

Universidad Iberoamericana

INCORPORADA A LA U. N. A. M.

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

ESTUDIO ANALITICO DE MINERALES
MEXICANOS DE SELENIO Y TELURIO

TESIS PARA OPTAR POR
EL TITULO DE QUIMICO

Carlota Ma. Eugenia Hernández Guiraut

MEXICO, D. F.

1965



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Universidad Iberoamericana

INCORPORADA A LA U. N. A. M.

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

ESTUDIO ANALITICO DE MINERALES
MEXICANOS DE SELENIO Y TELURIO

TESIS PARA OPTAR POR
EL TITULO DE QUIMICO

Carlota Ma. Eugenia Hernández Guiraut

MEXICO, D. F.

1965

A MIS PADRES

Deseo expresar mi reconocimiento al Ing. Guillermo P. Salas, Director del Instituto de Geología de la U. N. A. M., al Prof. Eduardo Schmitter, al Doctor Richard V. Gaines y particularmente al Ing. Alberto Obregón, por la asistencia y facilidades que me fueron brindadas para la realización de esta tesis.

Así mismo, agradezco al Sr. A. T. Cummins su valiosa colaboración.

CONTENIDO

INTRODUCCION

I.—CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE MINERALES DE SELENIO Y TELURIO

Historia y estado natural.
Propiedades físicas.
Propiedades químicas.
Aplicaciones
Propiedades analíticas de importancia.

II.—SEPARACION DE LAS MUESTRAS MINERALES DE LOS SEDIMENTOS QUE LAS CONTIENEN.

Métodos gravimétricos.
Separación magnética.
Métodos químicos.
Flotación.
Métodos electrostáticos.
Selección a mano.

III.—PASOS A SEGUIR EN EL ANALISIS COMPLETO DE LOS MINERALES MAS COMUNES DE SELENIO Y TELURIO.

IV.—METODOS CUANTITATIVOS PARA DETERMINAR SELENIO Y TELURIO.

Métodos gravimétricos.

Métodos volumétricos.

Métodos colorimétricos.

V.—TRABAJO EXPERIMENTAL

Telurio nativo.

Moctezumita.

Telurita.

Umangita.

Emmonsita.

VI.—MINERALES DE SELENIO Y TELURIO

VII.—CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

La presente tesis corresponde al primero de una serie de trabajos realizados en el Instituto de Geología, dedicados al estudio de los elementos de segundo orden, (4) en sus minerales mexicanos.

La elección del selenio y telurio se debió al poder aprovechar las investigaciones que realizó el doctor Richard V. Gaines sobre la mineralogía de estos elementos, así como a la importancia que han logrado como metales industriales.

Originalmente estaba dirigida al estudio de todos los minerales de selenio conocidos, abarcándoles en su forma más amplia, sin embargo, la dificultad en conseguir muestras de minerales típicos y la poca cantidad de muestra con que se contaba (separada y seleccionada a mano) hizo necesario modificar el plan de trabajo y tratar a cada muestra adquirida como un problema individual.

Hay que subrayar que ninguna de las muestras analizadas fueron muestras representativas.

**I.—CONSIDERACIONES GENERALES
SOBRE MINERALES DE SELENIO
Y TELURIO.**

SELENIO

HISTORIA Y ESTADO NATURAL.—El selenio, (Se), fue descubierto por Berzelius en 1817 en el lodo rojo recogido en el fondo de una cámara de plomo de una fábrica de ácido sulfúrico, en Gripsholm, Suecia. Lo llamó selenio (de "selene", nombre que se le daba a la Luna), por su analogía con el telurio (La Tierra).

El selenio se encuentra en estado elemental asociado al azufre libre y también con el cobre y el plomo. En algunos lugares donde por llover muy poco las aguas no han arrastrado los compuestos de selenio, éste abunda lo suficiente para ser nocivo a las plantas que llegan a tener hasta 1.5% del elemento, ocasionando la muerte en el ganado.

El selenio está profusamente difundido en toda la corteza terrestre; la concentración media calculada es de 0.09 ppm. Su distribución es muy variable, pero en ninguna parte se halla en cantidades suficientes para hacer provechosa la extracción del mismo por sí solo. Al igual que el azufre y el telurio es un componente primario de los magmas intrusivos y extrusivos de gases volcánicos.

PROPIEDADES

a) Físicas:

Número atómico	34	
Peso atómico	78.96	
Abundancia de los isótopos	80	49.8%
	78	23.5%
	82	9.2%
	76	9.0%
	77	7.6%
	74	0.9%
Vol. atómico (cm ³ /at-g)	17.5	(rojo)
	16.4	(gris)
Radio del ion X ⁼ (Amstron)	1.98	
Gravedad específica	4.5	(rojo)
	4.8	(gris)
Calor específico (cal/°C.g)	0.068	
Radio de átomo (Angstrom)	1.14	
Radio de ion X ⁼ (Angstrom)	1.98	
Electroafinidad (ev)	-4.21	
Potencial de ionización (ev)	9.75	
Punto de fusión (°C)	170	(rojo)
	217	(gris)
Punto de ebullición (°C)	688	
Calor de formación del hidruro	-15.8	
gaseoso (Kcal/mol)		

El selenio se presenta en varias formas alotrópicas. Selenio rojo coloidal, selenio rojo amorfo, selenio rojo cristalino (monoclinico) soluble en sulfuro de carbono, selenio negro o vítreo, selenio gris o metálico, y una última variedad, selenio líquido, obtenido fundiendo la forma roja cristalina y enfriando rápidamente, tiene un color entre rojo oscuro y negro y es muy viscoso.

El selenio vítreo, el amorfo y el coloidal resultan cuando se enfría rápidamente el selenio líquido o cuando se forma selenio elemental en reacciones de reducción.

b) Químicas:

El selenio en atmósfera de oxígeno arde con llama de color azul pálido al quemarlo en un mechero Bunsen, formando SeO_2 . En contraste con el azufre no arde en el aire y no presenta riesgo de incendio o de explosión.

Sus estados de oxidación más importantes son: -2 , 0 , $+2$, $+4$, y $+6$. De éste elemento hay varios compuestos orgánicos e inorgánicos parecidos a los del azufre.

Reacciona con metales activos captando electrones y formando compuestos iónicos que tienen el ión Se^{2-} y compuestos covalentes con otros elementos.

Los óxidos tienen carácter ácido y originan ácido selenioso, H_2SeO_3 , y ácido selénico H_2SeO_4 .

El seleniuro de hidrógeno, H_2Se_2 , obtenido al calentar selenio e hidrógeno en un tubo cerrado al soplete es un gas incoloro que huele a rábano podrido. Los seleniuros tal como el H_2Se , son tóxicos y debe tenerse sumo cuidado al manejar tanto el elemento como sus compuestos.

Es de interés especial en Química Orgánica el efecto de deshidrogenación que tiene el selenio sobre los compuestos hidroaromáticos. También forma una extensa serie de compuestos orgánicos.

