



Derecho PUCP
ISSN: 0251-3420
ISSN: 2305-2546
revistaderechopucp@pucp.edu.pe
Pontificia Universidad Católica del Perú
Perú

Marinho Amorim, Hellen; Reis Rochael, Carlos Henrique
Minerales espaciales: cosas de nadie en beneficio de todos
Derecho PUCP, núm. 83, 2019, pp. 89-132
Pontificia Universidad Católica del Perú
Perú

DOI: <https://doi.org/10.18800/derechopucp.201902.004>

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=533662765004>

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

Minerales espaciales: cosas de nadie en beneficio de todos

Space Ores: Nobody's Things for the Benefit of All

HELLEN MARINHO AMORIM*

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)

CARLOS HENRIQUE REIS ROCHAEL**

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia (Brasil)

Resumen: La exploración de los recursos minerales terrestres ha sido fuente de beneficios económicos, perjuicios ambientales y costos humanos. Nuevas tecnologías, sin embargo, están promoviendo la minería espacial con el potencial de, simultáneamente, maximizar los beneficios de esa actividad económica y reducir los daños socio-ambientales. Con esta perspectiva, el presente estudio examina dos implicaciones, en el ámbito jurídico, de esa innovación tecnológica: la naturaleza jurídica y la titularidad de los recursos naturales espaciales. Con los objetivos de reconocer al sujeto de derecho más plausible —según criterios jurídicos, lógicos y éticos— para obtener la titularidad del derecho de propiedad sobre minerales espaciales y de proponer el tratamiento más adecuado en relación a sus lucros, el abordaje adoptado pretende concatenar las explotaciones mineras terrestre y espacial sobre la base de la perspectiva de continuidad renovada. Para alcanzar esa proposición teórica, fueron analizados, previamente, los impactos humanos y ambientales de la minería terrestre; las viabilidades de utilización y de exploración de los minerales espaciales, así como las ventajas y desventajas de la minería espacial. Asimismo, se estudiaron los posicionamientos político-normativos —internacionales y locales—, así como los posicionamientos académico-doctrinarios —negacionistas, expansionistas y analogistas— acerca de ese derecho de propiedad. Se concluye que los minerales espaciales son mejor clasificados como *res nullius*, apropiables por cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, siempre que se comprometan con determinados requisitos en cuanto a sus lucros, lo que culmina en una razonable propuesta de regulación para la minería espacial que es, simultáneamente, ejecutable y beneficiosa para la humanidad y el medio ambiente.

Palabras clave: minería espacial, recursos espaciales, *res nullius*, derecho espacial, nuevo espacio, nuevas tecnologías

* Hellen Marinho Amorim, bachiller en Derecho por la Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Actualmente realiza posgrado de maestría en derecho por la universidade federal de minas gerais. Belo horizonte, minas Gerais, Brasil.

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8525-9577>. Correo electrónico: hellen.maramor@hotmail.com

** Carlos Henrique Reis Rochael, bachiller en Ciencias de la Computación por la Universidad Federal de Goiás, bachiller en Derecho por la Universidad Federal de Goiás y Maestría en Derecho, Relaciones Internacionales y Desarrollo por la Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Actualmente es docente de Derecho Administrativo y Derecho Constitucional en la Pontifícia Universidade Católica de Goiás y asesor jurídico en el Tribunal de Justicia del Estado de Goiás. Goiânia, Goiás, Brasil.

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2131-2949>. Correo electrónico: prof.carloshenriquepucgo@gmail.com

Abstract: The exploitation of terrestrial mineral resources has been a source of economic benefits, environmental damage and human costs. New technologies, however, have been promoting space mining with the potential of synchronizing the benefits of this economic activity and reducing social and environmental damages. In this perspective, the present study examines two legal implications of this technological innovation: the legal nature and the ownership of natural space resources. With the objective of recognizing the most plausible legal subject, according to legal, logical and ethical criteria, in order to obtain title to the right of ownership of space ores and to propose the most appropriate treatment for their profits, the approach adopted aims to link land and space mining based on the perspective of renewed continuity. In order to reach this theoretical proposition, were previously analyzed the human and environmental impacts of terrestrial mining; the feasibility of using and exploiting space ores, as well as the advantages and disadvantages of space mining; and both the political and normative positions —international and local— and the academic-doctrinal positions —negationists, expansionists and analogists—about this property right. It is concluded that space ores are best classified as *res nullius*, appropriate by any persons, physical or legal, public or private, as long as they commit to certain requirements as to their profits, which culminates in a reasonable proposal of regulation for mining, which is both feasible and beneficial to mankind and the environment.

Key words: space mining, space resources, *res nullius*, space law, new space, new technologies

CONTENIDOS: I. INTRODUCCIÓN.– II. EXPLORACIÓN DE RECURSOS MINERALES.– II.1. RECURSOS MINERALES TERRESTRES: CUESTIONES ANTRÓPICAS.– II.2. RECURSOS MINERALES ESPACIALES.– II.2.1. FACTIBILIDADES.– II.2.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.– III. DILEMA LEGAL: ESPACIO ANTIGUO Y NUEVO ESPACIO.– III.1. TRATADO INTERNACIONAL: ESPACIO EXTERIOR.– III.2. REGULACIONES LOCALES.– III.2.1. ESTADOS UNIDOS. III.2.2. LUXEMBURGO.– IV. DERECHO DE PROPIEDAD SOBRE MINERALES ESPACIALES.– IV.1. NATURALEZA JURÍDICA DE LOS MINERALES ESPACIALES.– IV.1.1. MINERALES AISLADAMENTE CONSIDERADOS.– IV.1.1.1. *RES COMMUNIS*.– IV.1.1.2. BIENES PÚBLICOS.– IV.1.1.3. BIENES PRIVADOS.– IV.1.1.4. *RES NULLIUS*.– IV.1.2. MINERALES UNIDOS A LOS ASTEROIDES.– IV.2. PROPIEDAD SOBRE INGRESOS DE LA MINERIA ESPACIAL.– IV.2.1. PARTICULARES Y ESTADO.– IV.2.2 HUMANIDAD.– V. CONCLUSIONES.

I. INTRODUCCIÓN

La fascinación por el espacio es tan antigua como la humanidad misma, así como el uso del conocimiento astronómico para el mejoramiento de la vida en la Tierra. La evidencia de la arqueoastronomía se remonta a innovaciones culturales y tecnológicas, incluso en el período prehistórico, que se basaban, por ejemplo, en las informaciones sobre el posicionamiento del Sol y de la Luna como conocimiento aplicado a los usos estacionales de la tierra (Robbins, 2000, p. 32).

Sin embargo, es necesario dar un gran salto temporal para alcanzar el momento en que la humanidad dejó de ser una mera espectadora de los fenómenos siderales y, materialmente, se convirtió en una pionera del universo: el siglo XX. La llegada de la ingeniería aeroespacial ha abierto posibilidades para cambios en la vida humana que hasta hace poco eran impensables. Desde entonces, la humanidad ha alcanzado personalmente la Luna (Loff, s.f.) y hasta trató de cultivar material biológico allá (Mediavilla, 2019), lo que puede interpretarse como un indicio de que, de hecho, busca «intentar la vida» fuera de la Tierra.

Sin embargo, en cuanto la humanidad no pueda establecerse definitivamente en otros territorios espaciales, los beneficios para la vida en la Tierra siguen siendo el objetivo de gran parte de la exploración espacial. En este escenario, las sondas robóticas no tripuladas son las vías exploratorias más factibles a corto y mediano plazo. Hoy en día, muchas exploran planetas, satélites naturales, cometas y asteroides en busca de rastros de vida extraterrestre, agua y minerales (Wilson, s.f.; ESA, s.f.; Roscosmos, s.f.).

En este contexto de exploración *in situ* de objetos espaciales, algunos países —como los Estados Unidos (EE.UU.), Luxemburgo, los Emiratos Árabes Unidos (EAU) y Rusia— y grupos empresariales privados —como Planetary Resources, SpaceX, Deep Space Industries, Moon Express e iSpace¹— recurrieron a una posibilidad nueva y prometedora: la minería espacial. Con este término se alude a «un intento serio de recuperar recursos naturales del espacio», lo que puede incluir el procesamiento y la fabricación de materiales en el espacio (Jakhu, Pelton & Nyampong, 2017, p. 2). Esta emergente industria extractiva tiene intenciones extremadamente ambiciosas y sus entusiastas defensores argumentan que sus operaciones pueden provocar un cambio en la economía global tan profundo como el de la Revolución Industrial (Lewis, 2015, p. 12).

Ante un cambio en la dinámica humana de tal magnitud, la ley emerge como un regulador de los intereses. Las perspectivas legales más inmediatas y significativas en este momento son el derecho a la propiedad y la naturaleza legal de los minerales espaciales, temas que han sido objeto de investigación académica desde el momento de la publicación del *Tratado Sobre los Principios que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre* (*Tratado del Espacio Exterior – Outer Space Treaty*), de 1967 (véase Gabrynowicz, 1992; Reinstein, 1999; Goh, 2007; Meyer, 2010). La discusión se hizo más intensa con las aprobaciones de la Ley (estadounidense) de Competitividad de Lanzamiento Espacial Comercial (*Spurring Private Aerospace Competitiveness and Entrepreneurship Act – SPACE Act*) en

¹ Otras empresas que operan actualmente en el negocio son Blue Origin, Bigelow Aerospace, Orion Span, Axiom Space, Virgin Galactic, Sierra Nevada Corporation, y Masten Space Systems.

2015, y la Ley (de Luxemburgo) sobre la Explotación y Utilización de los Recursos Espaciales (LEURE)², en 2017 (véase Leterre, 2017; Koch, 2018; Mallick & Rajagopalan, 2019; Christensen, Lange, Sowers, Abbud-Madrid & Bazilian, 2019). Por lo tanto, este es un asunto controvertido y aún no definido en términos legales internacionales, pero que, basado en el marco económico que se ha extendido en el dominio del espacio y la validez de las nuevas leyes, requiere con urgencia una respuesta concreta y viable.

Por lo tanto, este documento pretende contribuir con un enfoque específico a la discusión que involucra la propiedad de los recursos espaciales y los ingresos obtenidos con la minería espacial. Sobre la base de la relación entre el conocimiento científico-tecnológico y la mejora de la vida humana, se propone que la explotación de estos recursos debe investigarse desde una perspectiva de continuidad renovada: realizar minería en el espacio no es «comenzar de nuevo»; supone, más bien, proseguir, pero de otro modo, lo que se hizo en el planeta Tierra en relación a sus recursos minerales. Por lo tanto, los problemas ambientales y humanitarios relacionados con la minería terrestre, así como las acciones de sus actores económicos, deben ser considerados al responder las preguntas cruciales: ¿qué son y a quién pertenecen los minerales espaciales?

