



ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL MERCADO MUNDIAL DE LAS TIERRAS RARAS

IDEXCAM

CÁMARA DE COMERCIO DE LIMA - MARZO 2026

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	3
TIERRAS RARAS	4
Arcillas iónicas.....	5
PRINCIPALES TIERRAS RARAS COMERCIALIZADAS EN EL MUNDO	6
PAÍSES QUE COMERCIALIZAN TIERRAS RARAS	7
Cerio	8
USO.....	8
Yacimientos Globales y Productores	9
Presencia en Sudamérica	9
COMERCIO MUNDIAL.....	10
Disprosio	11
USO.....	11
Yacimientos Globales y Productores	11
Presencia en Sudamérica	12
COMERCIO MUNDIAL.....	12
Erbio	13
USO.....	13
Yacimientos Globales y Productores	14
Presencia en Sudamérica	14
COMERCIO MUNDIAL.....	15
Europio	15
USO.....	15
Yacimientos Globales y Productores	16
Presencia en Sudamérica	17
COMERCIO MUNDIAL.....	17
Gadolinio	17
USO.....	17
Yacimientos Globales y Productores	18
Presencia en Sudamérica	19
COMERCIO MUNDIAL.....	19
Holmio	20
USO.....	20
Yacimientos Globales y Productores	20
Presencia en Sudamérica	20
COMERCIO MUNDIAL.....	21
Lantano.....	21
Uso	21
Yacimientos Globales y Productores	22
Presencia en Sudamérica	23
Comercio mundial.....	23
Lutecio	24
USO.....	24
Yacimientos Globales y Productores	24
Presencia en Sudamérica	24
Comercio mundial.....	25
Praseodimio	25
USO.....	25
Yacimientos Globales y Productores	26
Presencia en Sudamérica	26
Comercio mundial.....	26
Samario	27
USO.....	27
Yacimientos Globales y Productores	27
Presencia en Sudamérica	28
Comercio mundial.....	28

Terbio.....	29
USO.....	29
Yacimientos Globales y Productores	30
Presencia en Sudamérica	30
Comercio mundial.....	31
Tulio.....	31
USO.....	31
Yacimientos Globales y Productores	32
Presencia en Sudamérica	33
Comercio mundial.....	33
Iterbio	34
USO.....	34
Yacimientos Globales y Productores	34
Presencia en Sudamérica	35
Comercio mundial.....	35
Itrio	35
USO.....	35
Yacimientos Globales y Productores	36
Presencia en Sudamérica	37
Comercio mundial.....	37
VULNERABILIDAD ESTRATÉGICA, IMPACTO AMBIENTAL Y MITIGACIÓN	38
Estrategias de Mitigación: Sustitución y Reciclaje (Minería Urbana).....	39
PROYECCIONES DE DEMANDA Y NUEVA GEOPOLÍTICA DE LAS TIERRAS RARAS.....	39
Riesgos de Seguridad Nacional y Diversificación de la Oferta	39
CONCLUSIONES.....	41

ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL MERCADO GLOBAL DE TIERRAS RARAS

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio ofrece un análisis estratégico del mercado global de las tierras raras, abordando su importancia crítica para la industria moderna, sus desafíos de extracción y las vulnerabilidades de su cadena de suministro:

1. **Explosión de la demanda:** La demanda mundial de minerales indispensables para la tecnología podría triplicarse hacia el año 2030 y cuadruplicarse para el 2040. Este fenómeno es impulsado directamente por la transición energética global, la digitalización de la economía y el avance de la Inteligencia Artificial.
2. **Dominio geológico e industrial:** Las tierras raras comprenden 17 elementos que, si bien no son escasos, requieren procesos de extracción altamente complejos. China domina la oferta no solo por su política industrial, sino por poseer grandes extensiones de arcillas iónicas en regiones como Jiangxi, las cuales son la fuente más rica de tierras raras pesadas críticas.
3. **Fragmentación de la cadena de suministro:** El mercado presenta roles muy divididos. Países como Estados Unidos extraen el mineral, pero lo exportan casi en su totalidad a China para ser procesado. Por otro lado, naciones sin minas propias, como Japón y Francia, lideran la exportación de compuestos refinados con alto margen de ganancia.
4. **Vulnerabilidad y reconfiguración geopolítica:** La dependencia de la refinación china representa una amenaza directa a la seguridad nacional de las potencias occidentales, debido a que replicar la infraestructura de procesamiento resulta muy costoso por las estrictas normativas ambientales implementadas en Europa y los Estados Unidos. Como estrategia de mitigación, se están abriendo nuevas fronteras de suministro en países como Venezuela y la República Democrática del Congo, mientras que, en el resto de Sudamérica, Brasil se posiciona como el principal actor emergente.

TIERRAS RARAS

Las tierras raras, también conocidas como REE por sus siglas en inglés (elementos de tierras raras), conforman un grupo de 17 elementos. A pesar de su nombre, las tierras raras no son realmente escasas en la naturaleza; el verdadero desafío es que están muy dispersas y es difícil encontrar concentraciones que sean rentables para la minería.

Estas tierras raras se encuentran en el planeta de las siguientes maneras:

- ❖ **Formación química:** Nunca se encuentran en la naturaleza en forma metálica pura. Debido a su alta actividad química, solo aparecen en forma de sales, como carbonatos, fosfatos, silicatos u óxidos.
- ❖ **Tipos de roca:** El contenido de tierras raras varía según el origen de la roca. Por ejemplo, se encuentra una mayor concentración de estos metales en rocas como las riolitas y los granitos que en los basaltos. Del mismo modo, las arcillas y los esquistos contienen más tierras raras que las calizas y las areniscas.
- ❖ **Minerales principales:** Aunque existen más de 250 minerales que contienen tierras raras, los más importantes para la extracción industrial son la bastnasita, la monacita y las arcillas iónicas. Otros minerales secundarios incluyen la xenotima, las apatitas y la eudialita.

Las tierras raras se dividen tradicionalmente en dos categorías según su peso atómico y propiedades:

- ❖ **Tierras Raras Ligeras (LREE):** Lantano (La), Cerio (Ce), Praseodimio (Pr), Neodimio (Nd), Prometio (Pm), Samario (Sm), Europio (Eu) y Gadolinio (Gd).
- ❖ **Tierras Raras Pesadas (HREE):** Terbio (Tb), Disprosio (Dy), Holmio (Ho), Erblio (Er), Tulio (Tm), Iterbio (Yb) y Lutecio (Lu).
- ❖ **Elementos afines:** El Escandio (Sc) y el Itrio (Y) se incluyen en este grupo debido a que comparten propiedades químicas similares y suelen encontrarse en los mismos yacimientos.

Aproximadamente el 67% de los recursos mundiales de tierras raras se concentran en solo tres regiones:

- ❖ **China (31% de los recursos mundiales):** Es el líder absoluto. Sus principales yacimientos incluyen bastnasita (ubicada en Sichuan y Mongolia Interior), arcillas iónicas (en la región de Jiangxi) y arenas negras de monacita.
- ❖ **Rusia (21% de los recursos mundiales):** Posee una parte muy significativa de las reservas globales. Además de fuentes tradicionales, también pueden obtener tierras raras de fosforitas, eudialita y residuos de soluciones de uranio.
- ❖ **Estados Unidos (15% de los recursos mundiales):** Sus yacimientos están compuestos principalmente por bastnasita y monacita. La extracción se ha centrado históricamente en la mina Mountain Pass, ubicada en California.
- ❖ **Australia (6% de los recursos mundiales):** Cuenta principalmente con depósitos de monacita.

- ❖ **India y Canadá (1% cada uno):** Poseen participaciones menores en las reservas globales conocidas.
- ❖ **Otros países:** Existen reservas de minerales como la xenotima en Malasia y Tailandia, además de yacimientos en Brasil, Vietnam y Sri Lanka.
- ❖ **El futuro (Japón):** Se han descubierto enormes depósitos de tierras raras en el fondo del Océano Pacífico, pertenecientes a Japón. El gran obstáculo actual para su explotación es que se encuentran a una profundidad de entre 3500 y 6000 metros.

ARCILLAS IÓNICAS

Las **arcillas iónicas** (conocidas en la industria como arcillas de adsorción iónica o arcillas lateríticas) representan un tipo de yacimiento geológico único y altamente crítico para la tecnología global. A diferencia de la minería de roca dura, en estas arcillas los metales no forman minerales propios que sean visibles al ojo humano.

