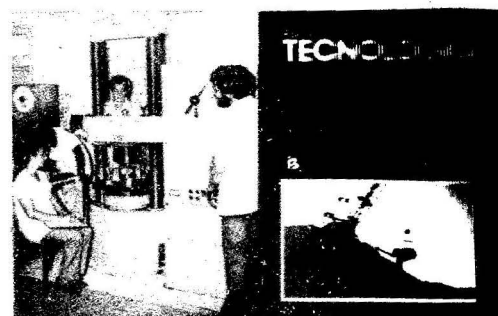




MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BASICA
REPUBLICA DE CUBA

REVISTA TECNOLOGICA

VOL. XV, Minería, No. 1, Diciembre, 1985



PORTADA:

Explotación de yacimientos lateríticos en Moa, Prov. Holguín.

CONTRAPORTADA:

Ensayo para la determinación del módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson a rocas minerales. Dispositivo diseñado y construido en el CIPIMM, Minbas.

SUMARIO

SUMMARY

Separación selectiva de cobalto lúteo de soluciones carbonato-amoniacaes

3

Selective separation of luteous cobalt from ammonia carbonate solutions
Lic. Esteban Alfonso, G. Samalea

Determinación cuantitativa de Au y Ag por espectrofotometría de absorción atómica en nuestros minerales y productos de su tratamiento industrial

8

Au and Ag quantitative determination by atomic absorption spectrophotometry in ore samples and industrially treated products
Lic. José L. Lamazares, Lic. Edsardo Acevedo, Lic. C. Fuentes y Téc. J. Pedrosa

Beneficio de las arenas turbáceas

15

Beneficiation of peaty sands
Ing. Donato R. Seijo, Téc. Reynaldo Suárez

BIGYM. Banco de información de Geología y Minería

21

Geology and mining data bank
Ing. Juan Madem Acosta

Lixiviación con ácido carbónico de los minerales niquelíferos reducidos. I—Análisis termodinámico del proceso

29

Carbonic acid leaching of nikeliferous ores: 1 — Thermodynamic analysis of the process
Ing. Osvaldo Granda Ibarra, CSc

Flotación de barita del yacimiento "El Indio", Pinar del Río

40

Barite flotation in "El Indio" deposit in Pinar del Río
Ing. Julio Romero Danza, Alberto B. Bandera y otros

Determinación espectrográfica de elementos traza en níquel electro-lítico Spectrographic determination of trace elements in electrolytic nickel Lic. Aldo Alvarez, Lic. J. L. Lamazares, Téc. N. Díaz	45
Las investigaciones mineras dentro de la exploración geológica detallada Mining research within the sphere of detailed geological exploration Ing. Orestes Santana, CSc, Ing. Juan Madem	51
Corrosión de aleaciones en medios de azufre Corrosion of alloys in sulphur media Ing. José F. Couzo Miranda, Ing. J. Trescastro, Téc. I. Alvarez	54
Tecnología de beneficio de la mena magnetítica del Sector Concordia Beneficiation technology for magnetite are from the "Concordia" zone Ing. Tania Rodríguez, CSc. L. L. García y Wiloto Suwardjo, OSc.	58
Determinación de compuestos de azufre en el sulfuro de Ni y Co obtenido por precipitación con H₂S a partir de licores carbonato amoniacales Determination of sulphur complex in Ni and Co sulphides obtained by precipitation with H ₂ S from ammonia-carbonate liquors Lic. E. Acevedo, Lic. C. Fuentes y Téc. Pedrosa	64
Efectividad de la utilización de petróleo aditivo como agente reductor en el proceso Caron Effectiveness of using additive oil as reducing agent in the Caron process Ing. J. Castellanos Suárez, CSc	71
ABSTRACTS	75
РЕФЕРАТЫ	78

