



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



ASGMI
Asociación de Servicios
de Geología y Minería
Iberoamericanos

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

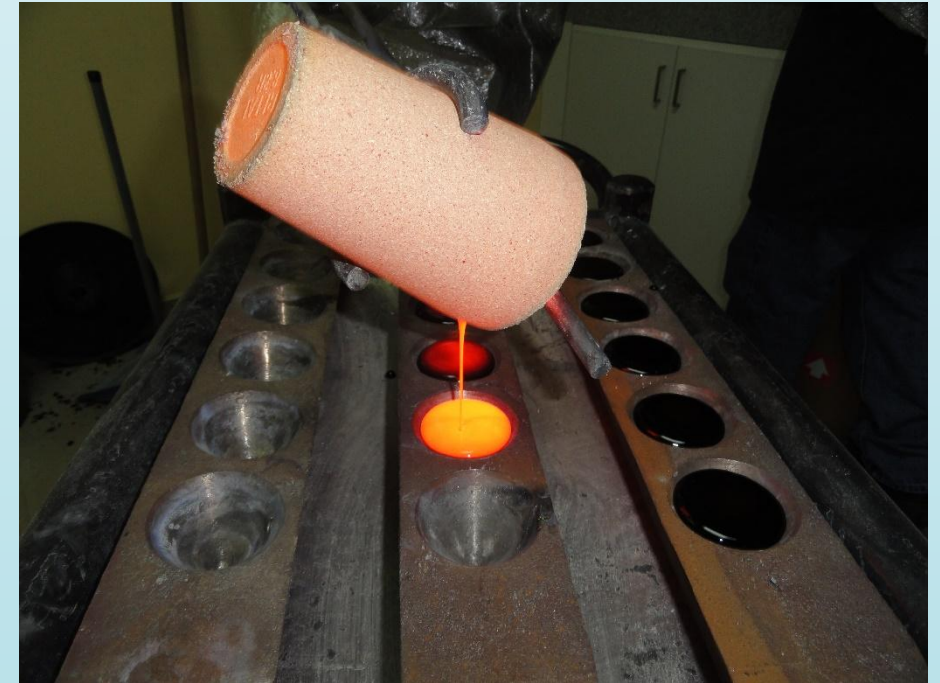
Compuesto	Función
Litargirio (PbO)	Colector de metales preciosos (Pb)
Carbonato de sodio (Na_2CO_3)	Homogeneizador del fundido
Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	Reductor de la temperatura de fusión del fundido. Transporta óxidos a la escoria
Sílice (SiO_2)	Aporta a la formación de fase vítrea (silicatos)
Nitrato de potasio (KNO_3)	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.

