30	Telurio	69	Halita	110
Estaño	31	Titanio	70	Magnesita	111
Estroncio	32	Torio	71	Mica	112
Flúor	33	Tungsteno	72	Sepiolita	113
Fósforo	35	Uranio	73	Silvita	114
Galio	36	Vanadio	74	Talco	115
Germanio	37	Yodo	75	Thenardita	116
Hafnio	38	Zinc	76	Wollastonita	117
Hierro	39	Zirconio	77	Yeso	118
Indio	40	2 TIERRAS RARAS	79	Zeolitas	119
Iridio	41	Cerio	81	ANNEXO. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS	121
Litio	42	Disprosio	82	AGRADECIMIENTOS	125
Magnesio	43	Erbio	83	CRÉDITOS DE LAS IMAGENES	126
Manganeso	44	Escandio	84		
		Europio	85		



www.geomuseu.upc.edu



Fruto de la petición de profesores, alumnos y visitantes del Museu de Geologia Valentí Masachs (UPC) de disponer de un libro que tratara del tema central del museo, como son las aplicaciones de los diferentes elementos y minerales y su ampliación, nos hemos puesto manos a la obra y aquí lo presentamos.

Deseamos que el libro os sea muy útil e interesante y que ayude a tomar conciencia del vínculo que tenemos con el planeta Tierra, del cual debemos utilizar sus recursos geológicos, pero de una forma sostenible, reciclando, reutilizando y ahorrando estos al máximo, para nuestro propio interés, así como para las futuras generaciones que vendrán después de nosotros.



iniciativa
digital politècnica
Publicacions Acadèmiques de la UPC