

DOCTRINA

Incentivos jurídico-económicos a la minería y procesamiento local de tierras raras

Legal-economic incentives for mining and local processing of rare earths

Rafael Plaza Reveco 

Universidad de Chile

RESUMEN Los concentrados de óxidos de las denominadas «tierras raras» son hoy considerados críticos para la industria tecnológica. Su extracción y procesamiento están concentrados en China, Australia y Estados Unidos, y su cotización comercial va en ascenso. Chile posee recursos inexplorados de estos minerales y relaves mineros que los contienen, sin procesar. Este trabajo tiene por fin indagar si el marco normativo minero actual de Chile abarca la minería de tierras raras y su procesamiento local, y qué incentivos podrían impulsar tal actividad de forma económicamente eficiente y medioambientalmente sustentable.

Metodológicamente, la investigación examina, primero, las particularidades de las tierras raras; para luego contrastarlas con la regulación minera tradicional chilena y comparada; y, finalmente, proponer estímulos jurídico-económicos que posibiliten la minería de tierras raras y aporten a su cadena de valor mediante el procesamiento local.

El trabajo sostiene la necesidad de abordar constitucionalmente mejor el dominio de las tierras raras; también, que el marco jurídico vigente de sustancias minerales concesibles no acusa sus particularidades; y postula, además, que el régimen apropiado de concesiones mineras de estos metales debe ponderar su valoración estratégica y económica, incluyendo el factor ambiental. Más aún, sostiene que, para el desarrollo y gestión de proyectos de exploración, explotación, beneficio y procesamiento local de tierras raras, es fundamental impulsar la investigación industrial estratégica y la formación de capital humano, diseñar esquemas de financiamiento (capital de riesgo, subsidios, fondos de reserva, tributación) y privilegiar formas público-privadas de asociación.

La investigación es relevante porque impulsa un marco regulatorio que estimule el desarrollo de la minería de tierras raras, capaz de otorgar a Chile una oportunidad real de contemporizar su minería, diversificándola con la explotación de productos estratégicos

de creciente demanda global, e introduciendo tecnologías eficientes que recuperen valor del procesamiento de desechos, reduciendo los pasivos ambientales de la minería.

PALABRAS CLAVE Tierras raras, minería, incentivo jurídico, economía circular.

ABSTRACT Rare earths oxide concentrates are today considered critical for the technology industry. Its extraction and processing are mainly concentrated in China, Australia and the United States and its commercial price is on the rise. Chile has untapped rare earths resources and mining tailings that contain them, unprocessed.

This paper investigates whether the current mining regulatory framework in Chile covers the exploration, exploitation and benefit of rare earth elements and their local processing; and if the answer is negative, what incentives could —then— promote rare earth mining in an economically efficient and environmentally sustainable way.

As for methodology, the research examines —in the first place— the particularities of rare earths; to then contrast them with the regulation of traditional Chilean mining and experiences abroad; finally, identify barriers and propose legal-economic stimuli that could make the mining of them possible and contribute to its value chain through local processing.

The paper advances the need to constitutionally address rare earth domain better; and that the current legal framework for granting mineral substances does not reflect the peculiarities of their elements. It also furthers that the appropriate regime for rare earth mining concessions must weigh their strategic and economic value, including the environmental factor. Furthermore, it advances that —for the development and management of projects for the exploration, exploitation, benefit and local processing of that kind of earth— it is essential to promote strategic industrial research and the formation of human capital, design financing schemes (risk capital, subsidies, reserve funds, taxation) and privilege public-private partnership forms.

The research is relevant since it promotes a regulatory framework that stimulates rare earth mining, capable of giving Chile a real opportunity to temporize its mining, diversifying it with the exploitation of strategic products of growing global demand; and introducing efficient technologies that recover economic value from waste processing, while reducing the environmental liabilities of mining activity.

KEYWORDS Rare earth, mining, legal incentive, circular economy.

Introducción

Fundamentos teóricos-conceptuales y mercado de tierras raras

La expresión genérica «tierras raras» engloba 17 elementos del grupo tres de la tabla periódica, mayormente pertenecientes a la familia de los lantánidos (Klinger, 2018: 2).¹ La rareza que su denominación les atribuye no apunta propiamente a su escasez relativa, porque los materiales en los que se encuentran son relativamente abundantes, sino, más bien, a la dificultad de hallarles en altas concentraciones y grado de pureza. En efecto, por lo común, los elementos de tierras raras forman parte de óxidos o silicatos, lo que complica y encarece su separación (Chen y otros, 2018: 71). Se caracterizan por tener propiedades químicas análogas muy relacionadas a su configuración electrónica (ya neutra o trivalente), mas no así sus propiedades físicas y radio iónica.² Además de su poco usual extracción directa, algunos de estos minerales de tierras raras pueden ser recuperados como subproductos desde yacimientos de *commodities*, como fierro, cobre, plata y oro, entre otros; o desde relaves mineros, e incluso a través de la «minería urbana» o reciclaje de elementos metálicos de uso cotidiano.

La importancia de las tierras raras radica en que —en condiciones de alta pureza— las propiedades³ de los concentrados de óxidos de estos elementos son hoy consideradas estratégicas para la industria tecnológica (chips de circuitos integrados), para la electromovilidad (imanes permanentes, baterías de distinto tipo), refinación petrolera (catalizadores) y defensa e industria aeroespacial, entre muchas otras aplicaciones (Naranjo-Castañeda y otros, 2021). Adicionalmente, los elementos de tierras raras pueden clasificar como «minerales críticos», esto es, el conjunto de elementos que cada país define y considera fundamentales para su desarrollo económico futuro.⁴

Las reservas globales de tierras raras se estiman en 120 millones de toneladas métricas, de las cuales, 44 millones se hallan en China. Otros países que poseen reservas considerables son Australia, India, Brasil y Malasia.⁵ A su vez, los mercados

1. Salvo el escandio (SC) y el itrio (Y) (Sáez Puche y otros, 2000).

2. En química se habla de propiedad periódica radio iónica de un elemento (como la afinidad electrónica, radio atómico y energía de ionización) cuando este se caracteriza porque puede perder o ganar uno o más electrones, formando cationes (iones positivos) en el primer caso y aniones en el segundo. (<https://iquimicas.com/?s=radio+i%C3%B3nico>)

3. Propiedades físicas como la conductividad eléctrica, térmica, ductilidad, entre otras; a las que pueden sumarse propiedades de tipo económico, como la eficiencia (costo), la seguridad energética, la mitigación de cambio climático y de sanidad pública, por citar solo algunas.

4. Además de los elementos de tierras raras, los minerales considerados «críticos» en Chile son el cobre, litio, molibdeno, cobalto, manganeso, zinc, titanio, renio y barita. Ministerio de Minería. *Potencial de minerales críticos en Chile 2022*. Disponible en <https://bit.ly/3OGzLMp>.

5. «Ranking de los países con mayores reservas de tierras raras» (Statista, 2021). Disponible en <https://>

de extracción y procesamiento de tierras raras están concentrados —por orden de importancia— en China ((Sáez Puche y otros, 2000: 12), Australia y Estados Unidos. El MVIS Global Rare Earth/Strategic Metals Index engloba a las veinte mayores compañías mundiales del sector, y en 2021 cotizó en máximos que no se veían desde 2014. Según el Centro de Estudios Estratégicos e Internacionales, al cierre de 2020, China produjo aproximadamente el 70 % de las tierras raras que consume la industria global, lo que le otorga un enorme poder de mercado en relación con algunos de sus principales competidores.

Minería de tierras raras, ¿existe una oportunidad económica para Chile?

Antes de 2016, la minería de tierras raras era simplemente desconocida en Chile. Entonces, el Plan Nacional de Geología del Servicio Nacional de Geología y Minería las incluyó en sus análisis de geoquímica de suelos. El Estado ha reconocido un potencial geológico de estos minerales en la Cordillera de la Costa de las regiones de Atacama y Biobío. Gracias a ello, se ha logrado recolectar información sobre estos elementos en el país, existiendo a la fecha solo cuatro iniciativas vinculadas: el proyecto privado BioLantánidos, en la localidad de El Cabrito, comuna de Penco, en la Región del Biobío; y otras tres, que son simples prospecciones mineras, en Sierra Áspera, Cerro Carmen y Veracruz, todas en la costa de la Región de Atacama, pertenecientes a la Empresa Nacional de Minería y a la Comisión Chilena de Energía Nuclear. De las cuatro, solo la primera contempla la extracción y procesamiento piloto de concentrados de tierras raras y es la única ingresada al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, aunque con calificación pendiente.⁶

El panorama minero sobre estas en Chile debe complementarse con el análisis de su dimensión económica. Cada uno de los diecisiete elementos de tierras raras —ya sea bajo la forma de concentrados de óxidos, silicatos o metal propiamente tales— son esenciales para una amplia variedad de aplicaciones industriales y tecnológicas. El potencial económico de estos elementos y de su procesamiento en Chile puede ilustrarse recurriendo a la industria de electromovilidad. Los pronósticos económicos señalan que la tasa de adopción de vehículos eléctricos aumentará del 17 % actual al 20 % para 2025, y al 50 % en 2030, pasando —en solo una década— desde tres millones en 2020 a 46 millones de vehículos eléctricos en 2030. Para aumentar su autonomía, el tamaño y la potencia promedio de sus baterías aumentará de 47 kWh a 94 kWh en 2030; pero, a la vez, se espera que el costo del paquete de batería se

bit.ly/3OibNQ9.

