

TANTALIO: UN METAL ESTRATÉGICO

Epifanio Ajhuacho C.

Carlos Velasco H.

Carrera de Ingeniería Metalúrgica
y Ciencia de Materiales

Universidad Técnica de Oruro

Resumen

El tantalio es un metal estratégico poco conocido, sus peculiares propiedades físico-químicas lo han vuelto esencial para las nuevas tecnologías. Los misiles balísticos, las “armas inteligentes” o los teléfonos celulares móviles dependen de este metal.

Bolivia posee en la zona del precámbrico importantes yacimientos de este escaso metal, de donde se extrae la tantalita que es comercializada como concentrado, y en un buen porcentaje sale del país vía contrabando.

El trabajo, presenta un resumen de los usos, precios, producción y metalurgia de este metal raro, que se ha vuelto tan indispensable para la humanidad.

1. Usos

La tantalita y la columbita son minerales estratégicos poco conocidos; de ellos se extraen el tantalio y el niobio. Los misiles balísticos, cohetes espaciales, armas inteligentes, teléfonos móviles, airbags, computadoras, y los juguetes electrónicos lo emplean en sus microprocesadores, baterías, microcircuitos y condensadores.

La escasez de este material – un conductor de energía capaz de soportar cambios de temperatura- forzó en el año 2000 a la japonesa Sony a posponer el lanzamiento de su producto estrella, la Play Station 2. [1].

La notable resistencia del metal a la corrosión, como la capacidad para soldarse, su ductilidad y buena resistencia mecánica, lo hacen muy adecuado para fabricar el equipo necesario en el manejo de productos químicos muy corrosivos. Con hojas de tantalio se fabrican reactores, refrigerantes de vapores, calentadores de bayoneta e intercambiadores de calor multitubulares.

Puesto que el tantalio no reacciona con los líquidos del cuerpo y es tolerado por los tejidos, se ha convertido en un metal importante en la elaboración de alambre para suturas y de placas para recomponer huesos; de la misma manera, se usa para la fabricación de material quirúrgico.

El tantalio se alea al hierro, níquel, cobalto, cromo, niobio, wolfram, circonio y muchos metales más. Ninguna de las aleaciones es tan resistente como el referido metal a la corrosión. Las aleaciones de tantalio más importantes son el ferrotantalio-niobio y el ferroniobio. Las ferroaleaciones se emplean para inhibir el deterioro intergranular en los aceros austeníticos inoxidables y en la manufactura de con 4-6% de cromo para inhibir el endurecimiento por aire y como componentes para ciertos aceros especiales.

2. Propiedades

Las propiedades físicas más importantes del tantalio son las siguientes:

TABLA 1. Propiedades físicas del tantalio [2].

PROPIEDAD	VALOR
Símbolo	Ta
Clasificación	Metales de transición, grupo 5
Número atómico	73
Masa atómica	180,948
Números de oxidación	+3, +4, +5
Punto de fusión	3.017 °C
Punto de ebullición	5.458 °C
Densidad	16,65 gr/cc a 20 °C
Volumen atómico	10,87 cm ³ /mol
Estructura cristalina	cúbica
Color	gris
Calor específico	0,036 cal/g a 20 °C
Conductividad térmica	0,13 cal/seg.cm ² (°C/m)
Resistividad	12,4 μΩ a 18 °C
Transmisión electrónica	1 x 10 ⁻⁵ ma/cm ² a 1273 °K

Las propiedades anticorrosivas del tantalio, que lo hace un material ideal en la construcción de reactores para la industria química, se pueden ver en la siguiente tabla:

TABLA 2. Corrosión del tantalio por ácidos [3].