 <p> Editada por el Centro Nacional de Información Científico-Técnica del Ministerio de la Industria Básica Revista Tecnológica Minera es continuación en parte de Revista Tecnológica. </p> <p> DIRECTOR: Francisco Valdés García </p> <p> REDACTOR PRINCIPAL: Rafael Pérez Yaga </p> <p> CONSEJO DE REDACCION: Juana Rosé González Gálguera Elsa Lam García Mario Chapottín Berco Ilseas Granados Zayas Teresa Padraza de los Ramos Zenaida Morales González Virginia Domínguez Álvarez </p>	<p>CONSEJO TECNICO ASESOR</p> <p> Ing. Orestes Santana Maurell. Presidente Ing. Pedro Fernández Coffigny. Secretario Ing. Abilio García Merlot Lic. Esteban Alfonso Olmo Ing. Alberto Fundora Aragón Ing. José Castellanos Suárez Ing. Marta Lix Ing. Juan Madem Ing. Guillermo Samalea </p> <p> DISEÑO Y EMPLANE: Plácido Gómez Madruga </p> <p> FOTOGRAFIA: Jesús Olivera Salabarría </p> <p> REDACCION: Ministerio de la Industria Básica Avenida Salvador Allende No. 666 Zona Postal Habana 3 Ciudad de La Habana, Cuba Teléfonos: 70-2540 y 70-2549 Telex 511-183 </p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Se desea el canje con publicaciones congéneras. ● On accepte des échanges avec les publications congénères. ● Exchange with similar publications is desired. ● Si desidera il cambio colle pubblicazioni congeneri. ● Aceitam-se permutas con publicacoes con-gene. ● Wir bitten um Austausch ähnlichen fachzeitschriften. <p> Impresa en el Taller 01 de la Empresa Poligráfica "Osvaldo Sánchez". Ministerio de Cultura </p> <p> Solicitada la inscripción en la Administración de Correos de Ciudad de La Habana. </p>
---	--	--

Determinación cuantitativa de Au y Ag por espectrofotometría de absorción atómica en muestras minerales y productos de su tratamiento industrial

Lic. José L. Lamazares*
 Lic. Eduardo Acevedo**
 Lic. C. Fuentes***
 Tec. J. Pedroso****

RESUMEN

Se propone un procedimiento por espectrofotometría de absorción atómica con llama para la determinación cuantitativa de Au (2,5 - 400 g/t) y Ag (1,2 - 1250 g/t) en diversas muestras minerales, así como en concentrados y colas de su beneficio. En dependencia del contenido de carbono, la muestra es o no tostada a 800 °C durante una hora y se descompone (invariablemente) con HF y agua regia. El Au³⁺ y la Ag⁺ se reducen y coprecipitan con Te/SnCl₂ en medio HCl 2N. Disolviendo el precipitado obtenido se efectúan las mediciones para el Au en medio agua regia (14 % v/v) y para la Ag en un medio final NH₄OH (15 % v/v) obtenido a partir de la evaporación de la disolución de Au. Para las condiciones instrumentales establecidas en llama aire C₂H₂ no se observan efectos interferentes por parte de los elementos que componen la matriz en sus concentraciones máximas. La evaluación estadística del procedimiento ofrece resultados satisfactorios en precisión y exactitud.

1. INTRODUCCION

La determinación de oro y plata, en menas, rocas y concentrados, presenta numerosas dificultades relacionadas principalmente con tres aspectos analíticos: la naturaleza de la distribución de estos elementos en las muestras; la selectividad de los agentes químicos empleados y la necesidad de métodos de alta sensibilidad con una precisión adecuada.

Clásicamente estos problemas quedan parcialmente solucionados con el empleo del método docimástico, que se caracteriza por el uso de una gran masa de muestra para componer los efectos de la no homogeneidad de la misma y lograr una sensibilidad aceptable; sin embargo, el tipo de material analizado requiere de un fundente apropiado, lo que le resta universalidad. La ejecución de este análisis es harto laboriosa y artesanal y ofrece resultados afectados por pérdidas de Ag durante el proceso de copelación [1-3]. Un análisis excelente de las dificultades de este método, puede encontrarse en los trabajos de Beamish y colab. [4-11].

*Investigador agregado Dpto. Química Analítica CIPIMM

**Investigador auxiliar. Dpto. Química Analítica CIPIMM

***Lic. Químico. Dpto. Química Analítica CIPIMM

****Téc. A en investigaciones. Dpto. Química Analítica CIPIMM

El carácter disperso de estos elementos en sus menas, es causa importante del incremento en el error total de los métodos analíticos [12-15]. Esto ha originado que en las determinaciones analíticas de los mismos se tenga un especial cuidado en la forma de preparar la muestra y/o el empleo de una gran masa de la misma en el análisis como ya hemos mencionado; así, al tradicional método docimástico se le introducen modificaciones apropiadas, los denominados métodos combinados, donde la colección de estos elementos en el botón de plomo, estaño o plata, es objeto de análisis preferentemente por medio de espectroscopia de emisión óptica (EEO) o espectrofotometría de absorción atómica (EAA) [16-20]. La utilización de estos métodos mejoran notablemente los límites de detección; no obstante poseen la desventaja de utilizar una gran masa de muestra y aumentar el tiempo de análisis.

La aplicación de los métodos espectrocópicos en la determinación de oro y plata ha sido una práctica frecuente, justificada por la elevada sensibilidad de la detección, lo cual implica una disminución notable en el tamaño de la muestra y en dependencia del contenido de estos elementos en la misma, es posible hacer las determinaciones sin ningún tratamiento especial de separación de manera directa [21,22].