6. El proyecto BioLantánidos se sometió al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en noviembre de 2018 (ficha 344/2018) y propone extraer y procesar 1.700 toneladas anuales de concentrado de tierras raras pesadas. Desde 2019, el proyecto pertenece a la compañía peruana Hochschild.

reduzca a partir de 2025, con celdas de energía más baratas y una mejor integración. Estas baterías requieren elementos de tierras raras, especialmente el neodimio (Nd) y el praseodimio (Pr), y todos los indicadores de demanda de materias primas para baterías (sea de iones de litio, níquel, grafito natural o silicio para sus celdas) de nuevos materiales más ligeros, como el grafeno, o de componentes de tierras raras, como el neodimio-praseodimio (NdPr), exhiben pronósticos de precios al alza. Un ejemplo: las estimaciones económicas señalan que el valor del NdPr alcanzará los US\$ 100 por kilogramo en 2024, un precio similar al alcanzado en 2011 como resultado de la manipulación de China a sus cuotas de exportación; pero, esta vez, por un déficit de oferta real e inminente. Existen cálculos que indican que solo el desarrollo de la minería secundaria en Chile, esto es, la consistente en el reprocesamiento de relaves y rípios de lixiviación, «podría incrementar el Producto Interno Bruto (PIB) del país en más de un 1 %, si se desarrolla a un nivel del 10 % de la producción total de minas». ⁷ Ello, sin considerar la recuperación de elementos de tierras raras, ni el valor añadido derivado del desarrollo o la participación en sus aplicaciones industriales. La electromovilidad, en efecto, es solo un ejemplo de aplicación de estos minerales, de su potencial y las señales de precio que incentivan a los agentes económicos a ingresar tempranamente a un mercado y/o a los gobiernos a crear o ajustar sus políticas económicas e instrumentos regulatorios (Silvestri y otros, 2021: 1). Si a ello se suma la ventaja relativa de Chile de contar con larga tradición y experiencia mineras, esquemas consolidados de inversión extranjera, yacimientos relativamente accesibles de tierras raras (arcillas superficiales, en la Región del Biobío y tranques de relaves y rípios en el norte), y una política comercial abierta, vinculada tanto a China como a Estados Unidos, la utilidad de invertir tempranamente en un marco regulatorio proclive al procesamiento local de estos elementos versus el costo de oportunidad de no hacerlo es claramente superior.

Preguntas de investigación

Los hechos que constituyen el punto de partida de esta investigación son sencillos: primero, Chile dispone de reservas de tierras raras; y, segundo, a pesar de ello, desde 2016 a la fecha, el *statu quo* normativo no ha dado a luz proyecto alguno del tipo (ni de explotación, ni de procesamiento o separación de elementos).

Así, la primera pregunta que abordará esta investigación y la más amplia es: ¿de qué manera —si la hay— el marco jurídico-económico chileno de exploración y explotación minera comprende la minería de tierras raras? Y, subordinadas a ella: ¿el marco jurídico minero actual sustenta el procesamiento local de estos minerales?

7. «Para fomentar la minería secundaria: Ministerio de Minería firmó convenio con Sernageomin y JRI-Ecometales» (Ecometales, 2018). Disponible en <https://bit.ly/3ymr57R>.

Si la respuesta fuere negativa, ¿qué incentivos jurídico-económicos podrían hacerlo económicamente eficiente y medioambientalmente sustentable?

El problema: miopía jurídica ante mercados mineros emergentes.

La metodología

Las oportunidades que pone de relieve la economía positiva (múltiples aplicaciones y mercados relevantes, buenas perspectivas de desarrollo y señales de precios al alza) contrastan con el inhóspito paraje que presenta la dimensión jurídica, donde es común que la ciencia normativa vaya a la zaga de la positiva. En el caso de la minería de tierras raras en Chile sucede exactamente así.

En efecto, la información disponible sobre esos elementos no solo ha precedido cualquier enunciado normativo, sino que, más aún, ha dejado en evidencia el vacío regulatorio sobre la materia en —al menos— dos precisos aspectos: primero, la inadecuación del marco regulatorio minero convencional para la exploración y explotación de tierras raras; y, segundo, la ausencia de consideración del valor estratégico del procesamiento local de estos elementos en el marco de una visión de política minera de vanguardia tecnológica y de recambio del cobre.⁸

La metodología de este trabajo —entonces— constará de tres etapas: primero, reconocer el componente técnico del tópico, conceptualización, características físicas y su aporte a la ciencia económica (Posner, 2008; Shavell, 2016; Vásquez, 2021), para de esta forma fijar el objeto de estudio, con vistas a confirmar su relevancia económica y estratégica; luego, contrastar las disposiciones jurídico-económicas que actualmente regulan la exploración, explotación y beneficio de minas en Chile; para, finalmente, y reconociendo que en Chile no existe actualmente procesamiento de elementos de tierras raras, utilizar el método comparativo para identificar incentivos al procesamiento local, a partir de tres marcos normativos extranjeros seleccionados: China, Estados Unidos y Australia.

De esta forma, este artículo apunta, por un lado, a reconocer las particularidades de las tierras raras como aspecto ausente de la regulación tradicional, y efectuar un análisis crítico del marco regulatorio vigente de exploración y explotación, que resulta incongruente con la minería contemporánea de estos elementos; y, por otro, a proporcionar estímulos jurídico-económicos que permitan la viabilidad económica y sostenibilidad medioambiental de su procesamiento local.

8. Aunque el recambio pueda no suceder de manera drástica ni inminente, el cobre tiene ya sustitutos más baratos (aluminio) y hasta mejores en sus propiedades (grafeno). La Asociación Internacional del Cobre estima que entre 2020 y 2024 el impacto de suplantación del cobre continuará cerca de las 280.000 toneladas.

Características de la minería de tierras raras: análisis crítico del marco regulatorio minero estándar

El objetivo general de esta sección es develar las particularidades de la minería y procesamiento de tierras raras, contrastándolas con el marco jurídico-económico chileno de explotación de recursos naturales, con el fin de evaluar su idoneidad para la extracción y procesamiento local de estos elementos.

De manera subordinada pero concordante, y que serán objeto de desarrollo en la sección siguiente, sus objetivos específicos son dos: por una parte, proponer un esquema de incentivos jurídico-económicos para el desarrollo de este mercado en Chile (separación local), añadiéndolo a la cadena de valor minera (eficiencia económica); y, por otra, asegurar que tal esquema de procesamiento resulte medioambientalmente sostenible. ¿Qué caracteriza, entonces, a la minería de tierras raras? En primer término, podemos decir que 1) son un grupo de elementos químicos (17, según la Asociación Internacional de Química Pura y Aplicada: 15 lantánidos, más escandio e itrio), metálicos, aunque muchos de ellos se comercialicen como óxidos, y que, de acuerdo a su peso atómico, se clasifican en tierras raras livianas (peso atómico menor y mayor abundancia relativa), pesadas (mayor peso atómico y escasez relativa) e intermedias; 2) pueden confluir en depósitos geológicos de distinta configuración (arcillas absorbentes superficiales de relativa fácil extracción, otros en depósitos de difícil acceso y mayor costo de extracción, e incluso en depósitos de relaves);⁹ 3) a pesar de su atribuida rareza, y con excepción del prometio (Pm), el más escaso del grupo, no son menos abundantes que otros minerales; pero, a diferencia de muchos, sí es raro hallarlos en cantidades suficientes para que su extracción sea económicamente viable, atendido el nivel de inversión que demandan (incluido capital, costo ambiental que originan y formación de capital humano), todo lo cual impulsa la búsqueda constante de nuevos yacimientos o iniciativas de reciclaje de «minería urbana»; 4) los elementos de tierras raras aparecen juntos en la naturaleza, ya que tienen propiedades fisicoquímicas y radios iónicos similares¹⁰, que permiten la presencia de múltiples elementos como componentes menores o mayores de otro mineral, más que presentarse como un elemento independiente; 5) poseen propiedades magnéticas, ópticas, conductivas, específicas, que los hacen únicos y sus aplicaciones críticas para diversas industrias (tecnológica, militar, etc.); 6) los procesos químico-metalúrgicos necesarios para separarlos son complejos y de alto costo; 7) las exigencias ambien-

9. La acumulación de tierras raras tienden a aparecer en rocas ígneas alcalinas, carbonatitas, óxidos de hierro, pegmatitas graníticas, depósitos residuales, arcillas iónicas, depósitos del tipo placer y vetas epitermales (<https://geologiaweb.com/minerales/tierras-raras/>).

10. Todos son iones trivalentes (estado de oxidación +3), con excepción del Ce+4 y el Eu+2 (<https://iupac.org/>).

tales para extraer y/o procesar tierras raras suponen desafíos normativos locales importantes no solo para la viabilidad económica de los proyectos, sino también para la sustentabilidad de la actividad en el largo plazo; y, por último, pero no por ello menos relevante, 8) su minería demanda formación de capital humano especializado, lo que lleva tiempo y costos asociados relevantes.

Desde el punto de vista económico, China consume algo más del 60 % de la producción mundial de tierras raras, seguido por Japón. La Universidad de Geociencias de China es la organización académica que lidera el estudio de estos elementos y ha llevado a cabo proyectos de modificación legal y administrativa para beneficio de la minería del gigante asiático, entre ellos, el estudio sobre el régimen legal de concesiones de exploración minera, llevado a cabo en 2016 por la Facultad de Administración Pública de esa casa de estudios, a instancias del Ministerio de Tierras y Recursos de China y el Centro de Registro de Bienes Raíces de ese país (Huan y Tu, 2016). A su vez, los ministerios de Industria y Tecnología de la Información y de Recursos Naturales de China son los que determinan la cuota de producción minera de tierras raras, que actualmente es gestionada por al menos siete compañías mineras, de las cuales las dos más importantes son Zhejiang Huayou Cobalt Co. Y China Molybdenum Co. Ltd. Su influencia es tal que, entre 2010 y 2013, por ejemplo, las maniobras restrictivas a la producción local y ventas al exterior elevaron drásticamente el precio internacional de los concentrados de óxidos de tierras raras. Más recientemente, desde marzo de 2020, con motivo de la pandemia por SARS-CoV-2 y las medidas de confinamiento y restricciones comerciales y económicas asociadas, la demanda por tecnología se disparó y también lo hicieron los precios de estos elementos, que en menos de un año acumularon un alza de 218 %.