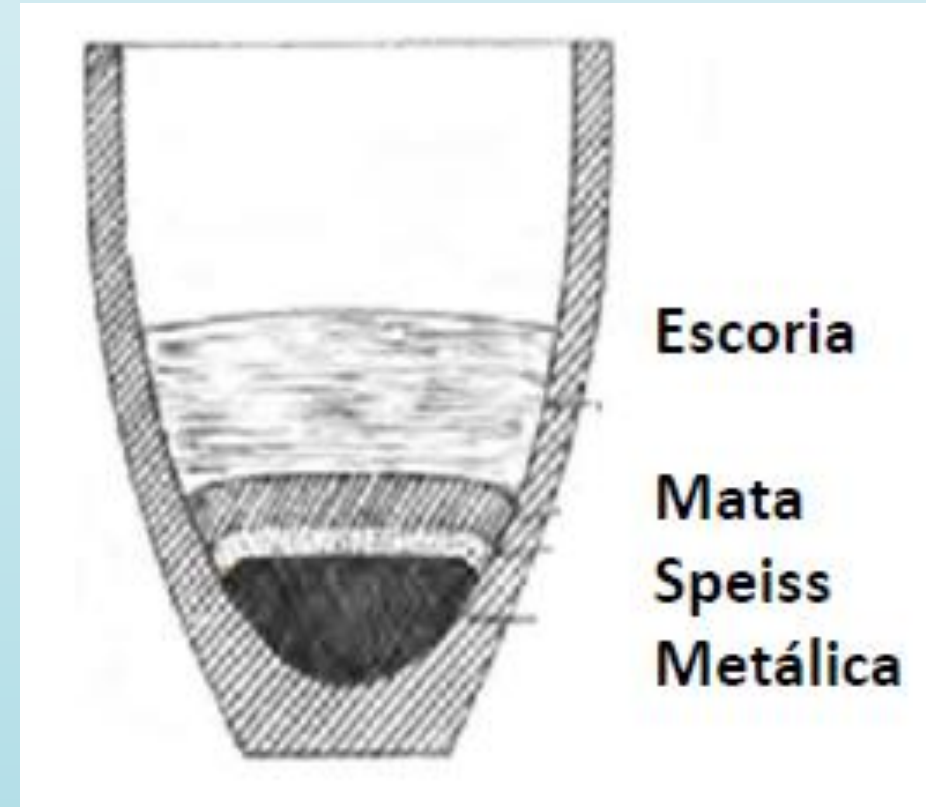


Fuente: IIGE, 2025

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 FUNDICIÓN DE METALES

Fase metálica

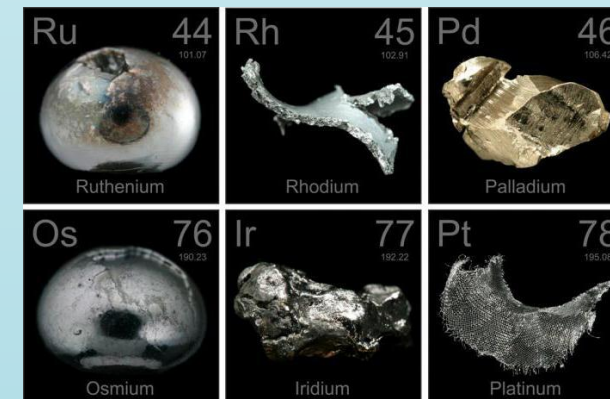
- Conocida como régulo (oro).
- Fase con la mayor densidad.
- Constituida por metales preciosos, metales del grupo del platino y algunas tierras raras.



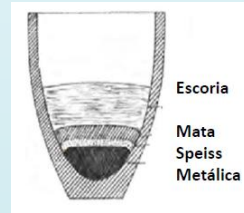
Fuente: INGEMMET, sf.



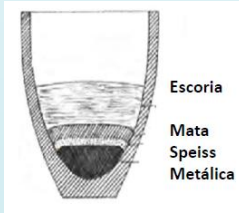
Fuente: Oro información, 2019



Fuente: Nextews, 2017



FASES DE LA FUNDICIÓN DE METALES



Fase speiss

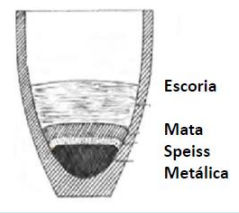
- Fase compuesta por arseniuros y antimoniuros de metales pesados: Fe, Co, Ni (aleación).
- Se puede confundir con la fase metálica.
- Densidad similar a los metales.
- Esta fase puede disolver metales preciosos.



Antimoniuro de indio

Fuente: Pniok, 2010

FASES DE LA FUNDICIÓN DE METALES



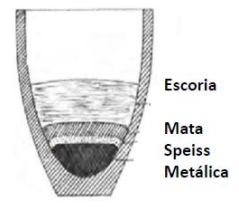
Fase mata

- 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/cm³).



