



# GENERANDO INFORMACIÓN GEOQUÍMICA PARA LA SOCIEDAD: ANÁLISIS DE MUESTRAS

## Noviembre 2025



Determinación de oro por ensayo  
al fuego y espectrometría de  
absorción atómica

IIGE-ECUADOR  
D. BARONA



EL NUEVO  
**ECUADOR** //

Instituto de Investigación  
Geológico y Energético





# CONTENIDO

## Ensayo al fuego

- Generalidades
- Carga fundente
- Fundición
- Fases de la fundición
- Copelación

## Técnicas de determinación de oro

- Disgregación ácida
- Lectura instrumental por espectrometría
- Absorción Atómica

## Método aplicado por el Laboratorio Químico del IIGE

- Preparación muestras
- Tostación
- Fundición
- Copelación
- Disgregación ácida
- Lectura instrumental
- Reporte de resultados



# ENSAYO AL FUEGO



# GENERALIDADES

- Proceso físico químico para la determinación de metales preciosos.
- Utiliza reactivos & temperatura para obtener dos fases: metálica (plomo y metales preciosos) y escoria (silicatos complejos).
- Las muestras son fundidas a temperaturas 900 °C y 1 200 °C.
- La cantidad de muestra utilizada generalmente entre de 30 g a 50 g.

# CARGA FUNDENTE

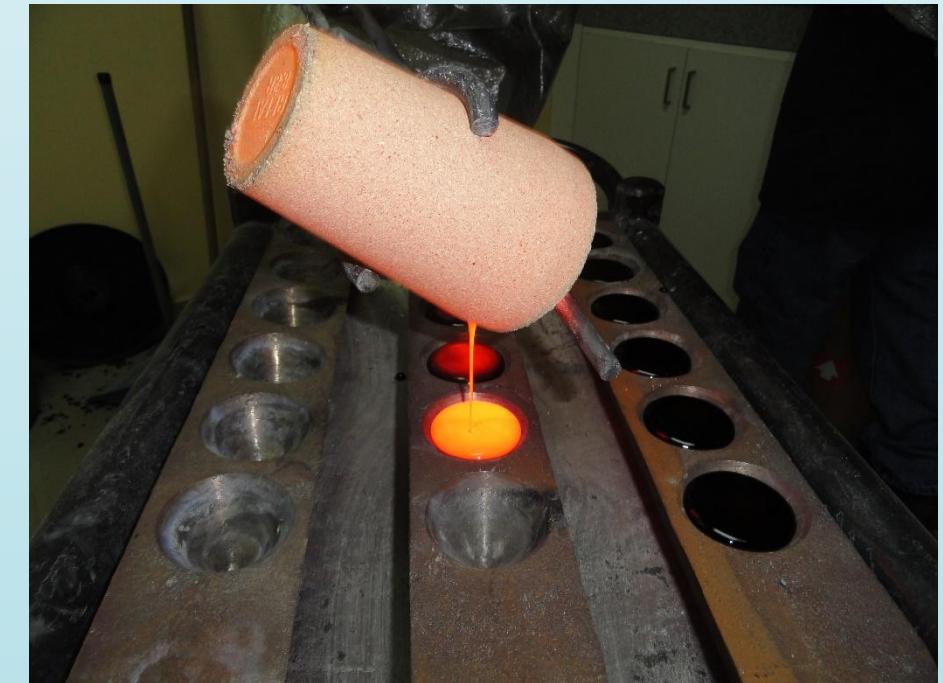
Compuesto	Función
Litargirio ( <chem>PbO</chem> )	Colector de metales preciosos (Pb)
Carbonato de sodio ( <chem>Na2CO3</chem> )	Homogeneizador del fundido
Bórax ( <chem>Na2B4O7.10H2O</chem> )	Reductor de la temperatura de fusión del fundido. Transporta óxidos a la escoria
Sílice ( <chem>SiO2</chem> )	Aporta a la formación de fase vítreo (silicatos)
Nitrato de potasio ( <chem>KNO3</chem> )	Agente oxidante
Harina	Reductor del litargirio



Fuente: CartajenaT, sf.