En primer lugar, se abordarán las cuestiones sobre la exploración de minerales en la Tierra, así como sobre la Luna y los asteroides. Luego, se discutirán los aspectos políticos y legales involucrados en la exploración espacial, de acuerdo con las concepciones de «espacio antiguo» y «espacio nuevo». Finalmente, se plantearán las principales cuestiones, que contarán con cuatro candidatos para la respuesta: los minerales espaciales podrían pertenecer a la humanidad (*res communis*), a los estados (bienes públicos), a los—particulares —empresas o individuos— (bienes privados), o a nadie (*res nullius*). Se concluye que adoptar la última opción es la solución más apropiada, porque permite la ecuanimidad en la apropiación, pero esto necesariamente estaría vinculado a la distribución de los ingresos de la minería espacial.

² La abreviatura de la ley de los Estados Unidos es oficial, mientras que la de la ley de Luxemburgo se creó para este artículo y se basa en las iniciales en español.

II. EXPLORACIÓN DE RECURSOS MINERALES

II.1. Recursos minerales terrestres: cuestiones antrópicas

Los recursos minerales acompañaron al ser humano desde sus inicios evolutivos y cumplieron, en su desarrollo sociocultural, una importante función material, siendo una de las fuentes para la fabricación y mejora de las primeras herramientas (Barkai, 2011, Pétrequin et al., 2011). Hoy en día, son piezas clave de los instrumentos tecnológicos más avanzados e indispensables, por lo que es «indiscutible que, en el nivel tecnológico en el que se encuentra la humanidad, la vida humana es absolutamente imposible sin actividades mineras» (Antunes, 2016, p. 1335). Sin embargo, la dependencia crucial de los recursos minerales es un vínculo no armónico, ya que, si bien son tan necesarios e irremplazables, también son finitos, no renovables, se pierden para siempre cuando se retiran del suelo, y algunos de ellos son raros y escasos (Haldar, 2018, p. 308).

El uso de tierras raras ejemplifica esta relación paradójica. Los minerales de esta naturaleza forman un grupo de 17 elementos químicos metálicos que tienen propiedades fisicoquímicas inusuales, como características magnéticas o ópticas únicas. Se aplican principalmente a los componentes tecnológicos utilizados en la producción de energía, industrial y militar; en la fabricación de imanes permanentes, circuitos electroelectrónicos, catalizadores de gases de escape, equipos láser, teléfonos móviles, vidrios y tintes cerámicos, lentes de alta refracción y aleaciones de metal. Resulta que, a pesar de su uso crucial, los minerales que contienen tierras raras son difíciles de extraer y se concentran solo en ciertas regiones del planeta —China, en este caso, posee más del 95% del suministro mundial—. Ello dificulta su plena distribución (Rocio, Silva, Carvalho & Cardoso, 2012, pp. 370-372; Gosen, Verplanck, Seal II, Long & Gambogi, 2017, pp. 2-6).

Además de los problemas de disponibilidad restringida, la minería terrestre sufre otros problemas: daños sociales y ambientales. Los beneficios de la minería a menudo se obtienen a altos costos humanos y ambientales, que pueden ser inmediatos o no inmediatos:

- Costos humanos inmediatos: relacionados con los mineros, incluidos los niños y adolescentes³ —quienes ejercen la ocupación más peligrosa del mundo (ILO, s.f.)— y personas que se ven obligadas a abandonar sus hogares o trabajos para hacer espacio para la construcción de estructuras extractivas⁴.

3 Práctica reportada en países como Tanzania (Human Rights Watch, 2013a), Filipinas (Rimando, 12 de junio de 2017) y Mongolia (Ilo, 2006, pp. 20-57).

4 Práctica reportada en países como Mozambique (Human Rights Watch, 2013b) y Brasil (Pereira, Becker & Wildhagen, 2013).

- Costos humanos no inmediatos: se refieren a las personas que viven cerca de regiones mineras y sufren pérdidas ambientales y de salud a largo plazo o aquellas, que son residentes más distantes, que se ven afectadas por delitos ambientales de gran magnitud;
- Costos ambientales inmediatos: relacionados con la compleja transformación estructural del medio ambiente como resultado de la construcción de empresas mineras, que produce un cambio profundo o la destrucción total de los ecosistemas.
- Costos ambientales no inmediatos: derivados de la generación constante de desechos tóxicos, la contaminación permanente del suelo y el agua y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero⁵, así como los resultantes de delitos ambientales de gran magnitud que perduran en el tiempo.

La Vale S.A. —una empresa minera multinacional que opera en la extracción de hierro, níquel, manganeso, carbón y cobre (Vale, 2017)— protagonizó los dos delitos ambientales más grandes de Brasil, en 2015 y 2019, en las ciudades mineras de Mariana y Brumadinho, respectivamente, debido a la ruptura de las presas de relaves. Estos dos casos ejemplifican los ya citados costos.

La ruptura de la presa causa varios impactos sociales y ambientales a corto, mediano y largo plazo. Inmediatamente, el impacto principal fue la pérdida de decenas de vidas humanas (trabajadores y residentes) y las innumerables vidas no humanas (animales domésticos y salvajes), así como la destrucción completa de viviendas, infraestructura y pastos, campos y floretas en una gran extensión. Con la liberación de la enorme cantidad de residuos, se produjo la sedimentación del río Doce, en Mariana, y del río Paraopeba, en Brumadinho, lo que aumentó considerablemente la contaminación de metales pesados ya presente en el agua y el suelo. Ello, a su vez, ha comprometido el suministro de agua, alimentos y energía en las ciudades vecinas y afectará, además de las actividades económicas, también la salud de las personas en las regiones involucradas, con la posibilidad de un aumento considerable de las enfermedades crónicas. En cuanto a los ecosistemas, los modelos de dispersión del flujo del río de Mariana predicen consecuencias a largo plazo cerca de la ciudad de Río de Janeiro, así como posibles consecuencias en el Océano Atlántico que aún no se han evaluado completamente⁶ (Wanderley, Mansur, Milanez & Pinto, 2016, pp. 33-34;

⁵ Para ejemplos de costos ambientales en Sudáfrica y los EE.UU., véase Glaister y Mudd, 2010; Bernhardt y Palmer, 2011.

⁶ Como es un hecho reciente, la determinación de las posibles consecuencias a largo plazo para los ecosistemas en el caso de Brumadinho todavía requiere estudios más consistentes.

Garcia, Ribeiro, Roque, Ochoa-Quintero & Laurance, 2017, p. 5; Pereira, Freitas, Guimarães & Mângia, 2019, pp. 5-8)⁷.

Dado que la demanda de recursos minerales no dejará de crecer, la finitud de los recursos, la inmensa degradación ambiental y el alto costo humano, sin duda, requieren una alternativa de producción. Si bien hay diferentes sugerencias para garantizar la continuidad ecológicamente viable de la oferta mundial de minerales en las próximas décadas (Massari & Ruberti, 2013; Ali et al., 2017), la minería espacial surge como un camino de solución a considerar.

II.2. Recursos minerales espaciales

II.2.1. Factibilidades

Para considerar la minería espacial como una forma viable de resolver, al menos en parte, los problemas derivados de la minería terrestre, es necesario demostrar la viabilidad de dos supuestos: los recursos minerales espaciales pueden utilizarse sin perjuicio en la Tierra (S_1) y la exploración mineral en cuerpos celestes es posible (S_2).

Para validar S_1 , utilizamos una de las hipótesis para la evolución geoquímica de la Tierra: ciertos recursos minerales vinieron del espacio a través de colisiones con objetos rocosos siderales y se asentaron en ella.

La idea es que muchos de los minerales actualmente extraíbles, como el oro y el platino, son el resultado de una «capa tardía» de material extraterrestre que se depositó en la corteza terrestre a través de una lluvia de meteoritos cataclísmicos hace miles de millones de años (Brenan & McDonough, 2009; Willbold, Elliott & Moorbat, 2011). Volviendo al origen de estos metales pesados, tenemos la colisión de dos estrellas de neutrones como la fuente principal de estos elementos (Bloom & Sigurdsson, 2017). Paralelamente a estos hallazgos, se sabe que los métodos tradicionales para evaluar los recursos minerales en la Tierra se pueden aplicar, sin problemas, a los recursos minerales de asteroides (Keszthelyi et al., 2017).

Las evidencias convergentes de estos hechos llevan a la conclusión de que parte de los minerales sobre los cuales la humanidad basa su economía y su tecnología se derivó del espacio. Por lo tanto, el origen común de los minerales espaciales y de la Tierra revela que no hay incompatibilidades de uso entre ellos —es decir, si los minerales encontrados en otros objetos celestes son los mismos que los que se encuentran en la Tierra, el uso de minerales espaciales para los intereses humanos es plenamente posible—.

MINERALES
ESPAciaLES: COSAS
DE NADIE EN
BENEFICIO DE TODOS
SPACE ORES:
NOBODY'S THINGS
FOR THE BENEFIT OF
ALL

⁷ Los dos crímenes se resumieron juntos, pero vale la pena destacar que el de Brumadinho fue más grande que el de Mariana.

Dado que es posible aprovechar las cualidades fisicoquímicas de los minerales de cualquier región conocida del cosmos, se puede pasar a S_2 . Para examinar la viabilidad de la minería especial, se deben considerar cuatro criterios acumulativos: dónde están los minerales espaciales, qué recursos ofrecen, cómo extraerlos y cómo hacerlos útiles.

Teóricamente, cualquier objeto espacial rocoso es un sitio de exploración potencial para la minería. Sin embargo, dada su accesibilidad, su abundancia de recursos de interés económico y las técnicas de extracción, la Luna y los asteroides cerca de la Tierra (*near-Earth asteroids*) constituyen las regiones más prometedoras⁸.

Además de ser el objeto celestial más cercano a la Tierra, que permite comunicaciones prácticamente instantáneas y control remoto en tiempo real de los operadores de minería robótica de la Tierra, la Luna tiene otra ventaja: es la ubicación más conocida. La Luna es el único territorio espacial que ha sido visitado físicamente por humanos, lo que supone que haya mucha información disponible sobre su geología y su composición mineral. Entre sus recursos más rentables, se encuentran el agua y un valioso isótopo, el helio-3 (He-3), elemento extremadamente raro en la Tierra, usado en muchas aplicaciones médicas y nucleares. Debido a su gravedad, los diseños estructurales y los procesos de manejo de materiales en la Luna serían los mismos que los de la Tierra, lo que hace posible aplicar los mismos principios de ingeniería. A largo plazo, lo que efectivamente hace de la Luna una candidata atractiva para la exploración de minerales espaciales es su asignación como un «puente» durante el desarrollo de infraestructuras de órbita terrestre a gran escala. Estas infraestructuras pueden constituir la base para la exploración y el uso futuros de las partes más distantes del sistema solar, como Marte y sus satélites y *near-Earth asteroids* (Lee, 2012, pp. 51-52; Jakhu et al., 2017, p. 4).

