



Valoración económica preliminar de minerales presentes en pasivos ambientales mineros

Ing. Eliud Donaldo Vite Ortega



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Noviembre del 2025



Economía
Secretaría de Economía



Introducción

Los pasivos ambientales mineros (PAM)



2025
Año de
La Mujer
Indígena





Introducción





Introducción

Regiones industrializadas de **Norteamérica y la Unión Europea** han reconocido los desafíos que pueden presentar sus economías a causa de la disponibilidad de ciertos minerales o materias primas.

Minerales críticos y estratégicos:

- | | |
|-------------|-------------|
| ○ As | ○ Ni |
| ○ Co | ○ Sb |
| ○ Cr | ○ Se |
| ○ Cu | ○ V |
| ○ Mo | ○ Zn |

EPT



2025
Año de
**La Mujer
Indígena**



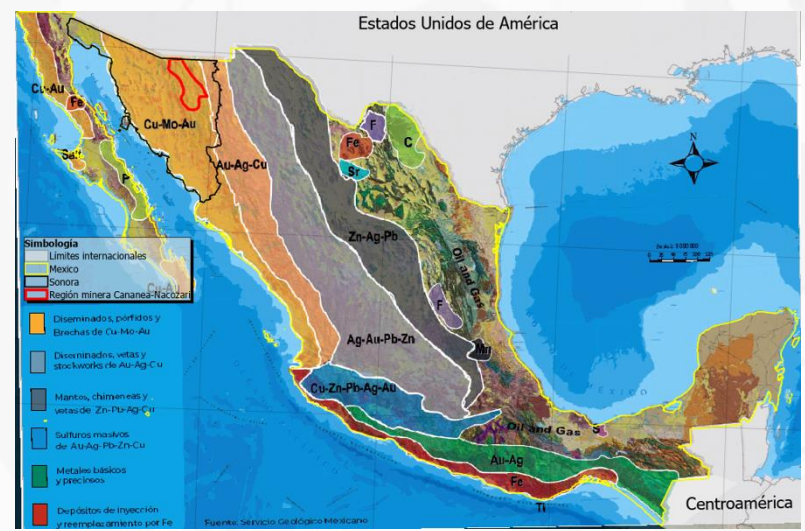
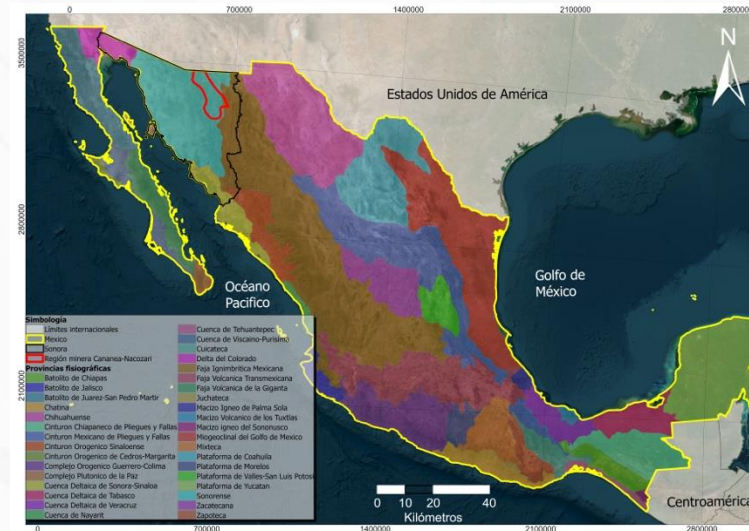
Metodología

Área de estudio

- ❑ Estado: Sonora
- ❑ Región minera: Cananea
Nacozari
- ❑ Provincia fisiográfica: Sonorense
- ❑ Terreno tectonoestratigráfico: Chihuahua
- ❑ Provincia metalogenética: Diseminados, pórfidos y brechas de Au, Cu y Mo.