Además de ser el mayor consumidor, China es también —por lejos— el mayor productor, alcanzando unas 168 mil toneladas métricas de óxido de tierras raras en 2021, de las cuales, el 88 % se exportó a solo cinco países, todos con una fuerte industria tecnológica: Japón (36 %), Estados Unidos (33,4 %), Países Bajos (9,4 %), Corea del Sur (5,6 %) e Italia (3,5 %). Durante enero y junio de ese año, eso sí, el gigante asiático tomó la decisión estratégica comercial de rebajar su cuota de producción a 84.000 toneladas métricas; periodo en el que, además, y en el marco de disputas comerciales con Estados Unidos, deslizó la posibilidad de imponer controles a la exportación de estos materiales.

Estados Unidos, por su parte, es el tercer consumidor (tras China y Japón) y segundo productor de tierras raras en el mundo, con una cifra levemente superior a las 43 mil toneladas métricas anuales, además de poseer —según estimaciones— reservas cercanas a 1,5 millones de toneladas métricas. Sin embargo, el país de Norteamérica cuenta con un solo yacimiento operativo con planta de procesamiento: Mountain Pass, en California, de propiedad de MP Materials Corp., una de las tres compañías estadounidenses de importancia global en esta industria y que, por sí misma, produ-

ce el 15 % del suministro mundial. La Asociación de Materiales Magnéticos de Estados Unidos ha puesto de relieve esta carencia e insiste en que el desarrollo de una industria procesadora local de tierras raras —no dependiente ni del suministro ni de separación por fuentes chinas— debería ser un objetivo estratégico de corto plazo para ese país, sobre todo teniendo en consideración la demanda que presentaron ante la Organización Mundial del Comercio en 2009 contra China, por sus restricciones a las exportaciones de minerales considerados estratégicos (American Chemistry Council, 2014).

Precisamente para impulsar la producción regional y contrarrestar el dominio chino del mercado, el Departamento de Comercio de Estados Unidos lanzó un programa para ayudar a compañías mineras y fabricantes de baterías estadounidenses a expandirse hacia Canadá, y en 2021 se introdujo en el Congreso un proyecto de ley que permite la total recuperación tributaria de costos de operación permanentes de activos empleados en la «extracción, recuperación o reciclaje de ciertos minerales y metales críticos dentro de los Estados Unidos», así como el de inmuebles (no residenciales) usados en la extracción de dichos metales. Aún más, el proyecto permite también la deducción tributaria del 200 % del costo de compra o adquisición de minerales y metales críticos extraídos de depósitos situados en ese país. Además de ser uno de los mayores productores,

Australia, en tanto, posee reservas relevantes de tierras raras y —como Estados Unidos— comprende la necesidad de colaborar con otros países para el desarrollo de yacimientos más accesibles y económicamente rentables. Lynas Rare Earths Ltd. es su compañía más importante; sin embargo, el marco legal de ese país favorece de tal forma la prospección y explotación minera que, por ejemplo, uno de sus competidores, la compañía Vital Metals, se prepara para iniciar la operación de su proyecto de tierras raras «Nechalacho», lo que le convertiría en el primer productor de elementos de tierras raras en Australia. En 2021, el gobierno de ese país, además, creó la iniciativa «instalación de minerales críticos» y la proveyó de AUS\$ 2.000 millones para su desarrollo. Su objetivo es asistir financieramente a proyectos alineados con la estrategia de minerales críticos australiana; en el fondo, un programa de subvenciones destinado a superar las brechas de financiamiento privado inicial.

Tierras raras en Chile

En nuestro país, como se adelantó, no existen a la fecha proyectos operativos de extracción directa de tierras raras. Sin embargo, la viabilidad de reprocesar rípios y relaves de cobre adquiere —cada día— un interés económico creciente (Comisión Chilena de Energía Nuclear, 2019).

Dicho lo anterior, ¿es el marco regulatorio minero de Chile proclive al desarrollo de una actividad minera tan particular y económicamente promisorio como la de tierras raras?

La Constitución, la Ley 18.097 orgánica constitucional sobre concesiones mineras, el Código de Minería, la Ley 19.300 sobre bases generales del medio ambiente, y otros cuerpos normativos, como el Decreto Supremo 248, establecen el marco regulatorio básico de interés a nuestro tópico, al establecer los requerimientos y procesos a que deben someterse los proyectos de exploración o explotación minera.

En este orden de cosas, la Constitución establece el marco normativo fundamental de la actividad minera en Chile. Su primera premisa es que el Estado es el dueño absoluto, exclusivo, inalienable e imprescriptible de todas las minas, comprendiéndose en estas —por ejemplo— las arenas metalíferas; pero exceptuando expresamente a las arcillas superficiales, cuyo dominio pertenece a las personas naturales o jurídicas propietarias de los predios en que estuvieren situadas.¹¹ Esto es de extraordinaria importancia para el potencial desarrollo de la minería primaria de tierras raras en nuestro país, porque los mayores depósitos de estos elementos presentan cierta predisposición geológica a aparecer en arcillas superficiales (como en China y Australia; o Cabrero, en nuestro país), sobre las cuales la Constitución chilena excluye expresamente de su dominio al Estado.

Aún más, en su artículo 3, inciso final, la Ley 18.097 sobre concesiones mineras prescribe que «no se consideran sustancias minerales las arcillas superficiales», lo que naturalmente concuerda con la disposición constitucional, pero no soluciona el problema jurídico de la propiedad minera de elementos de tierras raras (metales) no separados de las arcillas superficiales que los contienen. En otros términos, y cuando son directamente aplicables a la construcción, las arcillas superficiales, las arenas y rocas, se excluyen de la calidad de riqueza mineral y del alcance del artículo 16 de la Ley 18.097, que trata de no concesibles a sustancias que sí son consideradas riquezas minerales, siendo el problema jurídico que aquí interesa, en cambio, el de dominio minero de elementos de tierras raras (metales) no separados de las arcillas superficiales que les contienen y que resultan ineptas para su aplicación directa en construcción. Adicionalmente, la cuestión de si estos minerales se encuentran en la arcilla superficial o, bien, en las entrañas de un predio, es una cuestión de hecho; pero resulta innegable el que se podría derivar también en una controversia judicial reivindicatoria de dominio estatal o privado. Ambas hipótesis de conflicto jurídico (y económico, por extensión) convendría zanjarlas normativamente de manera previa y directa en la Constitución.

Prueba de lo anterior es que, en teoría, la regla del artículo 16 de la Ley 18.097, por la cual «la circunstancia de que un yacimiento contenga sustancias no concesibles no

11. De acuerdo con el artículo 19 número 24 inciso sexto de la misma norma constitucional, naturalmente, los predios superficiales quedan sujetos a las obligaciones y limitaciones que la ley establezca para facilitar la exploración, la explotación y el beneficio de las minas (de propiedad del Estado) situadas en sus entrañas.

obsta a la constitución de concesión minera respecto de las sustancias concesibles existentes en el mismo yacimiento», es jurídicamente apropiada, pero, en la práctica, resulta letra muerta si la separación de las sustancias concesibles (tierras raras) y no concesibles (arcillas superficiales) jamás se lleva a la práctica.

Queda en evidencia, entonces, el divorcio jurídico-económico de una regulación estándar que no cubre en toda su amplitud las particularidades de la minería de tierras raras. En resumen, desde la primera premisa normativa (de jerarquía constitucional), parece necesario reconocer —entonces— la particularidad de los depósitos geológicos de estos minerales y, en su virtud, proponer un ajuste a la excepción constitucional de dominio estatal sobre arcillas superficiales que los contengan; naturalmente, con los debidos resguardos compensatorios al titular del predio de arcillas superficiales con elementos de tierras raras, tanto si estas pueden o no aplicarse directamente a la construcción o, en otros términos, si albergan o no riqueza de minerales concesibles.

Una segunda premisa normativa es que sea una ley orgánica constitucional (la Ley 18.097) la que determina las sustancias concesibles,¹² es decir, aquellas que pueden ser objeto de concesiones mineras de exploración o de explotación. Al respecto, y de manera suficientemente genérica, en su artículo 3 inciso segundo, la ley indica que son concesibles «todas las sustancias minerales metálicas [...] en cualquier forma en que naturalmente se presenten». La norma no supondría problema para la minería de tierras raras si, como ya se explicó, no colisionara con aquella que considera sustancias no minerales a las arcillas superficiales. Afortunadamente para esta minería, en su inciso tercero del mismo artículo, la ley orgánica sí permite la concesión de sustancias minerales «contenidas en desmontes, escorias o relaves, abandonadas por su dueño [...] junto con las demás sustancias minerales concesibles que pudieren existir en la extensión territorial respectiva». Dado el requisito de «abandono por su dueño», resalta el problema crítico sobre la titularidad de la propiedad minera, tanto de las sustancias minerales (tierras raras) contenidas en tales residuos, como el de la propiedad misma sobre los desmontes, escorias o relaves y el área de sustrato.