Una mejora notable en el límite de detección puede lograrse con los métodos de enriquecimiento previo. Un análisis de la literatura nos permite señalar las cuatro direcciones fundamentales que se han seguido al respecto.

1. Adsorción del oro y la plata en carbón activado [23-27]
2. Extracción con solventes orgánicos [24], [28-35]
3. Intercambio iónico [36-39]
4. Separación por coprecipitación [13], [18], [40-42]

La primera de estas variantes ha sido empleada en combinación con la EEO debido a las ventajas que ofrece el carbono en el mejoramiento de las condiciones de excitación y regulación del flujo de vapor y velocidad de entrada de la muestra al plasma [43], mientras que las restantes se han empleado combinadas con EAA y espectrofotometría de absorción molecular.

En la medida que la EAA fue desarrollándose, se ha utilizado con preferencia en relación con el resto de las variantes mencionadas para el análisis de estos elementos, teniendo en cuenta sus ventajas en cuanto a simplicidad, sensibilidad, precisión y ausencia relativa de interferencias. Sin embargo, la determinación simultánea de oro y plata a partir de una pesada de muestra es una variante poco explorada con esta técnica, debido a las características del ión Ag(I), el cual no es soluble ni se extrae en los medios apropiados para el Au(III). To-

mando en cuenta las dificultades operativas de las variantes de separación y concentración por intercambio iónico y extracción por solventes; se decidió en el presente trabajo utilizar la coprecipitación como vía para la separación conjunta del oro y la plata y su posterior disolución y determinación en medios apropiados.

La colección con Te/SnCl₂ y Se/hidrazina, han sido investigadas con anterioridad para la determinación de Au por EEO [12] y EAA [13], en cambio no se ha ensayado esta variante para la colección de la plata. En este sentido nuestro trabajo intenta hacer una contribución al estudio de tal posibilidad de preconcentración conjunta.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Condiciones Instrumentales

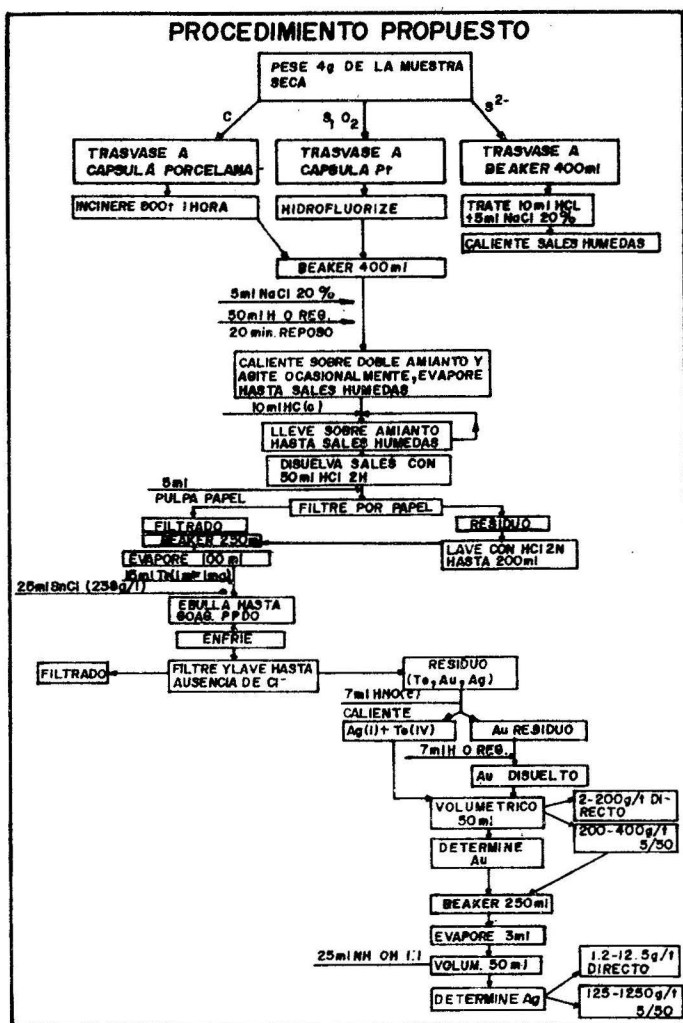
Todas las mediciones fueron realizadas con un espectrofotómetro de absorción atómica SP-90 Pye-UNICAM con quemadores aire—C₂H₂ ranura simple (10 cm) para el oro y ranura múltiple (10 cm) para la plata. Se utilizaron lámparas de cátodo hueco de oro y plata de la propia firma. Los parámetros instrumentales, tabla 1, fueron optimizados experimentalmente empleando el método secuencial Simplex (44-47), siendo la función objeto de la optimización la relación señal-ruido. Tabla 1.

