

Avance en la exploración de tierras raras en México

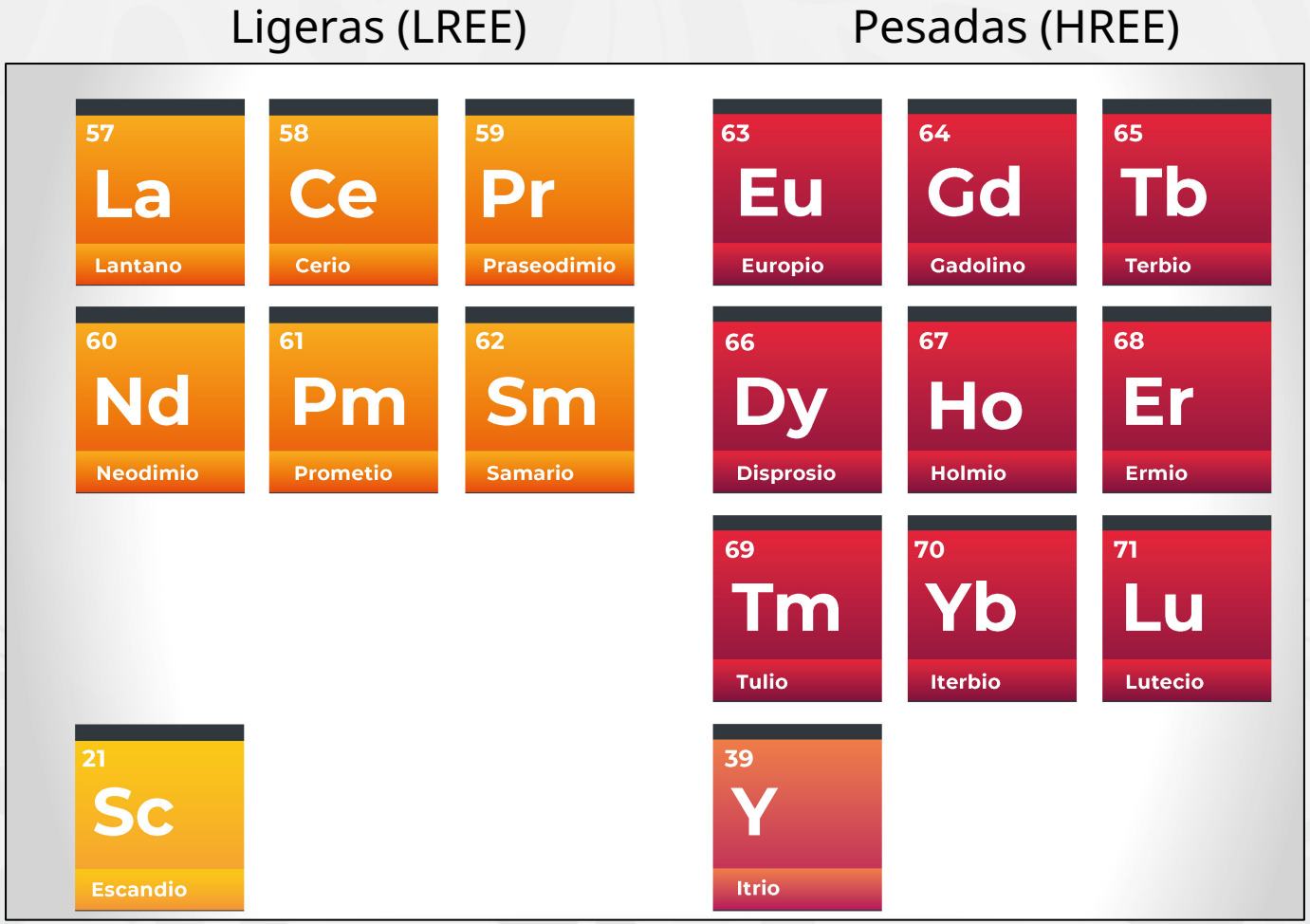
Flor de María Harp Iturribarría

Servicio Geológico Mexicano



Elementos de tierras raras (ETR)

Grupo de 17 elementos con propiedades físicas y químicas particulares, fundamentales para usos especializados y el desarrollo tecnológico actual.





2026 año de Margarita Maza

Características principales de los ETR

1. Propiedades magnéticas (Imanes de alta potencia)

- **Alta fuerza coercitiva y remanencia:** Las tierras raras, especialmente el neodimio (Nd), praseodimio (Pr) y disprosio (Dy), permiten crear los imanes permanentes más potentes y ligeros que existen (imanes de neodimio-hierro-boro).

- **Resistencia a la desmagnetización:** El disprosio y el terbio (Tb) se añaden a los imanes para mantener su fuerza magnética a altas temperaturas, lo cual es crítico en los motores de vehículos eléctricos y generadores de turbinas eólicas.