APLICACIONES

Las fuentes de consumo más importantes de selenio en la actualidad son, en orden de importancia decreciente: pigmentos y vidrio, industria electrónica (rectificadores, celdas fotoeléctricas), metalurgia, industria del caucho, productos orgánicos y medicamentos.

Pigmentos.—El sulfoseleniuro de cadmio es un material muy importante para la fabricación de pigmentos brillantes, resistentes al calor, a la luz solar y al ataque químico. Los pigmentos rojos se usan para jabón, caucho, cerámica, plásticos, papel, tintas de imprenta, cuero y otros productos.

Vidrio.—El selenio se usa en forma elemental y algunas veces como selenito de sodio o de bario para decolorar vidrio. La cantidad requerida depende del contenido de hierro en el vidrio. En condiciones oxidantes, los compuestos de selenio convierten al óxido ferroso (fuertemente verde), en óxido férrico (débilmente amarillento), a la vez que se forma selenio rojo elemental que neutraliza al color residual de óxido férrico. En condiciones reductoras, el selenio, óxido ferroso y carbonato de sodio reaccionan para formar poliseleniuro de sodio rojo y óxido férrico, obteniéndose el mismo resultado que en condiciones oxidantes.

Electricidad.—La variedad gris de selenio conduce la corriente eléctrica, y su conductividad depende de la intensidad de la luz a que esté expuesto; en esta propiedad se basa el empleo de selenio de alta pureza en celdas fotoeléctricas para medir la intensidad luminosa entre ciertas longitudes de onda, y para regular la intensidad de la corriente en circuitos eléctricos que accionan diversos mecanismos.

Metalurgia.—El ferroseleniuro se usa para fabricar ciertos aceros inoxidables. También se emplea selenio en aleaciones especiales de cobre.

Caucho.—El caucho que contiene selenio resiste al desgaste por fricción y se utiliza como revestimiento no inflamable para conductores eléctricos.

Productos químicos orgánicos y medicamentos.—El dióxido de selenio es un oxidante y catalizador importante en la síntesis de productos químicos orgánicos. Los usos que gozan de prioridad por la virtud catalizadora del selenio son: determinaciones de nitrógeno por el método de Kjeldahl para acelerar la digestión de los materiales nitrogenados y como catalizador deshidrogenante para los compuestos hidroaromáticos. Síntesis de la cortisona y fabricación del ácido nicotínico (niacina). Fabricación de una suspensión estabilizadora tamponada de sulfuro de selenio, conocida en el mercado como "Sel-sun" y utilizada contra la dermatitis seborreica del cuero cabelludo.

El selenio también se emplea en la determinación gravimétrica del zirconio y del hafnio (1) en forma de selenitos, habiéndose demostrado que el selenito es el único compuesto estequiométrico del zirconio que puede ser pesado directamente y luego calentado hasta óxido, el hafnio se comporta de manera semejante. Un papel impregnado con sulfuro de selenio descubre concentraciones de mercurio en la atmósfera hasta de 150 microgramos/m³. Es un elemento huella esencial para que algunos animales como las ovejas utilicen la vitamina E (15), si no la aprovechan sufren la enfermedad del "músculo blanco", muy semejante a la "distrofia muscular" en el hombre.

Comercialmente se conocen dos clases de selenio; el refinado, de 99.5% y un tipo de alta pureza de 99.99%. El primero se expende en forma de polvo en varios grados de finura y el segundo como grana-lla o pequeñas barras.

Aunque antes se consideraba como un elemento raro hoy se producen más de 500,000 kg anuales, obtenidos casi totalmente como subproducto de la refinación electrolítica del cobre. Su precio aproximadamente es de 125 pesos el kilo.

TELURIO

HISTORIA Y ESTADO NATURAL.—En 1782, Franz Joseph Müller Von Reichenstein, Director de Minas en Transilvania (Hungria), extrajo de un mineral de oro un elemento nuevo de aspecto metálico, que tomó al principio por antimonio, Klaproth 16 años después le dió el nombre de telurio (del latín tellus, la Tierra), y en 1832 Berzelius hizo notar su semejanza con el selenio.

La concentración de telurio en la corteza terrestre se estima en 0.002 ppm (11). Se encuentra libre en pequeñas cantidades, pero más abundantemente, se halla combinado en forma de telururo de plata, oro y plomo. Es uno de los productos más abundantes de la fisión del uranio.

PROPIEDADES

a) Físicas:

Número atómico	52
Peso atómico	127.61
Abundancia de los isótopos	130 34.5%
	128 31.7%
	126 18.7%
	125 7.0%
	124 4.6%
	122 2.5%
	123 0.9%
	120 0.1%
Vol. atómico (cm ³ /at-g)	20.2
Gravedad específica	5.9-6.2
Calor específico (cal/°C.g)	0.047
Radio de átomo (Angstrom)	1.37
Radio del ion X ⁼ (Angstrom)	2.21
Potencial de ionización (ev)	9.01
Electroafinidad (ev)	-
Punto de fusión (°C)	450
Punto de ebullición (°C)	1390
Calor de formación del hidruro	-33.93
gaseoso (Kcal/mol)	

Las formas alotrópicas de éste elemento son: una forma cristalina, hexagonal y una variedad amorfa de propiedades inciertas.

b) Químicas:

El telurio sólido cristalino se empaña superficialmente expuesto al aire; el telurio fundido es fácilmente oxidado a dióxido. Reacciona con el ácido sulfúrico para dar TeSO_3 ; si se añade telurio elemental a soluciones que contengan el ión telururo se forman politelururos coloreados. El telurio es soluble en álcalis cáusticos calientes, pero no en hidróxido de amonio. En solución forma aniones monoatómicos (Te^{2-}) y cationes, también monoatómicos (Te^{4+}).

Los compuestos orgánicos que contienen telurio no son muy estables; se conocen, sin embargo telururos alquílicos y arílicos, teluromercaptanos, compuestos de teluronio y derivados cíclicos.

En general, tanto sus propiedades como las de sus compuestos semejan a las del azufre y selenio. El telururo de hidrógeno, H_2Te , es un gas inestable y de olor desagradable.

APLICACIONES

El telurio se vende en pedazos y en polvo siendo utilizado casi exclusivamente en la industria del caucho. El dietil telururo se agrega a la gasolina para acelerar la combustión y aumentar el octanaje. El telururo de potasio es magnífico para estelirizar líquidos inyectables.

En Medicina el telurio se aplica para ciertas enfermedades de la sangre y recientemente en la producción de un isótopo radioactivo en el tratamiento de la glándula tiroides. Sin embargo estas aplicaciones no se comparan en importancia con la que tiene como termoelemento en la industria de semiconductores. Se usa también como dióxido en soluciones de ácido clorhídrico, para impartir un acabado negro permanente de aspecto antiguo a la plata.

El telurio se emplea para producir vidrio azul, pardo y rojo. Si se añade 0.1 a 0.6% de telurio al plomo, se aumenta su resistencia a la tracción y su flexibilidad. Indicios de telurio se agregan al hierro fundido para endurecer en una capa superficial más gruesa las piezas templadas.