# FUNDICIÓN

- Proceso de extracción o separación de un metal de interés.
- La muestra es mezclada con carga fundente, temperatura
- El fundente derrite la muestra y promueve la separación del metal de interés de la ganga.
- En la fundición, el plomo colecta los metales preciosos.

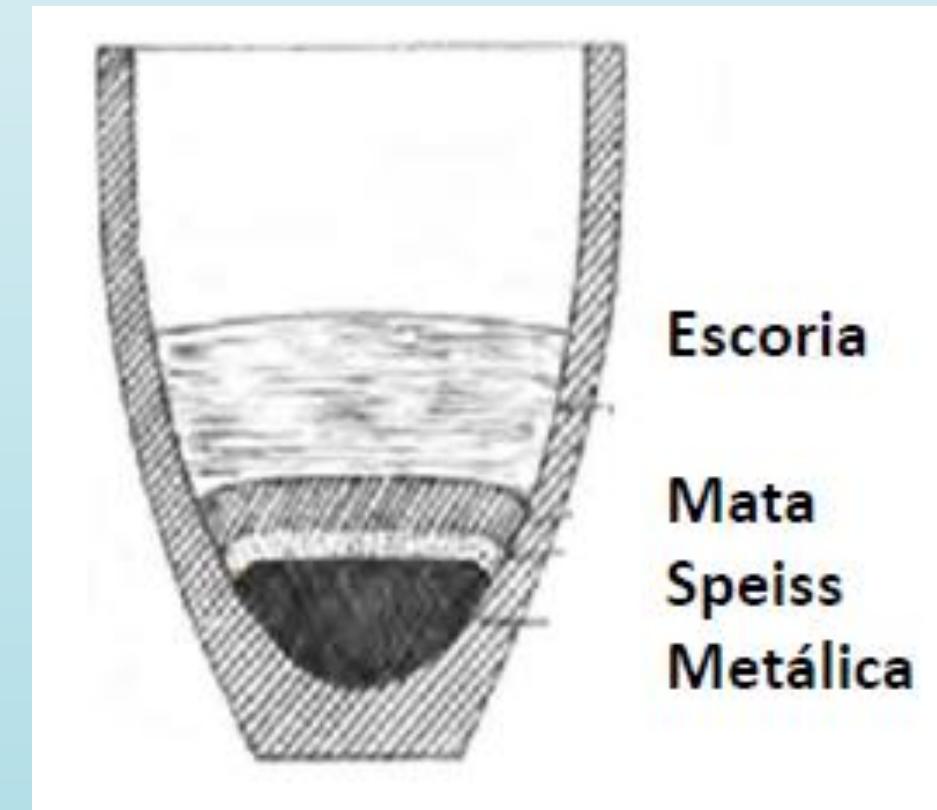


Fuente: IIGE, 2025

# FASES DE LA FUNDICIÓN DE METALES

Existen 4 fases de la fusión:

- Fase metálica
- Fase Speiss
- Fase mata
- Fase escoria



Fuente: Manangón, sf.

# FASES DE LA FUNDCIÓN DE METALES



## Fase metálica

- Conocida como régulo (oro).
- Fase con la mayor densidad.
- Constituida por metales preciosos, metales del grupo del platino y algunas tierras raras.



Fuente: INGEMMET, sf.



Fuente: Oro información, 2019



Fuente: Nextnews, 2017

# FASES DE LA FUNDICIÓN DE METALES



## Fase speiss

- Fase compuesta por arseniuros y antimoniueros de metales pesados: Fe, Co, Ni (aleación).
- Se puede confundir con la fase metálica.
- Densidad similar a los metales.
- Esta fase puede disolver metales preciosos.