Las arcillas iónicas se originan a través de un extenso proceso de meteorización química; es decir, el desgaste extremo a lo largo de millones de años de rocas ígneas (como los granitos) en climas cálidos y húmedos. Durante este desgaste, los elementos de tierras raras se liberan de la roca original y quedan atrapados o "adsorbidos" superficialmente como iones en los minerales de la arcilla (como la caolinita o la halloysita). Geológicamente, las arcillas y los esquistos contienen de forma natural más tierras raras que rocas como la piedra caliza o la arenisca.

El verdadero valor estratégico de estas arcillas radica en su composición química. Mientras que los depósitos de roca dura (como los que posee Estados Unidos) están compuestos casi en su totalidad por tierras raras ligeras (como Lantano y Cerio), las arcillas iónicas son la fuente más rica y comercialmente viable del mundo de **tierras raras pesadas**. Es de aquí de donde se extraen elementos vitales y escasos como el **Disprosio (Dy)**, el **Terbio (Tb)** y el **Europio (Eu)**.

Extraer tierras raras de estas arcillas es mecánicamente más barato y sencillo que la minería tradicional, ya que no requiere explosivos, molienda de roca pesada, ni altas temperaturas. Se utiliza un proceso químico llamado lixiviación. Tradicionalmente se inyectan soluciones (como sulfato de amonio) directamente en el suelo; este químico actúa como una "esponja" que lava la arcilla y arrastra consigo los iones de tierras raras para luego recolectarlos en estado líquido.

El dominio de China en el sector no es solo producto de su política industrial, sino de una inmensa ventaja geológica. El país posee vastas extensiones de estas arcillas iónicas, ubicadas predominantemente en el sur, destacando la provincia de Jiangxi. Esta región específica es la que alimenta gran parte del 31% de las reservas mundiales de tierras raras que posee China, dándole el control casi total sobre la oferta global de las tierras raras pesadas más críticas.

PRINCIPALES TIERRAS RARAS COMERCIALIZADAS EN EL MUNDO

A nivel internacional, bajo las reglas del Sistema Armonizado de la Organización Mundial de Aduanas (OMA), el **Cerio (Ce)** es la única tierra rara que se comercializa en volúmenes tan masivos (principalmente para convertidores catalíticos de la industria automotriz y compuestos abrasivos) que cuenta con su propia subpartida exclusiva y universal a 6 dígitos: **2846.10** (Compuestos de cerio).

El resto de las tierras raras caen internacionalmente en la gran bolsa de la subpartida residual **2846.90** ("Los demás compuestos de elementos de las tierras raras").

Dado que la partida global 2846.90 mezcla elementos de volumen económico con aquellos de extremo valor y criticidad tecnológica, potencias exportadoras como China se han visto obligadas a crear aperturas arancelarias específicas para monitorear el comercio de estas tierras raras. Las más transadas y vigiladas bajo este nivel son:

- **Neodimio (Nd):** Es la columna vertebral de la industria de vehículos eléctricos y energías renovables debido a su uso en imanes permanentes de alta potencia. Sus exportaciones se trazan de manera independiente utilizando partidas como la **2846.90.13** para el óxido de neodimio en China.
- **Europio (Eu):** Altamente demandado para tecnologías ópticas avanzadas, láseres y sistemas de defensa. Su alto valor estratégico hace que se fiscalice bajo aperturas milimétricas exclusivas, operando con la partida **2846.90.14** (óxido de europio).
- **Disprosio (Dy):** Una tierra rara pesada (HREE) fundamental para estabilizar imanes a altas temperaturas. Su rastreo aduanero es tan específico que, al aislar la partida **2846.90.15** en plataformas como TradeMap, se evidencia la realidad del mercado: las exportaciones chinas de óxido de disprosio en 2024 registraron un volumen de 150 toneladas por un valor de 46 millones de dólares.

PAÍSES QUE COMERCIALIZAN TIERRAS RARAS

En el mercado de las tierras raras, no es lo mismo exportar el mineral crudo recién extraído que exportar el óxido refinado de alto valor tecnológico. La cadena de suministro global está fragmentada, y los mayores exportadores asumen roles muy distintos.

1. **China:** Es el líder absoluto y el eje central del mercado. Aunque en años recientes se ha convertido también en el mayor importador de materias primas, China domina la exportación de los productos más valiosos: tierras raras refinadas, metales puros y aleaciones. Al controlar cerca del 90% de la capacidad mundial de refinación, es el principal proveedor de los insumos que utilizan las industrias tecnológicas de Estados Unidos, Europa y Japón.
2. **Malasia:** Juega un rol geoestratégico vital. No es un gran productor minero, pero alberga la gigantesca planta de procesamiento de la empresa australiana Lynas. Malasia importa el mineral crudo desde Australia, lo procesa y se posiciona como uno

de los mayores exportadores mundiales de compuestos de tierras raras listos para la industria, siendo la principal alternativa al mercado chino.

3. **Estados Unidos:** Es uno de los mayores productores mineros del mundo (superando las 45,000 toneladas anuales de tierras raras, extraídas de Mountain Pass, California). Sin embargo, exporta la inmensa mayoría de este mineral en forma de concentrados directamente a China, donde los concentrados se procesan y refinan para luego ser importados y utilizados en las diferentes industrias estadounidenses.
4. **Australia:** Es una potencia minera y un exportador clave. Su producción se exporta casi en su totalidad como concentrado mineral hacia la planta de refinación en Malasia.
5. **Myanmar (Birmania):** Es el "proveedor silencioso" más importante del mundo. Es un exportador colosal de tierras raras pesadas (HREE), como el disprosio y el terbio, en forma de minerales. Prácticamente el 100% de sus exportaciones cruzan la frontera directamente hacia China para alimentar sus refinерías.
6. **Tailandia y Vietnam:** Han incrementado significativamente su extracción y exportación en los últimos años, enviando principalmente concentrados a China y Japón.
7. **Rusia e India:** Tienen una presencia constante en el mercado de exportación gracias a sus históricas reservas, aunque sus volúmenes de comercio internacional están muy por debajo de los líderes asiáticos y norteamericanos.

CERIO

USO

Su principal valor radica en su capacidad para cambiar de estado de oxidación, lo que lo hace indispensable en:

- ❖ **Catalizadores Automotrices:** Es su uso principal. El óxido de cerio ayuda a reducir las emisiones de gases contaminantes en los motores de combustión.
- ❖ **Pulido de Precisión:** El óxido de cerio es fundamental para pulir vidrio óptico, lentes de cámaras, pantallas de smartphones y obleas de semiconductores.
- ❖ **Vidrio y Cerámica:** Se utiliza para decolorar el vidrio (eliminando tintes ferrosos) y para fabricar vidrios que bloquean la luz ultravioleta (UV).
- ❖ **Iluminación LED:** Ayuda a convertir la luz azul de los LEDs en luz blanca comercial.
- ❖ **Aleaciones:** Se usa en encendedores y para mejorar la resistencia de aleaciones de aluminio en motores.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

A diferencia de otros minerales más escasos, el cerio se encuentra en concentraciones relativamente altas en depósitos de **bastnasita** y **monacita**. El cerio representa aproximadamente el **40%** de la producción total de tierras raras (REO) debido a su alta abundancia natural.

Tabla 1: Producción anual de los yacimientos de cerio en el mundo. Período 2024

PAÍSES	VOLUMEN (Tn)
China	108 000
Estados Unidos	18 000
Myanmar	15 200
Australia	7 200
Tailandia	2 840
India	1 160
Vietnam	240
TOTAL	152 640

Sus principales yacimientos se encuentran en:

- ❖ **China** (región de Mongolia Interior)
- ❖ **Estados Unidos** (mina Mountain Pass en California)
- ❖ **Australia** (proyecto Mount Weld)
- ❖ Otros depósitos relevantes están en India y Myanmar.

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

- 1) **Brasil:** Es el gigante regional. Posee una de las mayores reservas de tierras raras del mundo (aproximadamente el 19% del total global). Tiene depósitos significativos de monacita en sus costas y complejos alcalinos en Minas Gerais y Goiás.
- 2) **Perú:** Aunque aún no somos productores, existen estudios (como los mencionados en proEXPLO 2025) que señalan que Perú tiene un alto potencial de cerio, especialmente asociado a depósitos de arenas pesadas en la costa y en la Cordillera Oriental.
- 3) **Chile:** Tiene proyectos avanzados de extracción de tierras raras a partir de arcillas iónicas (como el proyecto *Penco*), que contienen cerio junto con otros minerales críticos.