Una tercera premisa constitucional, esta vez derivada de la propiedad estatal sobre los yacimientos mineros, es que la actividad de exploración, explotación o beneficio de sustancias minerales concesibles ha de satisfacer un interés público, con independencia de que sea el Estado el que directa y exclusivamente las desarrolle (a través de empresas públicas, por ejemplo) o con intervención de la empresa privada (mediante empresas en que el Estado tenga participación u otros mecanismos de asociación

12. La Ley 18.097 establece como sustancias no concesibles a los hidrocarburos líquidos o gaseosos, el litio, los yacimientos de cualquier especie existentes en las aguas marítimas sometidas a la jurisdicción nacional, ni los yacimientos de cualquier especie situados, en todo o en parte, en zonas que, conforme a la ley, se determinen como de importancia para la seguridad nacional con efectos mineros.

público-privada, como *joint ventures* nacionales o extranjeros)¹³, y a través de mecanismos jurídicos de efectos diversos (directos, como el proceso judicial de constitución de concesiones mineras; o indirectos, como son las causales de caducidad por incumplimiento de sus requisitos o la simple extinción del dominio sobre la concesión, por mencionar algunos). Esos difieren de los mecanismos que la propia Constitución establece para la exploración, la explotación o el beneficio de yacimientos que contengan sustancias no susceptibles de concesión, como por ejemplo el litio.¹⁴

Un análisis crítico de esas disposiciones parece justificar las diferencias entre los mecanismos jurídicos de uno y otro régimen en la dispar valoración estratégica de yacimientos de sustancias concesibles o no concesibles, en el menor o mayor control ejercido por el dueño de las minas y en la existencia o no de la garantía constitucional de dominio sobre el mecanismo específico de gestión empleado; esto último, pues solo a los concesionarios mineros asiste dicha garantía, producto de que su derecho se ha constituido siempre por resolución judicial, en un procedimiento seguido ante tribunales ordinarios de justicia, en tanto que las prerrogativas de otros gestores mineros solo dependen de un vínculo administrativo.

Desde el punto de vista jurídico-económico, lo anterior debería bastar para inclinar el interés del minero de tierras raras hacia el régimen concesional estándar, porque proporciona el mayor grado de seguridad jurídica a potenciales inversionistas, quienes, por añadidura, hacen suyos los minerales concesibles con motivo de sus faenas de exploración, explotación o beneficio (Ley 18.097, artículo 10, número 3, y artículo 11, números 1 y 2).

No obstante lo anterior, un enfoque de interés público (dado el carácter estratégico atribuido a las tierras raras) y de orden público-económico (regulación), podrían justificar la inclusión de yacimientos de estos elementos como de «importancia para la seguridad nacional» o «mineral crítico» (Galdámez Zelada, 2021); o que, como dice expresamente el artículo 19 número 24 inciso décimo de la Constitución, la ley declare sus productos «de valor estratégico» y, con ello, canalizar las faenas mineras bajo el régimen de las sustancias no concesibles. En efecto, la hipótesis de concesionar la exploración, explotación o beneficio de tierras raras por simple vía administrativa por el Estado, se podría fundar en tratarse de sustancias de interés para la seguridad nacional. De esta forma, debería excluirse la participación de cualquier particular que tramitare su solicitud de concesión minera ante el juzgado competente y otorgarse el derecho a través de procesos administrativos reglados y transparentes de

13. Ley 18.097, artículo 5 inciso cuarto.

14. En estos casos (sustancias no susceptibles de concesión), las faenas mineras podrán ejecutarse directamente por el Estado o por sus empresas, o por medio de concesiones administrativas o de contratos especiales de operación (CEO), con los requisitos y bajo las condiciones que el Presidente de la República fije, para cada caso, por decreto supremo.

licitación pública, posiblemente dirigidos a participantes experimentados, tecnológicamente capaces, financieramente responsables y que comprometan el cumplimiento del interés público involucrado, ya sea a través del pago de un *royalty*, participación en utilidades, tributación directa o indirecta, transferencia de tecnología u otros mecanismos que apunten a dicho propósito.

La idea detrás de sugerir un cambio en el régimen de gestión de la minería de tierras raras, considerándoles sustancias no concesibles, es, en el fondo, una forma de priorizar el interés público sobre el beneficio privado; aunque sea discutible económicamente que uno u otro mecanismo suponga —en realidad— una mejor forma de «proteger» recursos finitos. Entonces, el asunto crucial resulta ser determinar qué régimen asegura mejor la sostenibilidad del recurso, su máxima eficiencia económica y la consecución del bien común.

Sobre la sostenibilidad ambiental de proyectos mineros relacionados con tierras raras bajo la Ley 19.300, vale destacar que toda iniciativa involucra obras, instalaciones y actividades vinculadas, que se asocian, a su vez, a listados de obligaciones y permisos que contemplan el Código de Minería y otras leyes y reglamentos, según corresponda. Pero, además, algunos de estos procedimientos deben pasar por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Pues bien, en el caso de los sistemas de tratamiento, disposición y/o eliminación de residuos peligrosos, por ejemplo, la labor implica 65 obligaciones normativas y cinco permisos asociados; así también deben someterse al sistema de evaluación ambiental los botaderos de estériles o de acumulación de minerales de proyectos de más de 5.000 toneladas al mes, lo que supone 56 obligaciones normativas y 19 permisos asociados.¹⁵ En resumen, la promoción y desarrollo de la minería de tierras raras implicaría cambios constitucionales, legislativos y reglamentarios. En cuanto al marco legislativo requerido, se debería abordar el seguimiento del proceso completo de constitución de las concesiones (administrativas o judiciales, según el régimen que se determine apropiado), el particular ciclo minero de estos elementos (especialmente en su fase de exploración), y sus implicancias medioambientales, así como el acceso abierto e incentivos de mercado a la competencia, la participación o retribución al Estado sobre las utilidades cuando así se estipule en las bases de licitación respectiva (si se estiman las tierras raras no concesibles), esquemas licitatorios robustos, transparentes y preventivos del riesgo de perder cuotas de mercado, y tratados comerciales estratégicos que impulsen el intercambio y premien las cadenas de valor.

La segunda faceta del problema es, concretamente, que el modelo de la minería tradicional chilena sigue siendo en gran medida extractivo-exportador, no abordando

15. Ministerio de Minería (2022). «Repertorio de permisos y obligaciones normativas para un proyecto minero». Disponible en <http://sisnor.minmineria.cl/Oias/index>.

do aún de una manera significativa el procesamiento de materiales y, con ello, tampoco la adición de valor que —en la mayoría de los casos— se lleva a cabo fuera de las fronteras de Chile.

En este sentido, y en relación con la minería secundaria de tierras raras, es relevante analizar el Plan Nacional de Depósitos de Relaves lanzado por el Ministerio de Minería en julio de 2020, y que se sustenta en tres pilares: seguridad de la población, medio ambiente y economía circular e innovación. Cada pilar tiene asociado un plan de acción específico, con distintos programas y herramientas de desarrollo. Específicamente, el último pilar (de economía circular e innovación) apunta a «fomentar el reprocesamiento y reutilización de depósitos de relaves, creando oportunidades económicas y promover la investigación e implementación de nuevas tecnologías».¹⁶

A la fecha existen en Chile 757 tranques de relaves mineros. De estos, aproximadamente el 14 % se encuentran activos, el 63 % inactivos y el 23 % abandonados (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2018).¹⁷ Y todos ellos representan potencial para el reprocesamiento de elementos tierras raras.¹⁸ El procesamiento local de los residuos, aunque particular y progresivamente relevante para la minería circular de nuestro país, exige, a la vez, un diseño normativo ambiental de precisión, dado que la separación de elementos de tierras raras no está exenta de generar residuos contaminantes para el aire, agua y suelo de los alrededores (Kyriakopoulos, 2021: 4). Para impulsar el reprocesamiento, el plan de depósitos de relaves implicaría introducir modificaciones a la Ley 20.551, sobre cierre de faenas e instalaciones mineras, y a los decretos supremos 248 y 132, sobre requisitos de proyectos nuevos y seguridad minera, respectivamente, con el fin de regular nuevos usos de depósitos de relaves, escorias, rípios de lixiviación y descartes, entre otros, como materias primas para reprocesamiento, en particular, así como para investigación, desarrollo e innovación relacionada.

En resumen, dado que las propiedades características de los elementos de tierras raras determinan la inadecuación de la norma fundamental sobre propiedad minera, de su naturaleza jurídica en cuanto sustancias concesibles y de su consiguiente régimen concesional, sumado a que su reprocesamiento —con los procedimientos de la minería convencional— sea hoy en Chile inusual, difícil y cara (por inversión

16. Ministerio de Minería y Servicio Nacional de Geología y Minería. *Plan Nacional de depósitos de relaves*. Disponible en <https://bit.ly/3OqWlbd>.

17. En octubre de 2021, más de 25 organizaciones ambientales y comunidades indígenas de Arica y Parinacota emplazaron al servicio pidiendo de manera formal y pública la actualización del número de relaves en esa zona (Contraloría General de la República, informe final de auditoría 223-19, junio de 2019. Disponible en <https://bit.ly/3bCqXZi>).

18. ¡Error! Referencia de hipervínculo no válida. Según el Ministerio de Minería son más de 15 mil millones de toneladas de relaves, cinco mil millones de toneladas de rípio, 100 millones de toneladas de escoria, y 10 mil toneladas de botaderos de estériles.

en tecnología y capital humano que requiere), sostenemos la ineptitud del marco jurídico-económico minero estándar chileno actual para abordar la exploración y explotación de tierras raras y, en concreto, la de su procesamiento local de manera económicamente eficiente y ambientalmente sustentable.