- **Conversión de energías:** Estos imanes convierten la energía mecánica en eléctrica (o viceversa) con gran eficiencia, siendo el "corazón" de los motores de autos eléctricos y generadores eólicos.



2026 año de Margarita Maza

Características principales de los ETR

2. Propiedades ópticas

Luminiscencia estable: Elementos como el **europio (Eu)**, **terbio (Tb)** e **itrio (Y)** tienen propiedades lumínicas únicas al interactuar con la luz, emitiendo colores muy brillantes y bien definidos (rojo, verde).

Eficiencia Energética: Emiten luz sin generar casi calor. Se utilizan para fabricar focos de bajo consumo (LEDs y ahorradores) y en pantallas de alta eficiencia, reduciendo el consumo eléctrico.

Láseres y Fibras Ópticas: Emiten luz pura y amplificada, por lo que se emplean en materiales para láseres de alta potencia y fibra óptica, fundamentales para redes de comunicaciones eficientes (Erbio).



2026
año de
Margarita
Maza

Características principales de los ETR

3. Propiedades eléctricas, electroquímicas y electrónicas

Alta capacidad de almacenamiento de hidrógeno: El **lantano (La)** se utiliza en baterías de hidruro de níquel-metal (NiMH), comunes en vehículos híbridos.

Catalizadores y Estabilidad Térmica: Elementos como el **cerio (Ce)** y el **lantano** se utilizan en catalizadores para mejorar la eficiencia de procesos químicos, incluyendo la producción de combustibles más limpios y en pilas de combustible.

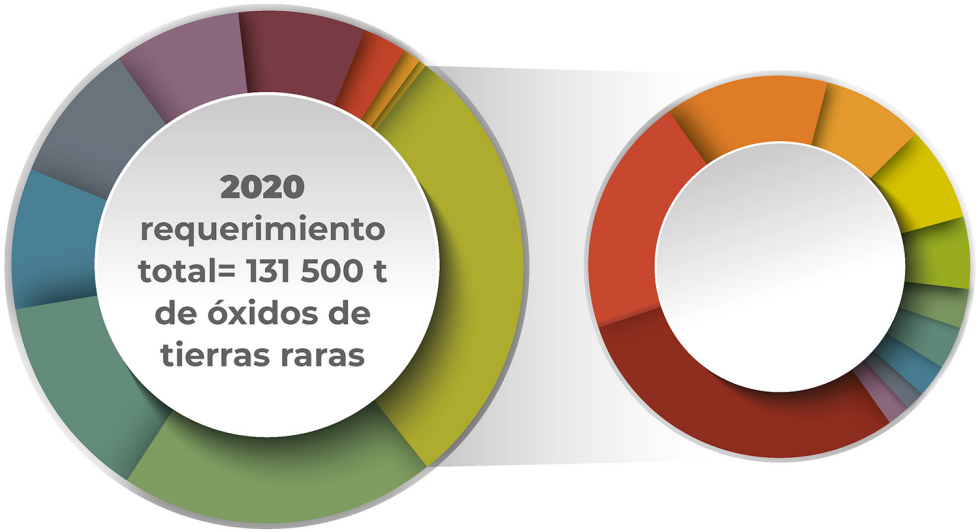
Conductividad y Control: Ayudan a miniaturizar componentes electrónicos, mejorando la velocidad y eficiencia energética de dispositivos.



2026
año de
Margarita
Maza

Usos generales de los elementos de tierras raras

Imanes (Nd, Pr, Dy, Sm) 29%
Catalizadores (La, Ce) 20%
Abrasivos (La, Ce) 13%
Otros (La, Ce) 9%
Metalurgia (La, Ce) 9%
Baterías (La, Ce) 8%
Vidrios (La, Ce) 8%
Cerámica (Y, Nd) 3%
Fósforos 1%
Pigmentos 0.4%



5.8% Otros consumibles electrónicos
4% Sistemas de conducción autos eléctricos
2.5% Turbinas eólicas
2.25% Otras refacciones
1.75% Aires acondicionados
1% Transductores acústicos
1% Dispositivos de discos duros
0.8% Bicicletas eléctricas
0.5% Dirección eléctrica de vehículos
0.5% Robótica
8.5% Otros (La, Ce)

Ce= Cerio; Dy=Disprosio; La=Lantano; Nd=Neodiminio; Pr=Praseodimio; Sm=Samario; Y=Itrio



2026 año de Margarita Maza

Fuente: Roskill, *Rare Earths Market Outlook to 2030*, 20th edition; BGR (2021), "Seltene Erden: Informationen zur Nachhaltigkeit", Bundesanstalt fur Geowissenschaften und Rohstoffe. En Gielen, D. and M. Lyons (2022), *Critical materials for the energy transition: Rare earth elements*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. https://www.irena.org/Technical-Papers/Critical-Materials-For-The-Energy-Transition-Rare-Earth-elements

Usos particulares de las tierras raras (ETR)