En la actualidad, el precio del telurio es de 165 pesos el kilo.

PROPIEDADES ANALITICAS DE SELENIO Y TELURIO Y SUS PRINCIPALES COMPUESTOS

1.—Forman dos clases de compuestos, derivados de los dióxidos y de los trióxidos. De ellos los dióxidos y sus derivados son de mayor importancia analítica.

2.—Al oxidarse en medio húmedo y por la acción del ácido nítrico o del sulfúrico concentrados se forma según sea el caso ácido selenioso o ácido teluroso.

3.—Los ácidos seleniosos y telurosos se disuelven en ácido clorhídrico. De estas soluciones, los elementos son fácilmente precipitados con hidracina y SO_2

4.—Los compuestos de selenio son muy volátiles en soluciones clorhídricas; por consiguiente no deben ser evaporadas. La adición de cloruro de sodio no previene esta volatilización. Los compuestos de telurio son mucho menos volátiles bajo estas condiciones y las soluciones ácidas pueden ser evaporadas sobre baño maría sin riesgo de pérdida.

5.—La oxidación al estado hexavalente se lleva a cabo cuando los elementos y sus compuestos nativos se funden con un fundente alcalino, o cuando soluciones alcalinas de ácido selenioso o teluroso son tratadas con cloro.

6.—El dióxido de azufre no reduce a los ácidos selénicos y telúricos, y el ácido sulfhídrico tampoco los precipita, a menos que la solución esté demasiado ácida. Se reducen al estado tetravalente cuando se hierven con ácido clorhídrico o bromhídrico bajo condiciones de reflujo (por la volatilización del selenio). La hidracina reduce los ácidos "icos" con precipitación de los elementos.

7.—El cloruro estanoso precipita los elementos de soluciones clorhídricas de ácidos "osos" en frío y de ácidos "icos" en caliente.

8.—De soluciones que contengan grandes cantidades de sales férricas, los ácidos seleniosos y telurosos, así como el arsénico y el antimonio, son ocluidos en el precipitado producido por el hidróxido de amonio. Sin embargo, los ácidos selénico y telúrico no precipitan en hidróxido férrico.

**II.—SEPARACION DE LAS MUESTRAS
MINERALES DE LOS SEDIMENTOS
QUE LAS CONTIENEN.**

Durante el curso de las investigaciones mineralógicas, frecuentemente se hace necesario preparar muestras de minerales puros, ya sea para análisis químicos, para determinación de propiedades físicas, de edades isotrópicas o para varios otros propósitos para los cuales se requieren datos de alta precisión.

El equipo y técnica de que se dispone en los laboratorios modernos para lograr tales separaciones son variados y permiten la concentración de fracciones puras de casi cualquier mineral que pudiera imaginarse.

Los métodos de laboratorio para separar, a partir de mezclas, componentes mineralógicos puros, son los gravimétricos, los magnéticos, los químicos, los de flotación, los electrostáticos y la selección a mano (17).

I.—METODOS GRAVIMETRICOS:

A) *Líquidos densos*

- (1) Bromoformo y tetrabromuro de acetileno.
- (2) Yoduro de metileno.
- (3) Solución de Clerici.

B) *Elutriadores*

C) *Mesas Wilfley y otras mesas vibratorias.*

II.—SEPARACION MAGNETICA.

A) *Imán de mano.*

B) *Electroimanes, tales como el Separador Isodinámico Frantz y el Separador Carpcó.*

III.—METODOS QUIMICOS.

IV.—FLOTACION.

V.—METODOS ELECTROSTATICOS.

VI.—SELECCION A MANO.

El criterio en el que se basa la selección de los métodos de separación depende de las propiedades del mineral en contraste con las de los minerales asociados. El orden en el cual deben aplicarse los métodos también es importante e incluye consideraciones como: costo y cantidad disponible de los líquidos al usarse, posible pérdidas de tales líquidos y velocidad con la cual cada aparato efectúe el trabajo.

Métodos gravimétricos.—La utilidad de los métodos gravimétricos se basa en los amplios límites de gravedad específica entre los minerales, los cuales se extienden desde aproximadamente 1.5 hasta más de 21, haciendo posible concentrar la muestra para luego utilizar métodos más refinados. Al mismo tiempo las separaciones hechas con líquidos densos tienen la ventaja de ser separaciones absolutas.

Los líquidos densos de uso más común son el bromoformo y el tetrabromuro de acetileno, cuyas densidades son 2.89 y 2.96 g/cm³ respectivamente y que permiten la flotación de cuarzo, calcita, feldspatos y algunas micas. Estos líquidos tienen la ventaja de ser relativamente baratos y fáciles de obtener; además, diluyéndolos con acetona se pueden obtener mezclas cuya densidad puede reducirse hasta obtener el valor deseado. La solución de Clerici, es una solución acuosa de la mezcla de formiato y malonato de talio, en proporciones iguales, que da límites de densidades desde 3.33 hasta 4.9 g/cm³, variando el contenido de agua o calentando la solución (6).

Los tubos elutriadores son de dos tipos, los de sección transversal constante y aquellos en los que la sección transversal disminuye por etapas de arriba hacia abajo. Su funcionamiento se basa en la diferente velocidad de sedimentación de partículas de igual tamaño pero que tienen gravedades específicas diferentes, con una columna de agua ascendente. Los primeros son para trabajar con arcilla y los segundos para separar mezclas de minerales de diferente densidad. Es absolutamente necesario hacer una rigurosa clasificación por tamaños mediante el uso de tamices. Este método es menos positivo que el uso de líquidos densos, pero es útil para separar mues-

tras pequeñas (10 a 200 g) de minerales cuya gravedad específica los sitúe fuera del margen de utilidad de los líquidos densos.

La Mesa Wilfley se basa en el mismo principio de separación por gravedad en medio acuoso. La concentración es satisfactoria sólo cuando los materiales pesados están contenidos en 100 Kg o más de mineral.

....Separaciones magnéticas.—Aunque el campo magnético producido por un imán de mano es constante, la intensidad en diferentes partes del campo varía considerablemente, por lo cual las condiciones que afectan a las partículas minerales individuales no están sujetas a un control preciso; de aquí que para la separación cuantitativa de minerales (exceptuando a la magnetita que es mucho más magnética que cualquier otro mineral), sea preferible usar separadores más complejos.

Entre los principales electroimanes se encuentran el Separador (indinámico) Frantz, el Separador magnético Carpeo y los equipos construidos por la Separations Engineering Corporation. El más sensible es el diseñado por Frantz, que mediante el uso de un campo magnético variable controlado, de diseño muy cuidadoso, a través del cual

los granos minerales fluyen por un canal, permite la separación de minerales aprovechando muy pequeñas diferencias en sus susceptibilidades paramagnéticas; o bien la separación de aquellos que no tienen ninguna susceptibilidad, de los que tienen muy poca. Además del control de la intensidad del campo, las pendientes longitudinal y lateral de la canal pueden variarse independientemente, controlándose así la velocidad de flujo del material a través del campo y el vector magnético necesario para hacer que 2 granos de diferente susceptibilidad magnética tomen trayectorias diferentes. Este método trabaja mejor con productos clasificados por tamaño siendo más rápido cuanto más grande sea el grano.

