



Revista Científica General José María Córdova

ISSN: 1900-6586

ISSN: 2500-7645

Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"

Álvarez Calderón, Carlos Enrique; Trujillo Palacio, John Heberaldo

Geopolítica de las tierras raras: un recurso natural
estratégico para la seguridad multidimensional del Estado

Revista Científica General José María Córdova, vol. 18, núm. 30, 2020, Abril-Junio, pp. 335-355
Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"

DOI: <https://doi.org/10.21830/19006586.587>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476268197005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Revista Científica General José María Córdova

(Revista colombiana de estudios militares y estratégicos)

Bogotá D.C., Colombia

ISSN 1900-6586 (impreso), 2500-7645 (en línea)

Web oficial: <https://www.revistacientificaesmic.com>

Geopolítica de las tierras raras: un recurso natural estratégico para la seguridad multidimensional del Estado

Carlos Enrique Álvarez Calderón

<https://orcid.org/0000-0003-2401-2789>

carlos.alvarez@esdegue.edu.co

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Bogotá D.C., Colombia

John Heberaldo Trujillo Palacio

<https://orcid.org/0000-0002-1874-4695>

john.trujillopa@buzonejercito.mil.co

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Bogotá D.C., Colombia

Citación: Álvarez Calderón, C., & Trujillo Palacio, J. (2020). Geopolítica de las tierras raras: un recurso natural estratégico para la seguridad multidimensional del Estado. *Revista Científica General José María Córdova*, 18(30), 335-355. <http://dx.doi.org/10.21830/19006586.587>

Publicado en línea: 1.º de abril de 2020

Los artículos publicados por la *Revista Científica General José María Córdova* son de acceso abierto bajo una licencia Creative Commons: Atribución - No Comercial - Sin Derivados.



Para enviar un artículo:

<https://www.revistacientificaesmic.com/index.php/esmic/about/submissions>



Miles Doctus



Revista Científica General José María Córdova

(Revista colombiana de estudios militares y estratégicos)

Bogotá D.C., Colombia

Volumen 18, número 30, abril-junio 2020, pp. 335-355

<http://dx.doi.org/10.21830/19006586.587>

Geopolítica de las tierras raras: un recurso natural estratégico para la seguridad multidimensional del Estado

Geopolitics of rare earths: a strategic natural resource for the multidimensional security of the State

Carlos Enrique Álvarez Calderón y John Heberaldo Trujillo Palacio

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Bogotá D.C., Colombia

RESUMEN. El grupo de las tierras raras incluye los 15 lantánidos junto con el itrio y el escandio. Aunque no son tan raros, se encuentran en distintos tipos de depósitos y en lugares muy específicos. Por sus excepcionales propiedades magnéticas y conductoras, para las tecnologías y el sector militar son cada vez más importantes. Esto los convierte en un recurso natural estratégico de relevancia geopolítica, que puede afectar la seguridad multidimensional de los Estados. Este artículo analiza, desde la historia del descubrimiento y el uso de estos elementos, cuáles son los factores estratégicos en el proceso de extracción y procesamiento, la posición geopolítica dominante de China en el sector, así como la explotación ilegal en Colombia. Así, este artículo muestra la importancia del tema en los estudios sobre seguridad.

PALABRAS CLAVE: crimen organizado; elementos de tierras raras; geopolítica; minería ilegal; seguridad multidimensional

ABSTRACT. The rare earth group includes 15 lanthanides along with yttrium and scandium. Although they are not that rare, they are found in different types of deposits and very distinctive places. Because of their exceptional magnetic and conductive properties, they have become increasingly important for both the technology and the military sectors; this makes them a strategic natural resource of geopolitical relevance, which can affect the multidimensional security of states. This article examines the history of the discovery and use of these elements, the strategic factors in their extraction and processing process, and China's dominant geopolitical position in the sector, as well as their illegal exploitation in Colombia and their importance in security studies.

KEYWORDS: geopolitics; illegal mining; multidimensional security; organized crime; rare earth elements

Sección: SEGURIDAD Y DEFENSA • Artículo de investigación científica y tecnológica

Recibido: 8 de enero de 2020 • Aceptado: 13 de marzo de 2020

CONTACTO: Carlos Enrique Álvarez Calderón ✉ carlos.alvarez@esdegue.edu.co

Introducción

Ubicados en la sexta fila de la tabla periódica están los 15 lantánidos, que, junto al itrio (Y) y el escandio (Sc)¹, son mejor conocidos como elementos de “tierras raras”, llamados así porque se creía que no se podían hallar comúnmente. Sin embargo, no son tan raros en el planeta Tierra, ya que estos 17 elementos químicamente similares abundan en la corteza terrestre. De acuerdo con Klinger (2017), el problema es que no todos los elementos de tierras raras se encuentran en los mismos tipos de depósitos minerales, ya que la mayoría de ellos están dispersos en diferentes lugares y en distintas concentraciones; además, los depósitos mineros de tierras raras coinciden usualmente con metales pesados y otros elementos peligrosos que dificultan y encarecen su extracción, “como el uranio, el torio, el arsénico y el fluoruro” (Klinger, 2017, p. 1).

Empero, ello no ha sido obstáculo para que la “fiebre” de búsqueda, explotación y procesamiento de estos metales se convierta en un asunto de Seguridad Nacional para aquellos actores estatales dependientes de la irrupción de nuevas tecnologías, debido a sus excepcionales propiedades magnéticas y conductoras. Si bien los elementos de tierras raras se utilizan en cantidades muy pequeñas, han cobrado una significativa relevancia geopolítica en razón de su importancia para la industria y el sector defensa de varios Estados. En efecto, los productos finales para tierras raras varían desde productos de consumo electrónico hasta sofisticados sistemas de armas (Ting y Seaman, 2013), lo que convierte estos recursos naturales² en insumos estratégicos que son minados para la garantía de la supervivencia, el bienestar y la prosperidad de diversos Estados, independientemente de su grado de desarrollo tecnológico e industrial.

Aunque a menudo se abordan y se estudian en grupo, los elementos de tierras raras tienen cualidades individuales que los ponen en casos de mercados y usos específicos. En conjunto, “estos elementos permiten que tanto el *hardware* como el *software* de la vida contemporánea sean más ligeros, rápidos, fuertes y de mayor alcance” (Klinger, 2017, p. 1). Desde motores de aeronaves hasta brocas para la extracción de petróleo y gas natural; desde iluminación y óptica hasta pantallas electrónicas de teléfonos móviles; desde imanes permanentes hasta sistemas de guía para misiles inteligentes, los elementos de tierras raras son necesarios para múltiples aplicaciones tecnológicas del mundo actual. Pero cada uno de estos usos requiere un elemento o una combinación diferente de elementos. A esto se suma su importancia para las tecnologías emergentes y potencialmente disruptivas, como los nuevos vehículos eléctricos que gradualmente vendrán a reemplazar los vehículos tradicionales que operan a base de combustible fósil. En este sentido, la alta demanda de tierras raras (tanto para las industrias militares como civiles) influirá cada vez

1 Si bien los elementos de tierras raras se componen de 15 elementos químicos en la tabla periódica, el escandio y el itrio tienen propiedades similares con ensamblajes minerales, por lo cual la literatura especializada en la materia se refiere a ellos también como tierras raras.

2 Como afirman Álvarez et al. (2017), un recurso natural es todo bien físico o servicio que proviene de la naturaleza para la satisfacción de las necesidades del ser humano.

más en la dinámica geopolítica en los próximos años, a medida que el mundo acelere su transición energética y los modos de transporte evolucionen.

Por ende, este artículo de investigación busca analizar el posible escenario de una “tormenta” geopolítica global que puede acaecer con el incremento de la demanda de tierras raras por parte de actores privados y estatales. Más allá de su importancia como recursos naturales estratégicos³ (debido a que se constituyen como elementos de sinergia política, económica y militar), su valor estratégico puede aumentar en la medida que la escasez y la falta de sustitutos disponibles para dichas tierras raras dé lugar a nuevos riesgos y vulnerabilidades de seguridad que puedan llegar a afectar los intereses vitales de los Estados (Álvarez, Ramírez et al., 2018). En otras palabras, este artículo aborda las tierras raras como un recurso natural estratégico en el que la falta de acceso podría constituir un riesgo para la seguridad multidimensional, con el potencial de escalar a una amenaza de seguridad vital.