LÍQUIDO CORROSIVO	TEMPERATURA, °C	DURACIÓN DEL TEST, días	PÉRDIDA DE PESO g./dm ² /día
HCl conc.	19-26	135	0,000
HCl	19-26	135	0,000
HCl conc.	110	5	0,000
HNO ₃ conc.	19-26	135	0,000
HNO ₃ conc.	86	6	0,000
Agua regia	24	-	0,000
Agua regia	54	-	0,000
H ₂ SO ₄ conc.	19-26	135	0,000
H ₂ SO ₄ conc.	147	90	0,00004
H ₂ SO ₄ conc.	175	30	0,0014
H ₂ SO ₄ conc.	200	30	0,0177
H ₂ SO ₄ conc.	250	¼	0,332
H ₂ SO ₄ conc.	300	1/8	3,96
H ₂ SO ₄ conc.+ K ₂ Cr ₂ O ₇	19-26	135	0,000
H ₂ SO ₄ conc.+ K ₂ Cr ₂ O ₇	96	90	0,00004
CrO ₃	98	90	0,0002
H ₃ PO ₄ 85 %	145	90	0,00005
H ₃ PO ₄ 85 %	180-210	31	0,0027
H ₂ SO ₄ fum. 15% SO ₃	23	1/12	0,0032
H ₂ SO ₄ fum. 15% SO ₃	70	¼	1,06
H ₂ SO ₄ fum. 15% SO ₃	130	1/12	45,6
Acido oxálico, sol. Sat.	96	90	0,0001

El tantalio es inerte frente a la mayoría de los gases. Si se calienta en hidrógeno por encima de 250 °C, absorbe más de 200 volúmenes de dicho gas y se hace muy frágil.

3. Producción y precios

Las fuentes de tantalio son los minerales primarios, especialmente tantalita, y las escorias de las fundiciones de estaño aluvial.

El U.S. Geological Survey [4], reporta los siguientes datos sobre la producción y reservas existentes en el mundo:

TABLA 3. Reservas y producción mundial de tantalio en el año 2000.

PAÍS	PRODUCCIÓN, Tn	RESERVAS, Tn
Australia	370	25.000
Brasil	90	No disponible
Canadá	50	3.000
Nigeria	3	No disponible
Otros países	-	No disponible
Total mundial	513	28.000

Esta tabla muestra la escasez de reservas en el mundo, así como el bajo nivel de producción, que ocasionan que el tantalio sea un metal de precio elevado. Heidrich [5] hace una revisión de estos datos, asigna al Brasil una producción de 426 Tn en el año 1999, ocupando el primer lugar entre los países productores, y reporta para ese año una producción mundial de 1.445 Tn.

El mercado de la tantalita fija los precios de acuerdo a la ley de la oferta y la demanda. El precio del tantalio metálico es afectado por el volumen del contrato y las especificaciones de calidad.

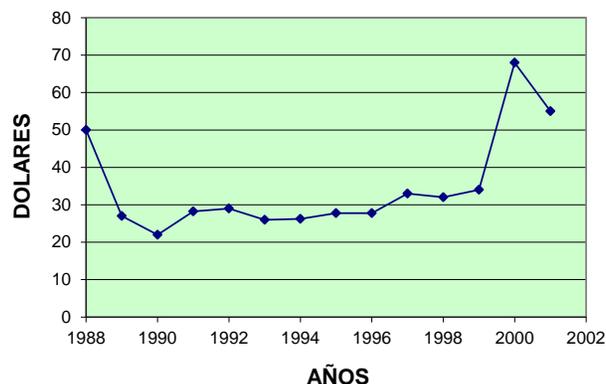


Figura 1. Precios promedio de los concentrados de tantalita, en dólares por libra de contenido de Ta₂O₅ [4].

El Ministerio de Desarrollo Económico, informa que la producción de minerales de tantalio en el país es realizada exclusivamente por la minería chica y cooperativas, con el siguiente volumen de exportaciones:

TABLA 4. Exportaciones bolivianas de tantalita, en kilos finos [6].

AÑO	TOTAL
1989	1.984
1990	583
1991	3.735
1992	2.722
1993	3.535
1994	1.821
1995	565
1996	
1997	726
1998	15.264
1999	8.808
2000	9.443

4. Minerales y depósitos

El tantalio se encuentra en la naturaleza en una variedad de minerales (tabla 5). Los únicos minerales de tantalio que tienen importancia comercial son la tantalita y la columbita, que son variantes de la misma especie mineral $(\text{Fe,Mn})(\text{Ta,Nb})_2\text{O}_6$. El mineral se denomina tantalita cuando su contenido de Ta_2O_5 es mayor que el contenido de Nb_2O_5 .