La minería de asteroides es muy diversa, ya que hay muchos posibles candidatos. Entre las opciones, podemos mencionar los asteroides cercanos a la Tierra, miembros muy pequeños del sistema solar, que tienen diámetros de aproximadamente 1 km o más y están clasificados como carbonosos, silicatos o metálicos⁹. Estos forman un subconjunto particularmente accesible que proporciona objetivos de recursos potencialmente atractivos para apoyar la industrialización del espacio (Lee, 2012, p. 60; Ross, 2001, p. 4). Los asteroides metálicos constituyen

⁸ Otros lugares viables son los planetas rocosos —Marte, Venus y Mercurio—, los asteroides de otras categorías orbitales y los cometas de período corto. Para un análisis de posibles lugares para la minería espacial, véase Lee, 2012, pp. 51-68.

⁹ Así, es posible distinguir: (a) asteroides de clase C (contienen altos niveles de moléculas orgánicas complejas y hielo, particularmente hielo de agua); (b) de clase S (grupo característicamente diverso con diferentes mezclas de los minerales olívino y piroxeno, así como metales); y (c) de clase M (predominantemente de níquel-hierro, que puede contener altas concentraciones de metales pesados) (Elkins-Tanton, 2010, p. 159; Elvis, 2013, p. 88).

la mayoría de los objetos disponibles y en ello se han encontrado metales preciosos y elementos semiconductores en concentraciones relativamente grandes en comparación con las fuentes de la Tierra, tales como el oro, el platino, el rutenio, el rodio, el paladio, el osmio, el iridio, el renio, el germanio, la plata, el indio, el cobalto, el galio y el arsénico, así como minerales de tierras raras (Ross, 2001, p. 5; Jakhu et al., 2017, p. 3).

Además de tener atractivos contenidos sustanciales para la minería, muchos *near-Earth asteroids* se ubican en órbitas adecuadas; aquellos en órbitas más circulares son, en muchos casos, los candidatos principales para la exploración minera, ya que son más fáciles de alcanzar. Con respecto a la Luna, la mayoría de estos asteroides es de fácil acceso y retorno debido al bajo empuje requerido para dejar la órbita baja de la Tierra y aterrizar suavemente sobre estos asteroides, así como para salir de ellos en el camino de regreso a la Tierra (Jakhu et al., 2017, p. 23; Lee, 2012, pp. 60-61).

A diferencia de la Luna, que tiene una órbita estable y conocida, la extracción de asteroides requiere diferentes enfoques de ingeniería, porque cada objeto tiene diferentes trayectorias orbitales, composiciones químicas y geomorfologías, así como potenciales de tiempo de exploración diferenciados¹⁰. Sin embargo, para asteroides más pequeños, existe la posibilidad de transportarlos completamente a la Tierra (Jakhu et al., 2017, p. 23). Además de enviar minerales o asteroides, es posible, como en la Luna, utilizar recursos minerales *in situ* en misiones tripuladas o robóticas.

Por lo tanto, S_1 y S_2 son totalmente factibles: la minería espacial es una fuente viable de recursos naturales para la exploración económica en la Tierra.

II.2.2. Ventajas y desventajas

Si la minería espacial es tecnológicamente viable, queda por ver si es realmente una buena alternativa socioambiental. Por lo tanto, es necesario evaluar sus ventajas y desventajas en términos económicos, ambientales y morales.

Empezando por las ventajas, el beneficio más explícito de la exploración espacial es su alta ganancia económica. Un modesto *near-Earth asteroid*, por ejemplo, rico en platino, aproximadamente esférico y de 30 m de diámetro daría como resultado un volumen de 4500 m³ y una masa de probablemente 5000 t. Si este asteroide estuviera compuesto por un 50% de platino, entonces su valor en los precios actuales del mercado mundial sería de alrededor de \$ 90 mil millones. Incluso, si la misión

10 Para un análisis técnico detallado de los proyectos de extracción de asteroides minerales, véase Badescu, 2013, capítulos 7-11; Lee, 2012, pp. 69-82.

de recuperación de asteroides y los costos de refinanciamiento fueran tan altos como \$ 5 mil millones, e incluso si algunos de los recursos estuvieran destinados a algún tipo de desarrollo global o fondo verde, solo una de esas misiones generaría muchos miles de millones de dólares en total de ganancias. Aunque suene como un ejemplo extremo, hay más de 1 000 000 de asteroides cercanos a la Tierra que miden alrededor de 30 m (Jakhu et al., 2017, pp. 17-18). Sobre la base de esas perspectivas, algunos analistas financieros han argumentado que «la economía espacial se convertirá en una industria multitrillonaria en las próximas dos décadas» (McLeod, 6 de abril de 2017).

Partiendo de la gran cantidad de asteroides, otras ventajas claras de la exploración espacial son la abundancia y la variedad de recursos. Una de las bases de datos de asteroides más completas, Asterank (<https://www.asterank.com/>), registra más de 600 000 asteroides, de los cuales se estima que la cantidad de *near-Earth asteroids* con un diámetro superior a 100 km sea de varios miles (Lee, 2012, p. 64). Entre todos estos objetos, se encuentran aquellos que contienen minerales que son difíciles de localizar o extraer en la Tierra. Así, surge otra ventaja más: la disponibilidad de recursos raros y escasos. Dadas estas perspectivas, es razonable decir que, con la minería espacial, los minerales se convertirán en recursos naturales ilimitados.

Otro beneficio de la accesibilidad de los recursos es el impulso hacia la ciencia, la tecnología y la innovación. Las actividades de minería espacial buscarán desarrollar misiones robóticas nuevas y más rentables, navegación avanzada y maniobras espaciales de precisión, sistemas de situación espacial mejorados, técnicas de fabricación de satélites de bajo costo y sistemas de energía mejorados, incluidas células fotovoltaicas más eficientes y puntos cuánticos (Jakhu et al., 2017, p. 19). Estas innovaciones, a su vez, pueden ser únicamente implementadas en la Tierra en actividades y productos secundarios —es decir, no relacionados con su función principal¹¹—. Ya la disponibilidad de recursos que pueden no existir en la Tierra, o que son raros o escasos, tiene el potencial de aumentar considerablemente el desarrollo de nuevos conocimientos científicos básicos en diversas áreas y, por lo tanto, proporcionar innovaciones tecnológicas aún inconcebibles.

La prevención de impactos es otro factor a considerar en cuanto a lo que puede proporcionar la minería espacial. Los *near-Earth asteroids* más propicios para la minería también se identifican como candidatos para chocar con la Tierra. Por lo tanto, al cambiar sus órbitas, se puede argumentar que la minería ayudaría a eliminar la amenaza de los

¹¹ Como ejemplos de derivación, podemos mencionar los *spinoffs*, productos y tecnologías comerciales derivados de tecnologías desarrolladas en el programa espacial de la NASA. Para más informaciones, véase NASA (s.f.).

asteroides que podrían causar una gran catástrofe en el futuro (Jakhu et al., 2017, p. 23).

Finalmente, el conocimiento obtenido de la minería espacial tiene, a largo plazo, la ventaja de ser uno de los verdaderos impulsores de la ocupación humana en el sistema solar, un proyecto aún futurista pero potencialmente alcanzable. Por lo tanto, no solo la Luna y los planetas rocosos, sino también los asteroides podrían servir como colonias humanas en el espacio (Grandl & Bazso, 2013, p. 432)¹².

La presentación de estas ventajas conduce a un escenario de optimismo para la minería espacial. Sin embargo, para analizar sus posibilidades críticamente es necesario considerar sus desventajas. La desventaja más obvia sería lo opuesto a la primera ventaja: los altos costos económicos. Descubrir que un asteroide tiene hierro o metales no significa que los asteroides sean valiosos. Este es solo el primer paso. Entonces es necesario determinar la calidad y la extensión de los materiales deseados; si el material objetivo está lo suficientemente concentrado y es lo suficientemente abundante, se deben considerar los métodos para extraerlo, enriquecerlo y procesarlo económicamente para convertirlo en productos útiles. Si el producto comercial parece viable, se debe identificar las ubicaciones de la demanda y analizar los costos de envío necesarios para entregar sus productos a esas ubicaciones. Con los costos totales estimados, la determinación final es si los productos de asteroides pueden venderse competitivamente frente a las fuentes existentes (Lewis, 2015, p. 123). Todos estos procesos, especialmente los de efectividad —pasos de extracción, enriquecimiento, procesamiento, envío, etcétera— están meticulosamente subdivididos y cada subdivisión es bastante costosa, ya que requiere muchos recursos tecnológicos y profesionales calificados de numerosas especialidades.

Sin embargo, también es una desventaja que puede ser fácilmente superada, ya que las empresas privadas ya están operando en el área y ciertos gobiernos locales han mostrado un interés creciente en este tipo de actividad. Por lo tanto, la necesidad de una alta inversión de capital, pública o privada, no representa un obstáculo insuperable. Además, algunos costos pueden remediararse con el uso *in situ* de los recursos naturales, —de hecho, esta es otra ventaja—. Por ejemplo, el agua de la Luna puede reducir drásticamente el costo de la presencia humana a largo plazo como una fuente de agua potable, protección contra la radiación, oxígeno para respirar y combustible para cohetes. Asimismo, la aleación de asteroide hierro-níquel de los asteroides metálicos se puede usar directamente en estructuras espaciales a partir de la impresión 3D de piezas complejas (Keszthelyi et al., 2017, p. 2). «Las capacidades de

MINERALES
ESPAciaLES: COSAS
DE NADIE EN
BENEFICIO DE TODOS

SPACE ORES:
NOBODY'S THINGS
FOR THE BENEFIT OF
ALL

12 Sobre el prototipo de colonia en un asteroide, véase Grandl y Bazso (2013, pp. 433-436).

la misión y el patrimonio neto se multiplicarán cuando se puedan crear productos útiles a partir de recursos extraterrestres» (Mahoney, 2018).

Como la exploración comercial de los minerales espaciales aún carece de una amplia aplicación práctica, se tardará en vislumbrar otros impactos negativos. Sin embargo, la especulación es abundante. Desde esta perspectiva, la primera desventaja plausible inferida se relaciona con los daños ambientales potenciales. La lógica de que, cuando se agotan los recursos naturales terrestres, basta con encontrar nuevas fuentes para resolver el problema, genera algunas dudas.