Los estudios de seguridad conforman una agenda de investigación dentro del campo de las relaciones internacionales y la disciplina de la ciencia política (Álvarez, Corredor et al., 2018). Desde el final de la Guerra Fría, el concepto de *seguridad* ha sido objeto de un debate académico en el cual los estudiosos de la seguridad se han dividido principalmente en dos campos: los revisionistas y los tradicionalistas (Dalby, 1997; Booth, 2005; Browning & McDonald, 2013). Los revisionistas buscan expandir el marco analítico y conceptual de la seguridad más allá del Estado y los intereses nacionales convencionales relacionados con la defensa militar (Buzan et al., 1998; Williams, 2003), a través de estudios críticos sobre el tema. Estos estudios están explícitamente interesados en las implicaciones políticas de la seguridad, como un llamado a revisar las acciones marcadas por un uso extraordinario de la fuerza militar. Así, en el núcleo ontológico y epistemológico de esta perspectiva, el estudio de la seguridad conlleva un reclamo político en defensa del uso adecuado del poder por parte de las autoridades apropiadas, en pos de garantizar la paz, las libertades y la prosperidad humana (McSweeney, 1999; Weldes, 1999; Dillon, 2002; Booth, 2005). Por otro lado, los tradicionalistas prefieren limitar el alcance conceptual y analítico de la seguridad a los Estados-nación, con el propósito de mantener la parsimonia para la construcción de teorías (Walt, 1991; Lipschutz, 1995; Dannreuther, 2014).

Como se puede ver, ambos campos tienen puntos de vista ontológicos, epistemológicos y metodológicos muy diferentes sobre el propósito del análisis y el conocimiento en seguridad. Los estudios críticos de seguridad se ocupan principalmente de identificar las posibilidades y las barreras para la emancipación humana, mientras que los tradicionalistas dan prioridad a explicar las causas de la guerra entre un conjunto discreto de Estados-naciones etiquetados como “grandes potencias”. La contribución de este artículo puede encajar mejor en el campo más amplio de este debate, dado que se reconoce que hay unos motivos políticos inherentes en las acciones que invocan la seguridad con el propósito de reclamar el control sobre la provisión de tierras raras. Estos motivos políticos se sustentan

3 De acuerdo con Álvarez et ál. (2017), un recurso natural estratégico es todo recurso natural escaso o de alto valor, de carácter vital para la seguridad, el desarrollo y la prosperidad de un Estado y su sociedad.

en las implicaciones que estos elementos tienen para la seguridad económica, ambiental, humana y nacional.

Partir de la premisa de que la seguridad debe abordarse desde múltiples dimensiones no implica que no haya superposición o conexión entre las diversas categorías de seguridad, más aún cuando el control del suministro de tierras raras se presenta como un tema político multifacético. Por lo tanto, este artículo examina cómo la geopolítica de tierras raras es generada por actores, eventos e instituciones específicas, y cómo, en lugares remotos, los elementos de tierras raras a veces sirven como un simple pretexto para luchas geopolíticas y geoeconómicas más amplias. Por consiguiente, dos preguntas guían este artículo: 1) ¿qué son las tierras raras y cómo llegaron a ser tan importantes para la seguridad multidimensional de los Estados; y 2) ¿por qué, dada su relativa ubicuidad en la corteza terrestre y su abrumadora importancia para la vida cotidiana, la geografía de su extracción está limitada a tan pocos lugares?

Las “tierras raras”: ni raras, ni tierras

Para empezar, las tierras raras no son del todo “raras”. Este nombre se debe a que, dado su natural desconocimiento cuando las descubrieron, se suponía en un principio que eran elementos poco comunes (Klinger, 2017). La mayoría de las tierras raras fueron descubiertas en el siglo XIX, con la excepción del itrio (1794), el lutecio (1907) y el prometio (1943). El itrio (Y) fue descubierto en 1794 por el mineralogista y químico finlandés Johan Gadolin, en un mineral, una roca oscura compuesta también de cerio, lantano y hierro, que más tarde fue nombrada *gadolinita* en su honor⁴. Hasta 1885, suponían que este tipo de metales estaban confinados casi por completo a algunas localidades dispersas en Escandinavia y los montes Urales, porque no se había encontrado en ningún otro lugar, así que por ello se asumió que eran elementos escasos, por lo cual les dieron el nombre de “tierras raras” (Klinger, 2017). Es llamativo que el término “rara” persista hasta hoy, a pesar de que esto se relacione más con su historia en la ciencia que con sus verdaderas cualidades. Posteriormente, durante la primera Conferencia Internacional de Química de 1860, desarrollada en Karlsruhe (Alemania), Dmitri Mendeleev, Julius Meyer y otros químicos notaron que no había lugar para la mayoría de los lantánidos, que actualmente son los 15 elementos que van del lantano al lutecio, números atómicos 57 y 71 respectivamente (Klinger, 2017). Según Scerri (2020), “los lantánidos serían un problema para todos los descubridores del sistema periódico, ya que solo 6 de los 14 lantánidos se habían descubierto antes de la década de 1860, cuando estos primeros sistemas periódicos estaban en desarrollo” (p. 83). Sin embargo, “algunos de los elementos conocidos en ese momento (lantano, cerio, terbio y erbio) sugerían la presencia de una familia de tierras raras, lo que se conocería como la serie de los lantánidos” (Kinger, 2017, p. 41), ubicados en la base insular de la tabla periódica.

⁴ Otro elemento natural que lleva el nombre indirecto de una persona es el samario, del mineral samarskita, en honor al ingeniero de minas ruso que lo descubrió, Vasili Samarsky-Bykhovets.

The periodic table is divided into several groups:

- Metalos Ligeros (Metals Light):** Includes Hydrogen (H), Lithium (Li), Sodium (Na), Potassium (K), Rubidium (Rb), Cesium (Cs), Francium (Fr), and Lanthanides (Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb).
- Metalos Pesados de Transición (Metals Heavy of Transition):** Includes Scandium (Sc), Titanium (Ti), Vanadu (V), Chromium (Cr), Manganese (Mn), Iron (Fe), Cobalt (Co), Nickel (Ni), Copper (Cu), Zinc (Zn), Rhodium (Rh), Palladium (Pd), Silver (Ag), Cadmium (Cd), Gold (Au), Ge, Ge, Germanium (Ge), Tin (Sn), Antimony (Sb), Tellurium (Te), Iodine (I), Xenon (Xe), Phosphorus (P), Arsenic (As), Sulfur (S), Selenium (Se), Bromine (Br), Krypton (Kr), and Radon (Rn).
- Otros Metales Raros (Other Rare Metals):** Includes Lutecio (Lu), Lantano (La), Cerio (Ce), Praseodimio (Pr), Neodimio (Nd), Prometio (Pm), Samario (Sm), Europio (Eu), Gadolino (Gd), Terbio (Tb), Darmatido (Dy), Holmi (Ho), Erbio (Er), Tm, and Yttrio (Yb).
- No Metales (Non-Metals):** Includes Boron (B), Carbono (C), Nitrogeno (N), Oxigeno (O), Fluor (F), Nitrogeno (N), Oxygeno (O), and Helio (He).
- Gases Nobles (Noble Gases):** Helio (He), Neón (Ne), Argón (Ar), Kriptón (Kr), Xénón (Xe), and Radón (Rn).

Figura 1. Tabla periódica.

Fuente: Elaboración propia.