DEFENSA MILITAR: Los más utilizados son los siguientes:

- **Neodimio (Nd):** Imanes potentes de neodimio-hierro-boro (NdFeB) para radares, sonares y motores de guía de misiles.
- **Samario (Sm):** Imanes de samario-cobalto (SmCo), cruciales por su estabilidad a altas temperaturas en motores de jets y misiles.
- **Disprosio (Dy):** Se añade a los imanes de Nd para mejorar su resistencia a la desmagnetización a altas temperaturas para motores de aeronaves.
- **Terbio (Tb):** Mejora la eficiencia magnética en componentes de defensa
- **Itrio (Y), Europio (Eu) y Lantano (La):** Tecnologías de visión nocturna, lásares y lentes de fibra óptica

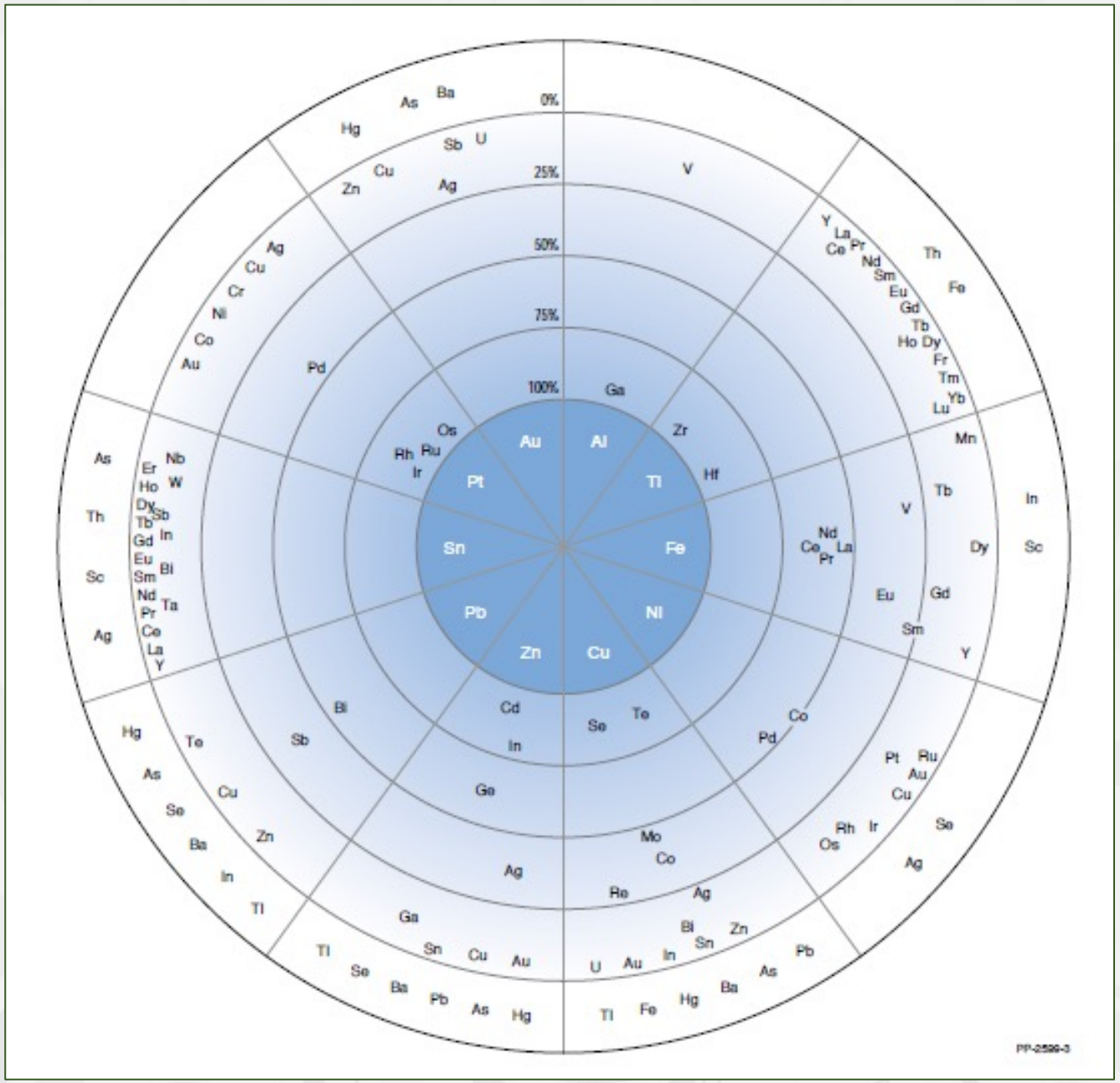


Imán de Nd

2026 año de Margarita Maza

The wheel of metal companionality

(N. T. Nassar,* T. E. Graedel, E. M. Harper)