Si la explotación mineral del espacio se produce en el nivel productivo capitalista —es decir, siguiendo valores jerárquicos irracionales como la acumulación de capital y el progreso económico por encima de todos los demás intereses— es cuestionable si esta nueva actividad no afectará aún más a la Tierra, que ya se encuentra en alerta máxima por debido a los bienes de consumo ampliamente producidos y descartados¹³. Por lo tanto, podría haber un aumento imprudente en la producción de residuos en el planeta. Al emprender otro viaje de «colonización» sin repensar la moral capitalista, se pueden cometer los mismos errores que en la minería terrestre —y el error más obvio es priorizar los beneficios económicos sobre los impactos ambientales¹⁴—.

Desde el sesgo capitalista, otro aspecto desventajoso sería la monopolización de las actividades de minería espacial. Como inversión de alto costo, solo unos pocos inversionistas, ya que ya son millonarios y están tratando de volverse aún más ricos, tendrían el apoyo y la capacidad para hacerlas avanzar. Por lo tanto, tales personas y sus empresas tendrían, para sí mismas, el dominio comercial de los recursos naturales de carácter indispensable para toda la humanidad¹⁵.

Al observar las ventajas y desventajas de la exploración de minerales espaciales, está claro que las ventajas tienen un apoyo pragmático muy convincente (grandes ganancias, materias primas no restringidas, progreso científico y tecnológico innumerable, colonización espacial y prevención de desastres). Sin embargo, la crítica sobre posibles consecuencias negativas tiene una base especulativa: el mantenimiento

13 «Desde la década de 1970, la humanidad ha estado en superación ecológica, con una demanda anual de recursos que supera lo que la Tierra puede regenerar cada año. Hoy en día, la humanidad utiliza el equivalente a 1.7 Tierras para proporcionar los recursos que usamos y absorber nuestros desechos» (Global Footprint Network, s.f.).

14 Esta reflexión puede apuntar en dos direcciones: (a) esta desventaja contradice la afirmación de que la minería espacial puede configurarse como un alivio ambiental: producir más desperdicios a gran escala no es, definitivamente, una forma de reducir los problemas ambientales; (b) sobre la base de la gran disminución o la extinción total de la minería terrestre, no habría una desventaja ambiental real, sino simplemente un contrapeso: por un lado, la producción en masa continuaría, por el otro, una actividad depredadora ambiental y humanitaria sería parte del pasado. Indicar cuál de estas direcciones prevalecerá solo será posible a partir de estudios futuros.

15 Para un análisis crítico de la moralidad capitalista en la minería espacial, véase Shammas y Holen (2019).

del daño ambiental y la monopolización de las ganancias. Dadas estas diferencias de análisis y considerando que la minería espacial ya es una realidad y va camino a consolidarse como un nuevo nicho de mercado, la inserción de parámetros legales para regular esta actividad es esencial. Por lo tanto —como sucede, o debería suceder, con cada nueva tecnología—, el derecho surge para actuar como un administrador de intereses.

III. DILEMA LEGAL: ESPACIO ANTIGUO Y NUEVO ESPACIO

La exploración de minerales espaciales se basa en una amplia gama de actividades humanas que surgieron de un gran logro: el lanzamiento por parte de la Unión Soviética (URSS) en 1957 de *Sputnik 1*, el primer satélite artificial en orbitar la Tierra. Este avance tecnológico dio inicio, en el apogeo de la Guerra Fría, a la *Primera Era Espacial*, un período marcado por la «carrera espacial» entre la URSS y los EE.UU., una lucha por la supremacía en la exploración y el dominio de la tecnología espacial que tuvo como principales hitos:

- lanzamiento de *Sputnik 2* por la URSS, en 1957, un satélite artificial que llevó a bordo a la perra Laika, la primera criatura viviente en orbitar la Tierra;
- lanzamiento del *Explorer 1*, por los EE.UU., en 1958, su primer satélite artificial;
- lanzamiento de la nave espacial *Vostok 1* de la URSS, en 1961, que llevó a bordo a Yuri Alekseievitch Gagarin, el primer humano en viajar a través de la órbita de la Tierra;
- lanzamiento de *Venera 3*, por la URSS, en 1965, la primera sonda espacial que penetró la atmósfera de Venus;
- misión de *Apolo 11*, de los EE.UU., en 1969, que propició el caminar del primer ser humano en la Luna, Neil Alden Armstrong;
- lanzamiento de *Mars 2*, por la URSS, en 1971, la primera sonda espacial que logró exitosamente aterrizar un objeto en la superficie de Marte;
- lanzamiento de *Pioneer 10* y *Pioneer 11* por los EE.UU., en 1972 y 1973, primeras sondas espaciales que exploraron los planetas gaseosos Júpiter y Saturno;
- misión *Apollo-Soyuz*, acoplamiento de las naves *Apollo 18*, de los EE.UU., y *Soyuz 19*, de la URSS, en 1975, cuando astronautas y cosmonautas se encontraron por primera vez en órbita,

simbolizando el fin de las tensiones entre las superpotencias en el ámbito espacial¹⁶.

Debido a la fuerte carga política que impregnó los eventos tecnológicos de esta era espacial, la necesidad de una intervención legal internacional se hizo evidente. En este contexto surgió, entonces, el derecho espacial, «conjunto de normas y reglamentos internacionales y nacionales que regulan las actividades humanas relacionadas con el espacio exterior». Los objetivos de esta rama del derecho son «establecer un entorno legal que permita alcanzar objetivos e intereses comunes relacionados con la exploración y el uso del espacio exterior, además de «evitar la aparición de tensiones y conflictos entre los sujetos involucrados en las actividades del espacio exterior» (Tronchetti, 2013, p. viii). Como resultado de esta nueva realidad, se establecieron varios tratados internacionales, entre los cuales se destaca el Outer Space Treaty¹⁷.

Después del final de la disputa espacial entre los EE.UU. y la URSS, tuvo lugar un período de «interrupción» en las actividades espaciales que duró hasta principios de la década de 2000, cuando las nuevas tecnologías y actividades despuntaron, dando paso a la Segunda Era Espacial, la era actual. A diferencia de la primera era, que tenía solo dos agentes principales que actuaban con fines estrictamente científicos y militares, la era actual se caracteriza por ser mucho más amplia en sujetos y propósitos, impulsada por países como Japón, India, China y otros países europeos, así como por grandes corporaciones, para diferentes propósitos económicos. Entre las novedades, además de la minería espacial, destacan las siguientes:

- estaciones espaciales comerciales, que involucran diversos planes que van desde la creación de instalaciones de investigación científica hasta la construcción de hoteles en órbita terrestre baja (Billings, 26 de mayo de 2017; O'Hare, 21 de junio de 2019);
- fabricación espacial, que abarca la fabricación, montaje o integración de herramientas en entornos fuera de la atmósfera terrestre (Skomorohov, Hein & Welch, 2016, p. 2);

16 Para un análisis más completo de estos eventos históricos, véase Winter y Prado (2007, caps. 1-3, 7-9).

17 La legislación en el antiguo espacio está marcada por cinco tratados internacionales acordados entre 1967 y 1979: el Tratado del Espacio Exterior de 1967, el Acuerdo sobre el Rescate de Astronautas, el Retorno de los Astronautas y el Retorno de Objetos Lanzados al Espacio Exterior de 1968, la Convención sobre Responsabilidad Internacional por Daños Provocados por Objetos Espaciales de 1972, la Convención sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Exterior de 1975 y el Acuerdo que Reglamenta las Actividades de los Estados en la Luna y en Otros Cuerpos Celestes de 1979. Así que el tratado mencionado se eligió de acuerdo con el alcance de las ratificaciones (y el consiguiente apego internacional por parte de los países activos en actividades espaciales) y la pertinencia con respecto a la cuestión de los derechos de propiedad sobre los objetos espaciales, como los que abrigan minerales. El tratado de 1979 también aborda este tema, pero para mantener la discusión en términos factibles, no se trabajará, ya que es un documento con muy pocas ratificaciones, y los países activos en actividades espaciales, como EE.UU. y Luxemburgo, no son signatarios.

- innovaciones Zero-G, tecnologías que buscan proporcionar experiencias en entornos sin gravedad, como el vuelo con gravedad cero (Kim, 2017);
- satélites miniaturizados, satélites artificiales que son mucho más pequeños que los de dimensiones convencionales, generalmente con un peso de menos de 1000 kg (satélites pequeños), 500 kg (minisatélites o mini-sats), 100 kg (microsatélites o micro-sats), 10 kg (nano satélites o nano-sats), 1 kg (satélites pico o pico-sats) y 100 g (satélite femto o femto-sat) (Marboe, 2016, p. 3);
- turismo espacial, que abarca proyectos modestos como viajes suborbitales cortos o viajes a la órbita baja de la Tierra, así como proyectos más audaces como viajes reales a la Luna (Jakhu et al., 2017, p. 67);
- colonización de Marte, una de las propuestas aparentemente más tangibles en el intento de elevar a la humanidad a una civilización espacial, como una «especie multiplanetaria», que consiste en crear una ciudad autosuficiente en este planeta (Musk, 2017, p. 46).

Frente a tales actores y actividades principalmente comerciales¹⁸, el problema legal espacial ha sufrido modificaciones graduales, de modo que las reglas universales acordadas en los primeros tratados son cuestionadas por reglas locales nuevas y distintas. Como resultado de este nuevo escenario, se han establecido varias regulaciones dirigidas a intereses nacionales y económicos específicos, incluidas la SPACE Act y la LEURE¹⁹.

Por lo tanto, antes de proponer una respuesta al estado legal de los minerales espaciales, es necesario explorar las leyes del «espacio antiguo» y del «espacio nuevo», para comprender su tratamiento del derecho a la propiedad de los objetos y recursos espaciales.

III.1. Tratado internacional: espacio exterior

Al estar motivada por rivalidades político-ideológicas, la carrera espacial tenía la intención de demostrar el poder tecnológico de las dos superpotencias, despertando en la población mundial el temor de

¹⁸ Aunque colocadas en términos generales, es de destacar que estas actividades continúan desarrollándose simultáneamente con fines científicos, por medio de la asociación de agentes públicos y privados.

¹⁹ La legislación en el nuevo espacio está, de hecho, marcada por numerosos tipos nuevos de regulaciones y estructuras, muchas de ellas técnicas y científicas, que abordan temas que no estaban cubiertos por los primeros tratados, como los tratados bilaterales que regulan la cooperación espacial entre los Estados y las agencias espaciales gubernamentales (Jankowitsch, 2015, p. 20). Por lo tanto, las dos legislaciones mencionadas se eligieron en función de la actualidad, el alcance y la relevancia de la cuestión específica de los derechos de propiedad sobre los minerales espaciales.

que estos países pudieran usar logros científicos con fines de guerra y, consecuentemente, desatar una posible tercera guerra mundial.