De igual modo, el nombre de “tierras” también tiene una explicación histórica. La mayoría de los elementos de tierras raras se extrajeron por primera vez como óxidos. En francés, un idioma científico importante en el siglo XIX, el óxido de un elemento se conocía como *terre*, esto es, “tierra”. También en alemán, igualmente importante en aquel entonces, el óxido de un elemento se llamaba *erde* (tierra). Por ende, los óxidos metálicos se denominaban “tierras”. Por ejemplo, el magnesio se conocía como “tierras amargas”, el zirconio como “tierras de zirconio” y el berilio como “tierras de berilio” (Greinacher, 1981).

Por lo tanto, el término “tierras raras” es un nombre inapropiado para una serie de metales que ni son tierras ni son raras. Es decir, no son elementos alcalinos de la tierra, como lo son los elementos en el grupo II-A del sistema periódico de los elementos: el berilio (Be), el magnesio (Mg), el calcio (Ca), el estroncio (Sr), el bario (Ba) y el radio (Ra). Los elementos de tierras raras, en cambio, pertenecen a los metales de transición en el grupo III-B. Y aunque los depósitos de mineral de tierras raras son bastante restringidos en número, la abundancia de estos elementos es bastante grande. Según Voncken (2016), el elemento de tierras raras más común es el cerio (Ce); con una abundancia cortical de 60 partes por millón (ppm), es el elemento 27 en la corteza terrestre, y tiene una abundancia mayor que, por ejemplo, el plomo (Pb), el elemento 37, que tiene una abundancia cortical de 10 ppm. Además, uno de los elementos de tierras raras menos comunes (el lutecio, con una abundancia en la corteza de 0,5 ppm) tiene aproximadamente 200 veces más de abundancia en la corteza que el oro (0,0031 ppm).

Ahora bien, los elementos que se agrupan con la serie de lantánidos en el grupo de tierras raras han cambiado con el tiempo. Por ejemplo, en la primera mitad del siglo XX, el torio (Th) y el uranio (U) se denominaron elementos de tierras raras debido a “su afiliación química y frecuente coincidencia geológica” (Klinger, 2017, p. 42). Así mismo, Klinger (2017) observa que el escandio (Sc) y el itrio (Y) han sido considerados en ocasiones como tierras raras, a pesar de sus distintas ubicaciones en la tabla periódica

(21 y 39, respectivamente). Klinger (2017) también señala que el niobio (Nb), extraído principalmente en Brasil, y el tantalio (Ta), uno de los minerales de conflicto más notorios extraídos en el este de la República Democrática del Congo, a menudo se agrupan con elementos de tierras raras; pero “a pesar de su coincidencia geológica y propiedades dúctiles similares” (Klinger, 2017, p. 42), no se consideran actualmente elementos de tierras raras. En este orden de ideas, los elementos de tierras raras son una agrupación de 17 metales distintos que están representados en la tabla periódica por los 15 elementos del grupo de los lantánidos —del lantano (La) al lutecio (Lu)—, el itrio (Y) y el escandio (Sc). (Figura 2). El grupo de tierras raras comprende aproximadamente el 17 % de todos los elementos naturales y generalmente se divide en dos subgrupos, según el peso atómico: elementos de tierras raras ligeros (ETRL) y elementos de tierras raras pesados (ETRP). La República Popular de China agrega un subgrupo adicional, los elementos de tierras raras medias (ETRM).

57 La Lantano	58 Ce Cerio	59 Pr Praseodimio	60 Nd Neodimio	61 Pm Premcio	62 Sm Samario	63 Eu Europio	64 Gd Gadolino	65 Tb Terbio	66 Dy Disprosio	67 Ho Holmo	68 Er Erbio	69 Tm Tulio	70 Yb Yterbio	71 Lu Lutecio	21 Sc Escandio

Figura 2. Tierras raras.

Fuente: Elaboración propia.

Aunque la mayoría de las tierras raras son relativamente abundantes, están dispersas por toda la corteza terrestre, enhebradas a través de depósitos de hierro, fosfato y cobre-oro. Según Klinger (2017), “también se encuentran en depósitos residuales formados por la dilatada erosión de rocas ígneas, lo que explica por qué aparecen en las playas de arena negra de países como Brasil, India y otros lugares” (p. 44). Hasta la fecha, las menas⁵ principales para los elementos de tierras raras son la monacita, la bastnasita y la xenotima. No obstante, la primera mena de tierras raras que se usó fue la gadolinita, mineral del cual se aislaron varios de los elementos de tierras raras por primera vez, aunque no se aplicaron a escala industrial (la primera mena de tierras raras que se utilizó industrialmente fue la monacita).

En este sentido, la producción de tierras raras generalmente involucra dos fases: minería y procesamiento, y este incluye varios niveles de procesamiento requeridos para diferentes usos finales. Entre las principales etapas de extracción y procesamiento de materiales de tierras raras están las siguientes (Kiggins, 2015):

1. Extracción de mena de tierras raras desde los depósitos minerales;
2. Separación de la mena en óxidos individuales de tierras raras;
3. Refinamiento de óxidos de tierras raras en metales con diferentes niveles de pureza;

⁵ Una mena de un elemento químico, generalmente un metal, es un mineral del cual se puede extraer dicho elemento porque lo contiene en cantidad suficiente para poder aprovecharlo. Así, se dice que un mineral es mena de un metal cuando, mediante un proceso de minería, se puede extraer ese mineral de un yacimiento y luego, mediante metalurgia, obtenerse el metal.

4. Aleación de metales de tierras raras, y
5. Transformación de aleaciones de tierras raras en componentes utilizados en aplicaciones comerciales y de defensa.

Aunque se usan en cantidades relativamente pequeñas, cuando se combinan con otros elementos como hierro o níquel, sus cualidades magnéticas y conductoras se potencian. De acuerdo con Ting y Seaman (2013), una conveniente analogía sería comparar las tierras raras con las especias: si bien las especias se usan con moderación en la cocina, a diferencia de otros ingredientes comunes, sus propiedades particulares enaltecen el sabor y color de los alimentos. Esta analogía también funciona en el sentido de que, “hace más de 400 años, las potencias europeas competían entre sí para obtener acceso y control de las regiones productoras de especias” (Ting, 2010, p. 58). No en vano, el deseo por minar tierras raras en lugares de difícil acceso como las profundidades de los océanos o la Luna se ha convertido en un interés creciente de algunos actores estatales y privados (Álvarez, Corzo et al., 2019). Por su parte, el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) los describe como “vitaminas” que, cuando se agregan a otros elementos, producen resultados que ninguno de los dos podría lograr por sí solo (Le Billon, 2004). En Japón, utilizan la siguiente metáfora: “el petróleo es la sangre, el acero es el cuerpo y las tierras raras son las vitaminas de una economía moderna” (Klinger, 2017, p. 46). Estas metáforas transmiten una idea de las cantidades relativamente pequeñas que generalmente se requieren para lograr los efectos deseados, ya que la mayoría de los productos electrónicos de consumo están compuestos de solo una pequeña porción de tierras raras. Empero, su dispersión y las dificultades involucradas en aislar elementos individuales, así como el hecho de que algunas tierras raras son realmente poco comunes, excitan las pasiones geopolíticas en torno a su escasez, paradójicamente, en aquellos lugares donde abundan las tierras raras, como China, Brasil y Estados Unidos (Figura 3).



Figura 3. Distribución global de tierras raras.
Fuente: Stratfor (2019).

Aunque las tierras raras son esenciales para la infraestructura tecnológica de la vida moderna, fueron de poca utilidad durante casi un siglo después de su descubrimiento. La primera aplicación exitosa abordó el problema de cómo producir luz de manera económica y confiable, antes del advenimiento de la electricidad urbana. Para entonces, la invención de los mantos de gas de Carl Auer von Welsbach, a fines del siglo XIX, inauguró la primera fase del uso industrial de elementos de tierras raras mezclados, y aunque la linterna del manto de gas contenía solo un 1% de cerio (Ce), la escala de producción era masiva: de acuerdo con Klinger (2017), en la década de 1930 se habían vendido más de cinco mil millones para proveer redes de luces de la ciudad antes del establecimiento generalizado de redes eléctricas.