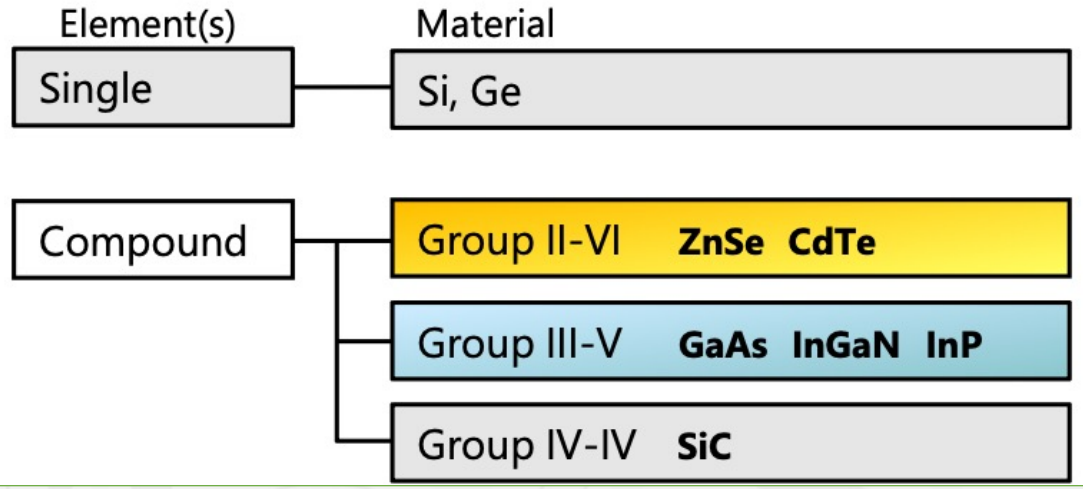


2026 año de Margarita Maza

USO EN SEMICONDUCTORES Y EL PROCESO DE DOPAJE

*Doping phosphorus (P) of **Group V** into silicon (Si) of **Group IV** makes **n-type semiconductor**.

*Doping boron (B) of **Group III** into silicon (Si) of **Group IV** makes **p-type semiconductor**.



Group II	Group III	Group IV	Group V	Group VI
Be Beryllium	B Boron	C Carbon	N Nitrogen	O Oxygen
Mg Magnesium	Al Aluminum	Si Silicon	P Phosphorus	S Sulfur
Zn Zinc	Ga Gallium	Ge Germanium	As Arsenic	Se Selenium
Cd Cadmium	In Indium	Sn Tin	Sb Antimony	Te Tellurium
Hg Mercury	Tl Thallium	Pb Lead	Bi Bismuth	Po Polonium

2026 año de Margarita Maza

USO EN SEMICONDUCTORES Y EL PROCESO DE DOPAJE

ETR para dopaje y modificación.

- **Terbio, erbio e itrio:** Se usan para dopar el Si y mejorar propiedades eléctiricas
- **Lantano y gadolinio:** se integran en los transistores avanzados para evitar fugas de energía y mejorar eficiencia de la memoria
- **Neodimio:** Amplifica las señales ópticas, clave para chips fotónicos