Propuesta de estímulos jurídico-económicos al procesamiento local de tierras raras para potenciar la cadena de valor minero

La implementación de proyectos de tierras raras representa para Chile una oportunidad de explotar recursos que posee y hacerlo tempranamente en un ambiente de —aún— reducidos competidores, de ingresar a un mercado con expectativas de alto retorno sobre la inversión, vinculado además a industrias intensivas en tecnología, le permitiría al país diversificar su minería no solo ampliando su cartera de productos, sino, además, posibilitando el desarrollo de proyectos en regiones tradicionalmente no mineras, fomentando la mediana minería, impulsando la economía circular a través del reprocesamiento local de pasivos ambientales y sumando valor a la cadena productiva.¹⁹

Para avanzar en este propósito y esclarecer qué podría suceder con una reforma regulatoria que reconozca las características atípicas de la minería de tierras raras, por una parte, y responder a las necesidades de inversión en innovación tecnológica que hagan posible la separación local de estos elementos, por otra (en definitiva, abordar la situación económica y normativa deseable en nuestro país), ¿podemos aprender algo sobre incentivos jurídico-económicos a esta minería de la experiencia internacional comparada? Para ello, analizaremos la situación de China, Estados Unidos y Australia.

Incentivos jurídico-económicos en China. El precio del éxito

El interés chino sobre la minería de tierras raras se remonta a 1952 y 1963, años en que el gobierno fundó dos institutos de investigación afines. Sin embargo, el reconocimiento del valor estratégico y sus aplicaciones industriales se cristalizó en el VII Plan Nacional Quinquenal para la Industria de Tierras Raras (1986-1990), que estableció como prioridad «desarrollar la investigación y producción de aplicaciones de tierras raras y nuevos materiales (como imanes permanentes y láseres) para consumo interno y exportación» (Huan y Tu, 2016).²⁰ Desde entonces, la inversión en investigación de tierras raras y sus aplicaciones ha sido creciente.

En la actualidad, es el Ministerio de Industria y Tecnología Informática el encar-

19. Comisión Chilena del Cobre (2016). *Situación actual del mercado de tierras raras y su potencial en Chile*. Dirección de Estudios y Políticas Públicas 15/2016. Disponible en: <https://bit.ly/3NpiWEa>.

20. Véase también Calvo, 2021; Ma y Li, 2021; Wübbecke, 2013.

gado de llevar adelante la política industrial china en la materia.²¹ Muy recientemente, tres empresas productoras chinas y otras dos firmas de investigación se fusionaron para dar origen a China Northern Rare Earth High Tech Co., una nueva empresa estatal, dependiente del Consejo de Estado Chino y que opera bajo la supervisión de la Comisión de Supervisión y Administración de Activos de Propiedad Estatal de China.

En 20210, y tras un incidente marítimo internacional (Burnay y Wouters, 2016), China prohibió la exportación de tierras raras a Japón e impuso cuotas a las exportaciones de estos elementos al resto del mundo, lo que afectó especialmente a Estados Unidos, Europa y Australia. Estas restricciones no solo llevaron a las nubes los precios internacionales de los minerales relacionados, sino que, como era de esperar, el alza en su valor atrajo a nuevos interesados en su explotación. De esta «crisis de tierras raras», China aprendió una gran lección económica: abusar de su posición dominante, restringiendo la oferta o manipulando demasiado los precios (al alza), menoscaba su propia posición en el mercado internacional.

Desafortunadamente, una lección muy diferente sigue pendiente: la medioambiental. Lo cierto es que los mercados críticos de explotación y procesamiento de tierras raras que le han dado una posición mundial dominante, lo han hecho a expensas de un altísimo costo medioambiental (Knapp, 2016: 11; Yang y otros, 2018; Liu, 2019). En efecto, la producción de tierras raras genera emisiones de dióxido de carbono (CO₂), desechos radiactivos y otros contaminantes dañinos para la salud humana y la naturaleza. El dominio chino sobre esta industria se asienta en una producción que se beneficia de una enorme diferencia entre un relativo y artificialmente bajo costo interno de extracción (fijo y variable), que omite pasivos ambientales, como destrucción de capa vegetal, afectación grave de ecosistemas, pérdida de biodiversidad, producción de aguas residuales y depósitos de relaves, contaminación de tierras y de cursos de agua superficiales y subterráneos (Martin e Iles, 2021), y el precio internacional de las tierras raras sostenido por la creciente demanda de países con industrias tecnológicas consolidadas y regulaciones medioambientales altamente restrictivas.

China se defiende señalando que cumple con altos estándares de producción internacional y que sus regulaciones de protección ambiental han mejorado sustancialmente, sobre todo teniendo a la vista su carácter de principal emisor de CO₂ y su objetivo de ser carbono neutrales para 2060; pero que la minería ilegal de estos elementos (de la que ha sido acusado el gigante asiático) los afectaría de igual o peor forma que al resto de los países. Sus críticos sostienen, en cambio, que esgrimir extracción, producción y venta ilegal de elementos críticos es solo una feble excusa para justificar controles del suministro (la oferta) y manipular los precios, como ha venido sucediendo desde 2019.

21. En Chile, el paradigma de la gestión estatal de empresas se inició con el Decreto Ley 1.167, de 1976, que consolidó la nacionalización del cobre.

La experiencia China, en resumen, pone de relieve la importancia de la investigación y desarrollo focalizada en objetivos identificados como estratégicos, y en la que se invierten recursos de acuerdo con sus resultados. Asimismo, destaca el régimen de propiedad de los recursos y su explotación directa a través de empresas estatales de giro variado, pero capaces de evolucionar hacia grupos o asociaciones colaborativas; no obstante, sujetas igualmente a control directo del gobierno. Esta misma configuración jurídico-económica es la que arroja un manto de dudas sobre la verdadera existencia de una minería «ilegal» de tierras raras en China y que —como sostiene la información oficial desde Beijing— causaría un efecto distorsionador de la oferta en el comercio internacional de tierras raras (Zeng, 2010: 651); aunque su predominio en el mercado mundial y el potencial uso de las tierras raras como arma comercial resulte —según sus críticos— evidente.

Incentivos jurídico-económicos en Estados Unidos. Suministro y costo de las decisiones

Antes que todo, y para entender la experiencia de este país en esta industria, es bueno recordar que Estados Unidos, aunque posee materia prima propia, aún hoy depende de la cadena de suministro china de tierras raras procesadas (Barteková y Kemp, 2016: 152).

Dicho esto, la situación estadounidense presenta dos facetas: una interna, en que su marco normativo alienta la minería de tierras raras a través de subsidios federales, que los estados con reservas de estos minerales tienen a su disposición y emplean para explorar y explotarlos, y, al menos desde 2020, también para promover el procesamiento local de estos minerales; y una segunda faceta externa, en que este mismo marco normativo ha ido evolucionando desde una postura comercial neutra, pasando luego por reconocer la dependencia de suministro exterior, hasta una posición hoy decididamente antagonista hacia China y selectiva en cuanto a proveedores.

En cuanto a la faceta interna, del esquema de subsidios se han beneficiado tanto empresas locales (MP Materials Corp., por ejemplo) como extranjeras; aunque ninguna de ellas china. Vale la pena consignar que el retraso de Estados Unidos en la minería de tierras raras se debe a una decisión política, motivada en parte por una presión conservacionista que critica fuertemente el impacto medioambiental de la explotación de estos minerales.

A nivel externo, en tanto, los términos de intercambio comercial y paridad cambiaria discurrieron por cauces normales, lo que permitió un primer momento de suministro seguro de tierras raras procesadas para la industria tecnológica y de defensa de Estados Unidos. Pero con el correr del tiempo y el inicio de escaramuzas comerciales con China, sumado al enorme déficit fiscal acumulado de Estados Unidos, el Departamento de Defensa de ese país se ha esforzado por asegurar la cadena nacional

de suministro, creando una reserva nacional de tierras raras..., paradójicamente, que compra a China. Sin embargo, recientemente se presentó un proyecto de ley²², que obligaría a los contratistas de defensa a dejar de comprar tierras raras a China para 2026, y a que el Pentágono cree una reserva permanente de estos minerales estratégicos, apoyando con esto el reprocesamiento local. La iniciativa circunscribe su ámbito de aplicación a la industria de Defensa y, *más concretamente*, a los sistemas de armas, mas no a otros equipamientos militares ni a otras industrias, como la aeroespacial. No obstante, esta misma razón restrictiva genera rechazo, dado que, a diferencia de los incentivos de subsidios, no ofrece ningún apoyo directo a mineros o procesadores de tierras raras de Estados Unidos.

En resumen, de esta experiencia temprana podemos aprender el costo de una decisión política miope a consideraciones estratégicas de largo plazo; y, de la actual, tanto el valor de una política de subsidios para alentar la iniciativa privada, como el del poder de los incentivos basados en la demanda y aplicados a mercados focalizados y gestionados a través de procesos licitatorios de contratos de suministro diversificados. Así, entonces, entendemos que el núcleo de la política actual de Estados Unidos en materia de tierras raras no es tanto comercial (esto es, dirigida a su equilibrar su balanza), sino para garantizar la seguridad nacional.

Incentivos jurídico-económicos en Australia.

Investigación sustentable y financiamiento

Australia es el segundo mayor productor de tierras raras del mundo, con el 13 % de la producción global. País de tradición minera, cuenta con importantes yacimientos de estos minerales en el norte (Proyecto Nolans) y en la zona más occidental del territorio (los depósitos Mount Weld y Browns Range), además de reservas aún no explotadas de grafito en las regiones del sur, lo que se explica porque solo China posee la tecnología y la escala industrial suficiente para purificarlo en grafito.