Métodos químicos.—Hay ocasiones en que la manera más fácil y eficiente para separar un mineral de la ganga con la que está asociado es por lixiviación y disolución de los ingredientes indeseables. El reactivo de más uso es el ácido clorhídrico diluido y concentrado y el ácido acético y el oxálico cuando el mineral por separar es soluble en ácidos minerales. El método es muy ventajoso cuando los cristales separados se necesitan para trabajos de rayos X o gonio-

métricos pues deja un residuo de cristales completos con superficies brillantes.

Flotación.—Probablemente sea el método de separación más empleado para recuperar metales a partir de sus menas. Sin embargo, en el laboratorio no se aplicará para separar especies minerales nuevas o raras, ya que el tiempo y esfuerzo necesarios para establecer un procedimiento adecuado para cada especie, exceden con mucho al que se requiere para una selección a mano con ayuda del microscopio.

Métodos electrostáticos.—La separación electrostática se usa principalmente en la industria, especialmente para separar minerales no metálicos, tales como cuarzo y micas, rutilo y cianita, ilmenita y magnetita, scheelita y sulfuros. Para conseguir una separación electrostática, los componentes de una mezcla de granos deben tener cargas de signo contrario o una diferencia en su susceptibilidad.

Selección a mano.—A pesar del trabajo más cuidadoso y del empleo de las técnicas más depuradas, en los concentrados que se preparan por cualquiera de los métodos ya enunciados, aparecen con frecuencia algunos granos de material extraño, o de minerales que aunque se desean, tienen partículas adheridas de otro que son indeseables. Estas impurezas pueden eliminarse a mano, con la ayuda

de un microscopio estereoscópico. La selección a mano puede realizarse colocando la muestra sobre una cubierta de vidrio y removiendo los granos con una aguja provista de un mango, la que a menudo es necesario engrasar con solo pasarla por la piel para que los granos se adhieran a ella inmediatamente.

Por último, antes de proceder al análisis, la muestra pura debe molerse a -200 mallas y luego secada a la temperatura indicada o más conveniente para el mineral por analizar.

**III.—PASOS A SEGUIR EN EL ANALISIS
COMPLETO DE LOS MINERALES
MAS COMUNES DE SELENIO Y
TELURIO.**

En el análisis cuantitativo de estas especies minerales debe tomarse en cuenta la posible presencia de oro, plata, talio y todos los miembros del grupo del ácido sulfhídrico. Por ésto se recomienda tomar cuatro porciones de la muestra problema como se indica a continuación:

PRIMER PORCION.—Para oro, plata, selenio, telurio e insoluble.

Una vez disuelto el material con ácido sulfúrico y nítrico y evaporado este último, la solución se lleva a 50 ml. y se filtra.

En el residuo queda el oro, el sulfato de plomo y la ganga insoluble. En el filtrado queda la plata, el selenio y el telurio.

El oro es disuelto en agua regia y determinado. El sulfato de plomo es extraído con solución de acetato de amonio y el insoluble pesado.

Al filtrado se le agrega ácido clorhídrico para precipitar la plata en forma de cloruro. Al filtrado obtenido después de separar la plata se acidula con más clorhídrico concentrado y se somete a una corriente de dióxido de azufre para determinar selenio y telurio.

SEGUNDA PORCION.—Para plomo, bismuto, cobre, fierro y talio.

Un gramo de mineral, se disuelve en ácido nítrico (1:1). El nítrico que pudo haber quedado se evapora con ácido sulfúrico. Cuando enfría se le añade suficiente ácido bromhídrico y se calienta hasta aparición de humos de anhídrido sulfúrico para asegurar la completa expulsión de arsénico, antimonio, estaño y selenio. Cuando enfría la solución se le agrega ácido sulfúrico diluido, se hierve hasta desprendimiento de humos (SO_3) y luego agua para evitar posible formación de $Pb(HSO_4)_2$, soluble en ácido sulfúrico concentrado. El sulfato de plomo se disuelve en acetato de amonio y se determina el plomo como es costumbre.

Al filtrado se le añade ácido clorhídrico para eliminar plata. Al filtrado, después de separar cloruro de plata se le hace pasar una corriente de ácido sulfhídrico con objeto de remover telurio, bismuto y cobre. Después de filtrar y hacer amoniacal a este último filtrado se le pasa una vez más ácido sulfhídrico para que en ese medio precipite fierro y talio.

Del primer precipitado obtenido con ácido sulfhídrico se extrae cobre y telurio con cianuro de sodio y el bismuto que queda en el residuo se disuelve con ácido bromo-sulfúrico y se determina.

Al precipitado sulfuroso amoniacal se le trata con ácido clorhídrico y luego con nítrico para oxidar el fierro y precipitarlo con

hidróxido de amonio. El talio queda en el filtrado y se determina como cromato.

TERCERA PORCION.—Para arsénico, antimonio y estaño.

El mineral es disuelto en caliente con 12 ml. de ácido sulfúrico concentrado. Se enfría, se diluye con agua y se calienta hasta disolver los sulfatos solubles. Se enfría y se le agrega la mitad de su volumen de ácido clorhídrico concentrado para precipitar selenio y telurio con dióxido de azufre. Al filtrado obtenido se le pasa una corriente de aire para expulsar el SO_2 que pudo quedar, y así poder pasar la corriente de ácido sulfhídrico para precipitar al grupo de metales sulfurosos.

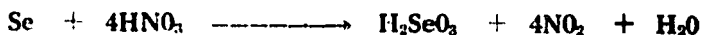
CUARTA PORCION.—Para azufre.

La muestra se disuelve en agua regia, se elimina el nítrico. El residuo se disuelve en ac. clorhídrico para que de esta solución se precipiten los minerales pesados con zinc. El filtrado se alcaliniza con hidróxido de amonio y se precipita al sulfato con cloruro de bario.

**IV.—METODOS CUANTITATIVOS PARA
DETERMINAR SELENIO Y TELURIO.**

La química analítica de selenio y telurio depende de la facilidad con que sus compuestos solubles sean reducidos y sus elementos precipitados. Al mismo tiempo, el método a seguir ya sea gravimétrico, volumétrico o colorimétrico será según el contenido de estos elementos en minerales o menas. Los métodos gravimétricos sirven para cuantear cualquier porcentaje y los otros métodos para cantidades muy pequeñas.

Métodos gravimétricos.—La descomposición de la muestra es con ácido nítrico y subsecuente evaporación del mismo por calentamiento con ácido sulfúrico hasta humos de SO_3 .