RESERVAS Y PRODUCCIÓN DE ETR

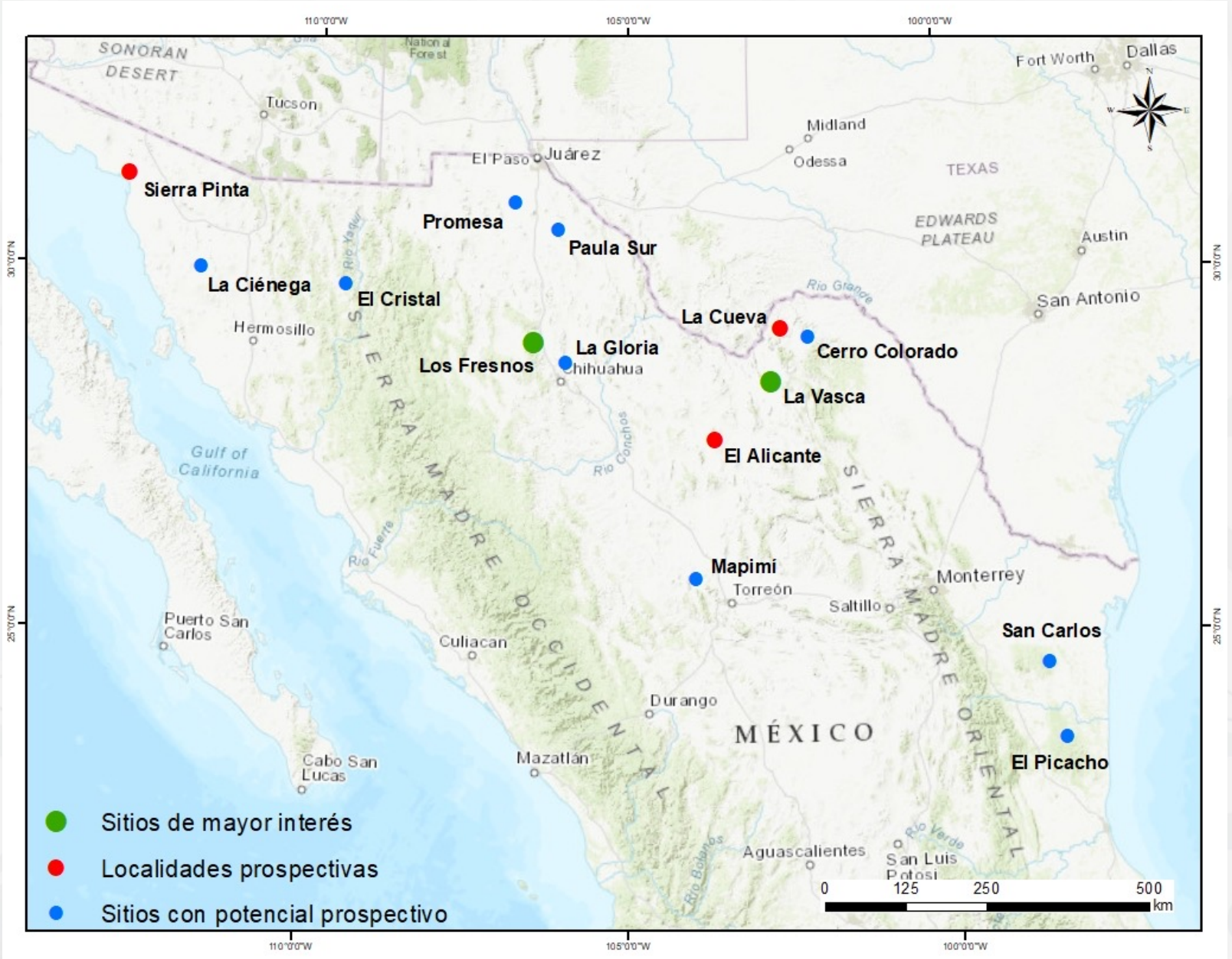
	RESERVES Metric Tons	
1	China	44M
2	Brazil	21M
3	India	6.9M
4	Australia	5.7M
5	Russia	3.8M
6	Vietnam	3.5M
7	U.S.	1.9M
8	Greenland	1.5M
9	Tanzania	890K
10	South Africa	860K
11	Canada	830K
12	Thailand	4.5K
NA	Myanmar	0
NA	Madagascar	0
NA	Malaysia	0
NA	Nigeria	0
	Other	0
	World total	>90M

	MINE PRODUCTION Metric Tons	
1	China	270K
2	U.S.	45K
3	Myanmar	31K
4	Australia	13K
5	Thailand	13K
6	Nigeria	13K
7	India	2.9K
8	Russia	2.5K
9	Madagascar	2.0K
10	Vietnam	300
11	Malaysia	130
12	Brazil	20
NA	Greenland	0
NA	Canada	0
NA	Tanzania	0
NA	South Africa	0
	Other	1.1K
	World total	390K



2026 año de Margarita Maza

Localidades de interés por ETR definidas por el SGM



2026 año de Margarita Maza

Marco geológico

El mayor potencial geológico para contener ETR se ha encontrado en la zona fronteriza con E.U.A.

La Provincia Alcalina Oriental Mexicana en Coahuila y Tamaulipas
- ✓sienita y diques sieníticos