A diferencia de Estados Unidos, y en parte por su posición insular e idiosincrasia, la política australiana ha considerado siempre riesgoso el contar con una sola cadena de suministro para cualquier producto, y las tierras raras no han sido la excepción (Riddle y otros, 2021). Pero, no obstante poseer reservas y capacidad técnica, la gran crítica del sector privado sigue siendo que —al menos económicamente— el riesgo de inversión permanece demasiado alto para que el sector privado se involucre sin ayuda fiscal. Debido a ello, el gobierno australiano y grupos industriales privados han incentivado (mediante una mezcla de financiamiento de capital de riesgo y deuda) la

22. Proyecto de ley «Restoring essential energy and security holdings onshore for rare earths act of 2022», presentado al Senado de Estados Unidos el 14 de enero de 2022. Disponible en <https://bit.ly/3byhYYY>.

creación de empresas como EcoGraf Limited, la primera procesadora local de grafito. Adicionalmente, el Estado ha invertido US\$ 125 millones para explorar dos corredores que atraviesan de norte a sur todo el territorio australiano, en búsqueda de nuevos yacimientos de tierras raras.

Como China, Australia también confiere mucha importancia a la inversión en investigación y desarrollo. A través de fondos competitivos gestionados por la Agencia Nacional de Investigación Científica Aplicada (CSIRO, por sus siglas en inglés) y la agencia pública Geoscience Australia, se han creado —entre universidades y empresas privadas— redes de investigación aplicada dedicadas a la búsqueda de nuevos métodos de procesamiento de tierras raras medioambientalmente sostenibles, nuevos materiales y aplicaciones industriales derivadas de ellas, entre sus principales líneas de trabajo. Por último, tanto Australia como Estados Unidos forman parte del foro Quadrilateral Security Dialogue, formado además por India y Japón, y que busca —entre otros objetivos— el intercambio periódico de información estratégica entre sus miembros y el fomento de la cooperación en diversos ámbitos, incluido el financiamiento de nuevas tecnologías críticas de producción y proyectos de desarrollo de tierras raras, así como instar por la elaboración de normas internacionales en el área (Pinto, 2021).

En resumen, el marco de desarrollo australiano, aunque aún en desarrollo, reúne aspectos valorables y potencialmente replicables, como son su ambicioso plan de exploración nacional y las asociaciones público-privadas para investigación y crecimiento.

Chile. Seguridad jurídica, investigación y desarrollo, y economía circular

Reconocidas las potenciales reservas de nuestro país, la oportunidad económica que supone explotar tierras raras y la cuota de responsabilidad que cabe a la parálisis normativa, ¿cómo alentar —entonces— el desarrollo de esta minería en Chile?

Un primer estímulo jurídico-económico a la explotación de estos minerales debería estar puesto en abordar constitucionalmente la cuestión sobre propiedad, pues contribuye a la seguridad jurídica que demandan los proyectos de ese carácter. Como vimos, la Constitución reconoce el dominio del Estado sobre todas las minas,²³ pero no así sobre las arcillas superficiales, particularmente aquellas ineptas para su aplicación directa en construcción y donde predominan depósitos de tierras raras. Al respecto, consideramos que la Carta Fundamental debería eliminar esta excepción

23. Sobre este respecto, una parte de la doctrina sostiene que el dominio originario de las minas establecido en la Constitución es de carácter público-especial; mientras que, para la otra parte, lo sería de carácter patrimonial, atendidas las características del dominio del artículo 19 número 24 inciso sexto de la Carta Fundamental.

de dominio privado o, bien, introducir una cláusula especial en caso de existir en ellas este tipo de minerales. Naturalmente, también sería posible estudiar una ley de quorum calificado para determinar, por ejemplo, cuando concentraciones de tierras raras o leyes de mineral suficientes pudieran gatillar el dominio estatal de tales arcillas (por sobre el dominio privado). Reiteramos aquí, en todo caso, la pertinencia de dar debida compensación al titular del predio que albergue arcillas superficiales con tierras raras (estimadas suficientes, por ejemplo), por el daño efectivamente causado.

Por otra parte, en cuanto a reprocesamiento de relaves, los incentivos jurídico-económicos deberían concentrarse en modificaciones al Decreto Supremo 248, que dicta las reglas para la aprobación de proyectos de diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relaves. De hecho, el proyecto nacional de relaves lanzado en 2020 propuso ciertas reformas, entre ellas, modificaciones al Decreto Supremo 248; reformas que a fines de 2021 se hallaban en toma de razón por la Contraloría General de la República. Sin embargo, la propuesta de cambios que efectúa es de carácter general: postula mejoras al proceso estándar de permisos de construcción y gestión de relaves, incluidos los proyectos de reprocesamiento o explotación de relaves; pero no modificaciones específicas que favorezcan la recuperación de elementos de tierras raras; aunque tratándose una norma de ejecución reglamentaria, tampoco cabría esperarlo si la ley a que se remite no lo hace, aunque —en sí— ejemplifique la carencia que tratamos.

Una mirada crítica a dicha propuesta, además, advierte vacíos vinculados al procesamiento de relaves y la protección medioambiental. En efecto, el artículo sexto consagra el principio de uso mínimo de recursos naturales para el desarrollo minero sostenible. Sin embargo, lo restringe a la selección de tecnologías de tratamiento de relaves, siendo discutible su aplicación al reprocesamiento, uso completamente distinto al de «tratamiento», que solo apunta a la desactivación de un pasivo ambiental, mas no a la recuperación de valor.

A mayor abundamiento, la propia definición reglamentaria de «operación» de un depósito de relaves adolece de una falta de previsión similar con respecto al reprocesamiento. La propuesta reglamentaria entiende por aquel «todas las acciones o actividades que tienen por finalidad materializar y mantener el proyecto de depósito de relaves. La operación ocurre en todas las fases de la vida de un depósito de relaves, desde la construcción, el transporte, la disposición de relaves, el monitoreo y el cierre del depósito», sin contemplar expresamente el reprocesamiento. Esto puede explicarse porque, en su artículo 1, la misma propuesta reglamentaria circunscribe su objetivo de «asegurar la estabilidad física y química del depósito en todas sus etapas de construcción, operación y cierre, resguardando por la seguridad de las personas, del medio ambiente y la infraestructura». De esta manera, las implicancias de los dos ejemplos precedentes resultan inconsistentes con la propia definición de «reprocesamiento» de la propuesta («todo proceso físico, químico y/o biológico que se aplica

sobre un depósito de relaves con la finalidad de la recuperación de minerales metálicos u otros usos de los materiales almacenados»), porque no se ajusta plenamente ni al concepto de tratamiento ni al de operación, por estar ambos restringidos en su finalidad (estabilidad física y química del depósito) y herramientas (selección de tecnologías).

Continuando con el análisis crítico, pero esta vez desde una óptica inversa, se advierte también que otras falencias de la modificación reglamentaria propuesta podrían considerarse incentivos indirectos al reprocesamiento de relaves en busca de tierras raras. En efecto, el artículo 12 de la propuesta trata de las funciones que tendría el Servicio Nacional de Geología y Minas, y sus números 2 y 7 le facultan para revisar, fiscalizar y hacer cumplir todo lo referente a diseño, construcción, operación y seguridad minera de los relaves (el artículo 2), así como a aprobar o rechazar, fundadamente, formas o tecnologías nuevas para el depósito de relaves no descritas en el reglamento, bajo ciertos parámetros (el artículo 7). Como es posible colegir, la formulación de la primera función coadyuva al incluir la «operación» de un relave sin referencia alguna al uso de reprocesamiento; mientras que la segunda, precisamente por no requerir aprobación del órgano estatal, podría dar a entender que permite nuevas formas o tecnologías de reprocesamiento de tierras raras, si es que estas no tienen incidencia alguna en el depósito mismo de los relaves.²⁴ Lamentablemente, esta interpretación favorable se estrella con el principio de legalidad de derecho público.

En la búsqueda de incentivos a la minería secundaria de tierras raras, y aunque el reproche deba reconducirse —en justicia— a la ley que le da origen, la propuesta de cambios reglamentarios en trámite resulta no solo insuficiente, sino también inconsistente, al no ajustar debidamente —como se ha demostrado— sus propias definiciones de tratamiento, operación y reprocesamiento. La importancia de esto reside en que, al reprocesar un residuo como recurso se recupera valor económico, y esta forma de minería secundaria es hoy prácticamente nula en nuestro país, donde no alcanza siquiera al 1 % de la industria total; mientras que en otros países llega a representar hasta el 30 %. Claramente, la actividad jurídico-normativa no se ha involucrado lo suficiente en revertir esta situación, y menos aún en lo relativo a la recuperación de elementos de tierras raras en depósitos de relaves.

Tras cualquier incentivo a una conducta económica deseable está la idea de reducir una brecha de eficiencia; en otros términos, de acotar el problema económico mediante el uso racional y sustentable de recursos escasos. Lo que algunos esperan es que esto salga gratis, pero, lamentablemente, aún los incentivos tienen un costo. No obstante, para los entusiastas de la actividad del Estado, en la minería de tierras raras

24. No obstante que, en el estado actual de la propuesta, el reprocesamiento de relaves requeriría autorización previa del Servicio Nacional de Geología y Minería si no lo hubiera contemplado el proyecto de depósito aprobado.

puede hallársele un nuevo rol: ya sea en la exploración, explotación y beneficio directo de estos elementos, a través de vehículos variados como, por ejemplo, ampliando el giro de Codelco o creando empresas estatales nuevas con giro específico; o, bien, en una faceta más regulatoria, en cuanto planificador económico de la nueva actividad y/o el uso del territorio necesario para desarrollarla, a través de la integración de polos de desarrollo; también está la opción de que el Estado desempeñe un rol monitorio de acceso al mercado, a través de un sistema de licitaciones transparente y robusto, o de su competencia y del mejoramiento de gestión de la información cuando se halle en régimen; incluso podría cumplir un papel cooperativo, otorgando capital de riesgo inicial o en el aseguramiento de la cadena de pagos de la industria cuando se halle en operación; o, si se quiere, desempeñando un rol mucho más activo en el intercambio comercial internacional de los productos.