Para evitar este trágico escenario, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó el Tratado del Espacio Exterior (Outer Space Treaty), un documento que impone principios generales, fundados en el pacifismo, para la investigación, exploración y uso del espacio exterior y los cuerpos celestes. Por lo tanto, este primer tratado proporciona la estructura básica del derecho espacial internacional y establece cinco principios importantes: el interés común (P_1), la libertad de exploración y uso del espacio exterior (P_2), la libertad de investigación científica (P_3), la no apropiación del espacio exterior (P_4) y la responsabilidad estatal para actividades privadas en el espacio exterior (P_5)²⁰.

P_1 se puede encontrar en el artículo I (1):

La exploración y el uso del espacio exterior, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, deben realizarse en beneficio e interés de todos los países, independientemente de su grado de desarrollo económico o científico, y será de incumbencia de toda la humanidad.

Este principio se ha establecido para dos propósitos principales: (1º) proteger legalmente y asegurar el derecho futuro de los países en desarrollo de explorar y usar el espacio exterior y los cuerpos celestes cuando eventualmente se vuelvan económica y científicamente capaces de hacerlo (Jakhu et al., 2017, p. 117); (2º) determinar que la exploración espacial debe realizarse necesariamente a través de un proceso de intercambio voluntario y cooperación internacional (Tronchetti, 2009, p. 26).

P_2 y P_3 se encuentran, respectivamente, en el artículo I (2) y I (3):

El espacio exterior, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, será libre de ser explotado y utilizado por todos los Estados sin discriminación de ningún tipo, sobre la base de la igualdad y de conformidad con el derecho internacional, y habrá libre acceso a todas las áreas de los cuerpos celestiales.

Habrá libertad de investigación científica en el espacio exterior, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, y los estados facilitarán y alentarán la cooperación internacional en dicha investigación.

Dada la intención de construir un régimen de gobernanza internacional para todas las actividades espaciales, la libertad de P_2 ha sido concebida y reconocida como de naturaleza y alcance amplios (Jakhu et al., 2017,

²⁰ El tratado tiene otros principios, como la prohibición de colocar armas nucleares en órbita, la responsabilidad por los daños causados por un objeto espacial y el deber de prevenir la contaminación nociva del espacio ultraterrestre y de los cuerpos celestes —temas que no son tratados en el presente estudio—.

p. 118), previniendo la existencia de privilegios legales. Partiendo de esta libertad general, el tratado presenta una libertad específica, la científica, que garantiza la igualdad de acceso y condiciones para todos los países interesados en actividades científicas que deben llevarse a cabo fuera de la Tierra.

P_4 y P_5 se encuentran respectivamente en los artículos II y VI:

El espacio exterior, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, no está sujeto a la apropiación nacional por medio de la pretensión de soberanía, por uso u ocupación, ni por ningún otro medio.

Los Estados [...] asumen la responsabilidad internacional por las actividades nacionales en el espacio exterior, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, ya sea que estas actividades sean realizadas por agencias gubernamentales o entidades no gubernamentales.

En términos generales, P_4 confirma que el espacio exterior y los cuerpos celestes no están sujetos a derechos de propiedad y, por lo tanto, no pueden considerarse como «territorios» de ningún país (Freeland, 2017, p. 22). Así, se les garantiza la *res communis*, es decir, son cosas que no pertenecen a nadie y deben permanecer disponibles para que todos las usen (Slomanson, 2011, p. 288). Además, se justifica también por la intención de evitar contradecir los tres primeros principios: si algún país pudiera apropiarse de los objetos celestes, la libertad de explotación y uso por parte de todos los países y la protección del interés común no tendrían sentido. Por lo tanto, uno puede hacer una interpretación amplia y afirmar que las apropiaciones de entidades privadas también están prohibidas, bajo pena de incurrir en la misma contradicción²¹.

Al analizar estos principios, se puede concluir que el Tratado de 1967 establece claramente que:

- el espacio exterior es un área internacional común;
- ninguna persona jurídica, pública o privada, puede apropiarse del espacio exterior o de los cuerpos celestes;
- cualquier entidad legal, pública o privada, tiene acceso libre para explorar y usar objetos espaciales con fines científicos;
- el espacio exterior y los cuerpos celestes tienen el *status de res communis*.

21 Existen divergencias con respecto a esta interpretación extensa (Tronchetti, 2009, pp. 29-33), pero se decidió adoptarla precisamente para no violar el principio lógico de no contradicción: si una entidad privada pudiese apropiarse del espacio exterior o de un objeto celestial (si esta fuera una proposición verdadera), entonces P_1 , P_2 y P_3 perderían su efecto (necesariamente deben ser falsos; no hay forma en que todas las proposiciones contradictorias puedan ser verdaderas al mismo tiempo).

Sin embargo, a partir de este mismo ejercicio de análisis y en vista de la generalidad del documento, parece que el tratado no dice nada sobre los siguientes puntos:

- definiciones específicas para «cuerpos celestes», que probablemente darían lugar a diferenciaciones entre ellos y los «recursos espaciales» —estos últimos podrían o no tener una naturaleza jurídica distinta de la de aquellos—;
- distinciones precisas entre «uso» y «explotación»;
- notas sobre la apropiación de cuerpos celestes por individuos;
- especificaciones para posibles actividades que no sean científicas²²;
- indicaciones de posibles desplazamientos futuros de un «cuerpo celestial» a la Tierra, en este caso con fines científicos, lo que iría en contra de P_4 , pero no necesariamente si hubiera una determinación de excepción.

Estas constataciones son profundamente importantes para el debate sobre la minería espacial, porque «todos los Estados involucrados en actividades espaciales son parte del Tratado del Espacio Exterior» (Lee, 2012, p. 103) y muchos de sus principios «se han convertido en el derecho internacional consuetudinario, ya que han sido ampliamente aceptados por la comunidad internacional, y la práctica del Estado asociada con estos principios también ha sido consistente» (Jakhu et al., 2017, p. 114). Por lo tanto, cada una de ellas tiene una influencia directa en la regulación de la minería espacial, especialmente las constataciones de omisión, las cuales han sido utilizadas por varios países para establecer sus leyes locales con respecto al derecho de propiedad de los recursos resultantes de esa actividad económica.

III.2. Regulaciones locales

III.2.1. Estados Unidos

El contexto del pacifismo internacional posterior a la Guerra Fría allanó un camino largo y sesgado para la construcción de la pluralidad en el dominio espacial. En esta coyuntura, la SPACE Act es la legislación más influyente.

Aunque su objetivo principal es fomentar la competitividad y el emprendimiento aeroespacial privado en el país, esta legislación se destaca precisamente por su origen, el proyecto de ley *American Space Technology for Exploring Resource Opportunities In Deep Space Act* (ASTEROIDS Act), de 2014, cuyo foco era precisamente la minería

22 Excepto la prohibición de actividades de guerra.

espacial. Para regular esta actividad económica, el proyecto se basó en varios propósitos, que incluyen:

- facilitar la explotación comercial y el uso de los recursos de asteroides para satisfacer las necesidades nacionales;
- desalentar las barreras gubernamentales para el desarrollo de industrias económicamente viables, seguras y estables para la exploración y el uso de recursos de asteroides en el espacio exterior;
- promover el derecho de las entidades comerciales de los EE.UU. a explotar y utilizar los recursos de asteroides en el espacio ultraterrestre, [...], sin interferencias perjudiciales y a transferir o vender dichos recursos.

Aunque la SPACE Act es más amplia que la ASTEROIDS Act —porque se ocupa de actividades distintas a la minería—, mantiene estas propuestas iniciales. Sin embargo, como se trata de una norma local y posterior, el análisis de sus disposiciones normativas debe hacerse necesariamente en comparación con lo establecido en los principios del Tratado de 1967. Ante esto, existe un conflicto de intereses: mientras los EE.UU. buscan mantenerse fieles a las normas internacionales consuetudinarias, que están sujetos debido a la ratificación del tratado, también tienen la intención de privilegiar a los emprendimientos privados nacionales, así como a su posición económica liberal. Para reducir esta disonancia, el gobierno de los EE.UU. aprovechó las lagunas legales—las omisiones ya señaladas— para formular sus reglas.

La SPACE Act evidencia el enfoque de la regulación —el uso del espacio exterior para fines comerciales— al establecer el siguiente objetivo:

Permitir un entorno favorable al crecimiento para el desarrollo de la industria espacial comercial, alentando la inversión del sector privado y creando condiciones regulatorias más estables y predecibles.

Por lo tanto, si bien la ley es categórica en la expansión del alcance de las actividades espaciales más allá de las actividades estrictamente científicas, permanece bajo el compromiso internacional de la pacificación.

De los artículos sobre minería espacial, queda claro que la ley es explícita al referirse a los «derechos de propiedad» sobre «recursos de asteroides» o «recursos espaciales», definiéndolos específica y genéricamente en el § 51301 (1) y (2) respectivamente:

- (1) RECURSO DE ASTEROIDES [...] recurso espacial encontrado en o dentro de un solo asteroide.
- (2) RECURSO ESPACIAL.

MINERALES
ESPAciaLES: COSAS
DE NADIE EN
BENEFICIO DE TODOS

SPACE ORES:
NOBODY'S THINGS
FOR THE BENEFIT OF
ALL

- (A) EN GENERAL [...] recurso abiótico *in situ* en el espacio exterior.
 (B) INCLUSIONES [...] incluye agua y minerales.

Si tales recursos son apropiables, no pertenecen, *a priori*, a nadie, por lo que son, en esta perspectiva, *res nullius*, es decir, «cosas sin dueño»²³ o cosas de nadie, pero que pueden reducirse al control soberano (Brünner & Soucek, 2011, p. 279). En el caso de la ley estadounidense, los lugares donde se encuentran los minerales, la Luna y otros cuerpos celestes, permanecen *res communis*, con respecto a P_4 y P_5 , mientras que solo los recursos mismos serían *res nullius*²⁴.

La norma establece en el § 51303 quién puede ser el propietario:

Un ciudadano estadounidense involucrado en la recuperación comercial de un recurso de asteroide o recurso espacial [...] tendrá derecho a cualquier recurso [...] obtenido, incluyendo poseer, tener, transportar, usar y vender el recurso [...].

Por lo tanto, según esta ley, cualquier ciudadano estadounidense con licencia para participar en la explotación comercial y la recuperación de recursos espaciales o de asteroides tendrá derecho a la propiedad sobre los recursos obtenidos (Jakhu et al., 2017, p. 138). De esta forma, los EE.UU. o corporaciones estadounidenses (entidades legales) no pueden apropiarse de los activos espaciales —evitando posibles conflictos con los principios internacionales ya indicados—, pero los ciudadanos estadounidenses (individuos) sí pueden.