Antimoníuro de indio

Fuente: Pniok, 2010

# FASES DE LA FUNDICIÓN DE METALES



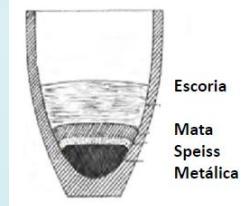
## Fase mata

- Constituida por sulfuros de metales pesados como Ni, Fe, Co, Cu y Pb.
- Esta fase puede disolver metales preciosos.
- Tiene densidades similares a la de los metales líquidos (4,6-7,7 g/cm<sup>3</sup>).



Fuente: Toapanta, 2011

# FASES DE LA FUNDICIÓN DE METALES



## Fase escoria

- Se compone de silicatos, boratos, fosfatos que se forman en la fusión.
- Retiene los óxidos metálicos de Ca, Fe, Al y Si.
- Fase de menor densidad pero de elevada temperatura de fusión.
- Es frágil y vidriosa.



Fuente: Mineraland Chile, 2014

# FASES DE LA FUNDICIÓN DE METALES



## Fases deseadas

- Fase metálica
- Fase escoria



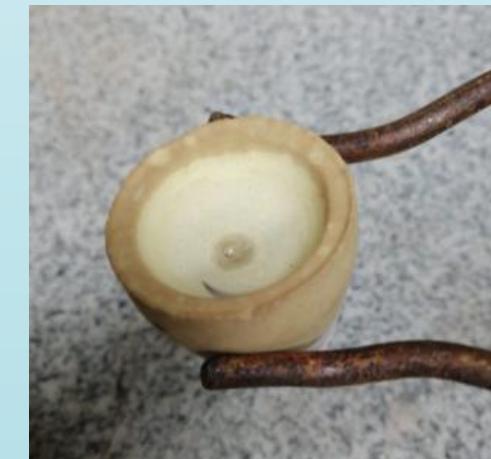
Fuente: IIIGE. 2024



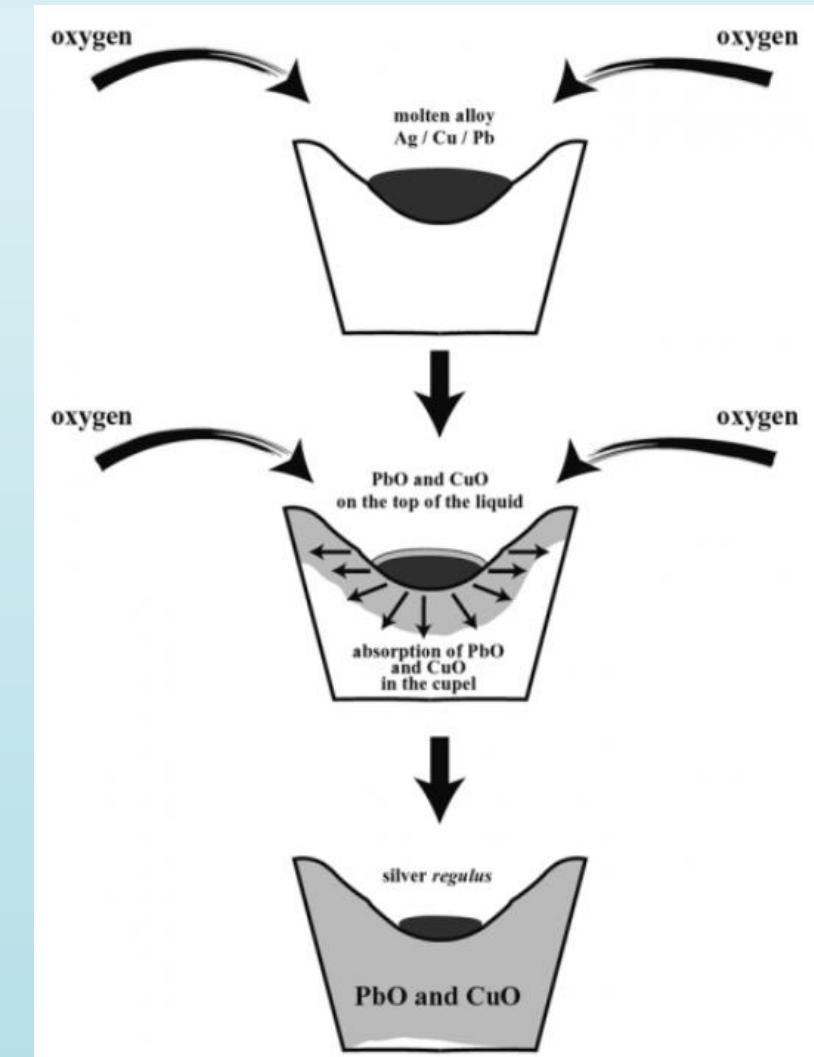
Fuente: INGEMMET, sf.