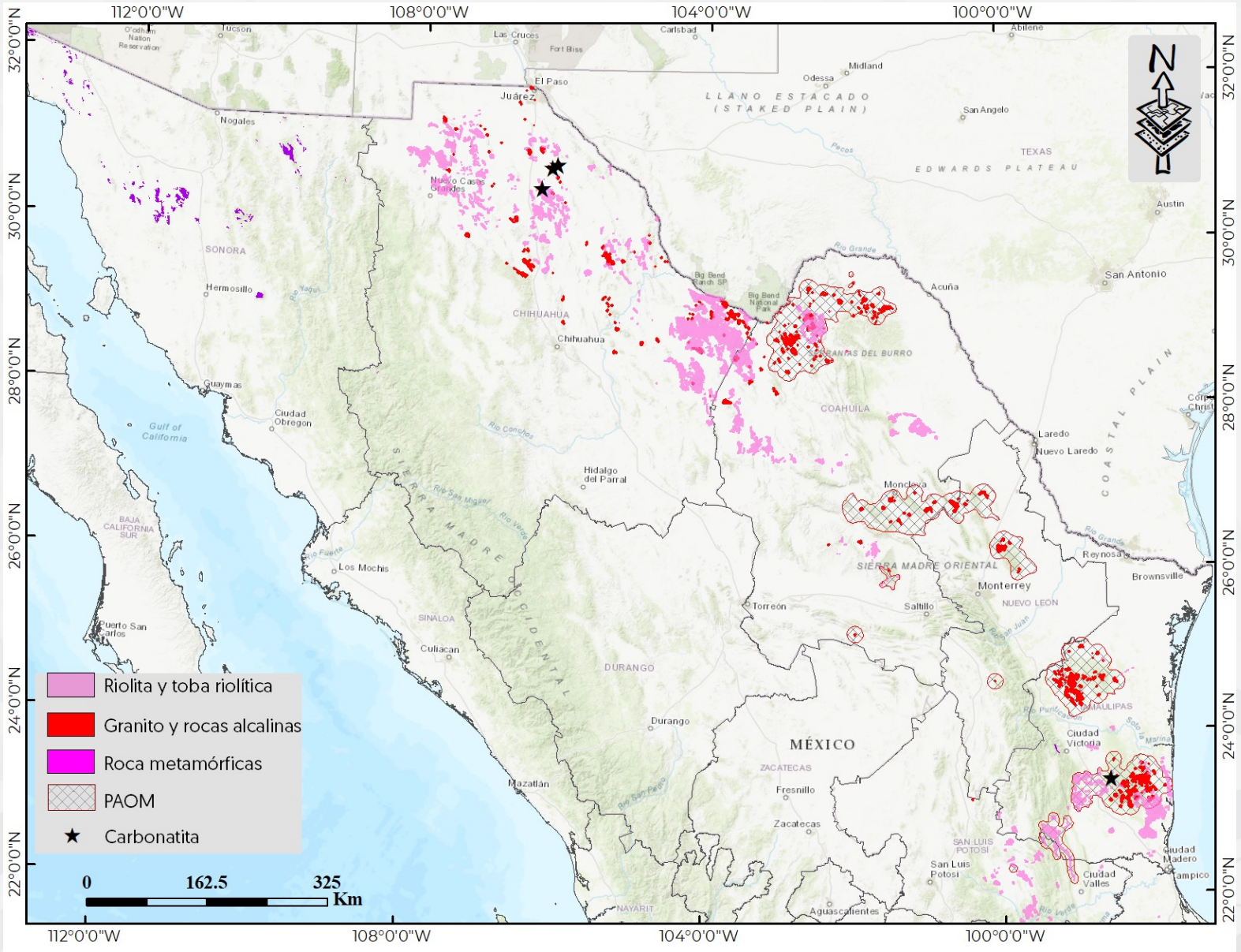
Rocas metamórficas en Sonora
- ✓ Complejo Metamórfico Bámori

Carbonatitas en Chihuahua y Tamaulipas

Rocas volcánicas hiperalcalinas en Chihuahua y Durango.