Entre 1930 y 1980, la mayoría de las aplicaciones de tierras raras estaban en los campos de catálisis, vidrio, cerámica y metalurgia, y solo fue hasta finales de la década de los ochenta que los elementos de tierras raras se comenzaron a utilizar en aplicaciones innovadoras en materia de comunicaciones y electrónica (Figura 4). Como se observa en la Figura 2, uno de los elementos de tierras raras es el prometio (Pm), aunque se excluye ocasionalmente del grupo porque es un elemento radiactivo sintético producido durante la fisión nuclear y se encuentra solo en combustible nuclear gastado en la Tierra⁶ (Cardarelli, 2008). Pero su uso es indispensable para la producción de las baterías que alimentan los marcapasos y las naves espaciales, así como para fabricar pintura luminiscente para relojes de pulsera (Krebs, 2006).

Otras tierras raras como el tulio (Tm) son tan escasas que solo se pueden extraer unos pocos kilogramos de 500 toneladas de minerales ricos en tierras raras (Emsley, 2001); pero, a pesar de su escasez, el tulio es esencial para la producción de láseres quirúrgicos utilizados para tratar afecciones neurológicas y de próstata (Duarte, 2010). Asimismo, debido a que brilla en azul bajo la luz ultravioleta, está estampado en los billetes de euros como una medida anti-falsificación (Wardle, 2009).

Por su parte, el comercio mundial del escandio (Sc), ya que es muy difícil de separar de otras tierras raras y el uranio, aún no supera los 100 kilogramos anuales, si bien se utiliza en las lámparas de halogenuros metálicos que iluminan calles, estadios y estudios de cine (Krebs, 2006), y es parte de la receta secreta para armas de fuego de alto rendimiento, marcos de bicicleta y otros artículos deportivos (Klinger, 2017). Otros elementos de tierras raras no son tan escasos, pero asimismo sus usos son comparativamente más amplios, ya que —por sus excepcionales propiedades magnéticas y conductoras⁷— son esenciales para una gama diversa de aplicaciones de alta tecnología, y, por lo tanto, para la prosperidad, el desarrollo y la seguridad de la mayoría de los Estados en un mundo globalizado.

6 También se sabe que existe en el centro de ciertas estrellas en la galaxia de Andrómeda (Álvarez, Benavides et al., 2019).

7 Es el caso del erbio, que actúa como un amplificador en los cables de fibra óptica, lo que permite la construcción de redes globales de comunicaciones por internet.

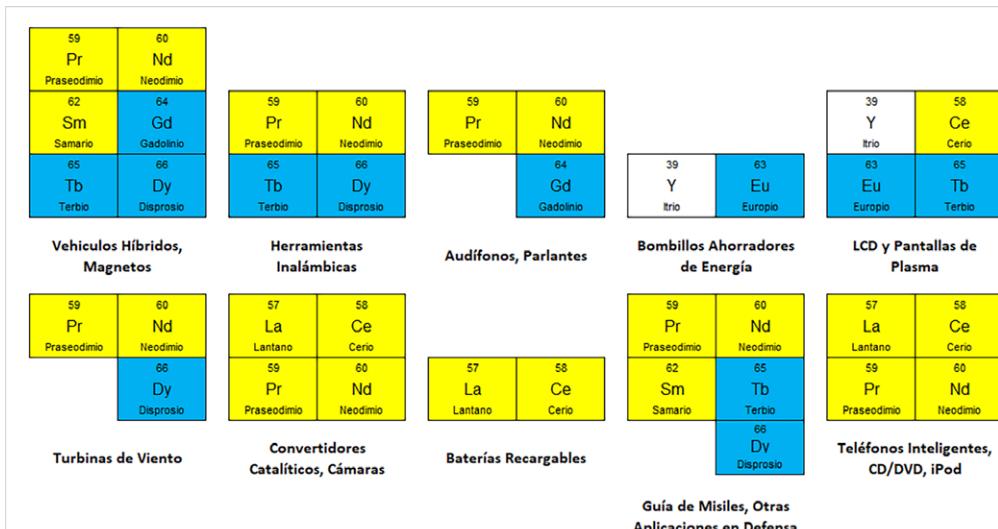


Figura 4. Algunas tecnologías y su uso de tierras raras.
Fuente: Stratfor (2019).

En el campo militar, estos elementos son necesarios para producir los componentes de navegación de las tecnologías de guerra remota más avanzadas, como los drones y las bombas inteligentes (Abraham, 2015). Igualmente, son componentes críticos de las tecnologías ecológicas, como las turbinas eólicas, los paneles solares y las baterías híbridas de pila de combustible (Krishnamurthy & Gupta, 2005). Son también esenciales en el desarrollo de nanotecnologías, así como en la fabricación de productos electrónicos de consumo como teléfonos inteligentes, discos duros y monitores de pantalla plana.

En tecnologías de la información y electrónica de consumo, el neodimio (Nd) es especialmente importante, ya que sus cualidades magnéticas excepcionales permitieron miniaturizar los discos duros y los altavoces de las computadoras. Sin discos duros y parlantes pequeños, no existirían computadoras personales, teléfonos inteligentes o auriculares inalámbricos. De hecho, ningún otro material se acerca al poder magnético del neodimio, y es quizás la mejor representación de las aplicaciones más prometedoras de los elementos de tierras raras. Además, los potentes imanes de neodimio son esenciales para las tecnologías de energía renovable más recientes y eficientes, incluidas las baterías híbridas de celdas de combustible, las turbinas hidrálicas y eólicas⁸, así como los paneles solares.

El neodimio (Nd) y sus aleaciones también son fundamentales para el *hardware* de las capacidades militares contemporáneas de los Estados (Abraham, 2015), ya que se encuentran en misiles de crucero, bombas inteligentes y drones. Estos tipos de ar-

8 Una turbina eólica de dos megavatios contiene alrededor de 360 kilogramos de neodimio (Nd) y 60 kilogramos de dispropasio (Dy), mientras que una turbina hídrica de tres megavatios contiene 1800 kilogramos de estas tierras raras (Klingen, 2017).

mamiento también contienen praseodimio (Pr), terbio (Tb), samario (Sm) y dispropasio (Dy). Por su parte, el itrio (Y), el europio (Eu) y el terbio (Tb) se usan en dispositivos de detección de radar, sonar y radiación para la guerra urbana, marítima y aérea; a su vez, estos mismos elementos prestan sus propiedades ópticas a dispositivos de imágenes médicas como los rayos X.

En resumen, los elementos de tierras raras son el insumo básico para el *hardware* de la modernidad tecnológica global. Sin ellos, las finanzas globales, el internet, la vigilancia satelital, el transporte de petróleo, los motores a reacción, los televisores, los GPS y las salas de emergencia médica simplemente no podrían funcionar.

Juego geopolítico sobre la tabla periódica

El 8 de septiembre de 2010, mientras patrullaba cerca de las disputadas islas Senkaku/Diaoyu en el mar de Asia Oriental, una tripulación de la guardia costera japonesa detuvo al capitán de un barco pesquero chino, cuya tripulación ejercía su oficio cerca de las islas reclamadas como territorio japonés. Las aguas alrededor de estas islas en disputa contienen ricas zonas de pesca, además de depósitos potencialmente grandes de petróleo y gas natural. Durante el embrollo diplomático de 16 días entre China y Japón por esta detención, el Gobierno chino aumentó la presión sobre Japón para la liberación del capitán del barco mediante un embargo de las exportaciones de metales de tierras raras a ese país (Klinger, 2017). Esta acción provocó una angustia sustancial dentro de los círculos del Gobierno japonés y las élites empresariales, debido a su dependencia absoluta de las importaciones desde China de tierras raras, que son insumos indispensables para la fabricación de productos de alta tecnología en los que se basa el modelo económico japonés.