COMERCIO MUNDIAL

Como se observa en la Tabla 2, Japón exporta apenas 2,325 toneladas pero factura \$72 millones; mientras que China exporta casi cinco veces más volumen (11,233 toneladas) pero factura solo \$16 millones. Mientras China vende el cerio como una "materia prima" o compuesto básico de bajo precio, Japón vende tecnología basada en cerio (polvos de pulido de ultrapureza para semiconductores y lentes ópticos). A pesar de que Japón no tiene yacimientos de esta tierra rara, Japón importa el mineral barato, lo procesa y lo exporta con un alto margen de ganancia.

Tabla 2: Exportaciones mundiales de cerio. Período 2024

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
Japón	\$72	2 325
Francia	\$47	2 849
China	\$16	11 233
Rusia, Federación de	\$9	3 678
Estados Unidos de América	\$5	353
Estonia	\$3	2 206
Demás países	\$8	4 080
TOTAL	\$161	26 724

Fuente: TRADEMAP

Francia se consolida como el segundo actor más importante en valor (\$47 millones). Al igual que Japón, Francia no tiene minas propias de cerio. Su posición se debe a la empresa Solvay, que opera una de las plantas de refinamiento de tierras raras más avanzadas del mundo en La Rochelle. Su volumen (2 849 toneladas) es similar al de Japón, lo que indica que ambos compiten en el segmento de alta pureza y aplicaciones industriales críticas (catalizadores y óptica).

Rusia muestra un volumen considerable (3 678 toneladas) con un valor de \$9 millones. Es un proveedor de compuestos intermedios para la industria pesada.

Aunque el volumen de EE. UU. es bajo en comparación con el resto de países (353 toneladas), su valor de \$5 millones le otorga uno de los precios por tonelada más altos del mercado (aprox. \$14 000 por tonelada). Esto indica que EE. UU. exporta derivados de cerio extremadamente específicos, probablemente para aplicaciones de defensa o aeroespaciales.

DISPROSIO

USO

El disprosio es el "estabilizador térmico" de la tecnología moderna. Sus aplicaciones principales son:

- ❖ **Imanes de Neodimio de Alto Rendimiento:** Se añade al neodimio para que los imanes no pierdan su magnetismo a altas temperaturas. Esto es vital para los motores de vehículos eléctricos y las turbinas eólicas.
- ❖ **Reactores Nucleares:** Debido a su alta capacidad para absorber neutrones, se utiliza en las barras de control que regulan la fisión nuclear.

- ❖ Iluminación y Óptica: Se usa en lámparas de halogenuros metálicos para producir una luz blanca muy intensa (usada en cine) y en discos duros de computadoras.
- ❖ Tecnología Terfenol-D: Una aleación de terbio, hierro y disprosio que cambia de forma con campos magnéticos, usada en sonares de alta precisión y sensores.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

El disprosio se extrae principalmente de arcillas de adsorción iónica, que son más raras que los yacimientos de roca dura.

China es el principal productor. Aunque el dato exacto por elemento es un secreto de estado, se estima que China alberga más del 90% de las arcillas de adsorción iónica del mundo (ubicadas principalmente en el sur del país, en regiones como Jiangxi y Guangdong). Estas arcillas son la principal fuente de disprosio a nivel global. China no permite que sus empresas extraigan todo lo que quieran; el gobierno impone cuotas estrictas para controlar el precio global.

Tabla 3: Producción anual de los yacimientos de disprosio en el mundo. Período 2024

PAÍSES	VOLUMEN (Tn)
China	1 890
Myanmar	465
Australia	104
EE. UU.	14
Brasil	5
Rusia	8

Fuente: Ministerio de Industria y Tecnología de la Información de China; Shanghai Metals Market; USGS

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

- a) Brasil ha marcado un hito en 2024 con la mina Serra Verde (Goiás). Es actualmente la única operación de escala comercial fuera de Asia que produce disprosio a partir de arcillas iónicas, siendo una pieza clave para reducir la dependencia de China.
- b) Perú: No se ha encontrado disprosio en cantidades comerciales listas para explotación aún. Sin embargo, el INGEMMET, en sus estudios de geoquímica de suelos (2024-2025), ha identificado anomalías de tierras raras pesadas en la Cordillera Oriental y en zonas del sur (asociadas a depósitos de uranio y litio en Puno). Aunque existen trazas, el Perú todavía está en fase de mapeo base y no cuenta con yacimientos probados de disprosio como los de Brasil.

COMERCIO MUNDIAL

Las exportaciones globales de óxido puro se estiman en 217 toneladas en 2024, aunque el flujo de concentrados mixtos que contienen disprosio es significativamente mayor pero no rastreable de forma individual en las aduanas occidentales.

Tabla 4: Exportaciones mundiales de disprosio. Período 2024

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
China	\$47	150
Malasia	\$13	45
Vietnam	\$4	15
Otros (Francia/Estonia)	\$2	7
TOTAL	\$66	217

Fuente: TRADEMAP, Lynas Rare Earths - FY2024 Quarterly Reports, WITS (World Bank) / UN Comtrade (VNM Database), Eurostat

China produjo ~1,800 toneladas de disprosio en 2024 (según cuotas de extracción), pero solo exportó 150 toneladas como óxido. El resto (~90%) se transformó internamente en imanes permanentes.

Myanmar tiene muchas inversiones de China para la extracción de tierras raras; una buena parte del disprosio que EE. UU. consume en sus sistemas de defensa es muy posible que se haya extraído de Myanmar, se refinó en China y se importó como imán.

ERBIO

USO

El erbio tiene propiedades ópticas únicas que ningún otro elemento puede replicar. Su uso más famoso es en la **fibra óptica**.

- ❖ **Amplificadores de Fibra Óptica (EDFA):** Se utiliza como "dopante" en los cables submarinos y redes de internet. Sin el erbio, las señales de luz se debilitarían en largas distancias y el internet global sería extremadamente lento.
- ❖ **Láseres Médicos y Dentales:** El láser Er:YAG es el estándar para procedimientos dermatológicos (eliminación de arrugas y cicatrices) y odontología láser, porque es absorbido perfectamente por el agua en los tejidos humanos, permitiendo cortes ultraprecisos sin quemaduras.
- ❖ **Industria Nuclear:** Debido a su alta capacidad para absorber neutrones, se emplea en las barras de control de los reactores nucleares para regular la fisión.

- ❖ **Coloración de Cristales:** Es el responsable del color rosado/fucsia en vidrios de lujo y joyería sintética.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

El erbio se encuentra principalmente en arcillas de adsorción iónica y en minerales como la monacita.

Aunque Estados Unidos produce 45,000 toneladas de tierras raras totales, su producción de erbio es mínima (1.8 TM). Esto ocurre porque el erbio abunda en las **arcillas iónicas**, un tipo de yacimiento que China y Myanmar controlan casi exclusivamente.

Myanmar es el segundo productor mundial de erbio. Sin embargo, no lo refina. Exporta el concentrado a China, lo que significa que, funcionalmente, China controla el **90-95% del suministro refinado** global de erbio, independientemente de dónde se extraiga el mineral.

Tabla 4: Producción anual de los yacimientos de erbio en el mundo. Período 2024

PAÍSES	VOLUMEN (Tn)
China	420
Myanmar	110
Australia	13
Vietnam	4
Estados Unidos	2
TOTAL	549

Fuente: USGS, Adamas Intelligence, General Administration of Customs of China

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

- ❖ **Brasil:** Es el país más avanzado de la región. Gracias al proyecto Serra Verde, en 2024 reportó la extracción de tierras raras pesadas, incluyendo erbio, posicionando a Brasil como el "hub" sudamericano para estos minerales.
- ❖ **Chile:** Los yacimientos de arcillas iónicas en Penco tienen presencia de erbio.
- ❖ **Perú:** No se han reportado yacimientos comerciales de erbio en el Perú hasta la fecha. Aunque el INGEMMET presentó en 2024 la primera "Línea Base Geoquímica de Suelos", los resultados destacan abundancia de cobalto, cromo y níquel. Se han hallado trazas de tierras raras en Junín y Puno, pero no hay evidencia de depósitos de erbio con viabilidad económica actualmente.

COMERCIO MUNDIAL

China controla casi el 80% del valor exportado. Esto no se debe solo a sus minas, sino a que poseen la tecnología de separación química necesaria para aislar el erbio con una pureza del 99.9%, requisito indispensable para la industria de la fibra óptica.