2025
Año de
La Mujer
Indígena



Metodología



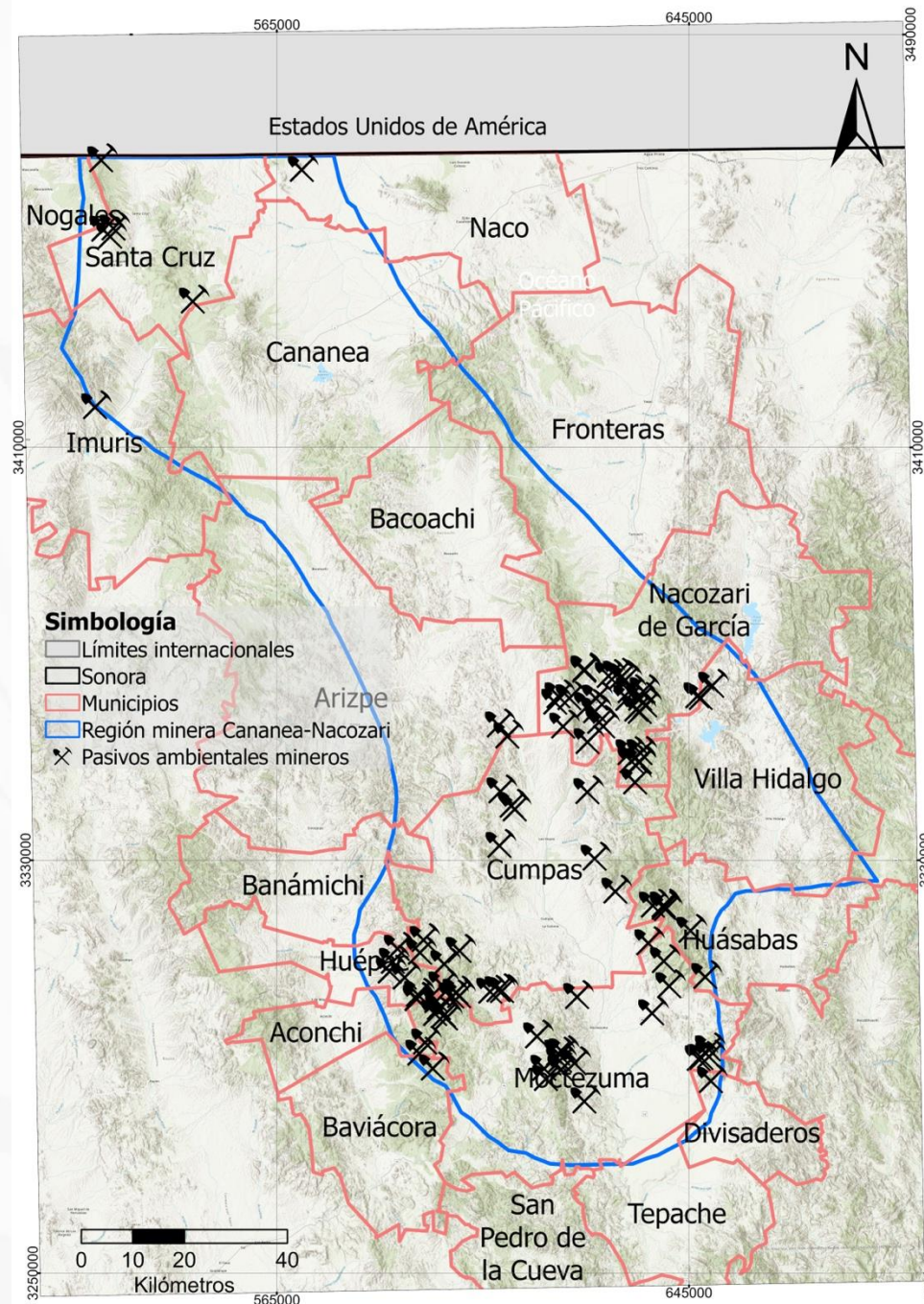
Economía
Secretaría de Economía



2025
Año de
La Mujer
Indígena

1. Inventario

Información vectorial de minas de la Cartografía geológica-minera del SGM



Economía
Secretaría de Economía



Manual para el inventario de minas abandonadas o paralizadas (Guzmán-Martínez *et al.*, 2020)

Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo (SERNAGEOMIN, 2007).



2. Muestreo

Metodología propuesta
por Smith *et al.*, (2000)



3. Identificación y cuantificación de elementos

Equipo portátil de
fluorescencia de Rayos-X
Thermo Scientific Niton
XL3t955 Ultra



Evaluación preliminar del potencial económico de los residuos mineros

4. Tonelaje estimado

Volumen (V)

- ❖ Ancho (m)
- ❖ Largo (m)
- ❖ Alto (m)

TE= Tonelaje de cada elemento de interés presente en el residuo (t)

$$TE = (V \times p) \times N$$

V= Volumen del residuo (m³)

p= Densidad del residuo (t/m³)

N= Concentración del elemento (g/t)



Economía
Secretaría de Economía



Evaluación preliminar del potencial económico de los residuos mineros

5. Valores mínimos minables

Concentraciones de importancia económica para cada elemento

Elemento	Valor mínimo explotable
Arsénico	N. R.
Cadmio	N. R.
Cobalto	0.1 % - 0.2 %
Cromo	20 % - 25%
Cobre	0.5% - 1 %
Mercurio	N. R.
Molibdeno	0.02 % - 0.05 %
Níquel	1 % - 2 %
Plomo	3 % - 5 %
Antimonio	0.5% - 1 %
Selenio	10 mg/kg
Vanadio	0.1 % - 0.2 %
Zinc	3 % - 5 %
Plata	50 g/t - 100 g/t
Oro	1 g/t - 2 g/t

Fuente: Geochemistry from all around the world, 2023.