De este modo, en combinación con otras formas de presión diplomática, la República Popular de China usó las tierras raras como una estrategia coercitiva orientada a obligar a Japón a acatar sus demandas. Finalmente, el capitán del barco de pesca fue devuelto a China poco después, el 24 de septiembre de 2010. Para aquel momento, China controlaba el 97% de la producción global de tierras raras, mientras que Japón, al carecer de disponibilidad natural de estas o de sustitutos, dependía del mercado chino para el 80% de sus requerimientos en tierras raras (Gholz, 2014). En este orden de ideas, esta crisis entre China y Japón en 2010 ya señalaba entonces, para la primera mitad del siglo XXI, cómo las tierras raras serían recursos críticos para la seguridad multidimensional de actores estatales o no estatales, cada vez más dependientes de las tecnologías avanzadas.

Hasta la década de los noventa, Estados Unidos era el principal productor de tierras raras y China no producía cantidades significativas. Pero las empresas chinas disfrutaron de una combinación de menores costos laborales y regulaciones ambientales relativamente laxas que incentivaron la industria de extracción y procesamiento de tierras raras en ese país. Además, la mina de elementos de tierras raras más grande de China también producía mineral de hierro, lo que proporcionaba otra fuente de ingresos para ayudar a cubrir

los costos fijos de la mina. En contraste, la principal mina de los Estados Unidos cerró en 2002, a raíz de las quejas sobre el daño ambiental ocasionado por las operaciones mineras. En ese momento, la mina y la planta de procesamiento estadounidense necesitaban una inversión de capital y una ardua ronda de solicitudes de permisos ambientales, ante lo cual los propietarios decidieron desistir de la actividad minera en los Estados Unidos. Esta decisión facilitó que la producción china de tierras raras se disparara.

En consecuencia, China tiene el control sobre la mayoría del mercado, ya que más del 80% de la producción mundial se concentraba en ese país en 2019⁹ (Figura 5). La producción china de elementos de tierras raras está dividida geográficamente por tipo y altamente concentrada en un puñado de minas. La Mongolia interior representa casi el 70% de la producción de ETRL de China, y una sola mina en dicha región (la mina Baotou Bayan Obo) produce más del 50% de todos los elementos chinos de tierras raras (Stratfor, 2019). El sur de China, donde los ETRP se descubrieron en la década de los sesenta, representa la mayor parte de la producción de ETRP del país; solo la provincia de Jiangxi produce aproximadamente el 50% de ETRM y ETRP de China, y la ciudad de Ganzhou representa la mayor parte de esa producción.

Sin embargo, aunque China tiene amplios recursos y grandes minas, solo ha ganado su casi monopolio en el suministro global de elementos de tierras raras mediante el control de los pasos de procesamiento que extraen los elementos del resto de la roca en la que se encuentran. Este control ha implicado un riesgo para el suministro global, que se hizo dolorosamente evidente en el conflicto mencionado de 2010, cuando China detuvo abruptamente la exportación de minerales, sales y metales de tierras raras a Japón, un consumidor primario. A su vez, también Estados Unidos, como importa muchos de los productos finales que Japón produce con elementos de tierras raras, sintió un impacto secundario por causa de dichas medidas. Aunque la prohibición fue temporal, envió ondas de choque a través de la comunidad global y llevó a los países y productores a luchar para tratar de encontrar, desarrollar o reabrir fuentes alternativas de elementos de tierras raras a las que existían en China.

En 2017, China produjo más del 80% de los metales y compuestos de tierras raras en el mundo. Las exportaciones de tierras raras de China a los Estados Unidos representaron ese mismo año el 78% de las importaciones estadounidenses de estos elementos; durante ese año, Estados Unidos importó más de 17 000 toneladas de compuestos de tierras raras, de las cuales 10 000 toneladas eran compuestos de lantano (La) y 3 600 toneladas eran compuestos de cerio (Ce) provenientes de China (Research and Markets, 2019). A pesar del cuasimonopolio de China en la producción de tierras raras en el mundo, sus reservas de tierras raras cayeron bruscamente en la última década, pasando del 70% al 37% de las reservas globales a finales de 2016 (Klinger, 2017). En respuesta, para regular la minería de tierras raras, el Gobierno chino comenzó a cerrar las empresas mineras ilega-

9 La minería y refinación de tierras raras en China está monopolizada por seis grandes empresas estatales.

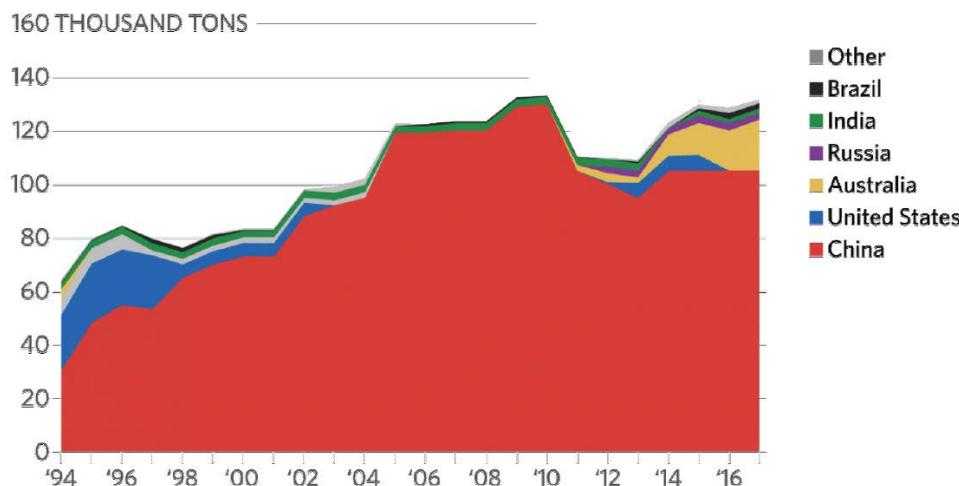


Figura 5. Producción mundial de tierras raras por países.

Fuente: Stratfor (2019).

les en la segunda mitad de 2018 y redujo la cuota de producción de tierras raras a 45 000 toneladas, un 36 % menos que en la primera mitad del año (70 000 toneladas). Asimismo, para mejorar su industria, China pasaría de exportar minerales crudos a exportar productos de óxido, lo que conllevaría un gran impacto en el mercado mundial de tierras raras.

Pese al tamaño relativamente pequeño del mercado de tierras raras, logró atraer mucho interés fuera de China ante los sucesos acontecidos en la disputa diplomática entre China y Japón en 2010. Cuando los precios de las tierras raras aumentaron en 2010, cientos de empresas comenzaron a recaudar dinero para nuevos proyectos mineros en tierras raras alrededor del mundo. Por ende, motivados por los aumentos esperados en la demanda, los inversores en los Estados Unidos, Japón y Australia ya estaban abriendo minas de tierras raras y construyendo nuevas capacidades de procesamiento para 2010, y otros inversores estaban proyectando posibles yacimientos en lugares tan diversos como Canadá, Sudáfrica, Kazajstán, Brasil o Venezuela. Como fruto de sus principales inversiones, la empresa Molycorp en los Estados Unidos y la compañía Lynas en Australia y Malasia comenzaron a entregar tierras raras no chinas a los mercados mundiales en 2013. Lo llamativo es que algunas exportaciones de tierras raras no chinas han sido dirigidas al propio mercado chino.

En 2018, China solo aprobó 115 000 toneladas de cuota de producción de tierras raras, dando prioridad a satisfacer la demanda interna. Asimismo, las importaciones chinas de óxido de tierras raras alcanzaron alrededor de 41 400 toneladas, aumentando en más del 100 % interanual (Research and Markets, 2019). Estas importaciones son

principalmente de minerales y concentrados químicos provenientes de Myanmar¹⁰ y los Estados Unidos. En el caso de las empresas estadounidenses, estas envían minerales ricos en lantano (La) a China, y luego compran óxidos y productos químicos de ese país¹¹, mientras que Myanmar se convirtió en un proveedor clave de dispropósito (Dy), terbio (Tb) y gadolinio (Gd) para los productores chinos de imanes y aleaciones.