En este punto, es importante tener en cuenta la presencia del verbo «transportar» en el párrafo: el transporte se refiere solo a los recursos, sin mención o inferencia disponible sobre los propios asteroides. Probablemente, los legisladores fueron cautelosos con el objetivo de respetar P_4 , mientras aprovechaban la brecha en relación a los recursos.

Finalmente, supuestamente por ser una ley nacional, no contiene ninguna disposición para compartir la riqueza acumulada por la minería espacial como una actividad económica con aquellos que están demasiado subdesarrollados económica y tecnológicamente como para participar de la exploración espacial (Nelson & Block, 2018, p. 163).

Al analizar estas reglas, se puede concluir que la SPACE Act establece claramente que:

- la minería espacial es una actividad económica legal;

23 Las cosas que no son propiedad pueden ser: *res nullius*, cosas que nunca fueron propiedad; o *res derelictae*, cosas que fueron abandonadas por su propietario (Donizetti & Quintela, 2016, p. 739).

No vale la pena hablar de *res derelictae* en el caso de la minería espacial.

24 No se debe confundir *res nullius* con *terra nullius*. El primer término se refiere a «cosas» apropiables porque no tienen dueños anteriores, mientras el segundo alude a «territorios» apropiables porque no tendrían dueños anteriores (Slomanson, 2011, pp. 286-289).

- los minerales espaciales son, al mismo tiempo, recursos espaciales y recursos de asteroides;
- los minerales espaciales son apropiables solo por individuos;
- los minerales espaciales tienen el *status de res nullius*.

A pesar de la aparente precaución teórica de no violar los principios internacionales que guían la actividad espacial, el contenido de la SPACE Act, especialmente en lo que respecta a la apropiación de recursos por parte de los individuos, ha sido ampliamente discutido y criticado —después de todo, una persona que puede pagar el costo de esta actividad económica lo hace, en la práctica, inevitablemente, a través de una entidad jurídica privada, una empresa, respaldada por una entidad jurídica pública, los propios EE.UU.—. Por lo tanto, mirando el documento en su totalidad, en la ponderación de los intereses, los intereses locales sobresalen sobre los intereses internacionales.

Sin embargo, a pesar de ser blanco de resistencias conceptuales, se puede argumentar que, con su promulgación, la legislación estadounidense se ha convertido en el «paradigma» para otras naciones, sirviendo como el primer precedente para una postura legal activa sobre la minería espacial por parte de un país, así como un ejemplo normativo en sí mismo.

III.2.2. Luxemburgo

La LEURE es la segunda legislación local y la primera legislación europea que se ocupa específicamente de la minería espacial y se anunció con la promesa de que Luxemburgo sería el país pionero en la minería de oro, platino y tungsteno en los asteroides (ABC, 4 de febrero de 2016).

Esta legislación confirma el carácter paradigmático de la SPACE Act, en la medida en que indica, siguiendo al documento estadounidense:

- que los recursos espaciales son susceptibles de apropiación (artículo 1)²⁵;
- el *status de res nullius* de los minerales espaciales (inferencia del artículo 1);
- el carácter de la actividad económica legal de la minería espacial (artículo 3).

Sin embargo, a diferencia de la ley estadounidense, la LEURE coloca, en el artículo 4, a las entidades jurídicas regidas por el derecho privado —sociedades anónimas, sociedades en comandita por acciones o sociedades de responsabilidad limitada— como propietarios de activos espaciales, dejando abierta una posible fricción con P_4 y P_5 que los EE.UU. se encargó de evitar textualmente. Por lo tanto, según esta ley,

²⁵ La LEURE no tiene definición de «recursos espaciales».

las empresas de Luxemburgo o las empresas de otras nacionalidades que cumplan con los requisitos legales locales para explotar y utilizar los recursos espaciales pueden apropiarse de ellos.

Además, otra peculiaridad de la LEURE es la previsión, en el artículo 18 (1) y (2), de sanciones de prisión —que van de 8 días a 5 años—, y multas —que van de 1250 a 1 250 000 euros— para quienes violen las prerrogativas legales de autorizar la explotación y el uso de los recursos espaciales presentes en el documento.

Por lo tanto, se puede ver que existen acuerdos y desacuerdos con respecto a la comprensión del derecho a la propiedad de los minerales espaciales en las dos leyes locales vigentes. Como tal, es probable que los países que vayan a legislar la minería espacial se muevan hacia el consenso de que los minerales espaciales son *res nullius*, plenamente apropiables. Asimismo, a medida que se consolidan, tendrán que elegir qué modelo legal adoptar en relación con los propietarios de los minerales, si el de los EE.UU. o el de Luxemburgo²⁶. Este escenario futuro eventualmente dará lugar a una respuesta internacional de «actualización» de los términos del Tratado de 1967 o incluso supondrá la aparición de un nuevo tratado.

IV. DERECHO DE PROPIEDAD SOBRE MINERALES ESPACIALES

Dentro del marco general de las posiciones político-normativas sobre el derecho a la propiedad de los minerales espaciales, existe —hasta el momento en que se terminó de escribir este artículo— una ley internacional silenciosa sobre los recursos espaciales y dos leyes locales que difieren en cuanto a los titulares de este derecho. Por ello, es necesario analizar las diversas propuestas académicas y doctrinales para buscar la solución de este problema legal que permanece abierto.

Pese a la diversidad de propuestas, se pueden distinguir al menos tres clases predominantes de teóricos sobre el derecho a la propiedad de los minerales espaciales:

- Negacionistas: aquellos que niegan la necesidad de este derecho, porque entienden, principalmente basados en P_2 y P_3 , que ya está explicado en el Outer Space Treaty, dada la posibilidad de que entidades gubernamentales y no gubernamentales —incluidos individuos, empresas y organizaciones— usen y exploren libremente y en igualdad de condiciones los cuerpos

26 Aparentemente, la tendencia es que el modelo de Luxemburgo prevalezca, ya que los dos países que han mostrado mayor interés en legislar la minería espacial a nivel local, EAU y Rusia —se han asociado con Luxemburgo para comprender la estructura de su ley y para una cooperación estatal eficaz— (Calderón, 2018; Soldatkin, 6 de marzo de 2019).

celestes, mientras realizan actividades en el espacio. Por lo tanto, la apropiación de los recursos espaciales —que están necesariamente dentro del conjunto más amplio de «cuerpos celestes»— ya estaría legalmente protegida, no existiendo brecha alguna (véase Sterns & Tennen, 2003);

- Extensionistas: aquellos que apoyan una amplia gama de derechos de propiedad, incluidos la de los propios objetos celestes, pues entienden —siguiendo las prerrogativas económicas liberales, sobre todo, la privatización sin restricciones— que tanto los objetos como sus recursos espaciales son territorios y cosas completamente explotables y apropiables por quienes buscan beneficiarse a su propio riesgo de la inversión espacial. Por lo tanto, son contrarios a P_4 y P_5 ; es decir, consideran que el espacio extraatmosférico no debería ser compartido por todos en la Tierra. Simplemente es un lugar con potencial de ocupación humana a partir de la participación en emprendimientos económicos (véase Nelson & Block, 2018);
- Analogistas: aquellos que consideran la analogía con el tratamiento legal internacional de la alta mar —entendido como «parte del océano que no está sujeta a la soberanía territorial completa de ningún estado» (Slomanson, 2011, p. 312)— y sus recursos naturales como la forma más adecuada de proceder con ese derecho. En este sistema legal, la alta mar es *res communis* y sus recursos naturales son apropiables libremente²⁷. Por lo tanto, los analogistas reconocen la brecha dejada por el Tratado de 1967 sobre el espacio y buscan llenarla con lo que creen que es un contexto legal similar (véase Koch, 2018).

La presente propuesta se posiciona entre un «extensionismo muy débil»²⁸ y una «inspiración analógica». Del primero, solo se toma prestada su suposición central —la posibilidad de apropiación de objetos celestes— para justificar una excepción inevitable para la realización de una de las formas de realizar minería espacial: el envío de asteroides a la Tierra. Relativo al segundo, se considera que existe una diferencia real entre la parte y el todo, cabiendo, en un principio, la analogía «recursos espaciales/objetos celestes y recursos marinos/alta mar». Sin embargo, el problema del envío también emerge y justifica la mera inspiración: el espacio extraatmosférico no es comparable a la alta mar en relación con los niveles de complejidad de sus objetos —en efecto, mientras que de la alta mar solo se extraen los recursos considerados aislados (como los

27 Para un análisis de los derechos de propiedad sobre los recursos marinos, véase Barnes (2009, caps. 5, 7 y 8).

28 Las gradaciones de posiciones académico-doctrinales no son una preocupación para el presente estudio, pero elegimos usar estos términos para diferenciarnos de la «visión fuerte» del extensionismo presentada anteriormente.

peces), desde el espacio se pueden extraer tanto recursos aislados como los objetos completos que los contienen²⁹—.

En vista de esto, el objetivo es construir un enfoque *sui generis* de los derechos de propiedad de los minerales espaciales que considere las particularidades del espacio exterior, sus objetos y recursos, y que sea asimismo factible y beneficioso a gran escala. Para lograr esto, necesitamos analizar cada posibilidad de definición de qué tipo de «cosas» —o «bienes»³⁰— son los minerales espaciales y quién parece ser su propietario más apropiado.

IV.1. Naturaleza jurídica de los minerales espaciales

Entender los minerales espaciales como «cosas legales», es una tarea simple, ya que cumplen con los requisitos que caracterizan a estas:

- interés económico: la cosa debe ser útil;
- gestión económica: debe existir de manera material y autónoma; y
- subordinación legal: el sujeto de derecho puede ejercer su voluntad sobre ella, subordinándola a sí mismo.

La utilidad de estos recursos es incuestionable y uno puede reconocerlos fácilmente en una clasificación doctrinal precisa en cuanto a su materialidad y autonomía, ya que son:

- corpóreos: tienen existencia material, pueden ser tangibles;
- móviles por naturaleza: transportables, extraíbles sin dañar su estructura natural;
- fungibles: reemplazables por otros del mismo género, cantidad y calidad;
- no consumibles: permiten el uso continuo sin violar la integridad fisicoquímica, no perecen ni se destruyen de forma progresiva y natural;
- divisibles: sujetos a fraccionamientos homogéneos y distintos, no cambian ni devalúan la esencia del todo; y

29 Para aclarar este punto, es suficiente imaginar que la alta mar, en relación con el espacio exterior, es más como un asteroide —un territorio con recursos aislados que se consideran extraíbles— que como el universo mismo —un territorio con varios cuerpos celestes, como los asteroides, que contienen varios recursos dentro de ellos—.