Fuente: Toapanta, 2011

FASES DE LA FUNDICIÓN DE METALES



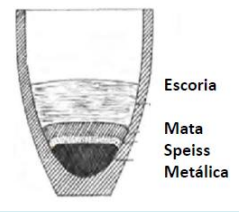
Fase escoria

- 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: IIGE. 2024



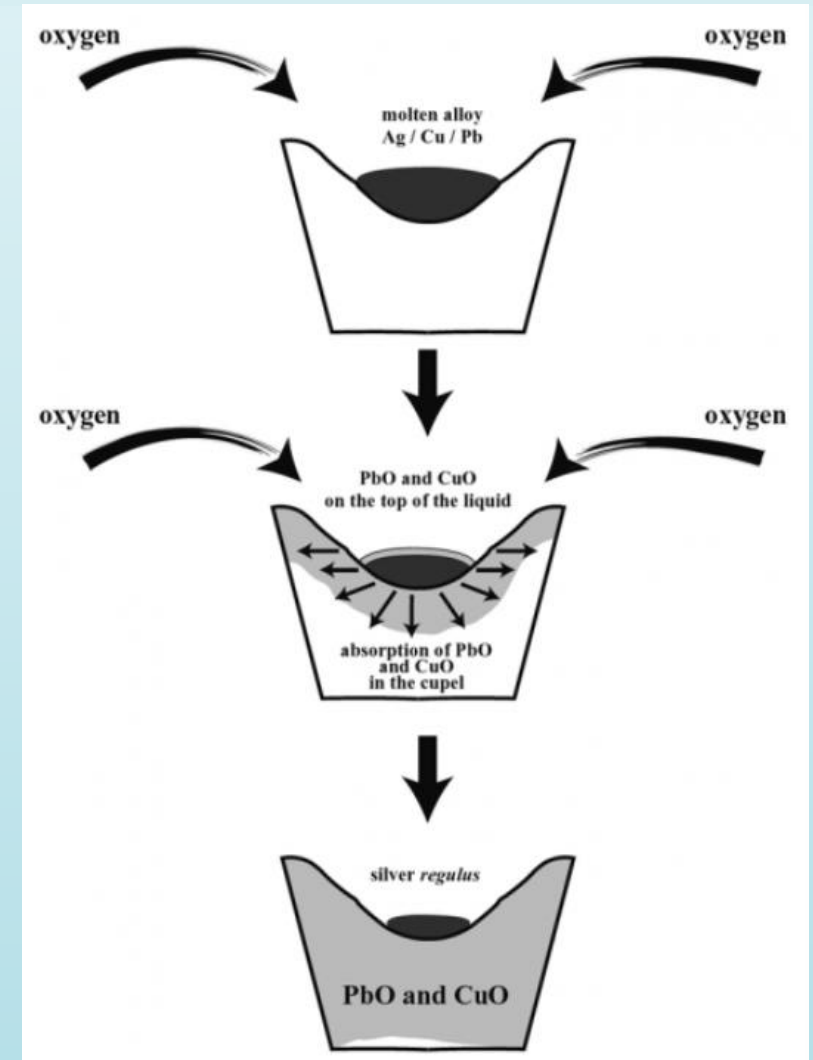
Fuente: INGEMMET, sf.