El escudo precámbrico boliviano, que recorre los departamentos de Santa Cruz, Beni y Pando en su frontera con el Brasil (figura 2), tiene depósitos interesantes de tantalio y otros metales raros, así, dentro de la faja polimetálica Sunsas del cratón precámbrico, Sn-(Be), predominan en las pegmatitas del cinturón de Guarayos, fuentes de los placeres aluviales estañíferos del área de Ascensión de Guarayos; Be-Nb-Sn-(U-Th-

tierras raras), en las pegmatitas del cinturón de Ñuflo de Chávez (el más rico con las minas San Miguel, La Verde y La Negra del distrito de La Bella), y Be-Ta en aquellas del cinturón de San Ignacio (cf. mina San Josema y otras del distrito de Los Patos) [7].

El complejo carbonatítico del Manomó, con un gran potencial en tantalio, niobio, uranio y lantánidos.

Rivas y Ahlfeld [8], reportan la existencia de tantalita y columbita como mineral accesorio en pegmatitas graníticas, acompañando muchas veces a la casiterita (Beni y Santa Cruz). Asociados los minerales negros con berilo y muscovita, y con trazas de casiterita, schelita y topacio, se encuentran en La Bella, y sólo con berilo y muscovita en el sector de Los Patos.

Las pegmatitas del campo Los Patos, están enriquecidas en tantalita más que en columbita; muestras de la mina Santa Josema dan 60% Ta_2O_5 . La tantalita ocurre en cristales negros, cortos, prismáticos y ocasionalmente en maclas y fragmentos con lustre resinoso.

Se encuentran pegmatitas con **tapiolita** en la provincia Ñuflo de Chávez.

Según referencias existe columbita en algunos filones pegmatíticos en el granito de Rosasani, región de Chacapa y Lipiche, en las cabeceras del río Challana; acompañan a la columbita schelita, espodumena, rutilo, ilmenita y trifilina.

La **fergusonita** $(\text{Y,Er,Ce,Fe})(\text{Nb,Ta,Ti})\text{O}_4$ se encuentra en pegmatitas graníticas ricas en elementos raros, también en aluviones. En la región de La Bella, acompañado por columbita, berilo y fluorita; también se reporta encontrarse en una zona cercana a Concepción, de igual forma en la provincia Ñuflo de Chávez, Santa Cruz.

Granos diminutos de **pirocloro** ocurren en las rocas plutónicas y diques del complejo alcalino de Candalaria y de Velasco en Santa Cruz.

TABLA 5. Principales minerales de tantalio.

MINERAL	FÓRMULA	% Ta_2O_5	% Nb_2O_5	PESO ESPECÍFICO
Tantalita	$(\text{Fe,Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$	40 – 80	2 – 30	7.74
Columbita	$(\text{Fe,Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$	1 – 40	40 – 75	5.3
Ferrotantalita	FeTa_2O_6			
Manganotantalita	MnTa_2O_6	67	16 – 47	7.07
Wodginita	$(\text{Ta,Nb,Sn,Mn,Fe})_{16}\text{O}_{32}$	45 – 56	3 – 15	
Microlita	$(\text{Ca,Na})_2\text{Ta}_2(\text{O,OH,F})_7$	50 – 70	5 – 10	6.02
Strueverita	$(\text{Ti,Ta,Nb,Fe})_2\text{O}_4$	7 – 13	9 – 14	
Euxenita	$(\text{Y,Ca,Ce,U,Th})(\text{Nb,Ta,Ti})_2\text{O}_6$	2 – 12	22 – 30	
Samarskita	$(\text{Fe,Ca,U,Y,Ce})_2(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$	15 – 30	40 – 55	
Tapiolita	$(\text{Ni,Fe})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$	39 – 83	1 – 46	7.78
Pirocloro	$(\text{Na,Ca})_2(\text{Nb,Ti})(\text{O,F})_7$	0 – 20	68 – 72	4 – 4.4