Estas nuevas fuentes no chinas tienen el potencial de cambiar profundamente la dinámica del mercado. Así, aunque los productores chinos seguirán aportando una mayoría sustancial de la oferta, la competencia del resto del mundo moderará el poder de fijación de precios de China y alimentará los usos finales de alta prioridad, incluso en el caso de un corte de todas las exportaciones chinas. No obstante, China aún controla la gran mayoría de toda la producción, y para algunos elementos clave de ETRM y ETRP, como el dispropósito (Dy) y el terbio (Tb) —necesarios para producir imanes permanentes en vehículos eléctricos y turbinas eólicas—, el control de China es prácticamente completo, con más del 98 % de la oferta global.

El caso colombiano

En lo que concierne a Colombia, por un par de décadas se ha especulado que el país podría tener acceso a elementos de tierras raras en su geografía, contenidos principalmente en depósitos de coltán¹², un tipo de mena muy utilizada en la fabricación de componentes eléctricos. Según la Agencia Nacional Minera (ANM), en Colombia no existe producción de este mineral, al menos de manera legal, aunque la explotación ilegal de coltán en el país viene desarrollándose hace varios años por parte de algunos actores al margen de la ley, que, amparados en los espacios vacíos¹³ de Colombia, sacan provecho de este lucrativo negocio. Según Álvarez (2017), en los espacios vacíos colombianos se han conformado los principales corredores estratégicos utilizados por las redes dedicadas a la economía criminal, lo que les permite “la movilidad de tropas, comida, medicinas, armas y otros elementos indispensables para la continuidad de la guerra, así como drogas, tráfico de especies, minería ilegal, tráfico de migrantes, etc.” (p. 368).

De acuerdo con InSight Crime, las disidencias de las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) han estado involucradas desde hace varios años en la minería de col-

10 En 2018, China importó alrededor de 26 000 toneladas de carbonatos de tierras raras de Myanmar, lo que representó alrededor del 25 % de la demanda interna. Los ETRP de Myanmar representaron casi un tercio del consumo interno.

11 El lantano (La) se utiliza, entre muchos otros usos, para la refinación de petróleo.

12 El coltán es un mineral metálico negro y opaco compuesto por los minerales columbita y tantalita, y es relativamente escaso en la naturaleza. Como el interés de la explotación del coltán se basaría fundamentalmente en poder extraer tantalio (Ta), el valor del coltán dependerá, por tanto, del porcentaje de tantalita (entre un 20 % y un 40 %) y el porcentaje de óxido de tantalio contenido en la tantalita (entre un 10 % y 60 %).

13 De acuerdo con Álvarez (2017), un espacio vacío es “una zona de vacío demográfico, que se caracteriza por las bajas densidades de población, predominio de las estructuras ilegales orientadas hacia la utilización ilícita de los recursos naturales y otras actividades criminales, bajos niveles de infraestructura y una débil penetración del Estado” (p. 368).

tán en el oriente de Colombia¹⁴ (Figura 6). En 2011, el exdirector de la Policía Nacional declaró que el Cartel de Sinaloa estaba trabajando con las FARC para explotar y comercializar el coltán. En 2014, las fuerzas de seguridad de Colombia capturaron a Juan José Rivera Suárez (conocido como “el zar de coltán”), un intermediario de las FARC y el Ejército de Liberación Nacional (ELN) que facilitaba la venta de coltán extraído ilegalmente en reservas indígenas protegidas del territorio colombiano, hacia mercados internacionales como los Estados Unidos. Durante la captura de Rivera, las autoridades colombianas incautaron 375 kilos de minerales, que incluían uranio¹⁵ (InSight Crime, 2014).

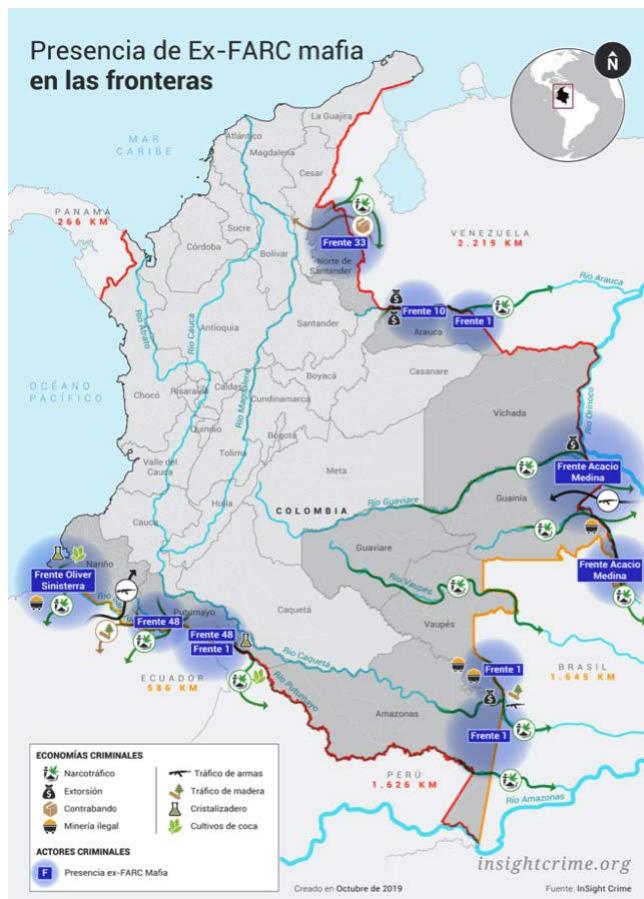


Figura 6. Presencia de disidencias de las FARC en las fronteras.
Fuente: InSight Crime (2019).

14 Parece ser que existen importantes reservas de tantalio (Ta) en forma de depósitos de coltán en los departamentos del Guaviare y del Vaupés.

15 Según documentos incautados en el computador de Raúl Reyes durante la Operación Fénix, las FARC también estaban involucrados en el tráfico de uranio (U).

Asimismo, guerrilleros del ELN y disidentes de las FARC que no se acogieron al proceso de paz vienen explotando oro, diamantes y coltán desde el 2016, en los estados venezolanos de Bolívar, Apure y Amazonas, estos dos últimos fronterizos con Colombia (Figura 7). De acuerdo con Álvarez y Luna (2018), desde hace más de tres décadas existían en la frontera colombo-venezolana estructuras armadas colombianas dedicadas al crimen trasnacional, que, en asociación con actores estatales y no estatales venezolanos, administran el negocio del narcotráfico y la minería ilegal en esa región. Por lo tanto, según esto, las disidencias de las FARC y el ELN tendrían en la actualidad un trabajo formal en las minas venezolanas¹⁶, al organizar a los mineros para explotar el recurso, transportarlo y entregarlo al régimen de Nicolás Maduro, que desde hace algún tiempo recurre a la explotación minera como nueva fuente de riqueza ante el declive de su producción petrolera. En este orden de ideas, se estima que estas redes de convergencia criminal (Álvarez & Zambrano, 2017) obtienen ganancias mensuales de aproximadamente US\$10 millones (Lares, 2018).



Figura 7. Actividades criminales de las disidencias de las FARC en Venezuela.
Fuente: InSight Crime (2019).

16 Estas actividades de explotación y entrega de oro y coltán al Gobierno venezolano solían estar a cargo de los “pranes” (grupos criminales venezolanos).

En consecuencia, Venezuela hizo su primera exportación de coltán compuesto hacia Italia en mayo de 2018, que consistía de 10 paletas con un peso total de 5 toneladas y un valor de 300 000 euros. El peso de esta exportación sugiere que parte del coltán exportado probablemente provenía de minas ilegales en Colombia, por cuanto los depósitos en Venezuela no están suficientemente desarrollados para el cumplimiento de dicha cuota.

Esta dinámica recuerda las guerras por los recursos en otras latitudes, como es el caso de la República Democrática del Congo, que parece poseer el 80 % de las reservas mundiales estimadas de coltán. Sin embargo, el vecino país de Ruanda es el que aparece como uno de los principales productores a nivel mundial, a pesar de no tener reservas de este mineral. En efecto, como el coltán es considerado un recurso natural no renovable altamente estratégico, desde 1998 hay una guerra por el control de los yacimientos de este mineral en el Congo, donde las Fuerzas Ruandesas de Defensa han montado una estructura para supervisar la explotación minera de coltán en el Congo y trasladar el mineral a Ruanda, donde finalmente es procesado y exportado. No por casualidad, aproximadamente el 21 % del suministro mundial de tantalio (Ta) en 2018 provenía de regiones en conflicto.