N. R.: No reportado



Evaluación preliminar del potencial económico de los residuos mineros



6. Precio de mercado

Elemento	Precio
Plata	23.2 USD/Oz
Oro	1943 USD/Oz
Cobre	3.7 USD/Lb
Molibdeno	24 USD/Lb
Plomo	1.0 USD/Lb
Antimonio	6.6 USD/Lb
Zinc	1.1 USD/Lb

VE= Valoración económica del residuo por elemento de interés

$$VE = (TE \times U) (V_\$)$$

TE= Tonelaje de cada elemento presente en el residuo (t)

U= Unidad equivalente a una tonelada (Oz ó Lb)

V_\$\$= Valor del metal en el mercado (USD/Oz, USD/Lb)

Fuente: London Metal Exchange (LME, 2023), Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2023) y Antimony Market.



2025
Año de
La Mujer
Indígena



Resultados

Características de los residuos mineros abandonados

- ❖ Jales
- ❖ Pilas de lixiviación
- ❖ Escorias
- ❖ Depósito de mineral
- ❖ Desmonte

Las muestras fueron tomadas cerca de la superficie del residuo minero



2025
Año de
La Mujer
Indígena



Economía
Secretaría de Economía



Resultados

Valoración económica preliminar de los minerales críticos y estratégicos presentes en los residuos mineros

Se identificaron 97
emplazamientos de
residuos mineros



Se obtuvo el probable
tonelaje del mineral por
elemento de interés



34 residuos mineros
con valores
económicos de interés



Economía
Secretaría de Economía



	Clave de PAM/Tipo de residuo*	Nombre	Concentración (mg/kg)	Toneladas (t)	Valor (USD**)	Concentración (mg/kg)	Toneladas (t)	Valor (USD**)	Valor total (USD**)
	SON-C-001	Tonibabi II	177.38 (Ag)	0.06	43,802.48				43,802.48
	SON-C-002	El Saucito	43.14 (Au)	0.04	2,291,081.42				2,291,081.42
	SON-C-011	Washington	1029.14 (Mo)	18.01	952,922.30				952,922.30
	SON-C-015	Cumobabi	1788.53 (Mo)	11,312.45	598,551,803.51				598,551,803.51
	SON-C-017	San Juan	196.93 (Ag)	35.51	26,572,713.33				26,572,713.33
	SON-C-018	Veta Larga	180 (Ag)	0.93	693,007.62				693,007.62
	SON-C-019	La Bronzosa	10.36 (Au)	0.03	1,860,752.91				1,860,752.91
	SON-C-022	La Bombita	406.33 (Ag)	1.93	1,442,216.46	11197.5 (Sb)	53.11	778,660.06	2,220,876.52
	SON-C-027	Puerto Verde	8.72 (Au)	3.82 x 10 ⁻⁵	2,383.61				2,383.61
	SON-C-033	Las Mulas I	30456.81 (Cu)	0.41	3,404.69				3,404.69
	SON-C-034	Las Arenillas	55046.97 (Pb)	495.42	1,097,679.95	56692.03 (Zn)	510.23	1,289,088.93	2,386,768.88
	SON-C-035	La Mina Blanca	386.48 (Ag)	0.65	485,865.91				485,865.91
	SON-C-036	La Viuda	365.27 (Ag)	0.09	68,162.74	630.37 (Mo)	0.16	8,317.51	76,480.25
	SON-C-037	La Candelaria	6.98 (Au)	0.01	550,110.21				550,110.21
	SON-C-038	San Miguel	12.99 (Au)	0.02	1,557,679.43				1,557,679.43
	SON-C-041	Puerta Verde	15637.96 (Cu)	38.00	314,663.01				314,663.01
	SON-C-043	El Güerigo 6	38.79 (Au)	1.94 x 10 ⁻⁴	12,118.01				12,118.01
	SON-C-045	El Chatarras	6.06 (Au)	1.8 x 10 ⁻²	112,553.83				112,553.83
	SON-C-058	La Cobriza	11.67 (Au)	0.17	10,732,975.15				10,732,975.15
	SON-C-059	Jales II Nacozari	5.69 (Au)	4.27	266,889,636.51				266,889,636.51
	SON-C-061	El Marrufo	23.58 (Au)	0.01	379,369.57	3785 (Mo)	0.97	51,568.93	430,938.50
	SON-C-063	El Sacrificio	319.1 (Ag)	4.79 x 10 ⁻³	3,581.77				3,581.77
	SON-C-065	Rosario 1	280.59 (Ag)	0.58	431,308.47				431,308.47
	SON-C-068	Jales Santo Domingo I	9.93 (Au)	0.01	843,780.75				843,780.75
	SON-C-069	San Antonio	149.7 (Ag)	0.41	308,759.64				308,759.64
	SON-C-075	El Pilar	2987.21 (Mo)	7.97	421,482.43				421,482.43
	SON-C-077	El Tacori II	9.58 (Au)	2.3 x 10 ⁻⁴	14,365.42				14,365.42
	SON-C-080	Alma	28219.42 (Cu)	0.73	6,083.08				6,083.08
	SON-C-082	Santo Domingo	10.96 (Au)	0.47	29,582,560.32	116.21 (Ag)	5.02	3,756,707.40	33,339,267.72
	SON-C-085	El Globo I	791.01 (Ag)	23.26	17,402,411.23				17,402,411.23
	SON-C-086	La Gloria	735.56 (Ag)	0.17	130,042.55				130,042.55
	SON-C-088	Puerto Rico	383.24 (Ag)	0.02	16,728.91				16,728.91
	SON-C-090	San Ignacio	106.51 (Ag)	0.50	373,604.23				373,604.23
	SON-C-099	Santa Margarita	733.31 (Mo)	351.44	18,594,937.10				18,594,937.10