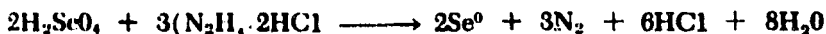
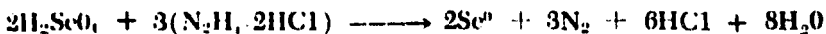


La reducción se hace primeramente con solución de cloruro estantoso al 50% en medio clorhídrico.

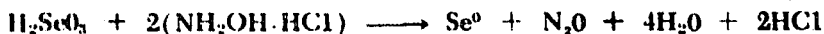


y luego se precipita al selenio en forma elemental y al telurio como metal o como dióxido con uno de los siguientes reactivos:

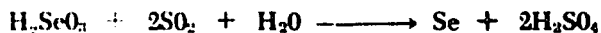
Con Hidracina:



Con Cloruro de hidroxilamina:



Con Dióxido de azufre:



Cuando el agente reductor sea SO_2 deberá controlarse la temperatura y acidez de la solución.

Si la temperatura es menor de 15°C , la precipitación de selenio es lenta, y si es mayor de 22°C habrá oclusión de telurio que no podrá ser eliminado por simples lavados con agua. Al mismo tiempo, la acidez será de 80% en volumen de ácido clorhídrico cuando se precipite selenio, y de 40% para telurio.

Además de estos métodos hay otros, como el que emplea ácido hipofosforoso, tiourea (12) y fenilhidracina (8)

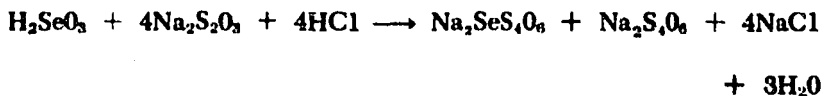


Determinaciones volumétricas.

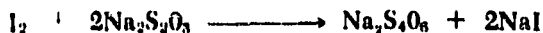
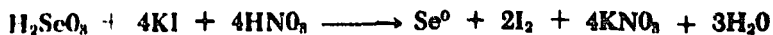
Son muchos los métodos volumétricos, sin embargo, no han desplazado a los gravimétricos en la práctica por la interferencia del telurio en la titulación de selenio y viceversa.

Entre los métodos para selenio se recomiendan al de tiosulfato y el yodométrico.

Método del tiosulfato de sodio.—El tiosulfato de sodio reduce al ácido selenioso, formando selenopentationato de sodio y el exceso de tiosulfato es titulado con solución estandar de yodo de acuerdo con la siguiente reacción:



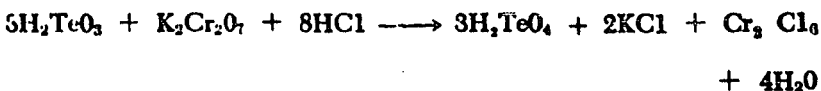
Método yodométrico.—Consiste en reducir directamente ácido selenioso con yoduro de potasio y el yodo liberado titularlo con tiosulfato de sodio 0.01N.



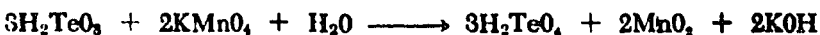
La ventaja del método es la titulación directa y la desventaja, el precipitado rojo (selenio elemental), producto de la reducción del ácido selenioso con yoduro de potasio, el que absorbe yodo (y probablemente azul yodo-almidón), lo que dificulta ver el final de la reacción.

Para el telurio, los métodos volumétricos más aconsejables son los que emplean dicromato y permanganato de potasio.

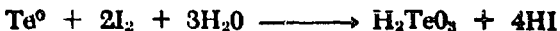
Con dicromato de potasio.—La reducción del ácido telurioso se hará en medio débilmente clorhídrico según la reacción:



Con permanganato de potasio.—La reacción será en medio alcalino:



Otro buen método es el basado en la reducción de telurio a suspensión coloidal y una vez aislado oxidado a estado hexavalente (Te^{6+}) y titulado con solución de yodo.



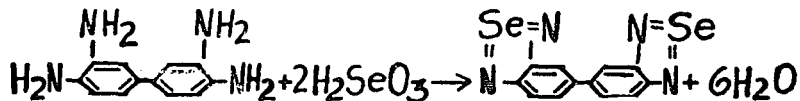
Determinaciones colorimétricas

Los métodos colorimétricos involucran formación de "soles" coloreados de los elementos respectivos.

El cloruro estanoso es el reductor más aconsejable, tanto para selenio como para telurio, mientras que el ácido hipofosforoso lo es para telurio, y la hidracina para selenio.

Los soles de telurio varían de azul intenso a púrpura y de rojos a ámbar conforme aumenta el reductor, esto no sucede con los de selenio, que son independientes a la concentración del mismo.

Entre los métodos específicos, podemos citar el de la 3,3, diaminobenzidina para determinar selenio formando un piarselenol (3), y los que emplean tiourea la que forma un complejo aminado de color amarillo (12) con el telurio



Separación de selenio y telurio.

Su separación por precipitación involucra una reducción al estado elemental.

El dióxido de azufre en soluciones clorhídricas concentradas superiores a 8N precipita selenio en elevado grado de pureza y libre

de telurio. En soluciones 3N-5N de ácido clorhídrico, los dos precipitan cuantitativamente y en soluciones más diluidas tiene peligro de coprecipitación de cobre, cadmio, bismuto, antimonio, estaño y molibdeno. Cuando se separe selenio no debe aumentarse la temperatura a más de 30°C por la coprecipitación que se lleva a cabo cuando el selenio amorfo (rojo), pasa a gris oscuro, y por la volatilidad de sus cloruros calientes.

La hidroxilamina precipita selectiva y cuantitativamente selenio en presencia de telurio de soluciones calientes al 17% de ácido clorhídrico o en presencia de ácido cítrico o tartárico. Para los mismos fines se emplea la reducción selectiva con yoduro, antes de una determinación colorimétrica.

Otro método clásico es la destilación, basado en que la volatilidad de los haluros de telurio disminuye en presencia de ácido sulfúrico, fosfórico, o por dilución con agua.

Por último, mencionaremos a la Amberlita I-R 120 (60 mallas) en solución 0.3N de ácido clorhídrico, la que ha dado magníficos resultados en la separación de estos dos elementos.

V.—TRABAJO EXPERIMENTAL

TELURIO NATIVO

Sinónimos: Paradoxo, metal problemático, lionita.

Cristalografía: Sistema trigonal.

Características externas: Cristales prismáticos.

Color: Blanco.

Lustre: Metálico.

Gravedad específica: 6.1 - 6.5.

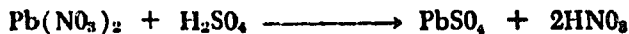
Análisis

El mineral, 0.5 - 1.0 g., se disuelve en 20 ml de ácido nítrico concentrado y se deja digerir sobre una parrilla hasta completa solución. Se le agrega 10 ml. de ácido sulfúrico concentrado, se evapora a sequedad y el residuo se disuelve en clorhídrico (1:1), se filtra y pesa la materia insoluble.

El filtrado se satura con dióxido de azufre, precipitando oro, plomo, selenio y telurio.