Conclusiones

Los 17 elementos que conforman las tierras raras, en combinación con otras sustancias, forman materiales únicos con propiedades magnéticas, conductivas y de almacenamiento de energía. Estas propiedades distintivas posibilitan actividades tecnológicamente avanzadas que incluyen redes sociales, navegación por internet, computación, compras digitales, conducción de vehículos híbridos, aeronaves autónomas, piratería informática y el desarrollo de las guerras modernas. En este sentido, son esenciales para la revolución de las tecnologías de la información, de las que los humanos dependen para la comunicación, el comercio y, cada vez más, los conflictos armados.

Por otra parte, la geografía global contemporánea de prospección y minería de tierras raras está determinada por el dominio contemporáneo de la República Popular de China en su explotación, así como por la integración global de este Estado y los desarrollos geopolíticos concomitantes en general. China contiene aproximadamente un tercio de las reservas mundiales de elementos de tierras raras, y llegó recientemente a dominar el sector, después de descubrir nuevas reservas en la década de los sesenta y al superar a principios de la década de los noventa a los Estados Unidos como el principal productor mundial de estos elementos. En el corto plazo, China se seguirá beneficiando del monopolio de estos recursos naturales estratégicos, pero, finalmente, su creciente demanda interna ha comenzado a limitar la duración de su control sobre el sector y la producción ya comienza a diversificarse.

Por ende, salvaguardar el acceso inmediato a las tierras raras garantiza que los Estados puedan seguir cosechando los beneficios sociales, económicos y políticos de las tecnologías de información, transporte, producción y almacenamiento de energía. Por ello, las tierras

raras son un recurso natural estratégico por el cual los Estados compiten en la actualidad y continuarán haciéndolo por su control en los años por venir. Un recurso natural estratégico es una mercancía para la que la falta de acceso constituye un riesgo de seguridad en términos de prosperidad económica y defensa¹⁷, ya que su carencia puede contribuir a resultados económicos y políticos desfavorables para los Estados. En este caso, la pérdida en tierras raras inhibiría la innovación tecnológica, la función tecnológica y las ganancias de productividad de la tecnología.

La ventaja de reconocer que las tierras raras se constituyen como un recurso natural estratégico con riesgos de seguridad es que los académicos y los encargados de formular políticas públicas tienen una oportunidad de desarrollar políticas de mitigación de riesgos antes de que este tipo de minerales se conviertan en una amenaza para la seguridad multidimensional del Estado. Académicos como Dobransky (2012), Massari y Ruberti (2013), Wübbeke (2013), Campbell (2014), Gholz (2014), Golev et al. (2014) y Machacek & Fold (2014), entre otros, han advertido que las tierras raras como recursos naturales estratégicos son un tema del cual deberían ocuparse los estudios de seguridad y defensa, ya que las implicaciones de la oferta y demanda de estos recursos en el desempeño económico y la industria militar de los Estados es cada vez más sensible.

En este sentido, el potencial de Colombia en la extracción de algunos metales especiales es promisorio, no solo para participar en la demanda global de este tipo de metales, sino para garantizar la propia demanda interna. De acuerdo con la Agencia Nacional Minera (2015), en los departamentos de Vichada, Guainía y Vaupés se reportan “ocurrencias de niobio (Nb) y tantalio (Ta) asociadas a pegmatitas, granitos alcalinos y placeres aluviales, eluviales y residuales de meteorización profunda; y también se relacionan con depósitos de tierras raras” (p. 14). Además, como ya es ampliamente reconocido, Colombia es un país privilegiado en recursos carboníferos a nivel mundial; y según Henao (2019), diversos estudios demuestran que hay una alta probabilidad de que elementos de tierras raras se encuentren en este tipo de combustibles, ya que las concentraciones de tierras raras de los carbones colombianos son superiores a los promedios mundiales. Por su parte, el uranio (U) se encuentra en gran variedad de litologías, principalmente en rocas sedimentarias en las cordilleras Oriental y Central y en el departamento del Guainía.

El potencial de producción colombiana de elementos de tierras raras y otros metales especiales como el tantalio (Ta) y el niobio (Nb), así como el uranio (U), debe ser parte del cálculo estratégico en seguridad y defensa del Estado, más aún cuando la actual explotación de algunos de estos minerales se encuentra bajo el control del crimen organizado transnacional. Los grupos al margen de la ley han instrumentalizado la extracción de estos recursos como una creciente fuente de financiación para sus actividades ilícitas, lo que en últimas termina afectando la seguridad multidimensional de Colombia.

¹⁷ Un riesgo de seguridad es de naturaleza menos urgente en comparación con una amenaza de seguridad, que implica que la existencia de una entidad política está en grave peligro.

En efecto, las disidencias de las FARC y el ELN, en alianza con el régimen venezolano, comercian con tungsteno y tantalio extraído de las profundidades de la selva amazónica colombiana. Los comerciantes de estos grupos criminales transportan bolsas de rocas trituradas por los ríos Inírida y Orinoco, y luego en camiones hasta Bogotá o Caracas, donde posteriormente las transfieren a empresas comerciales que venden las rocas a los mercados internacionales. Allí, son convertidas en aleaciones o polvos necesarios para una amplia gama de componentes utilizados por diversas empresas, como BMW, Hewlett-Packard y Samsung Electronics. Esto añade una mayor complejidad al entramado de la confluencia entre la globalización lícita y la globalización desviada (Álvarez & Zambrano, 2017).

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la doctora Julie Michelle Klinger de la Universidad de Delaware, por sus observaciones y aportes a la corrección y mejora de este artículo.

Declaración de divulgación

Los autores declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el artículo. Este hace parte del proyecto de investigación de la Maestría en Seguridad y Defensa Nacionales titulado “Desafíos y nuevos escenarios de la seguridad multidimensional en el contexto nacional, regional y hemisférico en el decenio 2015-2025”, que hace parte del Grupo de Investigación Centro de Gravedad de la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, grupo reconocido y categorizado en A1 por Minciencias con el código COL0104976.

Financiamiento

Los autores no declaran fuente de financiamiento para la realización de este artículo.

Sobre los autores

Carlos Enrique Álvarez Calderón es politólogo y magíster en relaciones internacionales de la Universidad Javeriana, Colombia, Universidad Javeriana. Becario del Centro de Estudios Hemisféricos de Defensa William J. Perry, Washington, Estados Unidos. Asesor de Comando de Apoyo del Combate de Inteligencia Militar. Profesor e investigador principal de la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Editor de la Revista *Ensayos sobre Defensa y Seguridad*.

<https://orcid.org/0000-0003-2401-2789> - Contacto: carlos.alvarez@esdegue.edu.co

John Heberaldo Trujillo Palacio es Teniente Coronel del Ejército Nacional de Colombia. Profesional en ciencias militares de la Escuela Militar de Cadetes General “José

María Córdova”, administrador logístico, candidato a magíster en la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Se desempeña como oficial de análisis administrativo de la Dirección de Aplicación de Normas de Transparencia del Ejército de Colombia.