Tabla 1 Condiciones instrumentales

	Au		Ag	
Longitud de onda (nm)	242,8		328,1	
Quemador	Aire—C ₂ H ₂	Multi	Slot	(Aire—C ₂ H ₂)
Flujo C ₂ H ₂ (cc/min)	1000		1400	
Flujo aire (cc/min)	5000		5000	
Corr. lamp. (mA)	7		3	
Alt. quem. (cm)	1,0		1,1	
Ranura (mm)	0,17		0,11	
Neb. impacto	2		2	
Exp. Escala	Si		No	
Amortiguación	Serie I (10x)		Serie I (10x)	
	Serie II (3-4x)		Serie II (1-2x)	
Corrección linealidad	No		Serie II (100 ppm)	

2.2. Disoluciones patrones y rangos de concentración

Au: Serie I. 0,2 - 0,4 - 0,8 - 1,2 - 2 μ /ml
(2,5 - 25 g/t)



Serie II. 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 - 14
16µg/ml (25 - 200 g/t)

Ag: Serie I. 0,1 - 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1µg/ml
(1,2 - 12,5 g/t)

Serie II. 1 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10µg/ml (12,5 - 125 g/t)

Las disoluciones de AU están en medio 9 ml HNO₃ + 5 ml HCl por cada 50 ml de disolución; en tanto que la Ag tiene 7,5 ml de NH₄OH, por cada 50 ml de disolución. Las mismas fueron preparadas tomando alicuotas convenientes de disoluciones de Au 250µg/gml y Ag 1000µg/ml obtenidas por disolución de los metales en polvo de alta pureza en los ácidos HCl, HNO₃ (3:1) y HNO₃, respectivamente. Tomando las alicuotas apropiadas de las muestras, los rangos se expanden en: Au 200-400 g/t y Ag 125-1250 g/t.

Disolución TeCl₄: 10000µg/ml: a partir de TeO₂ p.a. disuelto en HCl 10 % v/v.

Disolución SnCl₂: 230. g/l: a partir de SnCl p.a. con 168 ml de HCl conc. en volumen final de 100 ml.

2.3. Tratamiento de las muestras

La granulometría requerida para el mineral analizado fue de 100 % < 0,074 mm, las muestras fueron homogeneizadas durante 12 horas en un mezclador mecánico apropiado. El método de disolución empleado en las porciones de ensayo depende de las características mineralógicas del material. Así, las muestras que contienen carbón se calcinan previamente a 800 °C durante una hora para evitar la adsorción del Au y la Ag en el mismo durante el ataque químico. En el material con contenido de silicio elevado se utilizó la hidrofluorización previa. En ambos casos se trató finalmente con agua regia para la descomposición final de la muestra.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Preconcentración y estudio de interferencias

Para la preconcentración de los elementos a determinar se utilizó la colección de ambos en el precipitado coagulado de Te⁺, obtenido a partir de Te (IV) por la acción de un exceso de solución de SnCl₂ (25 ml; 238 g/l) en el seno de una disolución HCl 2N calentada a ebullición.

Para establecer el medio apropiado para la determinación del oro, se realizó un estudio de la influencia de la cantidad de agua regia añadida para disolver el residuo del precipitado coagulado una vez que el mismo ha sido tratado con 7 ml de HNO₃ para la disolución de la plata metálica presente. En la Fig. 1 se muestra la dependencia de las lecturas obtenidas para dos niveles de concentración representativos de los rangos de trabajo en el caso del oro. Se seleccionó una adición de 7 ml de agua regia por ser estos suficientes para la disolución del oro presente y coincidir con una zona de estabilización de la lectura como se observa en la figura mostrada.

En relación con la Ag, sobre la base de estudios realizados para la estabilidad de la señal en un medio amoniacal [47], se tomó una concentración para las disoluciones patrones y las muestras de 15 % v/v de NH₄OH, la cual queda fijada después de consumirse el exceso añadido (5 ml) para neutralizar el ácido presente en la disolución de las muestras.

Se optimizó experimentalmente la cantidad necesaria de Te para una recuperación cuantitativa del oro y la plata; esto fue realizado con cantidades variables de Te (IV) para los contenidos máximos esperables de Au (32 µg/ml) y Ag (80 µg/ml) correspondiente a 400 g/t Au y 1000 g/t de Ag.