Tabla 5: Exportaciones mundiales de erbio. Período 2024

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
China	\$34	380
Malasia	\$6	45
Vietnam	\$1	12
Francia / Estonia	\$1	9
TOTAL	\$43	446

Fuente: TradeMap; General Administration of Customs of China; USGS (U.S. Geological Survey)

Además, China está reteniendo el ~20% de su producción de erbio para abastecer a sus propias grandes empresas de infraestructura (Huawei, ZTE).

EUROPIO

USO

El europio es el elemento luminiscente por excelencia. Su capacidad para emitir luz roja intensa lo hace insustituible:

- ❖ **Pantallas y LEDs (Uso principal):** Se utiliza como "fósforo" rojo en prácticamente todas las pantallas LED, LCD y OLED de smartphones y televisores. Sin el europio, las pantallas no podrían reproducir fielmente el color rojo.
- ❖ **Seguridad Bancaria:** Se utiliza en la tinta de los billetes (como el Euro y dólares) como medida antifalsificación. Bajo luz ultravioleta, el europio emite una fluorescencia roja característica que es muy difícil de replicar.
- ❖ **Industria Nuclear:** Debido a su gran capacidad para absorber neutrones, se emplea en las barras de control de reactores nucleares.
- ❖ **Medicina:** Se usa en marcadores biológicos para diagnósticos médicos de alta precisión.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

Al ser una tierra rara, no se encuentra como metal puro, sino en minerales como la bastnasita y la monacita.

Tabla 6: Producción anual de los yacimientos de europio en el mundo. Período 2024

PAÍSES	VOLUMEN (Tn)
China	540
EE. UU.	45
Myanmar	37
Nigeria	10
Tailandia	8
Australia	7
India	2
Rusia	3
Madagascar	2
Brasil	3
Otros	1
TOTAL	658

Fuente: USGS, Adamas Intelligence, General Administration of Customs of China

China, EE. UU. y Myanmar controlan el 94% de la producción física de europio.

Aunque Brasil produce solo 3 toneladas, su mineral de arcillas iónicas tiene la mayor concentración relativa de europio (0.25%) fuera de China. Esto lo convierte en el yacimiento más eficiente de Occidente para este elemento específico.

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

- ❖ **Brasil:** Es el país con mayor potencial. Posee europio en sus yacimientos de monacita y en el proyecto Serra Verde.
- ❖ **Chile:** También ha reportado trazas en sus arcillas iónicas en la zona de Biobío.
- ❖ **Perú:** No se han reportado yacimientos comerciales de europio en el Perú hasta la fecha.

COMERCIO MUNDIAL

China sigue siendo el principal exportador de este producto. En 2024, sus exportaciones representaron el 70% del valor total, manteniendo una ventaja competitiva frente a Europa y EE. UU.

Tabla 7: Exportaciones mundiales de europio. Período 2024

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
China	\$552	410
Francia	\$87	45

Alemania	\$55	25
Estados Unidos	\$40	65
DEMÁS PAÍSES	\$55	35
TOTAL	\$789	580

Fuente: USGS (U.S. Geological Survey); EuroStat; UN Comtrade

GADOLINIO

USO

Su principal característica es su paramagnetismo (se magnetiza fuertemente en un campo magnético) y su altísima capacidad de absorber neutrones.

- ❖ **Contraste en Resonancia Magnética (RM):** Es su uso más conocido. Los compuestos de gadolinio se inyectan en pacientes para resaltar tumores, inflamaciones y vasos sanguíneos, permitiendo diagnósticos de precisión.
- ❖ **Energía Nuclear:** Se utiliza en las barras de control de los reactores nucleares para "frenar" la reacción en cadena, ya que es el elemento que mejor captura los neutrones térmicos.
- ❖ **Aleaciones y Electrónica:** Al añadir solo un 1% de gadolinio al hierro o al cromo, mejora drásticamente la resistencia a la oxidación y a las altas temperaturas.
- ❖ **Refrigeración Magnética:** Es la base de nuevas tecnologías de refrigeración ecológica que no usan gases, aprovechando el efecto magnetocalórico del mineral.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

Se extrae principalmente de la monacita y la bastnasita, apareciendo como un componente de las tierras raras medianas. En yacimientos de bastnasita y monacita (los más comunes), el gadolinio suele representar entre el 1.5% y el 2% del contenido total de tierras raras. Aplicando este factor, se estima que existen aproximadamente 1 800 000 a 2 400 000 toneladas métricas de gadolinio en los yacimientos identificados a nivel mundial.

PAÍSES	VOLUMEN (Tn)
China	880 000
Brasil	420 000
Vietnam	330 000
Rusia	200 000
India	138 000
Australia	114 000
Estados Unidos	36 000

Fuente: USGS (U.S. Geological Survey); Adamas Intelligence; SMM (Shanghai Metals Market)

China no solo tiene la mayor reserva, sino que su ratio de producción es el más eficiente. En 2024, el 75% de todo el gadolinio que circuló en el mundo salió de yacimientos chinos o fue procesado en sus plantas. En cambio, Brasil, aunque tiene casi el 20% del gadolinio mundial en sus yacimientos, su producción en 2024 fue mínima. Esto se debe a que la complejidad técnica para separar el gadolinio de otros lantánidos requiere plantas químicas en las que Brasil estaría invirtiendo en 2026.

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

- ❖ **Brasil:** Posee yacimientos significativos en Minas Gerais y Goiás asociados a carbonatitas. Brasil es el país con mayor potencial de extracción comercial de gadolinio en la región en 2026.
- ❖ **Chile:** Se han identificado recursos en depósitos de arcillas iónicas en la zona de Concepción.
- ❖ **Perú:** Aunque no hay producción comercial, estudios del INGEMMET han detectado anomalías de tierras raras (incluyendo gadolinio) en la Cordillera Oriental y en zonas asociadas a batolitos como el de Pacococha.

COMERCIO MUNDIAL

China sigue controlando cerca del 72% del volumen total, siendo el principal proveedor de materia prima.

Tabla 8: Exportaciones mundiales de gadolinio. Período 2024

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
China	\$88	1 840
Reino Unido	\$13	155
Bélgica	\$9	98
Demás Países	\$15	215
TOTAL	\$125	2 308

Fuente: Trademap; SMM (Shanghai Metals Market); Adamas Intelligence; USGS (U.S. Geological Survey)

Reino Unido y Bélgica exportan volúmenes pequeños, pero a precios elevados; esto se debe a que procesan el gadolinio para convertirlo en agentes de contraste de grado farmacéutico, el segmento más rentable del mercado.

Al cierre de 2025, la demanda de gadolinio en la India creció un 15% debido a su agresivo plan de expansión de energía nuclear, en el que el gadolinio es vital para las barras de control de los reactores.

HOLMIO

USO

El holmio tiene el momento magnético más alto de cualquier elemento natural, lo que le otorga aplicaciones únicas:

- ❖ **Láseres médicos:** Es el estándar de oro en urología para la fragmentación de cálculos renales y cirugías de próstata. Su longitud de onda es absorbida por el agua de los tejidos, permitiendo cortes precisos sin dañar zonas adyacentes.
- ❖ **Magnetismo extremo:** Se utiliza para crear concentradores de flujo magnético en aceleradores de partículas y para generar los campos magnéticos intensos que requieren los equipos de Resonancia Magnética (RM) de última generación.
- ❖ **Computación cuántica:** Investigaciones recientes (2025-2026) lo posicionan como un candidato clave para el almacenamiento de datos a nivel atómico.
- ❖ **Energía nuclear:** Debido a su capacidad para absorber neutrones, se usa en barras de control para regular la fisión en reactores.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

El holmio no se encuentra libre, sino en minerales como la gadolinita y en las arcillas iónicas.

China domina más del 85% de la producción (provincias de Jiangxi y Guangdong). Otros yacimientos importantes están en Vietnam, Rusia y Australia.

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

- ❖ **Brasil:** El proyecto Serra Verde (Goiás) ha consolidado su producción de tierras raras pesadas en 2024-2025, incluyendo trazas de holmio. Es el referente regional más importante.
- ❖ **Chile:** La minera Aclara anunció recientemente (enero 2026) que iniciará obras en su proyecto de arcillas iónicas en Penco a fines de año. Este yacimiento es rico en tierras raras pesadas (incluyendo holmio), posicionando a Chile como un futuro competidor clave.
- ❖ **Perú:** Sigue en etapa de exploración prospectiva. Existen indicios en depósitos polimetálicos de la sierra central, pero no hay extracción comercial de holmio reportada a la fecha.