# COPELACIÓN

- Separación de metales preciosos del plomo.
- El plomo se oxida y se absorbe en la copela.
- Los metales forman una aleación llamada doré.



Fuente: IIGE. 2024



Fuente: Martinón-Torres, 2008

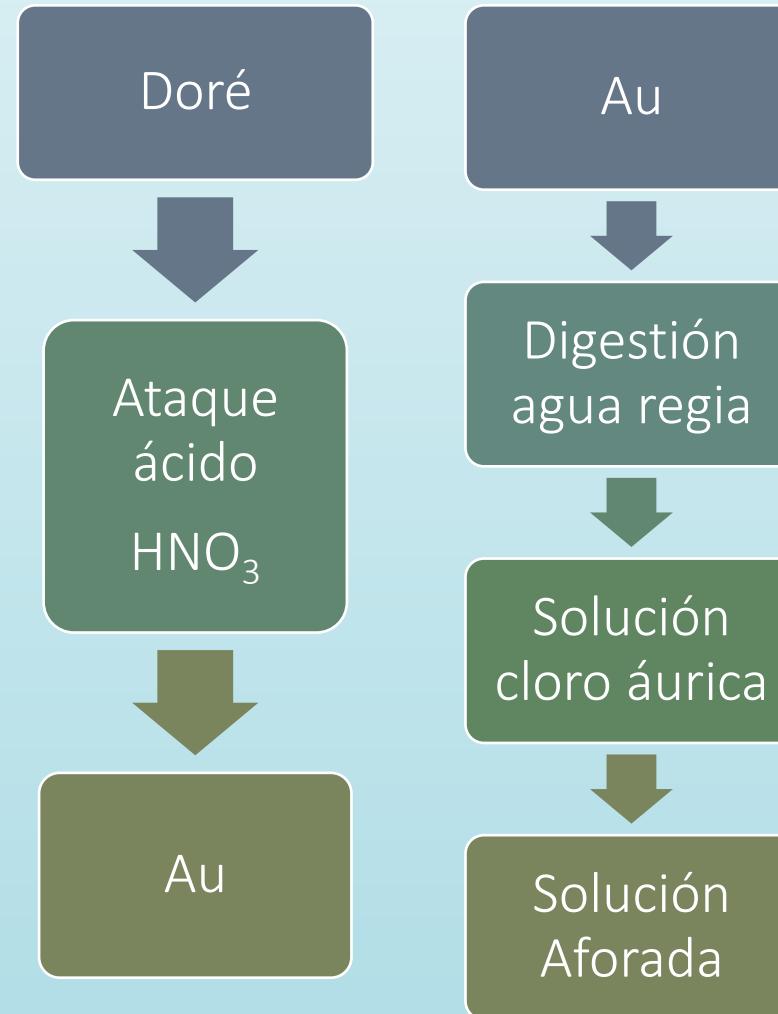


# TÉCNICAS DE DETERMINACIÓN DE ORO A PARTIR DEL DORÉ

# DISGREGACIÓN ÁCIDA

- Disolución de doré
- Ácido Nítrico
- Agua regia, 3 partes de HCl y 1 parte de HNO<sub>3</sub>.