30 A pesar de que son términos legalmente relevantes, no hay acuerdo sobre las conceptualizaciones de «bien» y «cosa». Para el presente estudio, un *bien jurídico* es «todo lo que es útil para las personas», mientras que *cosa jurídica* es «todo bien económico, dotado de existencia autónoma y capaz de estar subordinado al dominio de las personas» (Fiúza, 2003, p. 145). Dado que el bien no siempre tiene expresión económica y la cosa siempre supone económico y encarnación, la palabra «cosa» se usará más para referirse a los minerales espaciales, aunque, según esta definición, ellos sean, concomitantemente, bienes y cosas.

- singulares: evaluados individualmente, representados por una unidad autónoma distinta de cualquier otra y compuestas por un todo homogéneo, cuyas partes fueron unidas por la naturaleza.

El problema radica en el último requisito, que afecta la inclusión de minerales en la categoría de apropiación. Para resolverlo, primero debemos entender que el derecho de propiedad se basa en cuatro poderes:

- usar: tener la cosa disponible para usarla o almacenarla;
- disfrutar: capturar las ventajas generadas por la cosa, como los productos que provienen de ella y cualquier otra utilidad que produzca;
- disponer: posibilidad de darle a la cosa un determinado propósito o empleo, como consumo y alienación;
- reivindicar: facultad para perseguir la cosa (*ius persequendi*) y tomarla de quien la posee o la retenga injustamente.

Asimismo, se basa en una limitación: la función social³¹, «poder-deber del propietario que debe ejercer la propiedad tomando en cuenta el interés colectivo» (Dimoulis, 2012, p. 545). Ello implica «alguna restricción en el alcance de los derechos privados, ya sea para proteger ciertas necesidades básicas o para asignar autoridad u ordenar la sociedad» (Barnes, 2009, p. 112). Tales poderes y limitaciones «garantizan un equilibrio dinámico en la relación de propiedad» (Donizetti & Quintela, 2016, p. 799).

Por lo tanto, si bien el uso, el disfrute, la disposición y la reivindicación están asegurados para el propietario, sus intereses particulares compiten con los intereses colectivos, de modo tal que no se vean perjudicados desproporcionadamente unos por los otros.

A partir de esta estructura teórica, finalmente se pueden detallar las posibilidades de incluir a los minerales espaciales como cosas apropiables.

IV.1.1. Minerales aisladamente considerados

Como recurso natural, el mineral espacial se puede ver desde dos perspectivas:

- perspectiva del aislamiento: se basa en el concepto tradicional, que considera el mineral un «agregado mineral sólido natural [...]】

³¹ Existen desacuerdos acerca de esta limitación. Sin embargo, ya que está presente en varios sistemas legales europeos y latinoamericanos y existen interpretaciones favorables a su existencia legal incluso en países donde no está documentada explícitamente (Barnes, 2009, pp. 63-163; Foster & Bonilla, 2011), se la ha incluido como un tema relevante. Además, debe considerarse que es imposible participar en una actividad económica fuera del ámbito social. Por otra parte, debe señalarse que el surgimiento de la función social supone una toma de distancia de la propuesta del «puro extensionismo», porque en dicha propuesta la autonomía privada es un valor absoluto o, en un sentido moderado, muy superior a los demás.

del cual uno o más componentes valiosos pueden recuperarse mediante tratamiento» (Haldar, 2018, p. 3);

- perspectiva de la unión: se basa en casos en que estos agregados se unen a un *near-Earth asteroid*, que puede transportarse integralmente a la Tierra.

La perspectiva del aislamiento, ya que no entra tanto en conflicto con los principios internacionales, será trabajada primero. Una vez resuelta, se abordará la perspectiva de la unión, el tema más delicado en términos de principio. Probablemente, por estas razones, las leyes locales se centran en la primera y no mencionan la última.

IV.1.1.1. Res communis

La primera alternativa para concebir los minerales espaciales como cosas apropiables es pensarlos como *res communis*, como los cuerpos celestes, colocando a la humanidad como propietaria.

La humanidad constituye una colección de más de 7,5 mil millones de individuos y cada una de estas personas puede usar, disfrutar, disponer y reivindicar los minerales espaciales de cualquier asteroide o de la Luna. Es una propuesta teóricamente inteligible y, hasta cierto punto, se basa en la defensa de ideales igualitarios y humanitarios.

No obstante, en la práctica, es difícil concebir los poderes de los derechos de propiedad para la propietaria «humanidad» vista de esta manera. Las características de los minerales, especialmente la movilidad y la singularidad, dificultan o imposibilitan el acceso de miles de millones de propietarios —solo una pequeña parte de ellos puede acceder a los minerales desde un punto de vista económico y, de entre aquellos que pueden hacerlo, no todos están interesados en este acceso—. Este obstáculo material convierte esos ideales en utopías, ya que no es posible realizarlos de manera oportuna.

Sin embargo, hay una salida obvia de esta situación aparentemente poco práctica: la consolidación de una agencia de control centralizada que representaría a la humanidad como propietaria de los minerales espaciales. Esta organización internacional hipotética sería responsable de los procedimientos relacionados con la minería espacial, incluida la distribución uniforme de sus beneficios, y probablemente recibiría el apoyo de los «Estados partes, quienes financiarían los costos operativos, el mantenimiento del personal y la sede, y el cumplimiento de las reuniones de los distintos organismos» (Leterre, 2017, p. 68).

Por esta razón, los intereses materiales de la humanidad derivados de la dependencia de la minería estarían debidamente protegidos. Sin embargo, debe considerarse que estos intereses ya son considerados

por la minería terrestre y no existe una agencia centralizada de la misma naturaleza que represente a la humanidad. Esto tiene motivaciones territoriales: en algunos Estados, ellos mismos son dueños de estos recursos³², mientras que en otros este derecho se transfiere directamente a las empresas mineras.

Por lo tanto, hay otras formas de considerar la propiedad de la minería espacial más allá de la humanidad: una de ellas supone, precisamente, pensar en términos de personas jurídicas, públicas o privadas, que ya existen y que podrían desempeñar el papel de agencia centralizadora.

IV.1.1.2. Bienes públicos

La segunda alternativa de asignación es como bienes públicos³³, colocando a un Estado como propietario.

Un Estado es la representación legal de un país, lo que lo convierte en una agencia de control centralizada —aunque local— que, a través del gobierno soberano, representa los intereses de los habitantes de un determinado espacio territorial terrestre; o que representa, en general, los «intereses nacionales». Como se observa en varios países, los minerales se clasifican como activos de dominio público y, en tanto recursos básicos para su desarrollo económico, pertenecen al Estado, no al propietario del suelo, lo que elimina la posibilidad de que se les imponga algún régimen de derecho privado.

Este precedente legal hace que la concepción de los minerales espaciales como bienes públicos sea menos laboriosa en la práctica que la concepción de la *res communis*. Después de todo, el Estado es en sí mismo una agencia centralizadora bien establecida, eliminando la necesidad de crear otra desde cero.

Sin embargo, para que sea efectivo, el enfoque de bienes públicos debe partir de la suposición de que los minerales en el espacio ya serían, previamente, propiedad de algún Estado «genérico» y que solo estarían esperando que el representante de ese país aterrice en el objeto celeste donde se encuentran para que se apropie de ellos. En este sentido, la lógica de la conquista permanecería en el espacio: el primer país que llega toma los recursos de la ubicación extraterrestre, que es de libre acceso para todos.

Esta idea es problemática por una razón sustancial: incluso si trata a los minerales espaciales como cosas aparte de los objetos celestes, la violación

32 Generalmente, esta información se encuentra en las Constituciones: por ejemplo, el artículo 19, § 24 de la Constitución chilena; el artículo 84, § 1, c, de la Constitución de Portugal; el artículo 176, encabezado, de la Constitución de Brasil.

33 «Bienes jurídicos atribuidos a la propiedad estatal, sujeta al derecho público, necesaria para el desempeño de funciones públicas o que merecen una protección especial» (Justen, 2010, p. 1044).

de los fundamentos de P_1 es patente. No existe un interés común que se sostenga si los minerales se tratan como propiedades anteriores de un Estado cuyos usos, disfrutes, disposiciones y reivindicaciones beneficiarán económicamente a una sola nación.

El daño futuro también debe considerarse para los Estados que no desarrollarán la minería espacial en esta etapa temprana, ya sea porque no tienen las condiciones presupuestarias para conducirlo o porque sí la tienen, pero no tienen planes inminentes para esta actividad. Estos Estados dependerían de los «Estados conquistadores» para obtener sus recursos minerales, lo que generaría un amplio margen de desigualdad en el terreno internacional.

Tal desigualdad, sin embargo, no solo sería entre Estados, sino que también afectaría la relación público-privada. En efecto, los intereses públicos prevalecerían sobre los privados, especialmente pensando en un futuro en el que la minería terrestre fuera reemplazada gradualmente por la minería espacial y, eventualmente, totalmente reemplazada. Este escenario podría aplicarse al antiguo espacio, porque los Estados fueron los principales actores en su exploración, pero no coincide con el nuevo espacio, el período de incorporación de empresas en el negocio espacial.

IV.1.1.3. Bienes privados

La tercera alternativa de asignación es considerar a los minerales espaciales como bienes privados, colocando a una empresa o a un individuo como propietario.

Al igual que el Estado, la compañía sería una agencia de control centralizada local, pero representaría los intereses de un grupo de individuos reunidos para perseguir ciertos fines económicos. En cuanto al individuo, la expresión «agencia» no es apropiada, aunque no se puede negar que, dado que se ocupa específicamente de la minería espacial, inevitablemente posee grandes activos acumulados —es decir, todavía hay algo centralizado en sí mismo, el poder económico³⁴—.

Como se ve, en algunos países, los minerales son extraídos por empresas privadas que obtienen gran parte de los poderes de los derechos de propiedad: uso, disfrute y disposición, principalmente. Y, como en el escenario anterior, ello representa un precedente legal en el que el enfoque de los bienes privados debe basarse en la presuposición de que los minerales en el espacio ya serían, previamente, propiedad de alguna entidad privada «genérica». Por lo tanto, solo estarían esperando que el representante de esta compañía o individuo aterrice en el objeto celeste

³⁴ En la práctica, la posibilidad de que un individuo pueda tener la estructura necesaria para llevar a cabo la minería espacial es remota, pero en teoría no hay impedimentos para que un solo multimillonario invierta en tal emprendimiento.

en el que se encuentran para apropiarse de ellos, siguiendo la lógica de la conquista espacial: la primera compañía o el primer individuo que llega toma los recursos.

Estas similitudes apuntan a los mismos problemas anteriores: evidente violación de principios internacionales —el interés común se vería comprometido si todos los beneficios económicos fueran solo para una empresa o un individuo—; daños futuros a empresas posteriores; y desigualdad económica entre empresas.