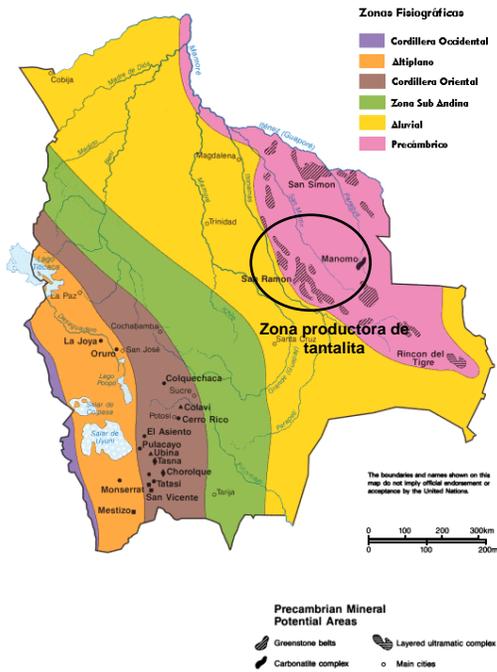


Figura 2. Zonas fisiográficas de Bolivia [9]

5. Metalurgia del tantalio

Los minerales con elevado contenido de tantalio y niobio, debido al elevado peso específico de sus óxidos, responden bien a procesos gravimétricos para su separación de minerales de caja y hematita.

En los minerales de baja ley, especialmente aquellos en los que la tantalita se encuentra diseminada en hematita, casiterita o wolframita, no se pueden concentrar el tantalio, y generalmente es una impureza que se la recupera como subproducto en la metalurgia de estos metales.

La información sobre la metalurgia de estos concentrados es escasa y muy general [3, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Los detalles del procesamiento son protegidos por las empresas como un know how de alto valor.

Borchers y Korineck [11], resumen la información sobre la tecnología conocida en el flujograma mostrado en la figura 3.

La descomposición por fundentes alcalinos no es usada como una práctica general para concentrados; se utiliza principalmente para el tratamiento de escorias de estaño de origen pegmatítico, que son atacadas en una sal fundida que puede ser carbonato o hidróxido de potasio, carbonato o hidróxido de sodio, mezclas de

carbonato de sodio y nitrato de sodio, bisulfato de sodio y fluoruro ácido de hidrógeno.

La mayor parte de las plantas emplean el proceso de digestión ácida con HF o una mezcla de HF y H₂SO₄, tanto para el tratamiento de concentrados naturales o artificiales y escorias ricas. La aplicación de este método se ve limitado, más por razones económicas que técnicas, por el elevado consumo de HF por impurezas de escaso valor como el SiO₂, TiO₂, Fe y Mn.

La lixiviación de los óxidos de tantalio y niobio con HF y KF en cantidad suficiente, lleva a la formación de los compuestos K₂TaF₇ y K₂NbOF₅. Los residuos insolubles pueden contener aún Ta y Nb, y son reciclados o fundidos en el procesamiento de escorias de estaño.

La separación de Ta, Nb y Ti de la solución de lixiviación altamente corrosiva es un problema especial que requiere de decantación y el uso de filtros de presión hechos de materiales especiales.

La separación de Ta y Nb por el proceso de cristalización fraccionada (Proceso Maignac), se logra agregando hidróxido de potasio suficiente para convertir el niobio y el tantalio en fluotantalato (K₂TaF₇) y oxifluoniobiato (K₂NbOF₅) de potasio, respectivamente.

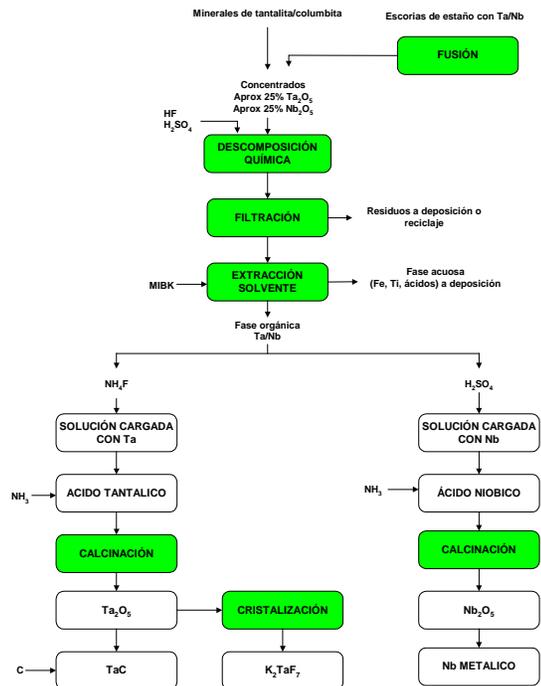


Figura 3. Flujograma general para el tratamiento de minerales de tantalio y niobio.