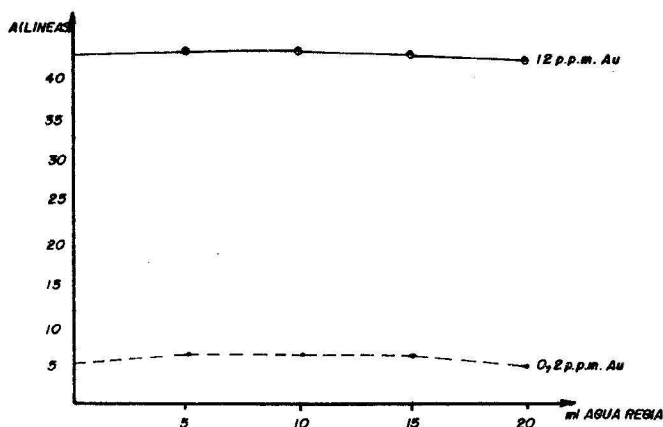


Fig. 1. Influencia del agua regia

Los resultados obtenidos (Fig. 2), demuestran que la coprecipitación es cuantitativa para ambos elementos a partir de 5 mg de Te (IV) añadidos. Se optó por una adición de 15 mg teniendo en cuenta un margen de seguridad apropiado y la necesidad de contar con un volumen de precipitado adecuado para las operaciones analíticas.

Una vez establecida la cantidad de Te (IV) a añadir y el procedimiento de disolución del precipitado, se estudiaron los posibles efectos interferentes de los elementos acompañantes de la matriz en sus concentraciones máximas (tabla 2) sobre 0,2 y 12 $\mu\text{g/ml}$ de Au y 0,2 y 9 $\mu\text{g/ml}$ Ag que corresponden a los contenidos medios de los rangos de concentración ya mencionados. Tabla 2

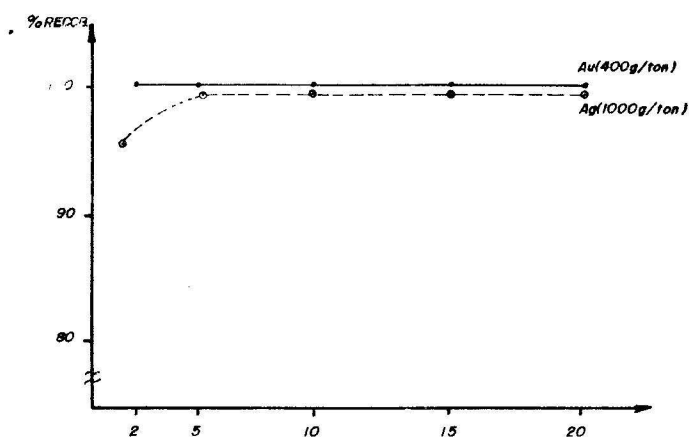


Fig. 2. Influencia de la cantidad de Tc en el % recuperado

Tabla 2 Concentración máxima de los elementos acompañantes

Elemento	Pb	S	Ba	Fe	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Sr	MnO	As	Sb	Cu
% máx.	3	31	4	30	3	4	4	1	1	4	5	10

Para ello se llevó a cabo la coprecipitación en las condiciones establecidas con una disolución matriz conteniendo el Au y la Ag en presencia del resto de los elementos mencionados. Los resultados obtenidos demuestran la ausencia de interferencias para los niveles estudiados. Es de destacar que en el caso del Cu, contenidos por encima del 10 %, provocan que este elemento se adsorba en el precipitado en cantidades suficientes como para producir una interferencia espectral significativa en la medición de la absorción de Ag dada por la absorción de la radiación del Cu (327,4 nm) que impurifica el cátodo hueco de Ag de las lámparas comerciales, fenómeno este ya estudiado por algunos investigadores [49], [50] y que es eliminable en un instrumento que pueda resolver las líneas Cu 327,4 nm y Ag 328,1 nm sin afectar significativamente la relación señal-ruido; en nuestro caso la mejor resolución posible, en esa zona espectral, fue de 1,7 nm, siendo necesario un ancho de banda $< 0,7$ nm.

Al establecer un orden lógico en las operaciones analíticas del tratamiento al precipitado coagulado, se añadió HNO_3 para disolver la Ag⁰ adsorbida, NH_4OH para la formación del complejo soluble $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ y agua amoniacal para asegurar el arrastre del complejo residual; de esta forma era esperable que el Au⁰ quedase retenido en el coágulo; no obstante, una vez tratado con agua amoniacal el precipitado, el cambio de pH provoca la destrucción del coágulo y las partículas del mismo atraviesan el papel de filtro eliminando la posibilidad de efectuar la separación final Au-Ag por esta vía. Así fue necesario el tratamiento del ppdo. en el orden HNO_3 - Agua regia disolviendo el Au (III) y la Ag (I) que se reciben en el mismo matrás aforado.

3.2. Procedimiento propuesto (se adjunta diagrama de flujo)

Pese $4 \pm 2 \times 10^{-4}$ g de la muestra previamente secada a 60 °C en estufa de vacío durante dos horas y que cumpla con las condiciones de granulometría y homogeneidad descritas:

- Trasvase cápsula de porcelana e incinere a 800 °C durante una hora para muestras que contengan carbón, materia orgánica y sulfuros en su composición.