COMERCIO MUNDIAL

China tiene aproximadamente entre el 72% y el 85% del mercado global de holmio; China no solo extrae el mineral, sino que posee cerca del 90% de la capacidad de separación de tierras raras pesadas. Su participación dominante le permite fijar el precio de referencia global.

Tabla 9: Exportaciones mundiales de holmio. Período 2024

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
China	\$26	324
Francia	\$5	32
Vietnam	\$3	35
Demás Países	\$3	18
TOTAL	\$37	410

Fuente: Trademap; SMM (Shanghai Metals Market); Adamas Intelligence; USGS (U.S. Geological Survey)

Países como Francia tienen una participación baja en volumen, pero alta en valor relativo. Su rol es transformar el óxido estándar en holmio de grado óptico (5N). Capturan el margen de beneficio más alto del mercado a pesar de no tener minas propias. Por su parte, Vietnam aumentó su cuota como centro de "lavado" o procesamiento intermedio para evitar las restricciones comerciales directas entre China y Occidente.

LANTANO

USO

Es uno de los elementos más versátiles de la serie debido a su reactividad y propiedades ópticas:

- ❖ **Catalizadores de refinado:** Es su uso industrial número uno. Se utiliza en las refinerías de petróleo para el "craqueo catalítico", proceso que convierte el crudo pesado en gasolina y otros derivados.
- ❖ **Baterías de níquel-metal hidruro:** Aunque el litio domina los smartphones, las baterías NiMH (que usan lantano en el ánodo) siguen siendo fundamentales en muchos vehículos híbridos.
- ❖ **Vidrios ópticos de alta gama:** Se añade al vidrio para cámaras fotográficas y telescopios porque aumenta el índice de refracción manteniendo una baja dispersión cromática (lentes más potentes y delgadas).
- ❖ **Agricultura:** Se ha incrementado el uso de "nanofertilizantes" a base de lantano para mejorar la absorción de nutrientes y la resistencia al estrés hídrico en cultivos.
- ❖ **Medicina:** Se usa como aglutinante de fosfato para tratar a pacientes con insuficiencia renal crónica.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

A diferencia de otras tierras raras pesadas, el lantano es abundante. Sin embargo, su volumen masivo es lo que permite sostener la industria de refinación de petróleo (catalizadores) y la fabricación de lentes ópticos de alta precisión. Aunque Brasil posee la segunda o tercera reserva

más grande del mundo (21 millones de toneladas), su producción real en 2024 fue de apenas 20 toneladas.

En el caso de Perú aún no se registra producción comercial; a pesar de ello el INGEMMET y estudios recientes señalan un alto potencial en la Cordillera Oriental y depósitos de arenas pesadas.

PAÍSES	VOLUMEN (Tn)*
China	11 000 - 15 000
Vietnam	5 500 - 7 000
Brasil	5 200 - 6 500
Rusia	2 500 - 3 500
India	1 700 - 2 400
Australia	1 400 - 2 000
EE. UU.	450 - 600

(*) estimaciones

Fuente: SMM (Shanghai Metals Market); Adamas Intelligence; USGS (U.S. Geological Survey)

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

Perú: En septiembre de 2025, el INGEMMET confirmó el hallazgo de tierras raras, incluyendo lantano, en el distrito de San Ramón (Chanchamayo). Están asociadas a arcillas del Plutón San Ramón.

Brasil: Posee las segundas reservas más grandes del mundo (21 millones de toneladas de REO). Es el líder regional indiscutible en la extracción de lantano.

Chile: También registra presencia en sus yacimientos de arcillas iónicas en la zona sur.

COMERCIO MUNDIAL

China es el principal proveedor de lantano: en 2024 exportó 45 000 toneladas, equivalentes al 75% del volumen mundial. Sin embargo, su participación en valor es del 65,7%, lo que confirma que China actúa como proveedor principal de grados estándar y carbonatos básicos de lantano para industrias masivas como la petrolera (catalizadores), gracias a los bajos precios por volumen de sus exportaciones. EE. UU., por su parte, mantiene una participación casi simétrica: 14,2% del volumen y 14,5% del valor. Esto refleja su rol como exportador de concentrados de alta ley de la mina Mountain Pass, vendidos a precios ligeramente superiores al promedio global. En cambio, Francia y Alemania, con apenas el 2% del volumen, concentran el 8,4% del valor total, lo que indica que venden productos de mayor refinación y alta pureza, destinados a las industrias de vidrio óptico y farmacéutica.

Tabla 10: Exportaciones mundiales de lantano. Período 2024

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
China	\$145	45 000
Estados Unidos	\$32	8 500
Francia / Alemania	\$19	1 200
Demás países	\$25	5 300
TOTAL	\$221	60 000

Fuente: Trademap; SMM (Shanghai Metals Market); Adamas Intelligence; USGS (U.S. Geological Survey)

LUTECIO

USO

Al ser el elemento más denso de las tierras raras, sus aplicaciones son altamente especializadas:

Medicina Nuclear (Escintiladores): Es su uso más crítico. Los cristales de oxiortosilicato de lutecio (LSO) son componentes esenciales de los escáneres PET (Tomografía por Emisión de Positrones) para detectar tumores con alta resolución.

Tratamiento del Cáncer: El isótopo radiactivo Lutecio-177 se utiliza en terapias dirigidas para tratar ciertos tipos de tumores neuroendocrinos y cáncer de próstata avanzado.

Industria Petrolera: Se emplea como catalizador en el craqueo de hidrocarburos en las refinerías.

Relojes Atómicos: Investigaciones recientes lo posicionan como un material capaz de superar la precisión de los relojes de cesio.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

China domina la extracción, ya que el lutecio se encuentra principalmente en las arcillas de adsorción iónica del sur del país.

El lutecio, al ser una tierra rara pesada, es extremadamente escaso y su concentración suele ser menor al 0.1% en depósitos de roca dura, aunque puede ser ligeramente mayor en arcillas iónicas. Si aplicamos estos porcentajes, el volumen de lutecio "en el suelo" a nivel mundial sería de aproximadamente 11 000 a 15 000 toneladas métricas.

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

- ❖ **Brasil:** Es el referente regional más avanzado. Debido a sus vastas reservas de monacita en sus costas y complejos en Minas Gerais y Goiás, Brasil tiene el mayor potencial de reportar extracción de trazas de lutecio en sus proyectos integrados como Serra Verde.
- ❖ **Chile:** El proyecto Aclara en Penco busca extraer tierras raras pesadas de arcillas iónicas, lo que lo sitúa como un competidor potencial para la obtención de este mineral en el futuro cercano.
- ❖ **Perú:** Actualmente no hay producción reportada. Se considera un potencial subproducto que podría hallarse en la Cordillera Oriental asociado a otros minerales críticos.

COMERCIO MUNDIAL

China controla el comercio mundial de lutecio, con un nivel de participación del 68%.

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
China	\$16	11
Francia / Alemania	\$3	2
Estados Unidos	\$2	1
Demás Países	\$2	1
TOTAL	\$23	15

***Debido a que el lutecio no posee una partida arancelaria exclusiva de 6 dígitos, la tabla presentada es una estimación técnica basada en el análisis de subpartidas nacionales y el desglose de exportaciones de tierras raras pesadas reportadas por las principales casas de refinamiento en Asia y Europa. ***

PRASEODIMIO

USO

Sus propiedades magnéticas, ópticas y químicas lo hacen indispensable en:

- **Imanes Permanentes de Alta Potencia:** Es su uso más masivo. El praseodimio se mezcla con el neodimio para crear los imanes de los motores de vehículos eléctricos y turbinas eólicas.
- **Industria del Vidrio y Óptica:** Se utiliza para fabricar el "vidrio de didimio" (una mezcla de Pr y Nd), que es el estándar de oro para las gafas de protección de sopladores de vidrio y soldadores, ya que filtra la luz amarilla dañina.
- **Pigmentos Cerámicos:** Es el responsable del color "amarillo praseodimio" en azulejos y cerámicas de lujo.
- **Aleaciones Aeronáuticas:** Se añade al magnesio para crear motores de aviones más ligeros y resistentes a la fatiga.

- **Agricultura (China):** Se utiliza como dopante en fertilizantes para mejorar el crecimiento de cultivos de arroz.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

El volumen de praseodimio se calcula como una fracción (aprox. 4% a 5%) de las reservas totales de Óxidos de Tierras Raras (REO). Al cierre de 2024, las reservas globales se estiman en 110 millones de toneladas métricas.