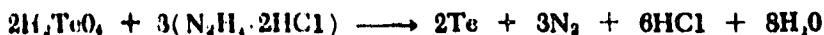
Determinación de oro.—Los elementos precipitados con SO_2 , se tratan con ácido nítrico (1:1), disolviéndose el selenio, telurio y plomo. El oro residual es filtrado, secado y pesado.

Determinación de plomo.—A la solución nítrica se le agrega ácido sulfúrico para precipitar plomo como sulfato de plomo.



Determinación de selenio.—El filtrado se calienta, se le agrega agua, suficiente nitrato férrico e hidróxido de amonio. El precipitado se lava en caliente con agua amoniacal y cloruro de amonio, se disuelve en clorhídrico al 80% y se le pasa una corriente de SO_2 para precipitar selenio.

Determinación de telurio.—El último filtrado se diluye a un 40% en volumen de ácido clorhídrico, se calienta a ebullición y se le añaden 40 ml. de solución saturada de SO_2 y 10 ml. de cloruro de hidracina al 15%. Se filtra en crisol de vidrio, lavando primero con agua caliente y después con alcohol. El telurio se seca una hora a 105°C .



Resultados obtenidos en la muestra analizada (no representativa), de telurio nativo siguiendo el método enunciado:

Te	76.0 %
Se	5.86%
Au	trazas
Pb	0.08%
Insoluble	9.2 %

MOCTEZUMITA

Durante el año 1963, el Dr. R. V. Gaines, investigador del Instituto de Geología, desarrolló un extenso trabajo sobre minerales mexicanos de selenio y telurio. Como producto de este estudio, tuvo el honor de encontrar una especie mineral nueva, un telururo de plomo y uranio, en la mina de Moctezuma, Sonora, y a la que llamó "Moctezumita" en alusión a su localidad, (6).

La moctezumita, se presenta en pequeños cristales en forma de hojuelas cubriendo paredes de fracturas en la zona oxidada de un depósito de telurio. Los minerales asociados más comunes son: barita, pirita, emmonsita, telurito de zinc, telurito de uranio y un mineral de plomo de color rojo purpúreo, no identificado. El color varía desde naranja brillante hasta naranja oscuro. La dureza aproximada es de 3.0 y la gravedad específica es de 5.77.

Por su análisis sabemos que se trata de un telurito de plomo y uranio anhidro; $PbO.UO_3.2TeO_2$. Las proporciones de Pb:U:Te, fueron confirmadas por fluorescencia con rayos X, comparando al mineral con una mezcla artificial.

Análisis:

Tratar 0.5 g. de muestra molida con 20 ml. de ácido clorhídrico (1:1), y llevarlos a ebullición suave por 5 minutos. El material insoluble se filtra y luego se lava diez veces con ácido clorhídrico al 5%. Al filtrado se le agrega 10 ml. de H_2SO_4 y se evapora a sequedad. Disolver en ácido sulfúrico, diluir un poco, cubrir con vidrio de reloj y dejar la solución así por espacio de doce horas, para que se disuelvan todas las sales. El residuo se filtra, se lava con ácido sulfúrico al 2% y al final con agua.

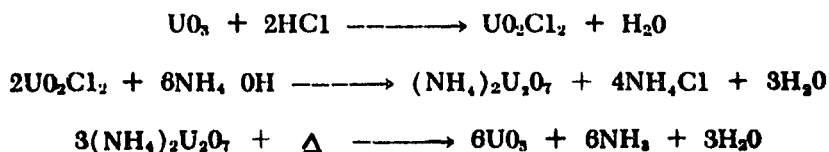
En el precipitado queda el plomo, el que se disuelve en una solución caliente de acetato de amonio y se precipita como cromato de plomo. Disolver el cromato, en clorhídrico diluido, agregar 2 g. de KI y titular el yodo liberado con solución 0.1N de tiosulfato de sodio.

El filtrado obtenido al separar plomo, se acidula hasta un 25% en volumen con ácido clorhídrico, se le agrega de 10 a 15 ml. de solución de cloruro de hidracina y solución saturada de SO_2 . El precipitado de telurio se filtra en crisol de vidrio previamente tarado, se lava con alcohol y agua, y se seca a $105^{\circ}C$.

El filtrado se evapora con 10 ml. de ácido sulfúrico y 10 ml. de ácido nítrico. El residuo se disuelve en ácido clorhídrico, y se pre-

precipita fierro y aluminio con Na_2CO_3 , el que además mantiene al uranio en solución. Se filtra y en el precipitado se determina fierro y aluminio.

El último filtrado se calienta a ebullición, se le agrega hidróxido de amonio caliente hasta ligero exceso, con lo que precipita el uranato amónico. El precipitado se lava con solución al 2.0% de nitrato de amonio, se calcina a 1000°C por espacio de 15 minutos en crisol de platino y libre acceso de aire para transformarlo en UO_3 .



Telurio (Te)	27.28%
Plomo (Pb)	20.20%
Fierro (Fe)	0.20%
Aluminio (Al_2O_3)	huellas
Uranio (UO_3)	28.56%
Insoluble	20.00%

TELURITA

Cristalografía: Ortorrónica.

Características externas: Se presenta en forma de masas esféricas.

Dureza: 2.0.

Gravedad específica: 5.9 ± 0.02 .

Color: Blanco y blanco amarillento.

Lustre: Adamantino.

Composición química: Dióxido de telurio, TeO_2 .

Propiedades: Fácil de fundirse y volatilizarse.

Producto de oxidación de telururos.

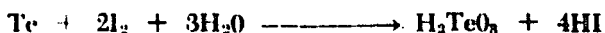
Análisis:

Pesar aproximadamente 1.0 g. de muestra y disolver en una mezcla de partes iguales de ácido nítrico y sulfúrico. Evaporar hasta humos de SO_3 , enfriar, agregar 50 ml. de ácido clorhídrico concentrado y 5 ml. de solución de ácido arsenioso, (2). Calentar a ebullición, entonces agregar 10 ml. de ácido hipofosforoso y dejar la solución en ebullición otros 5 minutos.

Filtrar el telurio en filtro de vidrio, lavar con clorhídrico (1:1) y luego con agua. Si el precipitado se ve negro, se determina volumétricamente. Cuando el precipitado es escaso y no se observa

negro sino café, debe determinarse por algún método espectrofotométrico.

Método volumétrico.—Basado en la reducción del telurio a suspensión coloidal de telurio elemental, el cual a su vez es oxidado con yodo a telurio tetravalente.



Disolver el precipitado contenido en el filtro de vidrio con ácido nítrico. Evaporar el ácido a calor suave, enfriar y neutralizar con NaOH al 50% usando fenolftaleína como indicador. Diluir, añadir 5 ml. de ácido fosfórico al 85%, 5 ml. de goma arábiga al 1.0% y 2.5 g. de hipofosfito de sodio y calentar. Cuando se llega al punto de ebullición, la solución se oscurece, formándose una fina suspensión coloidal de telurio elemental. Si hay menos de 1.0 mg. de telurio en la solución, ésta se verá ligeramente café, y si hay 3.0 mg. o más se verá negra.