Objetivo: Oro en solución



Fuente: YuBrain, 2021

# LECTURA INSTRUMENTAL POR ESPECTROMETRÍA

- Equipos utilizados:

Espectrómetro de Absorción Atómica.

Espectrómetro ICP-OES.

Espectrómetro ICP-MS.



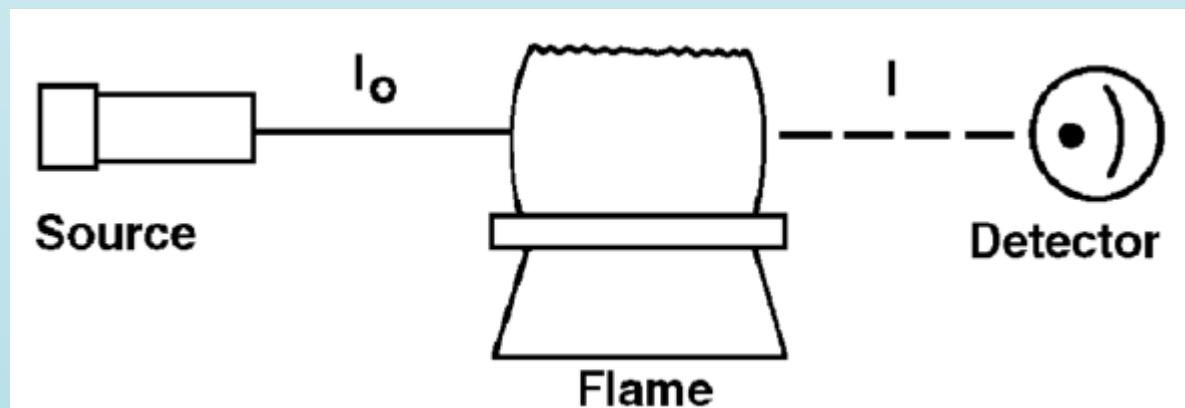
- Utiliza estándares para determinar la concentración de oro en la muestra.



Fuente: IIGE, 2025

# ABSORCIÓN ATÓMICA

Técnica analítica para medir la concentración de analitos de interés. Se basa en la cuantificación de elementos mediante la estimación de la radiación absorbida por dichos elementos en su forma atómica.



$$A = \log (I_0/I)$$

**La ley de Beer Lambert**

$$A = abc$$

A: absorbancia, a: coeficiente de absorción,  
b: longitud de la celda, c: concentración

# COMPONENTES DE UN ESPECTRÓMETRO AA





# DETERMINACIÓN DE ORO LABORATORIO QUÍMICO IIIGE

# PREPARACIÓN MECÁNICA DE MUESTRAS

## Secado

- Eliminar el contenido de humedad (estufas de convección).

## Trituración y molienda

- Disminuir el tamaño de partícula ~2mm (trituradoras y molinos de disco)



Fuente: IIGE, 2025



Fuente: IIGE, 2025

# PREPARACIÓN MECÁNICA DE MUESTRAS

## Homogeneización

- Mezclar la muestra para que sus componentes sean uniformes (mantas plásticas).

## Cuarteo

- Obtener una porción representativa de la muestra (divisor tipo rifle)

## Pulverización

- Disminuir el tamaño de partícula ( $\sim 75$  micras)



Fuente: IIGE, 2025



Fuente: IIGE, 2025

# TOSTACIÓN

- Eliminar sulfuros de la muestra pulverizada mediante la acción de la temperatura.



Fuente: IIGE, 2025

# PREPARACIÓN DE MUESTRA PARA FUNDICIÓN

- Pesar 30 g de muestra pulverizada (tostada).
- Pesar la carga fundente.
- Adicionar nitrato de plata en solución para encuartación.
- Homogeneizar.