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



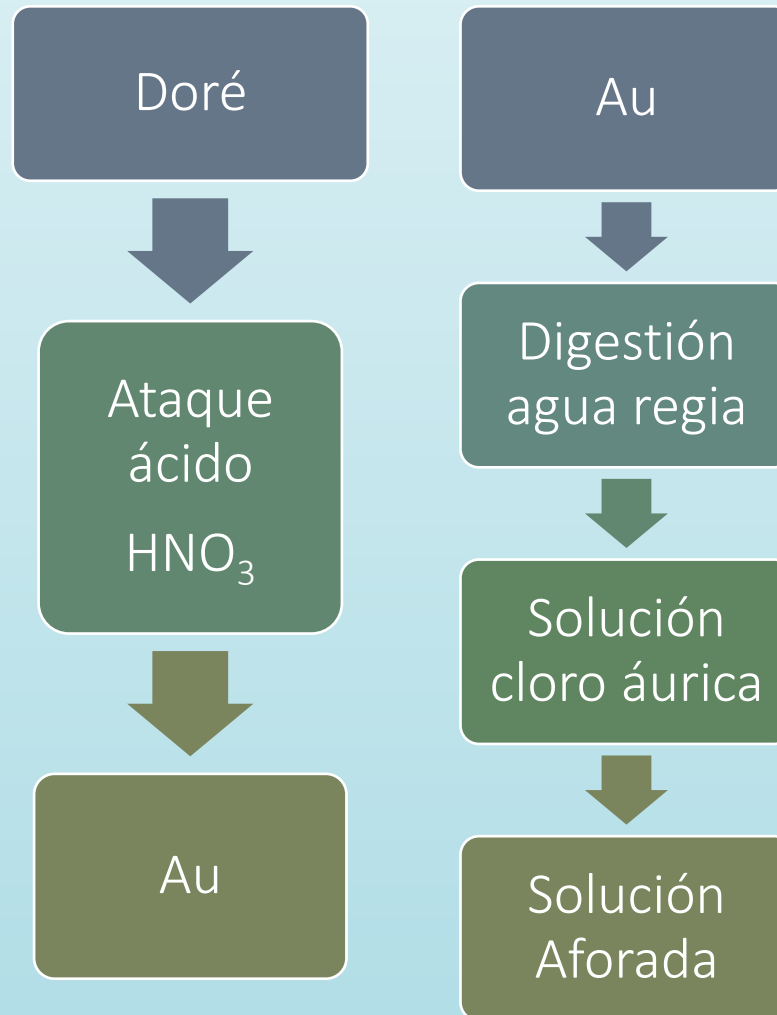
Fuente: Martín-Torres, 2008

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 HNO₃.

Objetivo: Oro en solución



Fuente: YuBrain, 2021

LECTURA INSTRUMENTAL POR ESPECTROMETRÍA

- Equipos utilizados:

Espectrómetro de Absorción Atómica.

Espectrómetro ICP-OES.

Espectrómetro ICP-MS.

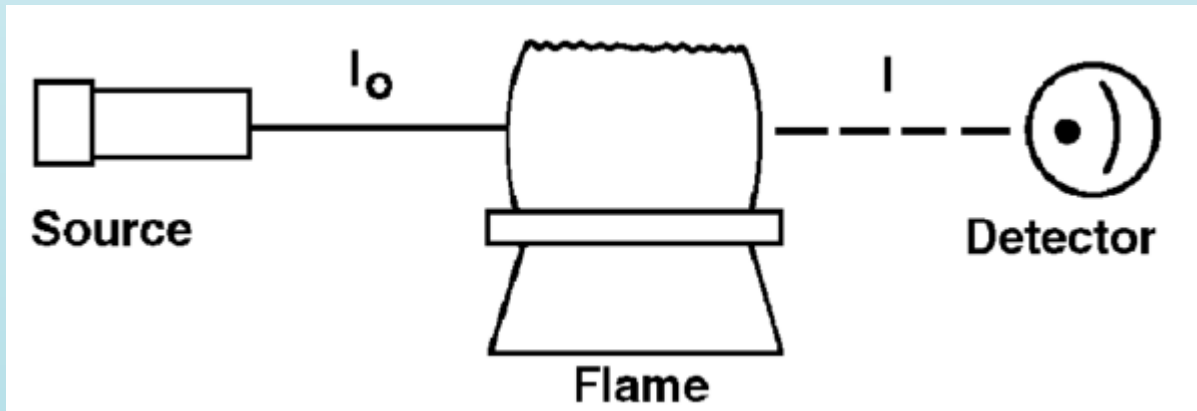
- Utiliza estándares para determinar la concentración de oro en la muestra.