2026 año de Margarita Maza



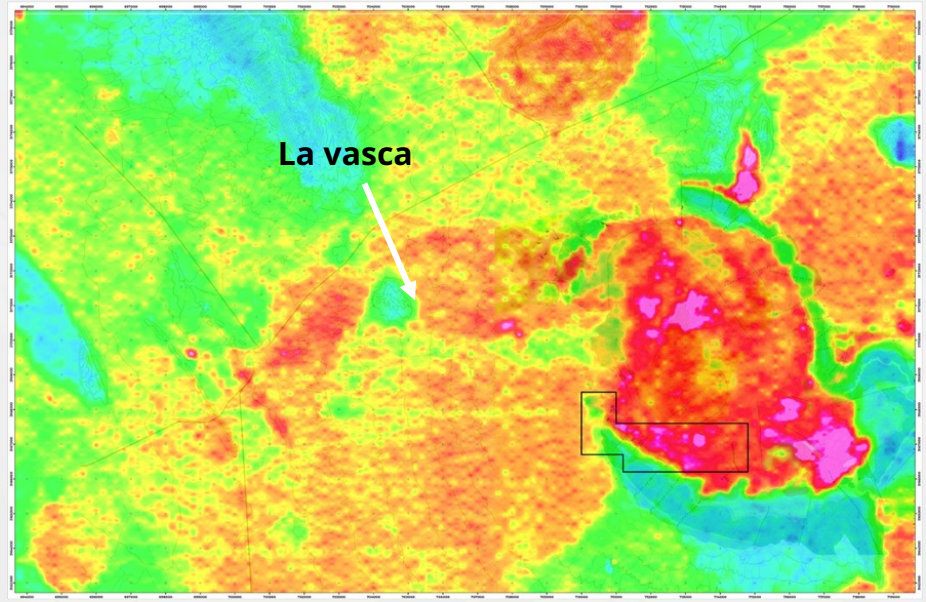
Guías de exploración

Ambiente geológico

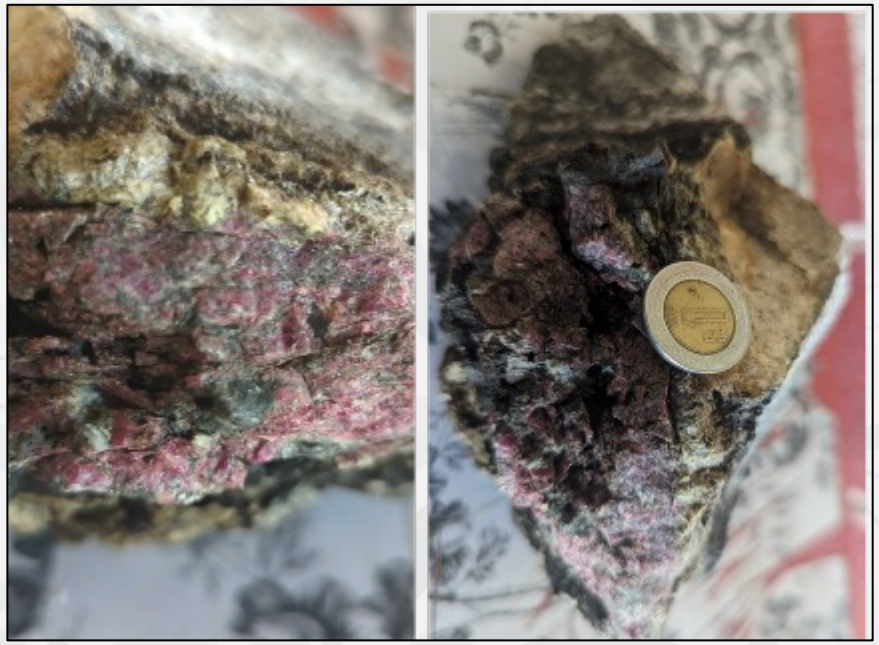
- Rocas alcalinas, carbonatitas e hiperalcalinas
- Diques sieníticos con mineral de eudialita
- Depósitos de hierro (El Alicante, en Coahuila)

Métodos indirectos

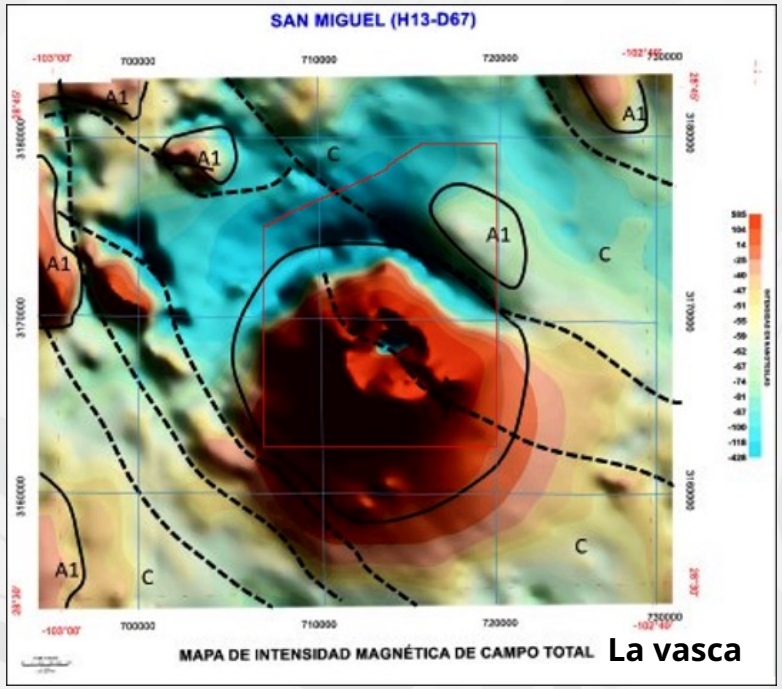
Radiometría aérea, anomalías de torio (Th).



Anomalías de Th (púrpura) con radiometría aérea, canal de Th



Mineral asociado a ETR.





2026 año de Margarita Maza

La Vasca, Ocampo, Coahuila



Área	% ΣTRO_3	Observaciones	Etapa
La Vasca	0.28	261 muestras Ce–La–Nd–Y	Prospecto
Baerzhe, China	0.2 – 0.7	LREE?	Desarrollo

% ΣTRO_3 = Total Rare Earth Oxides (óxidos totales de tierras raras)



2026 año de Margarita Maza

Los Fresnos, Chihuahua, Chih.