El telurio se valora muy lentamente con yodo 0.1N. Cuando la solución vaya aclarando, añadir 15 ml. de tetracloruro de carbono, CCl₄, y terminar de titular, que es exactamente cuando la capa de tetracloruro toma un color rosado.

El contenido aproximado de telurio en la telurita es el siguiente:

Telurio (Te)	77.5%
Insoluble	1.8%

UMANGITA

Cristalografía: Sistema ortorrómbico.

Características externas: Forma masiva o finos agregados cristalinos.

Lustre: Metálico.

Dureza: 2.7 -3.1.

Gravedad específica: 6.44 -6.49.

Color: Recién quebrado sus superficies son de color cereza obscuro con tonos violetas y azules.

Composición química: Seleniuro de cobre: $Cu_4 \cdot xSe_2$.

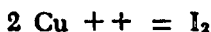
Propiedades: Funde con facilidad y es soluble en ácido nítrico. Es opaco. Su formación aparente se debe a la presión y concentración de cobre y selenio en los depósitos donde se localiza.

Análisis:

Se pesan 0.5 g. de mineral finamente pulverizado, se pasan a un matraz y se les añade 10 ml. de ácido nítrico y se calienta suavemente hasta completa disolución. El insoluble se filtra y el filtrado se diluye a 200 ml. con agua destilada en matraz aforado.

Determinación de cobre.—De la solución anterior, se toman 100 ml., se evaporan casi a sequedad y se les agrega después de enfriar 3 ml. de ácido sulfúrico concentrado y se calienta nuevamente hasta eliminar el ácido nítrico.

El residuo se disuelve con agua, se trata con hidróxido de amonio hasta color azul intenso. Se agregan 2 ml. de ácido acético glacial y 2.0 g. de yoduro de potasio y se deja la solución en la obscuridad unos 15 minutos. El yodo liberado se titula con solución 0.1N de tiosulfato de sodio, usando almidón como indicador.



Determinación del selenio.—Los 100ml. restantes, se evaporan con objeto de eliminar todo el ácido nítrico. El residuo es disuelto en HCl al 50% y el selenio precipitado con solución saturada de SO_2 .

Cobre	51.90%
Selenio	42.40%
Insoluble	4.40%

EMMONSITA

Sinónimo: Durdenita.

Cristalografía: Probablemente sistema monoclinico. Frecuentemente forma masas microcristalinas y costras fibrosas con pequeñas superficies botrioidales, pero casi nunca se hallan cristales rectos de aristas agudas y caras brillantes.

Dureza: 2.5.

Gravedad específica: 4.52.

Color: Varía de verde amarillento brillante a verde olivo muy obscuro. Es transparente.

Lustre: Vítreo.

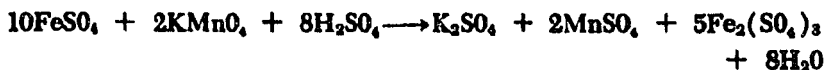
Composición química: Teluro de hierro hidratado;



Análisis:

Muestra de emmonista procedente de la mina "La Moctezuma", Sonora. Se disuelven 250 mg. de muestra en 15 ml. de ácido sulfúrico concentrado, usando una válvula de CO_2 para evitar la oxidación, y se mantiene a ebullición suave por 30 minutos. Al enfriar se diluye con agua a 50 ml. en un matraz aforado.

Determinación de fierro.—De la solución anterior se toman 25 ml. y se titulan con permanganato, hasta color rosa permanente.



Determinación de telurio.—Los otros 25 ml. de solución, se evaporan y el residuo se disuelve en HCl. Se lleva a ebullición, entonces se le agregan 40 ml. de solución saturada de SO₂, 15 ml. de cloruro de hidracina al 15% continuando la ebullición unos minutos. Cuando el precipitado se haya asentado, se filtra, se lava primero con agua caliente para eliminar todo el cloro y luego con alcohol. Se seca una hora a 105°C.

Contenido de agua.—Una cantidad conocida de muestra, se calienta 6 horas a 750°C que es la temperatura a la que el mineral pierde toda el agua.

Resultados:

Telurio	58.54%
Fierro	15.36%
Pérdida por calcinación	4.12%
Insoluble	0.72%

**VI.—MINERALES DE SELENIO Y
TELURIO.**

MINERALES DE SELENIO Y TELURIO

Tipo	Grupo	Nombre	Fórmula	Simetría	Dureza	Gravedad específica
ELEMENTOS NATIVOS						
Semi-metales	Telurio	Selenio	Se	Hexagonal	2-2.5	6.1-6.5
	Telurio	Selen-Telurio	Se, Te	Hexagonal	2-2.5	
	Telurio	Telurio	Te	Hexagonal	2-2.5	5.9-6.2
SULFUROS						
Am Xn	Tetradimita	Telurobismutita	Bi ₂ Te ₃	Hexagonal	1.5-2	7.6
Am Xn	Tetradimita	Tetradimita	Bi ₂ Te ₂ S	Hexagonal	1.5-2	7.3
Am Xn	Tetradimita	Gruenlinguita	Bi ₂ TeS	Hexagonal	2	8.08
Am Xn	Tetradimita	Josefita	Bi ₃ TeS	Hexagonal	2	8.18
Am Xn	Tetradimita	Wehrlita	Bi ₃ Te ₂	Hexagonal	1.5-2.5	8.4
Am Xn		Nagiagita	Pb ₂ Au(Te Sb) ₂ S ₅₋₆	Monoclínica	1-1.5	7.4
SELENUROS Y TELUROS						
A ₂ X	Argentita	Aguilarita	Ag ₂ (SeS)	Isométrica	2.5	7.5
A ₂ X	Argentita	Naumanita	Ag ₂ Se	Isométrica	2.5	7.0
A ₂ X		Berzelianita	Cu ₂ Se	Isométrica	2	6.7
A ₂ X		Crookesita	(Cu, Tl, Ag) ₂ Se	Pseudo-Tetragonal	2.5	6.9
A ₂ X		Eucairita	Cu Ag Se	Tetragonal	2.5	7.6-7.8
A ₂ X		Hessita	Ag ₂ Te	Monoclínica	2-3	7.8
A ₂ X		Petzita	Ag ₇ AuTe ₂	Isométrica	2.5-3	8.7-9
A ₂ X ₂		Umangita	Cu ₅ Se ₂	Tetragonal	2.7-3.1	6.4
A ₁ X ₃		Rickardita	Cu ₄ Te ₃	Isométrica	2.5-3	7.8
A ₂ X ₃		Weissita	Cu ₅ Te ₃	Isométrica	3	8.1
AX		Vulcanita	Cu Te	Ortorrónica	1-2	?