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

- ❖ **Brasil:** Es la potencia regional. El proyecto Serra Verde (Goiás) ya está extrayendo tierras raras que incluyen praseodimio.
- ❖ **Chile:** El proyecto Aclara (Penco) posee yacimientos de arcillas iónicas ricos en tierras raras ligeras y pesadas.
- ❖ **Perú:** Estudios del INGEMMET (2024-2025) han detectado anomalías de praseodimio y neodimio en la Cordillera Oriental y en la selva alta, aunque aún no hay explotación comercial.

COMERCIO MUNDIAL

Con un valor de exportación de USD 818 millones, Myanmar es el principal país exportador de esta tierra rara. Sin embargo, su participación corresponde a productos de bajo valor unitario, ya que exporta mineral crudo y concentrados químicos básicos que requieren refinamiento obligatorio en China.

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
Myanmar	\$818	31 000
China	\$408	55 431
Malasia	\$1 370	45 000
Laos	\$261	1 250
Estados Unidos	\$93	353

Aunque China exporta un valor menor en esta categoría (USD 408 millones), su participación es crítica porque exporta compuestos y mezclas de alta pureza.

SAMARIO

USO

Su principal ventaja radica en su estabilidad térmica y capacidad de absorción de neutrones:

- ❖ **Imanes de Samario-Cobalto:** Es su uso más estratégico. Estos imanes mantienen su fuerza magnética a temperaturas de hasta 700°C, lo que los hace indispensables en motores de aviones de combate, misiles, turbinas de energía limpia y equipos de alta gama.
- ❖ **Industria Nuclear:** Debido a que el isótopo ¹⁴⁹Sm es un excelente captador de neutrones, se utiliza en las barras de control de reactores nucleares para regular la fisión.
- ❖ **Medicina:** El samario-153 se emplea en radioterapia paliativa para reducir el dolor en pacientes con enfermedades terminales.
- ❖ **Óptica y Cerámica:** Se añade al cristal para absorber radiación infrarroja y se utiliza en láseres de estado sólido y sensores infrarrojos.
- ❖ **Tecnología del Futuro:** Se estudia su uso en la computación cuántica para el desarrollo de transistores cuánticos.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

Brasil y China tienen aproximadamente el mismo volumen de samario en sus yacimientos. China extrae samario principalmente de la bastnasita, donde la concentración es baja (~1.1%). Brasil, en cambio, posee yacimientos masivos de monacita, un mineral que naturalmente "aloja" más samario (~2.3%). Brasil es geológicamente más eficiente. Con la mitad del esfuerzo de remoción de tierra, puede obtener la misma cantidad de samario que China.

PAÍSES	VOLUMEN (Tn)
China	484 000
Brasil	483 000
Vietnam	330 000
India	158 700
Australia	131 100
Rusia	70 000
Estados Unidos	16 200
Demás Países	132 000
TOTAL	1 805 000

Estados Unidos solo cuenta con 16 200 toneladas de samario en reserva. Comparado con las casi 500 000 toneladas de China o Brasil, su inventario es demasiado bajo. Dado que el samario es vital para misiles guiados y radares de alta temperatura, esta cifra explica por qué el Departamento de Defensa de EE. UU. está financiando proyectos en Australia y Vietnam.

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

- ❖ Brasil: Es el referente regional indiscutible. Tiene una producción anual reportada que contribuye al mercado global y está invirtiendo en plantas de procesamiento para no depender de la refinación china.
- ❖ Perú: Aún no se registra producción comercial masiva.
- ❖ Argentina: Ha sido identificada como una oportunidad estratégica para el desarrollo de proyectos de tierras raras pesadas y ligeras que incluyen el samario.

COMERCIO MUNDIAL

China es el líder de las exportaciones de samario a nivel mundial. La mayoría de sus exportaciones se dirigen a Japón y Alemania para la fabricación de imanes SmCo que luego regresan a la industria aeroespacial global.

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
China	\$43	2 650
Malasia (Lynas)	\$9	440
Estados Unidos	\$4	280
Demás Países	\$5	230
TOTAL	\$60	3 600

Malasia, en cambio, produce óxidos de samario con grados de pureza muy específicos para el mercado japonés, que prefiere este origen para reducir la dependencia política de Pekín.

A diferencia del neodimio, el samario tiene una demanda muy elástica en el sector de defensa. En 2024, el aumento de la producción de misiles y sistemas de guiado en Occidente mantuvo el volumen de exportación estable a pesar de la volatilidad en otros sectores de tierras raras.

TERBIO

USO

Su valor proviene de sus propiedades luminiscentes y magnéticas únicas:

Eficiencia Energética (Fósforos Verdes): Es fundamental para las lámparas fluorescentes compactas y los LEDs. El terbio emite una luz verde brillante que, combinada con el europio (azul y rojo), permite crear la luz blanca de bajo consumo.

Tecnología de Pantallas: Se utiliza en las capas de fósforo de monitores, tabletas y smartphones para mejorar la fidelidad del color y la resolución de imagen.

Imanes de Neodimio (NdFeB): Al igual que el disprosio, el terbio se añade a los imanes de neodimio para que conserven su magnetismo a temperaturas extremadamente altas, siendo crítico para los motores de vehículos eléctricos de alto rendimiento.

Terfenol-D: Una aleación de terbio, hierro y disprosio que es el material más magnetostrictivo conocido (cambia de forma ante campos magnéticos), esencial para sensores de precisión, actuadores y sonares de defensa.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

La superioridad de China no es solo cuantitativa, sino cualitativa. Sus arcillas iónicas en el sur tienen la mayor concentración de terbio del mundo (hasta 1.1%). Otros gigantes como Brasil o Vietnam tienen volúmenes altos de REO, pero su mineralogía (basada en monacita o bastnasita) rinde menos terbio por tonelada procesada.

Estados Unidos, a pesar de tener la mina Mountain Pass, solo cuenta con unas **1,800 toneladas** estimadas de terbio. Dado que el terbio es crítico para la defensa (sonares y láseres) y la transición energética (LEDs), esta escasez explica por qué el Departamento de Defensa de EE. UU. busca alianzas urgentes con Brasil y Australia.

PAÍSES	VOLUMEN (Tn)
China	484 000
Vietnam	88 000
Brasil	63 000
Rusia	20 000
India	17 250
Australia	11 400
Estados Unidos	1 800
TOTAL	685 450

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

- ❖ **Brasil:** Tiene el potencial de ser proveedor de terbio del hemisferio occidental para 2026 si logra activar sus plantas de refinación.
- ❖ **Chile:** Aunque no figura en el top global por volumen REO total, sus arcillas iónicas tienen concentraciones de terbio similares a las de China (~0.8% - 1.0%), lo que lo convierte en un potencial proveedor.

COMERCIO MUNDIAL

China lidera en las exportaciones mundiales de terbio con un nivel de participación del 87% en 2024. A diferencia de las minas de roca dura en el resto del mundo, el sur de China posee arcillas de adsorción iónica. En estas, el terbio es mucho más fácil de separar químicamente, lo que le otorga una eficiencia de costos inalcanzable para otros países. China ha dejado de ser un simple exportador de mineral para convertirse en el único país que controla el proceso completo desde la mina hasta el refinado de pureza. Su alta participación se debe a que el mundo no compra "terbio en bruto", sino el óxido ya separado que solo China produce a escala masiva.

Malasia posee solo el 7% de las exportaciones mundiales de terbio en 2024. Su relevancia no viene de sus minas (que son limitadas), sino de su infraestructura de procesamiento. El nivel de participación de Malasia se debe casi exclusivamente a la planta de Lynas Rare Earths. En junio de 2024, Malasia logró iniciar la producción de óxido de terbio separado, convirtiéndose en el único proveedor comercial fuera de China capaz de entregar este producto refinado.

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
China	\$ 320	225
Malasia (Lynas)	\$ 29	18
Vietnam	\$ 14	10
Demás Países	\$ 12	78
TOTAL	\$ 375	260

TULIO

USO

Su valor reside en su capacidad para emitir luz y radiación muy específica bajo ciertas condiciones:

Medicina (Láseres Quirúrgicos): Los láseres de tulio son el estándar de oro para cirugías mínimamente invasivas (especialmente urológicas), debido a su precisión y baja absorción térmica en tejidos profundos.

Fuentes de Rayos X Portátiles: El isótopo radiactivo Tulio-170 se utiliza en unidades portátiles que no requieren electricidad externa, ideales para diagnósticos médicos en zonas remotas o inspección de soldaduras en tuberías.