Ahora bien, consideramos que un reforzamiento a la garantía del derecho de propiedad sería un incentivo jurídico-económico potente a la nueva minería de tierras raras. En la economía contemporánea, el capital financiero es intrínsecamente móvil. Sin embargo, el capital foráneo que se invierte de manera directa en infraestructura y transferencia tecnológica reviste menor movilidad. De hecho, en inversiones de este tipo, los flujos de utilidades locales han de ser periódicamente repatriados. La posibilidad de hacer esto tras la materialización inicial de la inversión no depende enteramente de la coyuntura económica (el hecho de obtener o no utilidades), sino también de un factor jurídico relevante y multiforme: que el contrato de inversión extranjera y los marcos normativos pertinentes (administrativo, cambiario y tributario nacional e internacional) así lo permitan. Ninguno de ellos podría atraer a un inversionista extranjero si la propiedad sobre la infraestructura que construye, sobre la tecnología y propiedad industrial que comparte, o sobre las utilidades que obtiene como retorno de su inversión —antes, pero sobre todo después de impuestos— le pertenezcan y pueda disponer de ellas libremente, ya sea reinvirtiéndolas localmente o repatriándolas previo acceso al mercado cambiario.

Este es el marco normativo que ha hecho posible que, en 2021, la inversión extranjera en Chile cerrara con un monto récord en proyectos por US\$ 27.775 millones, de los cuales, US\$ 12.603 corresponden a iniciativas en energía, US\$ 5.571 millones a tecnología y servicios globales, y US\$ 4.856 millones a minería. Y el origen es claro: China, con cerca del 28 % del total (US\$ 7.773,5 millones), seguido por Estados Unidos, con 19,7 %, y Canadá, con 9,4 %. Estos tres países cuentan con tradición y experiencia minera relevante, en particular, y especialmente China y Estados Unidos, en torno a tierras raras.

En este marco normativo, una derivada específica de la garantía de propiedad es el efecto jurídico-económico de los impuestos. Si el régimen de propiedad de las tierras raras decanta en el Estado, filosófica y teóricamente no hay tributación posible. Por ello, el caso que interesa aquí es el de la tributación de privados titulares de propiedad

minera sobre tierras raras. Por lo general, los impuestos altos parecen desincentivar las inversiones, porque afectan su tasa de retorno esperada. No obstante, algunos economistas de tendencia progresista sostienen que los impuestos pueden ser altos si se anuncian con antelación, sin provocar perjuicio, pues los contribuyentes (en este caso, los inversionistas) han conocido la carga tributaria de antemano y modifican sus hábitos o su conducta para evitarlos (Bannerjee y Duflo, 2020: 271).

Desde un punto de vista tributario general, entonces, el marco chileno podría partir con deducciones tributarias de los gastos de adquisición y operación de activos destinados a la extracción, recuperación o reciclaje de tierras raras, como en Estados Unidos; continuar, por ejemplo, con programas de subvenciones para proyectos piloto de extracción y/o procesamiento calificados como económicamente viables, como el implementado por Australia; y, paralelamente, abordar la cuestión ambiental, empleando herramientas tributarias ajustadas.

Una intervención de política fiscal en un mercado, en particular, un impuesto dirigido —más que a recaudar— a la modificación de conductas económicas causantes de externalidades negativas (como la contaminación o la destrucción de hábitats asociadas a la extracción de tierras raras, por ejemplo), pone un precio por dañar el medioambiente, pero —fuera de eso— deja al mercado continuar con su función. La tributación, entonces, debería configurar los impuestos a la minería de tierras raras de forma que no solo resulte neutral para efectos de la recaudación, sino que además se combine con un esquema de compensación redistributiva a los territorios o comunidades afectadas.

El problema es que, por lo general, los economistas creen que los incentivos incorporados a través de intervenciones gubernamentales (la tributación es una de ellas), aunque a veces sean necesarias, son mal diseñadas o ineficientes, ineficaces o simplemente corruptas. Desafortunadamente, el peligro de las fallas de gobierno —como de mercado— no pueden ocultarse ni subestimarse. Incluso orientaciones políticas bien intencionadas y dirigidas a suplir ciertas carencias del marco regulatorio estándar existente, no están exentas de resultar insuficientes o simplemente fallar por problemas de diseño, implementación o control apropiado. Por ejemplo, si bien existe el plan nacional de relaves, la «guía para la presentación de proyectos de reprocesamiento de relaves y ripios», impulsada en 2020 por el Ministerio de Minería y el Servicio Nacional de Geología y Minas como una «herramienta de consulta y orientación, conceptual y metodológica, para mejorar la gestión y desempeño minero-ambiental», no contempla disposiciones específicas sobre recuperación de elementos de tierras raras. Efectivamente, la técnica normativa de crear guías o instructivos puede ser útil para que en el futuro sean actualizadas sin tener que recurrir a modificar el Decreto Supremo 248, pero claramente no es un espaldarazo a la seguridad jurídica, así como tampoco un cortapisas a potenciales arbitrariedades administrativas en áreas tan importantes como garantizar la gestión, supervisión y trazabilidad efectiva

sobre relaves de reprocesamiento de estos minerales o sobre la forma en que conjuran —o al menos reducen— riesgos de contaminación fuera de estándar.

Conclusiones

La investigación abordó la minería de tierras raras como un mercado potencialmente atractivo en Chile. Pero, en la realidad bajo análisis, la evidencia económica no es capaz de explicar por sí sola el rezago de la explotación de estos minerales en nuestro país. Es en este sentido, entonces, que se planteó escudriñar la responsabilidad del factor regulatorio como causa probable. El problema de vacío legal se planteó en dos aspectos: la exploración, explotación y beneficio de tierras raras, por un lado, poniendo el foco en las arcillas superficiales (particularmente en aquellas no aptas para aplicación directa en construcción); y, por otro, la ausencia de consideración específica sobre el valor estratégico de procesar dichos elementos localmente.

El tópico resulta novedoso desde el punto de vista de la ciencia jurídica, pues no existen a la fecha en Chile investigaciones que planteen el análisis del factor jurídico como una causa de la inexistencia de minería de tierras raras, lo que abre un posible campo de estudio. Innova en el área, además, al imaginar un esquema de regulación minera adaptable, económicamente eficiente y medioambientalmente sostenible, alejándose de estructuras regulatorias rígidas que —aunque adecuadas para la actividad minera en general— resultan inadecuadas para aquellas con características especiales, sea por tratarse de minería de vanguardia, por requerir inversiones tecnológicas cuantiosas o porque las técnicas actuales no aseguran una adecuada sostenibilidad ambiental.

Uno de los problemas jurídico-económicos críticos abordados en este estudio fue el de dominio o propiedad minera de los elementos de tierras raras antes y después de su procesamiento, particularmente respecto del caso de depósitos de tierras raras en arcillas superficiales.

Además, el análisis crítico confirmó la tesis de que el marco jurídico vigente sobre exploración, explotación y beneficio de sustancias minerales convencionales no acusa las particularidades de los elementos de tierras raras. Específicamente, el régimen por defecto de concesiones mineras constituidas judicialmente, no fue diseñado para ponderar valoraciones estratégicas ni económicas de las sustancias que constituyen su objeto.

Actualmente, la ley establece que a los titulares de una concesión minera de este tipo les asiste la garantía constitucional del dominio sobre esta concesión. Asimismo, la legislación establece derechos y obligaciones, incluida la obligación de desarrollar la actividad necesaria para satisfacer el interés público que justificó su otorgamiento.

Al contrario, es posible concluir que el objetivo de interés público resulta —en realidad— potenciado bajo el régimen de gestión minera de concesiones administrativas de sustancias no concesibles. Esto, porque una vez consideradas las tierras raras de valor

estratégico, crítico o de importancia para la seguridad nacional, justifican priorizar el bien común sobre el particular. Este régimen minero es, entonces, el que esta investigación postula más apto para asegurar un balance apropiado entre la gestión sostenible de un recurso en último término agotable frente a la búsqueda del bien común.

A la fecha ha existido un *statu quo* normativo minero y ambiental en Chile que no ha permitido adecuarse a las características propias de tales elementos, por lo que necesariamente la promoción de dicha actividad y la de sus mercados relevantes implicaría cambios constitucionales, legislativos y reglamentarios. A nivel constitucional, por ejemplo, explicamos por qué debería eliminarse la excepción de dominio privado sobre las arcillas superficiales o, en su defecto, introducir una contra excepción en el caso de existir tierras raras presentes en ellas. En el plano legislativo, a su vez, se debería abordar el ciclo completo de estos minerales, el régimen apropiado de constituir concesiones, las implicancias medioambientales de su beneficio, el acceso abierto e incentivos a la competencia, y la participación o retribución al Estado sobre las utilidades, por mencionar solo algunos aspectos fundamentales.

La segunda parte del problema tratado en este informe dijo relación con un modelo tradicional de minería en Chile que no aborda aún el procesamiento de materiales de desecho, lo que significa perder la oportunidad de recuperar valor de ellos. En este sentido, se concluye que incluso la modificación del plan nacional de relaves de 2020, sus programas y herramientas, resultan deficitarios frente al desafío de explotar las tierras raras. Lo que se necesitaría, en su lugar, son modificaciones a la Ley 20.551, a los decretos supremos 248 y 132, y a las guías pertinentes, con el fin de regular, específicamente, el nuevo uso de relaves como materia prima para investigación y procesamiento de estos elementos.