Fuente: IIGE, 2025

# FUSIÓN Y COPELACIÓN

## Fusión

- Someter la mezcla a altas temperaturas.
- Se separan las fases escoria y metálica.
- Se obtiene el régulo de plomo.



Fuente: IIGE, 2025

## Copelación

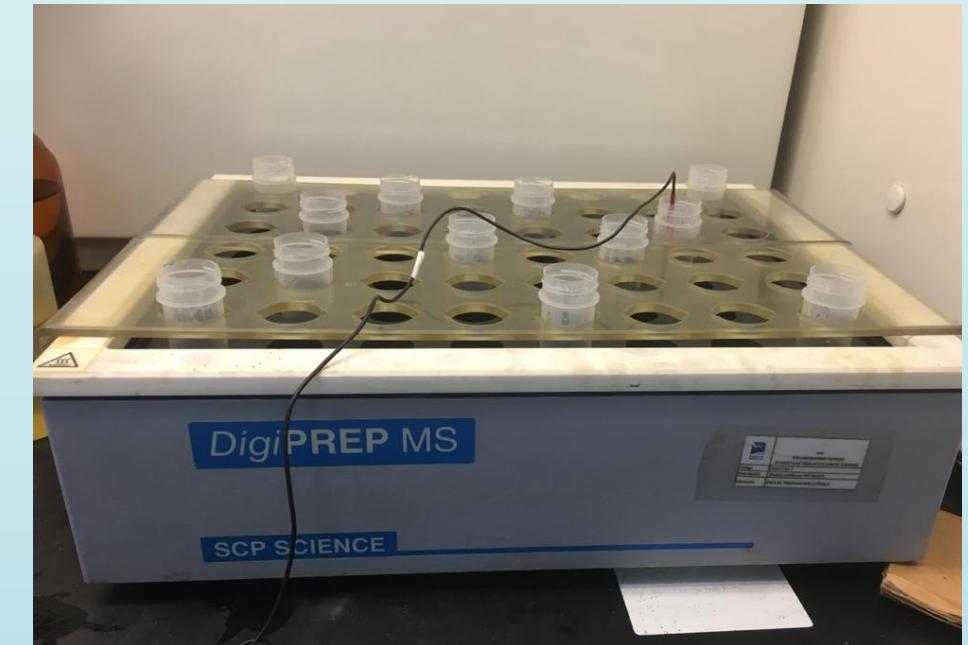
- Separar los metales preciosos del régulo.
- Se usan copelas.
- Proceso a altas temperaturas.
- Se obtiene el doré.



Fuente: IIGE, 2025

# DISGREGACIÓN ÁCIDA

- Disolver al doré con ácido nítrico.
- Disolver al botón de oro con agua regia.
- Llevar a la solución a un volumen conocido mediante aforo.



Fuente: IIGE, 2020

# LECTURA INSTRUMENTAL

- Preparar de soluciones para la construcción de curvas de calibración.
- Lectura de la muestra disuelta en un espectrómetro de Absorción Atómica.

## Controles de calidad

- Blancos
- MRC
- Duplicados
- CCVs



Fuente: IIGE, 2025



Fuente: IIGE, 2025

# ANÁLISIS DE DATOS Y REPORTE

Consiste en la revisión de los datos y controles de calidad que se obtuvieron en la lectura analítica. Si la revisión está correcta se elabora el reporte de resultados.

- Información del solicitante
  - Fecha de recepción de muestras
  - Número de muestras
  - Matriz de la muestra (roca, sedimento, relave, concentrado)
  - Código de la muestra
  - Resultado (mg/kg)
  - Firma de responsabilidad

Fuente: IIJE, 2025

# GRACIAS POR SU ATENCIÓN

IIGE-ECUADOR

D. Barona



Instituto de Investigación  
Geológico y Energético



ASGMI  
Asociación de Servicios  
de Geología y Minería  
Iberoamericanos