Área	% ΣTRO_3	Observaciones	Etapa
Los Fresnos	0.14	202 muestras Ce–La–Nd–Y	Prospecto
Round Top, Texas, USA	0.05*	LREE + HREE + Y	Exploración avanzada



Sierra Pinta, Puerto Peñasco, Sonora



Área	% ΣTRO_3	Observaciones	Etapa
Sierra Pinta	0.10	61 muestras, Ce–La–Nd-Y	Prospecto
La Paz, Arizona, USA	0.03	LREE?	Exploración avanzada

2026 año de Margarita Maza

El Alicante, Ocampo, Coahuila



Área	% ΣTRO_3	Observaciones	Etapa
El Alicante	1.0	39 muestras, Ce–La–Nd–Pr	Prospecto
Olympic Dam, Australia	0.05 – 0.20	LREE + HREE + Y	Producción

2026 año de Margarita Maza

La Cueva, Acuña, Coahuila

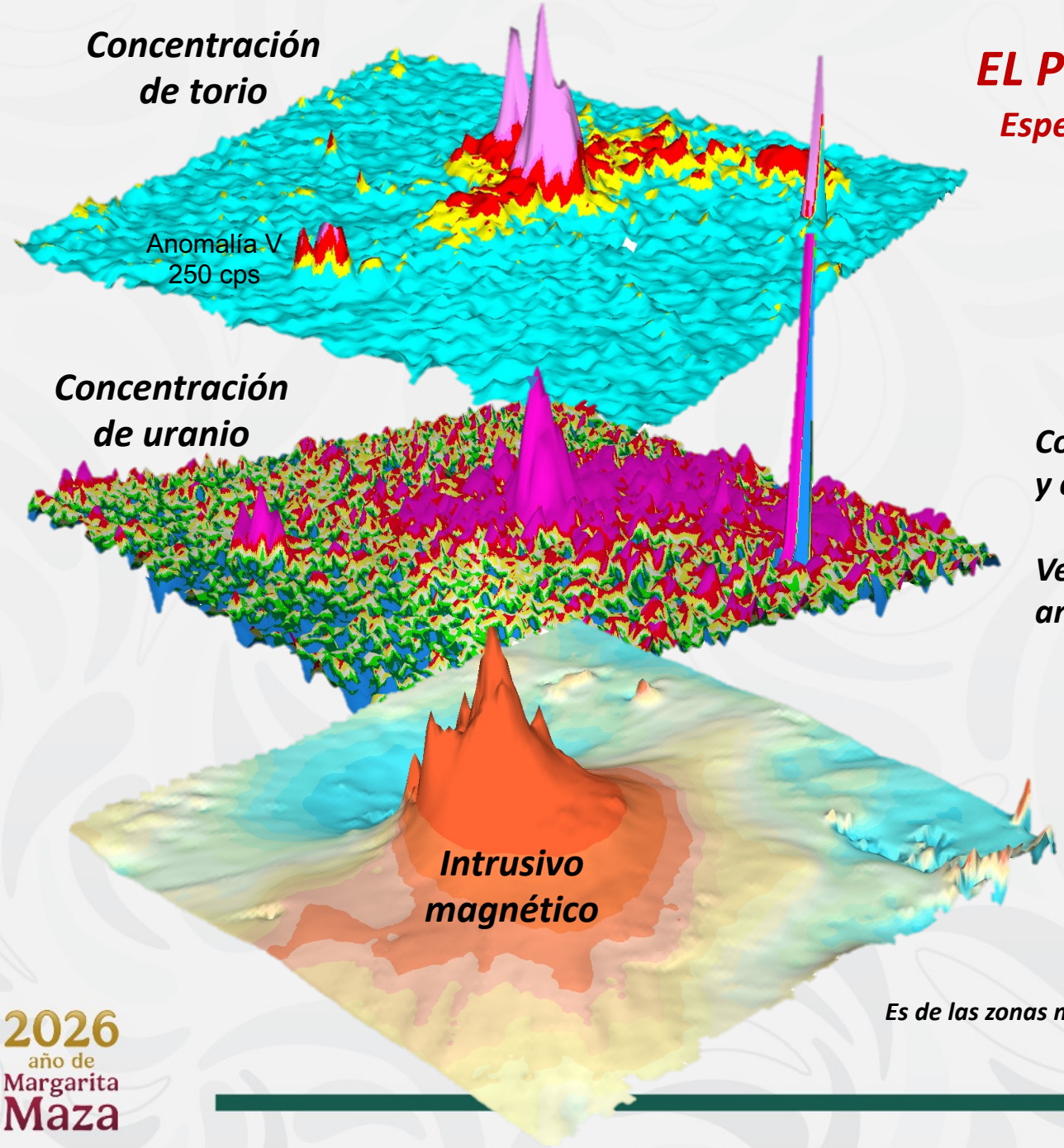


Área	% ΣTRO_3	Observaciones	Etapa
La Cueva	0.1	26 muestras Ce–La–Nd–Pr	Prospecto
Norra Kärr, Suecia	0.4–1.2	LREE dominantes	Desarrollo

2026 año de Margarita Maza

EL PICACHO, TAMAULIPAS

Espectrómetría de Rayos Gamma en helicóptero



Correlación positiva entre torio, uranio y el marco geológico.

Verificación en campo de esta anomalía y trabajos a mayor detalle

Es de las zonas mas estudiadas en el país por autores diversos.



2026 año de Margarita Maza



Gracias por su atención



2026
año de
Margarita
Maza