- b) Trasvase a cápsula de platino e hidroflurize con 30 ml de HF 40 % + 1 ml de H₂SO₄ para muestras con alto contenido de silicio y que mineralógicamente presenten oclusiones de los metales a determinar en los silicatos o el cuarzo presentes.
- c) Trasvase a beaker de 400 ml y añada 10 ml de HCl + 5 ml de NaCl al 20 % y caliente sobre amianto hasta sales húmedas. En el caso de un sulfuro polimetálico con alto contenido de azufre.

Lógicamente es posible combinar cualquiera de las variantes en función de la complejidad de la naturaleza de las muestras. En todos los casos el procedimiento se continúa tratando en beaker de 400 ml con 50 ml de agua regia y dejando 20 minutos en reposo. Caliente sobre doble amianto agitando ocasionalmente hasta sales húmedas; añada 10 ml de HCl y lleve sobre amianto hasta casi sequedad, repita esta operación una vez más. Disuelva sales con 50 ml de HCl 2N y añada 5 ml de pulpa de papel. Filtre por decantación por papel medio rápido y recoja el filtrado en beaker alto de 250 mL. Lave el residuo en el beaker con dos porciones de 20 ml de HCl 2N (caliente) y trasvase cuantitativamente el mismo al papel. Continúe los lavados con HCl 2N en caliente hasta 200 ml.

Deseche el residuo y continúe el procedimiento con el filtrado. Reduzca el volumen por evaporación hasta 100 ml; añada 15 ml de disolución de Te (V) (1 mg/1 ml) y 25 ml de disolución de SnCl₂ (238 g/l); ebulle hasta coagulación del precipitado. Enfrie y filtre por papel medio rápido. Lave con agua caliente hasta ausencia de cloruros. Trate el precipitado con 5 ml de HNO₃ en caliente, recibiendo el filtrado en volumétrico de 50 ml; lave las paredes del beaker donde se efectuó la reducción con 2 ml más de este ácido y únalo con el filtrado.

Añada 5 ml de agua regia al residuo del filtrado en caliente y lave con 2 ml de esta mezcla el beaker original y únalo al filtrado. Lave con una pequeña porción de agua el filtro. Enfrie y enrase. Determine el Au a partir de esta disolución con las condiciones instrumentales descritas en la tabla 1.

Esquema de alicuotas Au:

Rango (g/t)	Alicuotas
2 - 200	directo
200 - 400	5/50

La disolución remanente de la lectura directa (49,5 ml aproximadamente) o de la disolución original más la disolución producto de alicuotas, se trasvase cuantitativamente a beaker de 250 ml de forma alta (tenga en cuenta la porción de la disolución original utilizada para endulzar la pipeta).

Reduzca el volumen hasta 10 ml, enfrie y transfiera la solución a volumétrico de 50 ml a través del embudo empleado en la filtración del precipitado; lave con tres porciones de 8 ml c/u de NH₄OH 1:1, trasvasando del beaker empleado al volumétrico a través del embudo. Enfrie y envase. Ejecute las mediciones para la determinación de la Ag según las condiciones óptimas indicadas en la tabla 1.

Esquema de alicuotas Ag

Rango (g/t)	Alicuotas
1,2-125	directo
125-1250	5/50

3.3. EVALUACION DEL PROCEDIMIENTO

3.3.1. Procedimiento directo vs conjunto

Para evaluar la exactitud en la determinación de plata de la variante conjunta, tomando en cuenta el gasto de la solución original o de alicuotas en la determinación del oro, se comprobó mediante el criterio «t» los resultados obtenidos por esta variante y una opción en la cual la plata es recuperada directamente por el tratamiento del precipitado con HNO₃ y finalmente con NH₄OH de acuerdo con las cantidades descritas en el procedimiento original. Los resultados (tabla 3) indican que las pérdidas de disolución por concepto de la lectura del Au no introducen errores en la determinación de la Ag presente en el sistema siendo posible emplear la variante conjunta.

Tabla 3

Comparación del proceso directo y conjunto para la determinación de la Ag

	N	X	s	f	t'	t _{0.05}
Proc. directo	17	16,3	1,1	33,6	0,40	2,03
Proc. conjunto	18	16,2	0,9			

donde:

N: No. determinaciones

\bar{X} : media de cada grupo

S: desviación típica

f: No. grados de libertad ponderada

t': «t» de student calculada

t_{0.05}: «t» de student en la tabla para «f» grados de libertad

3.3.2. Pruebas de recobrado

Para detectar la presencia de errores sistemáticos significativos en el procedimiento, se realizaron adiciones de cantidades conocidas de Au y Ag a muestras naturales a continuación de la pesada para diferentes niveles de concentración.