Tipo	Grupo	Nombre	Fórmula	Simetría	Dureza	Gravedad específica
AX	Galena	Claustalita	Pb Se	Isométrica	2.5-3	8
AX	Galena	Altaíta	Pb Te	Isométrica	3	8.15
AX	Esfalerita	Tiemannita	Hg Se	Isométrica	2.5	8.19-8.47
AX	Esfalerita	Coloradita	Hg Te	Isométrica	2.5	8
AX	Covelita	Klockmanita	Cu Se	Hexagonal	3	5
AX		Empresita	Ag Te	Hexagonal	3-3.5	7.5
A ₂ X ₃	Stibnita	Guanajuatita	Bi ₂ Se ₃	Ortorrónica	2	4.6
A ₂ X ₃		Montbrayita	Au ₂ Te ₃	Triclínica	?	?
AX ₂	Pirita	Penroseíta	(Ni, Cu, Pb)Se ₂	Ortorrónica	2	6.7
AX ₂	Krennerita	Krennerita	Au Te ₂	Ortorrónica	2-3	8.62
AX ₂	Krennerita	Calaverita	Au Te ₂	Monoclínica	2.5-3	9.24
AX ₂	Krennerita	Silvanita	(Ag, Au)Te ₂	Monoclínica	1.5-2	8.1
AX ₂		Melonita	Ni Te ₂	Hexagonal	1-1.5	7.3

SULFOSALES

A ₃ BX ₄		Colusita	Cu ₃ (Sn, Te, V, As)S ₄	Isométrica	3-4	4.5
AB ₂ X ₃		Weibullita	Pb Bi ₂ (S, Se) ₃	?	2-3	7
AB ₂ X ₃		Platynita	Pb Bi ₂ (S ₂ , S) ₃	Hexagonal	2-3	7.9

OXIDOS

AX ₂	Brookita	Tehurita	Te O ₂	Ortorrónica	2	5.9
AX ₂	Rutilo	Paratehurita	Te O ₂	Tetragonal		
AX ₂		Selenita	Se O ₂	Tetragonal (artif.)		

TELURATOS TELURITOS SELENATOS SELENITOS

Tipo	Grupo	Nombre	Fórmula	Simetría	Dureza	Gravedad específica
$A_2O_2XO_2 \cdot nH_2O$		Montanita	$Bi_2O_2, TeO_3, 2H_2O ?$	Monoclínica?		3.8
$A_2(XO_3)_2 \cdot nH_2O$		Emmonsita	$Fe_2(TeO_3)_2 \cdot 2H_2O$	Monoclínica	2.5	4.52
$A(XO_3) \cdot nH_2O$		Calcomenita	$Cu(SeO_3) \cdot 2H_2O$	Monoclínica ?	2.5-3	3.76
AXO_3		Molibdomenita	$Pb SeO_3$	Monoclínica		
AXO_3		Cobaltomenita	$Co SeO_3 ?$	Monoclínica		
$A_2(XO_3)_2 \cdot nH_2O$		Mackayita	$Fe_2(TeO_3)_2 \cdot nH_2O ?$	Tetragonal	3-4	4.86
$A XO_3 \cdot nH_2O$		Teineita	$Cu TeO_3 \cdot 2H_2O$	Monoclínica		
$A_2O_3 \cdot XO_2$		Blakeita	$Fe_2O_3 \cdot TeO_2 ?$	Isométrica		
$AO \cdot BO_2 \cdot 2XO_2$		Moctezumita	$PbO \cdot UO_3 \cdot 2TeO_2$	Monoclínica	3	5.77
AX_2O_5		Spiroffita	$(Mn, Zn, Ca)Te_3O_8$	Monoclínica	3.5	5.01
AX_2O_5		Denningita	$(Mn, Ca, Zn)Te_3O_8$	Tetragonal	4	5.05

VII.—CONCLUSIONES

Antes del análisis cuantitativo, se hará un análisis cualitativo por fluorescencia por rayos X. Las ventajas que ofrece éste método para el análisis de los metales raros son, que requiere muy poca cantidad de muestra, la que se usa sin preparación especial y además, no ocasiona pérdida, ni contaminación ni destrucción de la misma.

La determinación aislada de selenio o telurio en cualquiera de las muestras estudiadas, y en general en los compuestos naturales que los contengan, no ofrece ninguna dificultad particular. Su separación se efectúa sin ninguna interferencia en las primeras etapas del análisis, y el haber planeado el ataque, teniendo en cuenta que iban a ser determinados éstos elementos, nos da la seguridad de que no hubo pérdidas por volatilización.

Es de recomendarse NO determinar H_2O por calentamientos intermitentes en una munfla como se hizo en el presente trabajo, sino usar el equipo adecuado como sería un horno de análisis termogravimétrico.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—*Adams, R. W. and H. Holmness*
The Analyst
Vol 89, 1054., 31
- 2.—*Anderson, W. L., and H. E. Peterson.*
Determination of tellurium
Bureau of mines
Rept. Invest, No. 6201, (1963)
- 3.—*Boltz, D. F.*
Colorimetric determination of nonmetals.
Interscience Publishers Inc.
N. Y., 1961
- 4.—*Clarke, F.*
The data of geochemistry
U.S.G.S. Bulletin 780 w
1960.
- 5.—*Ford, W. E.*
Dana's system of mineralogy
Seventh edition, Vol 1 and 11
John Wiley and Sons
N. Y. 1958
- 6.—*Gaines, R. V.*
Boletin 75. Pub. del Inst. de Geología
U.N.A.M.
México, 1965
- 7.—*Hillebrand, Lundell, Bright and Hoffman.*
Applied Inorganic Analysis.
John Wiley and Sons, Inc
N. Y., 1953.
- 8.—*Kirk, R. E. and D. F. Oshmer*
Encyclopedia of chemical technology.
Vol XIV. Interscience Pub. Inc.
- 9.—*Kirkbright, and J. H. Yoc*
A new spectrophotometric method for the
determination of microgram amounts of selenium
Anal. Chem., 35, 808, (1963)

- 10.—*Koltboff, I. M. and P. J. Elving.*
Treatise on analytical chemistry.
Part II, Vol 7., Interscience.
N. Y., 1961
- 11.—*Mason, B. H.*
Principles of geochemistry
Wiley, N. Y., 1952
- 12.—*Sandell, E. B.*
Colorimetric metal analysis.
Interscience, London.
1959.
- 13.—*Schoeller and Powell*
Analysis of minerals and ores of the
rarer elements.
Hafner Publishing Co.
N. Y., 1955
- 14.—*Schloen, J. H. and E. M. Elkin.*
Trans A. I. M. E. 188, 764-77
1950.
- 15.—*Schwarz, K.*
Symposium on liver function.
Publ. No. 4, P. 509
Am. Inst. Biol.
Washington, D.C.
- 16.—*Sill, C. W., and H. E. Peterson.*
Bureau of Mines
Rept. Invest., No. 5047, (1954)
- 17.—*Twenhofel, W. H., S. A. Tyler.*
Methods of study of sediments.
McGraw-Hill Book Co.
Cap. V.
N. Y., 1941