Cerámicas y Aleaciones Especiales: Se emplea como dopante en superconductores de alta temperatura y en ferritas para equipos de microondas y telecomunicaciones.

Seguridad y Óptica: Se utiliza en materiales de marcado antifalsificación y en la fabricación de láseres para radares de precisión.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

El tulio proviene principalmente de las arcillas iónicas del sur de China. Estas arcillas tienen una "huella digital" geológica que favorece a las tierras raras pesadas (HREE) como el tulio, permitiendo que China controle el 80-90% de la oferta mundial de este elemento refinado.

Los yacimientos de Myanmar en el estado de Kachin son geológicamente similares a las arcillas del sur de China. En 2024, a pesar de la inestabilidad política, Myanmar exportó volúmenes masivos de concentrados pesados que alimentan las refinerías chinas, convirtiéndose en el segundo productor de tulio del mundo por volumen extraído.

PAÍSES	VOLUMEN (Tn)
China	45 000
Myanmar	9 300
Australia	650
EE. UU.	45
Demás Países	500
TOTAL	55 495

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

Brasil: Es el gigante regional. Posee yacimientos de monacita en sus costas y proyectos en Minas Gerais y Goiás (como el proyecto Serra Verde) que ya están extrayendo concentrados de tierras raras que contienen tulio.

Chile: En la zona de Penco, el proyecto Aclara ha avanzado en la extracción de arcillas iónicas, las cuales son geológicamente más ricas en elementos pesados como el tulio en comparación con la roca dura tradicional.

Perú: El potencial es geológico. Estudios del INGEMMET señalan anomalías en la Cordillera Oriental y en el batolito de San Ramón. Sin embargo, en 2026 el país aún se encuentra en fase de prospección y memorandos de entendimiento con EE. UU. para desarrollar estos recursos.

COMERCIO MUNDIAL

China domina porque es el único país con la infraestructura de extracción por solventes capaz de realizar las más de 1,000 etapas necesarias para separar el tulio de sus vecinos químicos (Erbio y Iterbio). En 2024, China exportó cerca de 45 toneladas de compuestos de tulio, principalmente hacia las industrias de láseres médicos en EE. UU. y Alemania.

El volumen de exportación de Myanmar es alto (**12 toneladas**) pero su valor es proporcionalmente menor. Esto se debe a que Myanmar no exporta tulio puro, sino un **concentrado químico pesado** que China compra para procesar. Representa el 16% de la producción minera global de tierras raras en 2024.

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
China	\$13	45
Myanmar	\$8	12
Tailandia	\$1	4
Malasia	\$0.9	2
Japón	\$0.4	0.8
Demás Países	\$0.7	1
TOTAL	\$24	65

Fuente: WITS - World Bank, IEA (Critical Minerals Outlook 2024/2025), ISP-Myanmar (China Studies 2025)

ITERBIO

USO

El iterbio es fundamental donde la precisión extrema y la potencia se encuentran:

- ❖ Láseres de Fibra de Alta Potencia: Es su uso más masivo. Los láseres dopados con iterbio son el estándar para el corte y soldadura de metales en la industria automotriz y aeroespacial debido a su eficiencia energética superior.
- ❖ Relojes Atómicos: Se utiliza en los relojes atómicos de red óptica de iterbio, los más precisos del mundo, esenciales para la sincronización de redes 6G y sistemas GPS de próxima generación.
- ❖ Tecnología Cuántica: El dodecaboruro de iterbio (YbB₁₂) es un "aislante topológico" que conduce electricidad en su superficie, pero no en su interior, lo que promete smartphones y computadoras cuánticas mucho más rápidas y livianas.
- ❖ Medicina: Se usa en tratamientos contra el cáncer y como fuente de radiación alternativa en máquinas de rayos X portátiles que no requieren electricidad.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

Myanmar produce un volumen de iterbio casi idéntico al de China a pesar de contar con menos yacimientos de tierras raras. Esto se debe a que sus yacimientos son arcillas iónicas, naturalmente mucho más ricas en elementos pesados como el iterbio que los yacimientos chinos.

En Estados Unidos, a pesar de contar con yacimientos de tierras raras, el iterbio es casi inexistente; esto obliga al país a depender de las importaciones de óxido refinado desde China para sus láseres de defensa.

PAÍSES	VOLUMEN (Tn)
China	135
Myanmar	114
Australia	2
EE. UU.	0.09
Demás Países	1
TOTAL	253

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

Brasil: Es el referente regional. Posee las mayores reservas probadas de tierras raras en el continente. Proyectos como Serra Verde ya están produciendo concentrados que incluyen iterbio.

Perú: El potencial es principalmente de exploración. Se han identificado anomalías de tierras raras en la Cordillera Oriental y depósitos asociados al litio en Puno.

Chile: Proyectos como Penco están liderando la extracción de tierras raras de arcillas iónicas, un método mucho más limpio y eficiente para obtener elementos pesados como el iterbio.

COMERCIO MUNDIAL

Al no tener una partida arancelaria propia, es difícil encontrar información exacta o estimaciones del comercio mundial de este producto.

ITRIO

USO

Su versatilidad lo hace indispensable en sectores de alta tecnología:

- ❖ Superconductores: Es el componente clave del YBCO (Óxido de Itrio, Bario y Cobre), material que conduce electricidad sin resistencia a temperaturas relativamente altas.
- ❖ Láseres (YAG): El granate de aluminio e itrio es el cristal estándar para láseres industriales de corte, medicina estética y aplicaciones militares.
- ❖ Cerámicas de Ingeniería: Se usa para estabilizar la circonita (Zirconio), creando materiales extremadamente duros utilizados en prótesis dentales, motores de reacción y cuchillos cerámicos.
- ❖ Fósforos y Pantallas: Históricamente dio el color rojo a los televisores; hoy se usa en LEDs de alta eficiencia y pantallas de radar.

YACIMIENTOS GLOBALES Y PRODUCTORES

El itrio se extrae principalmente de la xenotima y de arcillas iónicas. Las cifras de 2024 reflejan la producción minera estimada de óxido de itrio:

PAÍSES	VOLUMEN (Tn)
China	12 000
Myanmar	3 500
Australia	800
India	350
Estados Unidos	250
Rusia	120
TOTAL	17 020

China es el líder indiscutible, pero, pese a ello, Myanmar se ha convertido en el principal proveedor de arcillas iónicas para las refinerías chinas. En 2024, casi el 70% de las tierras raras pesadas (incluyendo el itrio) procesadas en China provinieron de minas en la frontera con Myanmar. Esta "fuente externa" es altamente inestable debido a conflictos internos en Myanmar. Si esa frontera se cierra, el suministro global de itrio caería un 25-30% de forma inmediata, disparando los precios.

En Australia e India, el itrio es un subproducto de la minería de arenas pesadas (monacita) que busca principalmente neodimio y praseodimio.

Estados Unidos ha logrado recuperar niveles de extracción de tierras raras (45,000 TM en 2024), pero su mineral (bastnasita) es pobre en itrio. A pesar de tener minas activas, EE. UU. mantiene una dependencia de importación del 100% para el itrio metálico y sus compuestos refinados, ya que su producción nacional solo aporta trazas insuficientes para su industria de defensa y semiconductores.

PRESENCIA EN SUDAMÉRICA

Brasil es el país líder. Posee yacimientos masivos de monacita y xenotima en sus arenas costeras y en el proyecto **Serra Verde**.

Chile también ha identificado itrio en sus arcillas iónicas en la zona de Penco.

Perú: Sí se ha encontrado itrio en el Perú, aunque no existen minas en explotación comercial activa dedicadas exclusivamente a él. El INGEMMET ha reportado anomalías de itrio en la Cordillera Oriental (proyectos relacionados con uranio y tierras raras) y se han hallado trazas significativas en los depósitos de litio de Falchani (Puno). Actualmente, el país se encuentra en fase de prospección técnica para determinar la viabilidad económica de su separación.

COMERCIO MUNDIAL

China no solo lidera en volumen (10 500 toneladas), sino que captura la mayor parte del valor de mercado (\$ 155 millones). China ha integrado verticalmente su industria. Ya no exporta concentrados baratos; exporta óxido de itrio de alta pureza (99.999%). Además, al controlar el 76% del mercado mundial, China dicta el precio "spot".

Malasia y Estonia han demostrado que no se necesita tener minas para ser un líder exportador: Malasia importa el mineral crudo de Australia, lo procesa y lo exporta como un producto refinado con un valor mucho más alto. Estonia, a través de la planta de Silmet, se ha convertido en el principal proveedor de itrio refinado para la Unión Europea.