<https://orcid.org/0000-0002-1874-4695> - Contacto: john.trujillopa@buzonejercito.mil.co

Referencias

- Abraham, D. (2015). *The elements of power: Gadgets, guns, and the struggle for a sustainable future in the rare metal age*. Yale University Press.
- Agencia Nacional Minera. (2015). *Explorando oportunidades*. ANM.
- Álvarez, C. (2017). Ocupación de los espacios vacíos: una condición *sine qua non* para la seguridad multidimensional en Colombia. En C. Álvarez (Ed.), *Escenarios y desafíos de la seguridad multidimensional en Colombia* (pp. 307-386). Ediciones Esdegue.
- Álvarez, C., Benavides, E., & Ramírez, Y. (2019). Geopolítica del espacio exterior: dominio estratégico del siglo XXI para la seguridad y defensa. En C. Álvarez & C. Corredor (Eds.), *Mirando hacia las estrellas: una constante necesidad humana, 1. El espacio exterior: una oportunidad infinita para Colombia* (pp. 85-194). Fuerza Aerea Colombiana.
- Álvarez, C., Corzo, M., Jaimes, G., & Paredes, R. (2019). La nueva economía del siglo XXI: el sector privado en el espacio. En C. Alvarez & C. Corredor (Eds.), *Mirando hacia las estrellas: una constante necesidad humana, 1. El espacio exterior: una oportunidad infinita para Colombia* (pp. 331-368). Fuerza Aerea Colombiana.
- Álvarez, C., Corredor, C., & Vanegas, O. (2018). Pensamiento y cultura estratégica en seguridad y defensa: bases para la construcción de una gran estrategia del Estado. En C. Álvarez & A. Fernández (Eds.), *Hacia una gran estrategia en Colombia: construcción de política pública en seguridad y defensa, 1. La “Gran Estrategia”: instrumento para una política integral en seguridad y defensa* (pp. 13-80). Sello Editorial ESMIC.
- Álvarez, C., & Luna, M. (2018). La corrupción del régimen en Venezuela y el problema de las drogas ilícitas en un contexto de crisis: impactos para la seguridad regional. En E. Pastrana & H. Gehring (Eds.), *La crisis venezolana: impactos y desafíos* (pp. 397-438). Fundación Konrad Adenauer.
- Álvarez, C., Ramírez, Y., & Castaño, G. (2018). Geografía, Estado y gran estrategia: una relación indisoluble. En C. Álvarez & A. Fernández (Eds.), *Hacia una gran estrategia en Colombia: construcción de política pública en seguridad y defensa, 1. La “Gran Estrategia”: instrumento para una política integral en seguridad y defensa* (pp. 81-148). Sello Editorial ESMIC.
- Álvarez, C., & Zambrano, J. (2017). Globalización desviada: plataforma de convergencia criminal. En C. Álvarez (Ed.), *Escenarios y desafíos de la seguridad multidimensional en Colombia* (pp. 249-306). Ediciones Esdegue.
- Álvarez, C., Moreno, A., & Gómez, J. (2017). Respice Aqua Vitae: hacia una hidropolítica nacional. En C. Álvarez (Ed.), *Escenarios y desafíos de la seguridad multidimensional en Colombia* (pp. 387-478). Ediciones Esdegue.
- Atkins, P. (1995). *The periodic kingdom: A journey in the land of the chemical elements*. Basic Books.
- Booth, K. (Ed.). (2005). *Critical security studies and world politics*. Lynne Rienner Publishers.
- Browning, C., & McDonald, M. (2013). The future of critical security studies: Ethics and the politics of security. *European Journal of International Relations*, 19(2), 235-255. <https://doi.org/10.1177/1354066111419538>

- Buzan, B., Wæver, O., & Wilde, J. (1998). *Security: A new framework for analysis*. Lynne Rienner Publishers.
- Campbell, G. (2014). Rare earth metals: A strategic concern. *Mineral Economics*, 27, 21-31. <https://doi.org/10.1007/s13563-014-0043-y>
- Cardarelli, F. (2008). *Materials handbook*. Springer.
- Dalby, S. (1997). Contesting an essential concept: Reading the dilemmas in contemporary security discourse. In K. Krause & M. Williams (Eds.), *Critical security studies: Concepts and cases* (pp. 3-33). UCL Press.
- Dannreuther, R. (2014). *International security: The contemporary agenda*. John Wiley & Sons.
- Dillon, M. (2002). Politics of security: Towards a political philosophy of continental thought. Routledge.
- Dobrinsky, S. (2012). Rare earth elements and US foreign policy: The critical ascension of REEs in global politics and US national security. *APSA 2012 Annual Meeting Paper*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2106716
- Duarte, F. (2010). *Tunable laser applications*. Taylor and Francis.
- Emsley, J. (2001). *Nature's building blocks: An A-Z guide to the elements*. Oxford University Press.
- Gholz, E. (2014). *Rare earth elements and national security*. Council on Foreign Relations.
- Golev, A., Scott, M., Erskine, P., Ali, S., & Ballantyne, G. (2014). Rare earths supply chains: Current status, constraints and opportunities. *Resources Policy*, 41, 52-59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.03.004>
- Greinacher, E. (1981). History of rare earth applications: Rare earth market today. In K. A. Gschneider (Ed.), *Industrial applications of rare earth elements*. American Chemical Society (pp. 3-18). Sage Publications.
- Henao, J. (2019). *Identificación de elementos de tierras raras en carbones colombianos*. Universidad Nacional de Colombia.
- InSight Crime. (2014, 24 de noviembre). *Colombia captura a "zar del coltán" con vínculos con las FARC*. <https://bit.ly/3cFszNP>
- InSight Crime. (2019, 17 de febrero). *Ex-FARC Mafia*. <https://es.insightcrime.org/colombia-crimen-organizado/ex-farc-mafia/>
- Kiggins, R. (2015). *The political economy of rare earth elements: Rising powers and technological change*. Palgrave Macmillan.
- Klinger, M. (2017). *Rare earth frontiers: From terrestrial subsoils to lunar landscapes*. Cornell University Press.
- Krebs, R. (2006). *The history and use of our Earth's chemical elements: A reference guide*. Greenwood Press.
- Krishnamurthy, N., & Gupta, C. (2005). *Extractive metallurgy of rare earths*. CRC Press.
- Lares, V. (2018, 13 de noviembre). *Amazonas, el estado venezolano donde manda el ELN*. El Tiempo. <https://bit.ly/2VVZPue>
- Le Billon, P. (2004). The geopolitical economy of resource wars. *Geopolitics*, 9(1), 1-28.
- Lipschutz, R. (1995). *On security*. Columbia University Press.
- Machacek, E., & Fold, N. (2014). Alternative value chains for rare earths: The anglo-deposit developers. *Resources Policy*, 42(2), 53-64.
- Massari, S., & Ruberti, M. (2013). Rare earth elements as critical raw materials: Focus on international markets and future strategies. *Resources Policy*, 38(1), 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2012.07.001>
- McSweeney, B. (1999). *Security, identity and interests: A sociology of international relations*. Cambridge University Press.

- Research and Markets. (2019, May 24). *China Rare Earth Industry Report 2019-2023*. Globe Newswire. <https://bit.ly/2VTFCFF>
- Scerri, E. (2020). *The periodic table: Its story and its significance* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Smith, S. (2005). The contested concept of security. In K. Booth (Ed.), *Critical security studies and world politics* (pp. 27-62). Lynne Rienner Publishers.
- Stratfor. (2019, April 8). *The geopolitics of rare earth elements*. <https://worldview.stratfor.com/article/geopolitics-rare-earth-elements>
- Ting, M. (2010). New spice war: China, Japan, the US compete for rare metal. *Global Asia*, 5(2), 58-59. <https://bit.ly/2R77EJR>
- Ting, M., & Seaman, J. (2013) Rare earths: Future elements of conflict in Asia? *Asian Studies Review*, 37(2), 234-252. <https://doi.org/10.1080/10357823.2013.767313>
- Voncken, J. (2016). *The rare earth elements: An introduction*. Springer.
- Walt, S. (1991). The renaissance of security studies. *International Studies Quarterly*, 35(2), 211-239. <https://doi.org/10.2307/2600471>
- Wardle, B. (2009). *Principles and applications of photochemistry*. John Wiley & Sons.
- Weldes, J. (1999). *Cultures of insecurity: States, communities and the production of danger*. University of Minnesota Press.
- Williams, M. (2003). Words, images, enemies: Securitization and international politics. *International Studies Quarterly*, 47(4), 511-531. <https://bit.ly/2VO9bbs>
- Wübbeke, J. (2013). Rare earth elements in China: Policies and narratives of reinventing an industry. *Resources Policy*, 38(3), 384-394.