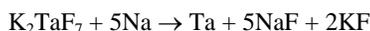
Se filtra la solución en caliente para separar el mineral que no ha reaccionado y los fluoruros metálicos. Después de enfriar la solución, cristaliza el fluotantalato de potasio, dejando al niobio y titanio en la solución.

Esta técnica, ha sido reemplazada por técnicas de extracción solvente, usando diferentes extraentes orgánicos selectivos, principalmente, metil isobutil cetona (MIBK).

La etapa de lixiviación con $\text{HF}/\text{H}_2\text{SO}_4$ es por tanto seguida por una subsecuente de extracción líquido – líquido. En las plantas de procesamiento actuales, en una primera etapa se extraen completamente el Ta y Nb con metil isobutil cetona de la solución ácida de $\text{HF}/\text{H}_2\text{SO}_4$, y separada de Ti y la mayor parte de otras impurezas metálicas presentes en la solución; luego se descarga selectivamente el Nb con ácido diluido, y finalmente el tantalio es extraído con fluoruro ácido de amonio.

Posteriormente, estos metales son precipitados como ácidos tantálico y nióbico sólidos con amoníaco, y convertidos a óxidos por calcinación. Los óxidos se disuelven en ácido fluorhídrico y se añade fluoruro de potasio en cantidad suficiente para formar K_2TaF_7 y K_2NbOF_5 .

El fluotantalato de potasio es la sal más frecuentemente usada en la preparación de tantalio metálico. La reducción de esta sal a metal puede conseguirse haciéndola reaccionar con sodio gaseoso a altas temperaturas, en reactores continuos. La reacción de obtención de tantalio es:



En la obtención por electrólisis, el fluotantalato es fundido en un crisol de hierro, se electroliza en porciones, obteniéndose un polvo relativamente grueso que se purifica fácilmente lavándolo con ácidos fuertes.

6. Referencias

1. Lobo, R., “La fiebre del coltan”, periódico El País, España, domingo, 2 de septiembre del 2001.
2. Mc Graw – Hill, “The periodic table on the WWW”, Professional Edition, 2001
3. Rickles, R., “Exotic Metals”, Noyes Development Corporation, Nueva York, 1965.
4. Cunningham, L., “Tantalum”, U. S. Geological Survey, Mineral Commodity Sumaries, enero de 2001.
5. Heidrich, Nereu; Tantalita, DNPM/AM; E-mail semt@argo.cpm.br.
6. Ministerio de Desarrollo Económico, Viceministerio de Minería y Metalurgia, “Anuario Estadístico Minero – Metalúrgico 2.000” Imprenta Editorial Tupak Katari, Sucre – Bolivia, 2001.
7. Heuschmidt, B.; Miranda Angles, V.; Bellot La Torre, J.; Claire Zapata, M.; Cazas Saavedra, A.; “Sinopsis de la Metalogenia de Bolivia”, Servicio Nacional de Minería y Geología, Sergeomin, 2001.
8. Rivas, S. y Ahlfeld, F., “Los minerales de Bolivia y sus parajes”, Santa Cruz de la Sierra, 1998.
9. www.boliviamining.com; Zonas fisiográficas de Bolivia.
10. Miller, G. L., Tantalum and Niobium”, Butter Scientific Publications, Londres, 1959.
11. Borchers, P. Y Korineck, G., “Extractive Metallurgy of Tantalum”, Extractive Metallurgy of Refractory Metals, Ed. Por H. Y. Sohn, O. Norman Carlson, J. Thomas Smith. The Metallurgical Society of AIME, 1980.
12. Ullman, F., “Enciclopedia de Química Industrial”, Sección IV, Gustavo Gili Editores, España, 1932
13. Kirk Otmer “Enciclopedia de Química Industrial”
14. Ajhuacho, E., “Tecnología del Tantalio”, Perfil de Proyecto de Grado, Carrera de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales, UTO, 2001.
15. Velasco, C., “Aspectos ambientales del tratamiento metalúrgico de los minerales de tantalio”, Maestría en Tecnología de Protección Ambiental, Universidad Técnica de Oruro, marzo del 2002.