Tabla 4 Pruebas de recobrado

Muestras		Cont. g/t	Adic. g/t	Muest. + Adic.	% rec.
Au	1	13	57	71	101
	2	125	15	139	99
	3	300	40	343	101
Ag	1	10	12	22	100
	2	124	19	144	101
	3	607	63	669	101

Los resultados obtenidos demuestran la ausencia de errores sistemáticos significativos.

Como comprobación adicional de la exactitud del procedimiento propuesto, se ofrece una comparación de resultados inter e intralaboratorios con los métodos EAA y docimástico.

Tabla 5

Comparación de resultados inter e intra laboratorios *

Código	Naturaleza	CIPIMM				C.I.G.	
		EAA	Docimástico	Docimástico	Docimástico	Docimástico	Docimástico
		Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
1039	Conc-flot.	117,8	427,5	114,6	418,7	118,7	400,2
1031	Cola	16,9	50,9	14,6	42,0	14,2	49,9
1034	Cola	13,1	30,6	12,0	28,0	10,1	27,7

*Las concentraciones están expresadas en g/t.

Las diferencias obtenidas están dentro del error experimental esperable, obsérvese que en la comparación EAA-Docimástico inter e intralaboratorio se cumple lo reportado en la literatura en relación con el error sistemático por defecto en la determinación de Ag por pérdidas en la copela.

3.3.3. Evaluación de la precisión

Con el propósito de evaluar la precisión del procedimiento propuesto, se seleccionaron tres muestras cuyos contenidos de oro y plata representan los rangos intermedios entre los niveles extremos. Para tal fin, un químico experimentado realizó 20 determinaciones en paralelo a dichas muestras y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6.

La precisión obtenida satisface los requerimientos para la evacuación de los procesos tecnológicos de los minerales portadores de estos elementos.

Tabla 6 Evaluación de la precisión

Elemento	Nivel de concent (g/t)	f.	Repet \pm (2 S)	$\sigma_{(n)}$ C.V.
Au	13	19	3	7,6
	133	19	8	2,1
	340	19	9	0,9
Ag	16	19	2	5,5
	670	19	4	0,2
	1186	19	23	0,6

4. CONCLUSIONES

1. El procedimiento propuesto permite la determinación conjunta del oro y la plata presentes en diversos materiales con composiciones mineralógicas diferentes con una precisión y exactitud satisfactorias.
2. Esta metodología presenta ventajas en cuanto a tiempo de respuesta, costo y sensibilidad con relación al método docimástico y es posible emplearla con éxito en el control analítico de los procesos de producción y/o investigación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BERL LUNGE, E.; J.D. ANS: *Métodos de anal. quim. ind.*; Ed. Labor (1959).
- [2] FAYE, G.H.; WR. INMAN: *Anal. Chem.* 31 (1959) 1072.
- [3] RAWLING, B.S. M.D. AMOS; M.C. GREAVES; F.E. BEAMISH: *Anal. Chem.* (1956).
- [4] HOFFMAN, I.; A.D., WESTLAND; C.L. LEWIS; F.E. BEAMISH: *Anal. Chem.* (1956) 28, 1174.
- [5] FRASER, J.G.; F.E. BEAMISH: *ibid*, (1954) 26, 1974.
- [6] ALLEN, W.F.; F.E. BEAMISH: *ibid*, (1950) 22, 451.
- [7] BARSFOOT, R.R.; F.E. BEAMISH: *ibid*, (1952) 24, 844.