Resultados

Se identificaron:

- 6 jales de planta
- 17 terreros
- 11 depósitos de mineral

Los depósitos de mineral y los terreros no deberían requerir tratamientos costosos y complejos con respecto a los jales que requerirían un mayor análisis y caracterización mineralógica y metalúrgica.

Los emplazamientos de residuos mineros de mayor potencial económico corresponden a **jales de oro y molibdeno**.

Realizar estudios de caracterización de detalle de los residuos mineros de interés, con muestreo en profundidad y con análisis químicos especializados





Conclusiones

- ❑ Es posible crear un modelo de economía circular a través del reaprovechamiento de los residuos mineros presentes en los PAM.
- ❑ El 35 por ciento de los emplazamientos de residuos mineros tuvieron probable potencial económico aprovechable.
- ❑ La siguiente fase del trabajo consistirá en calcular los recursos mediante una metodología convencional, que incluya, entre otros la definición precisa del volumen de los residuos mineros, perforaciones exploratorias con recuperación continua, pruebas de laboratorio para establecer de manera detallada peso volumétrico y concentración de elementos a lo largo de los barrenos, pruebas metalúrgicas y pruebas piloto.



Referencias



- Geochemistry from all around the world. (2023). *Sorted lowest minable grades* (v.2). LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/sorted-lowest-minable-grades-v2-geochemistry-from-all-around-the-w/?trackingId=RXgp1R9GRUOpGqKxCI%2Fuzg%3D%3D>
- Guzmán-Martínez, F., Arranz-González, J. C., Smoll, L., Collahuazo, L., Calderón, E., Otero, O., & Arceo y Cabrilla, F. (2020). *Pasivos ambientales mineros: Manual para el inventario de minas abandonadas o paralizadas*. Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI). <https://asgmi.org/wp-content/uploads/2020/06/Manual-Inventario-PAM-y-Anexos.pdf>
- London Metal Exchange. (2023, septiembre). *LME*. https://www.lme.com/en/Metals?sc_campaign=54A50D03FB314A6AB2C5797386130C22
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). (2007). *Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo*. SERNAGEOMIN.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2023). *Consulta el precio de los minerales*. <https://www.gob.mx/sgm/acciones-y-programas/consulta-el-precio-de-los-minerales>
- Smith, K. S., Ramsey, C. A., & Hageman, P. L. (2000). Sampling strategy for the rapid screening of mine-waste dumps on abandoned mine lands. *U.S.*





Economía
Secretaría de Economía



Muchas gracias por su atención

Ing. Eliud Donaldo Vite Ortega
eliudvite@sgm.gob.mx



2025
Año de
La Mujer
Indígena