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

$$A = \underline{abc}$$

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

COMPONENTES DE UN ESPECTRÓMETRO AA





DETERMINACIÓN DE ORO LABORATORIO QUÍMICO IIGE

PREPARACIÓN MECÁNICA DE MUESTRAS

Secado

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

Trituración y molienda

- Disminuir el tamaño de partícula $\sim 2\text{mm}$ (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 (~ 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: II GE, 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

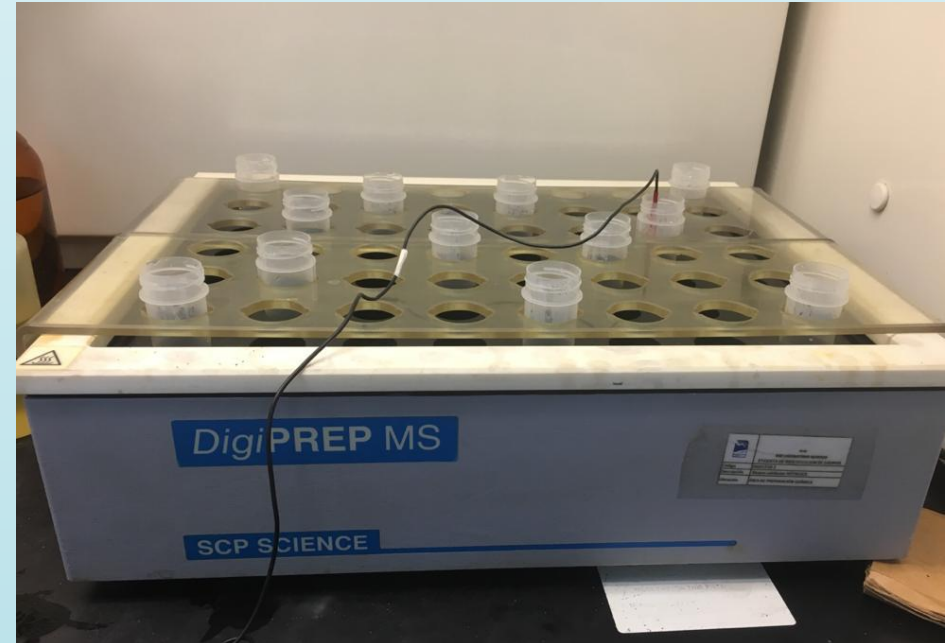
- Separar los metales preciosos del régulo.
- Se usan copelas.
- Proceso a altas temperaturas.
- Se obtiene el doré.



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

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



IIQE
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS Y ENERGÉTICO
LABORATORIO QUÍMICO
LABORATORIO DE ENLACE ASESORADO
POR EL IIAE CON ACREDITACIÓN N° 1461 LIN 10-012

REPORTE DE RESULTADOS: EXA-1739101

REC:
FIC:
FIC@guano.gov.ec

Fecha de recepción del s de los items: 2024-01-27
Fecha de entrega reporte: 2024-01-27
Localidad de trabajo: Guayaquil - Guayaquil - Ecuador

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE MERCURIO POR EL MANTO POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO)
(EN 15.404, REFERENCIA: EPA 821-A (MANTO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS))

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27
B	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	
C	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE TERRENO BASAL, MANTO Y TONDO POR ANÁLISIS
(PR-404, EN 15.404, REFERENCIA: EPA 821-A, EPA 1631)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMONES, REFERENCIA: EPA 1631 (EXSESTION POR ANÁLISIS)

WATER	NAME	CONCENTRATION	IN	CONCENTRATION	DATE
A	EXSESTION 1	0.00000000	0.00	0.00	2024-01-27

MÉTODO: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS (EXSESTION 1 A CERO) / PULMON

Fuente: IIGE, 2025

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

IIGE-ECUADOR

D. Barona



**EL NUEVO
ECUADOR**

Instituto de Investigación
Geológico y Energético