- [8] THEIRS, R.; W. GRAYDON; F.E. BEAMISH: *ibid*, (1948) 20, 831.
- [9] ALLAN, W.J.; F.E. BEAMISH: *Ibid*, (1952) 24, 1569.
- [10] BEAMISH, F.E.: *Talanta*, (1960) 5, 1.
- [11] BEAMISH, F.E.: *ibid*, (1959) 2, 244.
- [12] VOSKRESENSKAYA, N.T.; N.F. ZVEREVA; L.L. RIUKINA: *Zh. Analit. Khim.* (1965) 20, 1288.
- [13] BASHOV, A.S.; E.A. SOKOLOVA: *Zh. Analit. Khim.* (1972) 27, 2442.
- [14] ZHELIGOVSKAYA, N.N.; M.K. NOVATEKAYA: *Zh. Analit. Khim.* (1978) 5, 283.
- [15] FISHKOVA, N.L.; O.B. FALKOVA; R.D. MESHALKINA: *Zh. Analit. Khim.* (1972) 27, 1916.
- [16] SEATH, J.; F.E. BEAMISH: *Ind. Eng. Chem.* (1938) 10, 535.
- [17] HAWLEY, J.E.; V. RIMSAITE; T.V. LORD: *Min. Metall. Bull.* (1953) 46,67.
- [18] SCIACCIATI, G.; A. D'ESTE: *Metallurgia. Italiana*, (1953) 47, 259.
- [19] CHOW, A.; C.L. LEWIS; D.A. MODDLE; F.E. BEAMISH: *Talanta*, (1965) 12, 277.
- [20] VAN LOON, J.C.: *Z. Analit. Chem.* (1969) 246, 122.
- [21] TOISHI, K.: *Sc. Papers Inst. Phys. Chem. Res; Tokyo*, (1940) 38, 87.
- [22] HEGELMAN, FR.; C. VON SYBEL; G. VILK: *Metall. Manchr*; (1955) 9, 991.
- [23] WILSKA, S.: *Acta Chem. Scand.* (1951) 5, 890.
- [24] SCHVARTS, P.M.; V.V. PORTROVA: *Zavod. Lab.* (1958) 24, 731.
- [25] SAVICHEV, E.I.; E.V. SHUGOROV: *Zavod. Lab.* (1965) 31, 1195.
- [26] LARINA, L.K.; N.S. BELENKOVA; N.F. SACLKOVA: *Zh. Analit. Khim.* (1967) 22, 800.
- [27] SAVICHEV, E.I.; E.V. SHUGOROV: *Zh. Analit. Khim.* (1967) 22, 1320.
- [28] BELCHER, R.; R.M. DAGNALL: *T.S. West. Talanta*, (1964) 11, 1257.
- [29] BUTLER, L.R.; J.A. BRINK: *S.A. Engelbrecht. Trans. Inst Mining and Metall*; (1967) 760, 188.
- [30] WEST, F.K.; P.W. WEST.: *T.V. Rama Krishana. Environmetal. Sci and Techn*, (1967) 1, 717.
- [31] *Theo. Groenewald. Anal. Chem.* (1968) 40, 863.
- [32] POLLOCK, B.N.; S.I. ANDERSON: *Anal. Chem. Acta.* (1968) 41, 441.
- [33] BUTLER, L.R.; A. STRASHEIM.: *F.W.E. Strelow. Proc. XII Coll Spect Int. Exeter.* (1965), 284.
- [34] GALANOVA, A.P.; V.A. PROHIN; G.A. VALL; I.G. YUDELEVICH; E.N. GILBERT.: *Zavod. Lab.* (1972) 38, 646.
- [35] ACEVEDO, E.: *Report. Invest. CIPIMM, Hab. Cuba* (1974).
- [36] BROOKS, R.R.: *Analyst*, (1960) 85, 745.
- [37] BRITSKES, M.E.; V.P. IOFFE; A.N. SAVEL'VA; V. SLABUDENYUK; W.P. KHAIRULHARA.: *Zavod. Lab.* (1972) 38,1458
- [38] LEWIS, J.A.; P.A. SERIN.: *Analyst*, (1953) 78, 927.
- [39] ISHIDA, K.; T. KIRIYAMA; R. KURODA.: *Anal. Chim. Acta*, (1968) 41, 537.
- [40] VOSKRESENSKAYA, N.T.; N.F. ZVERENA; L.L. RIVKINA: *Zh. Analit. Khim.* (1965) 20, 1288.
- [41] PAVLENKO, L.J.; G.I. MALOFEEVA; L.V. SIMONOVA.: *Zh. Analit. Khim.* (1972) 27, 2125.
- [42] PÉREZ, M.; R. PÉREZ; E. BORRÁS.: *Report. Invest. CIPIMM, Hab. Cuba* (1977).
- [43] BOUMANS, P.W.J.M.: *Theory of Spectrochemical Excitation*, Hilgerd and Watts Ltd, London, 1966, p. 206.
- [44] LONG, D.E.: *Anal. Chim. Acta*, (1969) 46, 193.
- [45] NELDER, J.A.; R. MEAD.: *Computer J.* (1965) 7, 308.
- [46] PARKER, L.R.; S.L. MORGAN; S.N. DEMING.: *Appl Spect.* (1975) 29, 429.
- [47] GONZÁLEZ, J.A.; J.L. LAMAZARES; F. BERTY.: *Proc. VI Sem. Cient. CENIC. Hab.* (1977).
- [48] PURUSHTTAM, A.; S.S. LAL; P.P. HAIDU.: *Talanta*, (1972) 19, 208.
- [49] RUBESKA, I.; Z. SULCEK; B. MOLDAN: *Anal. Chim. Acta*, (1967) 37, 27.
- [50] ACEVEDO, E.; A. RODRÍGUEZ.: *Report. Inves. CIPIMM, Hab.*, (1975).