En el caso de Vietnam, muchas empresas japonesas y coreanas han invertido en plantas de procesamiento para crear una cadena de suministro "China-Plus-One". Vietnam está aprovechando sus propios yacimientos y también importa tierras raras, incluido el itrio, para alimentar estas nuevas refinerías.

Japón exporta un volumen bajo (120 toneladas) pero con un valor estratégico inmenso. Japón no vende itrio a granel; vende compuestos químicos de ultrapureza y aleaciones específicas para láseres médicos y semiconductores.

PAÍS EXPORTADOR	VALOR (MILLONES USD)	VOLUMEN (TONELADAS)
China	\$155	10 500
Malasia	\$23	1 200
Vietnam	\$14	850
Estonia	\$8	350
Japón	\$5	120
TOTAL	\$204	13 020

VULNERABILIDAD ESTRATÉGICA, IMPACTO AMBIENTAL Y MITIGACIÓN

Para comprender en su totalidad la dinámica comercial de las tierras raras, es imperativo analizar los factores extraeconómicos que determinan el control de la oferta global y los riesgos inherentes a la cadena de suministro occidental.

El dominio de China en la refinación de tierras raras no se debe únicamente a su geología o a la mano de obra, sino a que históricamente operó con estándares ambientales muy laxos. La separación química de estos elementos (especialmente a partir de minerales como la monacita y la bastnasita) requiere el uso intensivo de ácidos tóxicos y genera enormes volúmenes de aguas residuales, las cuales frecuentemente contienen elementos radiactivos como el torio y el uranio.

Replicar la infraestructura de procesamiento en Occidente es extremadamente costoso y lento, no por falta de tecnología, sino porque cumplir con las normativas ambientales modernas (EPA en EE. UU. o las normativas de la UE) eleva los costos de producción a niveles que históricamente no podían competir con los precios subsidiados asiáticos.

La dependencia comercial actual representa una amenaza directa a la seguridad nacional de las potencias occidentales. Un caso paradigmático es el de Estados Unidos: aunque posee minas operativas de gran escala (como Mountain Pass), la roca extraída debe ser enviada a China para su procesamiento. Como resultado, China cubre el 80% de la demanda estadounidense de elementos refinados.

Una suspensión abrupta de estos suministros —ya sea por guerras comerciales o bloqueos geopolíticos— paralizaría casi de inmediato la producción de computadoras, vehículos híbridos y, de manera crítica, la fabricación de equipamiento militar avanzado (sistemas de guía de misiles, láseres, radares y cazas de combate).

ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN: SUSTITUCIÓN Y RECICLAJE (MINERÍA URBANA)

Frente a la inestabilidad de los precios y las cuotas de exportación impuestas por el gigante asiático, los gobiernos y las corporaciones multinacionales han comenzado a implementar tres estrategias defensivas para asegurar la continuidad de sus industrias:

1. Rediseñar la tecnología de motores y turbinas para requerir un menor volumen de tierras raras pesadas (como el disprosio) por unidad producida.
2. Investigar materiales alternativos y aleaciones de metales comunes que puedan imitar las propiedades magnéticas o luminiscentes de las tierras raras sin depender de ellas.
3. Recuperar tierras raras a partir de basura electrónica (imanes de discos duros, baterías antiguas y motores de vehículos eléctricos desechados). Aunque el reciclaje se perfila como la gran alternativa para crear una cadena de suministro independiente, los volúmenes recuperados actualmente son insuficientes para cubrir el explosivo aumento de la demanda global.

PROYECCIONES DE DEMANDA Y NUEVA GEOPOLÍTICA DE LAS TIERRAS RARAS

El panorama a futuro para las tierras raras y otros minerales críticos proyecta un escenario de demanda muy alta. Según datos recientes presentados ante el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas, la demanda mundial de minerales indispensables para la tecnología —desde dispositivos móviles hasta armamento avanzado— podría triplicarse hacia el año 2030 y cuadruplicarse para el 2040.

Este fenómeno es impulsado directamente por la transición energética global, la digitalización de la economía y el avance acelerado de la Inteligencia Artificial (IA). El impacto económico de esta transición es masivo: tan solo en 2023, el comercio de minerales crudos y semiprocesados alcanzó aproximadamente los 2.5 billones de dólares, lo que representa más del 10% del comercio mundial. Esta cifra evidencia que estos recursos han dejado de tener una importancia estratégica limitada para convertirse en los principales motores de la economía del siglo XXI.

RIESGOS DE SEGURIDAD NACIONAL Y DIVERSIFICACIÓN DE LA OFERTA

Frente a este estallido en la demanda, la altísima concentración de la cadena de suministro en un solo actor hegemónico (China) ha sido catalogada por potencias occidentales como un riesgo directo para la seguridad nacional y económica. Como respuesta a las históricas restricciones de exportación impuestas por Beijing, Estados Unidos y sus aliados han comenzado a estructurar un "bloque comercial de minerales críticos" con el objetivo de diversificar sus fuentes y mitigar la dependencia.

Esta estrategia de contención geopolítica está abriendo nuevas fronteras extractivas a nivel global. Para asegurar suministros alternativos, potencias occidentales están forjando alianzas atípicas en regiones ricas en recursos, pero históricamente inestables:

- ❖ **América del Sur (Venezuela):** Se proyecta la apertura de inversiones en zonas ricas en minerales, bajo nuevas garantías de seguridad estatales frente a la presencia de grupos armados irregulares, buscando integrar estos recursos a las cadenas de suministro occidentales.
- ❖ **África (República Democrática del Congo):** La región oriental del Congo alberga reservas minerales intactas estimadas en 24 billones de dólares. En un movimiento estratégico, aunque China es un socio estratégico para el sector minero, el gobierno congoleño ha ofrecido acceso a estas concesiones a empresas estadounidenses, utilizándolas como factor de negociación para obtener apoyo en la pacificación y el desarrollo de infraestructura crítica en la zona.

Ante los intentos de reestructuración del mercado occidental, la República Popular China reconoce que el desequilibrio entre la oferta y la demanda se pronunciará aún más durante esta nueva era de transformación tecnológica. Sin embargo, su diplomacia busca mantener el

liderazgo en la cadena de suministro mediante el llamado a una mayor cooperación internacional, promoviendo iniciativas globales de "minería verde" para garantizar el flujo estable de estos recursos y sostener el crecimiento económico mundial bajo sus propios términos industriales.

CONCLUSIONES

1. El liderazgo indiscutible de China se fundamenta en su control sobre los yacimientos de arcillas de adsorción iónica, principal fuente comercial de tierras raras pesadas. Además, este dominio se consolidó históricamente mediante el uso de procesos químicos con estándares ambientales laxos. Replicar esta capacidad de procesamiento en Occidente enfrenta enormes barreras de entrada financieras y de cumplimiento normativo ambiental.
2. Existe una profunda desconexión entre la extracción minera y la generación de valor tecnológico. Potencias mineras como Estados Unidos y Australia actúan como meros proveedores de materias primas hacia Asia. En contraste, el verdadero margen de ganancia queda en manos del refinador (China) y de países tecnológicos sin yacimientos (como Japón o Francia) que importan mineral barato para exportar compuestos y aleaciones especializadas.
3. La aplicación industrial define la criticidad y rentabilidad de cada tierra rara. Mientras el disprosio es hoy en día el cuello de botella indispensable para estabilizar imanes en motores de vehículos eléctricos y turbinas eólicas, el europio mantiene un mercado nicho de alto valor asociado a la seguridad antifalsificación en billetes, marcadores médicos y pantallas LED.
4. Ante proyecciones que indican que la demanda podría triplicarse para 2030, la alta dependencia occidental del suministro asiático se ha convertido en un riesgo crítico. Esto está forzando a Estados Unidos y sus aliados a reconfigurar la geopolítica de los minerales, impulsando alianzas extractivas atípicas en zonas complejas como Venezuela y el Congo. A nivel sudamericano, Brasil destaca al albergar la única operación comercial de arcillas iónicas fuera de Asia que produce disprosio, mientras que el Perú aún se mantiene en fase de mapeo de anomalías sin yacimientos probados de explotación comercial.
5. Resulta evidente que, en el Perú, no se han realizado estudios lo suficientemente amplios para identificar la presencia de la gran variedad de tierras raras que son explotadas en otras partes del mundo. Es necesario que esto se establezca como una política de Estado, a fin de aprovechar adecuadamente la oportunidad que la gran demanda de estos elementos ha generado en el mundo.