Por otro lado, en la identificación de incentivos a la minería de tierras raras, la revisión de la experiencia comparada en tres casos seleccionados (China, Estados Unidos y Australia) remarcó la trascendencia de la investigación y desarrollo focalizada en objetivos estratégicos y aplicaciones industriales, así tanto como su financiamiento de largo plazo. En este análisis también se valoró la relevancia de realizar una prospección minera sistemática de tierras raras, la creación de fondos de reserva (estratégicos), el tratamiento de los pasivos ambientales asociados a su beneficio, y las variadas opciones de financiar la inversión en proyectos de esta minería (incluida la perspectiva tributaria), así tanto como la importancia de crear plataformas regionales afines a la promoción del intercambio comercial.

Por último, creemos que la configuración de un marco regulatorio económicamente eficiente y medioambientalmente sostenible, que estimule el desarrollo de proyectos de tierras raras, supone para Chile una oportunidad real de contemporizar su minería, no solo incitando proyectos en regiones no tradicionalmente mineras, sino que, principalmente, diversificándola, introduciendo nuevas tecnologías para el procesamiento local de estas y otras sustancias que añadan valor a la industria.

Finalizamos afirmando que vemos en el derecho una herramienta capaz de contribuir a aprovechar las oportunidades económicas acá planteadas y promover la máxima utilidad social, a través de su poder para disponer normativamente los medios idóneos y modelar, a través de incentivos regulatorios bien diseñados, apropiados y oportunos, soluciones económicas eficientes y sostenibles.

Referencias

- BARTEKOVÁ, Eva y Rene Kemp (2016). «National strategies for securing, a stable supply of rare earths in different world regions». *Resources Policy*, 49: 153-164.
- BANNERJEE, Abhijit y Esther Duflo (2020). *Buena economía para tiempos difíciles. En busca de mejores soluciones a nuestros mayores problemas*. España: Taurus.
- BURNAY, Matthieu y Jan Wouters (2016). «The EU and China in the WTO: what contribution to the international rule of law? Reflections in light of the raw materials and rare earths disputes». En Jianwei Wang y Weiqing Song (editores), *China, the European Union, and the international politics of global governance* (pp. 115-135). Nueva York: Palgrave Macmillan. DOI: [10.1057/9781137514004_7](https://doi.org/10.1057/9781137514004_7).
- Chen, Li, Yilin Wu, Hongjun Dong, Minjia Meng, Chunxiang Li, Yongsheng Yan y Ji Chen (2018). «An overview on membrane strategies for rare earths extraction and separation». *Separation and Purification Technology*, 197: 70-85., Dalila Luis Daniel Fabio «»
- GALDÁMEZ ZELADA, Liliana (2021). «El interés público y la concesión minera en la Constitución. Aportes para su comprensión desde una perspectiva ambiental». *Revista de Derecho Ambiental*, 2 (16): 43-71. DOI: [10.5354/0719-4633.2021.60984](https://doi.org/10.5354/0719-4633.2021.60984).
- HUAN, Jiè y Yinan Tu (2016). *Government risks management in competitive transfer of mining exploration rights*. Facultad de Administración Pública, Universidad China de Geociencias (Wuhan).
- KLINGER, Julie Michelle (2018). «Rare earth elements: development, sustainability and policy issues». *The Extractive Industries and Society*, 5: 1-7.
- KNAPP, Freyja L. (2016). «The birth of the flexible mine: changing geographies of mining and the E-waste commodity frontier». *Environmental Planning A*, 48: 1-21.
- KYRIAKOPOULOS, Grigorios L. (2021). «Environmental legislation in european and international contexts: legal practices and social planning toward the circular economy». *Laws*, 10 (3): 1-15. DOI: [10.3390/laws10010003](https://doi.org/10.3390/laws10010003).
- LIU, Yinghui, Ji Chen y Deqian Li (2012). «Application and perspective of ionic liquids on rare earths green separation». *Separation science and technology*, 47 (2): 223-232. DOI: [10.1080/01496395.2011.635171](https://doi.org/10.1080/01496395.2011.635171).
- LIU, Shande (2019). «World rare earth resources supply in 2018». *Rare earth information*, 1: 26-28.
- MA, Jie y Menglian Li (2021). «The feedback effect of rare earth development po-

- licy on economy and society». *E3S Web of Conferences*, 228: 1-12. DOI: [10.1051/e3sconf/202122801014](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202122801014).
- MARTIN, Abigail y Alastair Iles (2021). «The ethics of rare earth elements over time and space». En Joachim Schummer y Tom Borsen (editores). *Ethics of chemistry: from poison gas to climate engineering* (pp. 317-346).
- MILINOVIC, Jelena, Francisco J. L. Rodrigues, Fernando J. A. S. Barriga y Bramley J. Murton (2021). «Ocean-floor sediments as a resource of rare earth elements: an overview of recently studied sites». *Minerals*, 11 (2), 142. DOI: [10.3390/min11020142](https://doi.org/10.3390/min11020142).
- MIRANDA VILLAGRÁN, Pablo A. (2018). *Estudio de separación de tierras raras en medio sulfato mediante sx desde concentrados producidos por Minera BioLantánidos*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Metalúrgico. Universidad de Concepción.
- NARANJO-CASTAÑEDA, Felix Antonio, Laura Nadxieli Palacios, Anatolio Martínez y Blanca Estela Chávez (2021). «Nanomaterials and rare earths used to evaluate the photocatalytic degradation of a Dye, with potential use in decontaminating water bodies». *Nano Tech Journal*, 4 (1): 1-6. Disponible en <https://bit.ly/3yn9EUR>.
- PINTO, Juan Alfredo (2021). «QUAD». *La Línea del Medio*. Disponible en <https://lalineadelmedio.com/quad/>.
- POSNER, Richard (2008). *El análisis económico del derecho*. 2.^a edición. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- RIDDLE, Matthew E., Eric Tatara, Charles Olson, Braeton J. Smith, Allison Bennett Irion, Braden Harker, David Pineault, Elisa Alonso y Diane J. Graziano (2021). «Agent-based modeling of supply disruptions in the global rare earths market». *Resources, Conservation & Recycling*, 164: 105-193.
- RODRIGO CALVO, Rosa María (2021). «China y la geopolítica de las tierras raras». *Observatorio de la política china*. Disponible en <https://bit.ly/3AoQKEy>.
- SÁEZ PUCHE, Regino, Pierre-Charles Porcher, Patrick Maestro y Concepcion Cascales (2000). «Tierras raras: materiales avanzados». *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 4: 11-26.
- SHAVELL, Steven (2016). *Fundamentos del análisis económico del derecho*. Madrid: Editorial Universitaria Ramón Areces.
- SILVESTRI, Luca, Antonio Forcina, Cecilia Silvestri y Marzia Traverso (2021). «Circularity potential of rare earths for sustainable mobility: recent developments, challenges and future prospects». *Journal of Cleaner Production*, 292. DOI: [10.1016/j.jclepro.2021.126089](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126089).
- VÁSQUEZ DUQUE, Omar (2021). *Una introducción al análisis económico del derecho*. Valencia: Tirant Lo Blanch.
- WÜBBEKE, Jost (2013). «Rare earth elements in China: policies and narratives of re-inventing an industry». *Resource Policy*, 38: 384-394.
- YA QIN, Julia (2014). «Judicial authority in WTO law: a commentary on the appellate

- body's decision in China-rare earths». *Chinese Journal of International Law*, 13 (4): 639–651. DOI: [10.1093/chinesejil/jmu039](https://doi.org/10.1093/chinesejil/jmu039).
- YANG, Ze Fa, Jie Ma y Yun Jia Wang (2018). «Mining, beneficiation and environmental protection of rare earth». *Metallurgical Industry Press*. Beijing.
- ZENG, Ka (2010). «Multilateral versus bilateral and regional trade liberalization: explaining China's pursuit of free trade agreements». *Journal of Contemporary China*, 19: 632-652.
- AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL (2014). *The economic benefits of the North American rare earth industry*. Rare Earth Technology Alliance for the ACC. Disponible en <https://www.americanchemistry.com/>.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT (2022). «2022 critical mineral strategy». Disponible en <https://bit.ly/3Nmb8mn>.
- MINISTERIO DE MINERÍA (2021). *Minería 2050: política nacional minera*. Disponible en <https://www.politicanacionalminera.cl/>.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (2021). *Minerals commodity summaries, rare earths*. Disponible en <https://www.usgs.gov/>

Sobre el autor

RAFAEL M. PLAZA REVECO es doctor en Derecho y máster en Energía, Recursos Naturales y Medioambiente de la Universidad de Melbourne; máster en Tributación Internacional de la Universidad de Nueva York; diplomado en Tributación Nacional de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad de Chile, y desarrolló su investigación postdoctoral en la Universidad de Geociencias de China. Es profesor asociado e investigador *senior* de la Facultad de Derecho de la Universidad de Chile, donde integra su Departamento de Derecho Económico, del que ha sido subdirector. Imparte las cátedras de Derecho Eléctrico, Derecho de Aguas, Introducción a la Economía, Microeconomía, Macroeconomía y cursos de postgrado en los programas de magíster de esa Facultad. Es, asimismo, miembro colaborador de su programa de doctorado y director de la Revista de Derecho Económico de la Universidad de Chile. Su correo electrónico es rplaza@derecho.uchile.cl  <https://orcid.org/0000-0003-3515-0132>