Además, se reanuda el problema de la relación público-privada, pero en la dirección opuesta: los intereses privados prevalecerían sobre los intereses públicos. En este sentido, uno debería pensar en países que no tienen tales compañías privadas y necesitarían la representación estatal para obtener algún beneficio de la minería espacial: en este caso, los Estados estarían sujetos a los requisitos de las empresas o individuos, lo que podría conducir a una condición de dominación no deseada.

Por lo tanto, aunque este escenario se adapta mejor al nuevo espacio, debe considerarse la necesidad de encontrar una solución al problema público-privado, de modo que los principios rectores del derecho espacial permanezcan estables.

IV.1.1.4. *Res nullius*

La cuarta alternativa de asignación es como *res nullius*, colocando a nadie como propietario al principio y a cualquier individuo, público o privado, como propietario posteriormente.

En consonancia con *P₄*, los cuerpos celestes seguirían siendo propiedad de todos, mientras que los minerales espaciales serían cosas sin dueño. La lógica en la que un territorio *res communis* «coexiste armoniosamente» con los recursos *res nullius* apropiables por cualquier persona tiene, además de la analogía de alta mar, un precedente terrestre exitoso: en Canadá, los «derechos de superficie y minerales sobre la misma propiedad pueden ser propiedad de diferentes propietarios para diferentes minerales/productos finales» (Haldar, 2018, p. 15). Esta forma de percibir el suelo terrestre que contiene minerales y aquellos que son apropiables puede transferirse completamente al tratamiento del suelo espacial.

El enfoque de *res nullius* difiere del de *res communis* en que prescinde del requisito de que una agencia controlada internacionalmente se encargue de ellos: ese papel sería del propietario, quien representaría a una agencia local pública o privada, o sería un individuo. También se distingue de los enfoques de bienes públicos y bienes privados porque elimina la suposición de que las cosas que están en el espacio ya serían propiedad de alguien específico. Desde esta perspectiva, son solo

MINERALES
ESPACIALES: COSAS
DE NADIE EN
BENEFICIO DE TODOS

SPACE ORES:
NOBODY'S THINGS
FOR THE BENEFIT OF
ALL

recursos potencialmente económicos que se encuentran en el espacio extraatmosférico.

Sin embargo, la lógica de la conquista todavía se aplica, así como sus problemas de beneficios unilaterales. Entretanto, esta lógica se presenta de manera más equitativa, porque cualquiera puede ser el primero en llegar, sin barreras representativas que impidan la conquista espacial. Entonces, lo que este enfoque no es capaz de resolver es la violación de P_1 , ya que, como en los dos casos anteriores, no hay nada que obligue al propietario a percibir sus ganancias de manera compartida, beneficiando a todos, como lo predice la ley espacial.

Con todo, entre todos, es el enfoque más apropiado para la dinámica del nuevo espacio, en el que los intereses públicos y privados, en lugar de entrar en conflicto, armonizan. Esto puede notarse a partir de LEURE, documento que favorece a las empresas nacionales y extranjeras, mientras que busca consolidar a Luxemburgo como pionero en minería espacial. Este funcionamiento armónico-dinámico que apunta al mismo resultado instrumental, deseado simultáneamente por entidades públicas y privadas (Barnes, 2009, pp. 121-122), hace que la aplicación de los derechos de propiedad sea más factible en el contexto de la minería espacial. Además, el reconocimiento de los propietarios hace que los problemas de responsabilidad futura, incluidos los ambientales, terrestres y espaciales, sean más claros y resolubles, a diferencia de la adopción de la abstracción de la «humanidad», «donde, por definición, todos se sienten autorizados, pero nadie se siente realmente responsable» (von der Dunk, 2015, pp. 55-56).

Queda pendiente, por lo tanto, resolver la cuestión de principio violada: ¿cómo sería posible mantener tanto el interés común como intereses tan estrechos simultáneamente? Este cuestionamiento lleva a reflexiones sobre los lucros de la minería espacial. Sin embargo, antes de presentarlos, es necesario abordar otro problema pendiente, también de naturaleza de principios: el derecho a la propiedad sobre los minerales unidos a los asteroides.

IV.1.2. Minerales unidos a los asteroides

La cuestión de los asteroides que pueden ser desplazados a la Tierra para extraer sus minerales golpea directamente a P_4 : no es posible transportar un objeto celeste sin «apropiarse» de alguna manera de él, lo cual está expresamente prohibido por el Tratado de 1967. Hasta el día de hoy, esta prohibición ha sido respetada solememente por todos los países y empresas que operan en actividades espaciales.

Para resolver este problema, se puede recurrir a la adición de una excepción única y exclusiva al artículo II del Tratado de 1967, cuya redacción podría transcribirse así: «El espacio exterior, incluida la Luna

y otros cuerpos celestes, no está sujeto a la apropiación nacional por reivindicación de soberanía, uso u ocupación, o por cualquier otro medio, excepto en caso de transporte de asteroides para extracción de minerales en la Tierra»³⁵.

No sería una violación de P_4 , sino una mera excepción basada en una *conditio sine qua non* que ocurre en un «efecto dominó»: para que los minerales del asteroide sean aprovechados en la Tierra, primero él debe ser transportado y, para eso, es necesario que alguien lo haga, y, para que se realice esta operación, es inevitable que el transportista se apropie de él. De esta manera, los cuerpos celestes permanecerían inapropiables para todo uso mientras se encuentran en sus órbitas, y solo un tipo de esos objetos sería apropiable —los *near-Earth asteroids*— para un solo propósito —la minería—.

Para hacer esta idea más aceptable, se propone que el transporte esté sujeto a condiciones específicas que garanticen que los beneficios comunes superen el daño de violar el principio a favor del propietario del cuerpo celestial, que retoma la cuestión de las ganancias.

IV.2. Propiedad sobre ingresos de la minería espacial

Al elevar el espacio a la dimensión de «provincia de la humanidad», P_1 fomenta la idea de que «solo la humanidad que actúa colectivamente [...] tiene derecho a disfrutar de los beneficios derivados de las actividades espaciales y a establecer cómo compartirlos entre todas las naciones» (Tronchetti, 2009, pp. 23-24). Esta interpretación lleva a muchos autores a descartar la hipótesis de la *res nullius* y a considerar la hipótesis de la *res communis* como la más apropiada. Sin embargo, como se ve, es difícil, práctica y estratégicamente, apoyar al sujeto «humanidad» como propietario de minerales espaciales, y es más viable tratar con los sujetos de derecho ya existentes para esa finalidad.

Sin embargo, la dificultad de dar protagonismo a la humanidad en la minería espacial disminuye cuando se consideran los *lucros* de esta actividad —es decir, las ventajas económicas y financieras obtenidas a través de ella—. Esta concepción se puede aplicar reduciendo uno de los poderes del propietario, el disfrute, y aumentando su limitación, la función social —en este caso, el uso, la disposición y la reivindicación seguirían siendo exclusivamente suyos—. Dicha reducción y expansión deben ser proporcionales, para que tanto el propietario como la beneficiaria vean satisfechos sus intereses. Entonces, debemos entender cómo operaría la dinámica de los lucros.

35 Cabe señalar que los cambios en el Tratado están previstos en el artículo XV: «Cualquier Estado Parte en el Tratado puede proponer enmiendas a este Tratado».

IV.2.1. Particulares y Estado

Naturalmente, los primeros en disfrutar de la exploración de minerales espaciales serían aquellos que asumieron los riesgos de la actividad económica, inyectando capital para su realización. Por lo tanto, en la dinámica de cooperación única de la minería espacial, las personas, empresas y estados que participaran en esta actividad serían los principales —pero no los únicos— que disfrutarían de sus ventajas.

El pronóstico lucrativo de la minería espacial la coloca en un nivel muy diferente en comparación con otros negocios ya implementados, porque se refiere a ganancias en cifras del trillón, algo aún no alcanzado. Con ganancias tan exorbitantes, no hay motivos razonables para que los multibillonarios se nieguen a asumir los costos millonarios/billonarios de una compensación común³⁶, especialmente si dicha compensación se basa no solo en una norma legal internacional, sino también en razones fácticas y morales, como aquellas que se construirían ante la perspectiva de continuidad renovada.

Ante esto, ¿cómo efectuar esta transferencia de dinero y cómo delimitar su destino? En el primer caso, como no se trata de crear una organización internacional separada para encargarse del acceso de miles de millones de personas a este ingreso, es necesario crear condiciones legales para que los propietarios lo hagan directa o indirectamente.

Una forma directa de asignar socialmente los ingresos sería crear un deber de transferir un porcentaje de los ingresos a obras o proyectos vinculados con cuestiones humanitarias o ambientales que, a su vez, estén relacionadas con problemas no resueltos de la minería terrestre. Así, por ejemplo, podría tratarse de iniciativas existentes, como las destinadas a la abolición del trabajo infantil en las minas de los países asiáticos y africanos; o de iniciativas que vendrían a existir, como las necesarias para reconstruir las ciudades brasileñas afectadas por los delitos ambientales de Vale.

De no llevarse a cabo dicha contribución, su emprendimiento exploratorio se verá obstaculizado en su funcionamiento. Sin embargo, las sanciones contra aquellos que no dieran destino social a los ingresos serían diversas, incluidas multas y otras limitaciones prácticas: en el caso más drástico, por incumplimiento total del deber, al propietario se le podrían expropiar o desapropiar sus bienes³⁷. Se tratarían, eso sí, de

36 Los costos de la actividad no serían un motivo razonable dado un análisis de costo-beneficio: la diferencia entre ganancias e inversiones será enorme y positiva.

37 En la expropiación, la Administración Pública se apropia de la propiedad del propietario sin el pago de una indemnización y ocurre en los casos de actos ilegales. En la desapropiación, el propietario se ve privado de su propiedad, pero es compensado. Esta última ocurre en casos de utilidad pública, necesidad pública o interés social ante el incumplimiento de la función social.

sanciones administrativas, a diferencia de lo que indica LEURE, que también prevé sanciones penales³⁸.

Una posibilidad indirecta de atribuir una función social a las ganancias, aplicada solo a los individuos, sería a través de tributación de impuestos³⁹, cuya tasa podría aplicarse a parte de la ganancia obtenida de la comercialización de productos resultantes de la minería espacial. Como los Estados son responsables de la recaudación y el destino de los impuestos, cada uno se comprometería localmente a transferir valor a obras y proyectos relacionados con la minería terrestre, en caso tuvieran lugar en otro Estado —generalmente, los países donde los humanos y los ecosistemas sufren más con la minería no son los mismos que invierten en minería espacial—. Excepcionalmente, la cantidad recaudada podría tener otro destino, como un fondo contra la pobreza, por ejemplo.

Por lo tanto, la creación de obligaciones legales para los propietarios de minerales espaciales puede satisfacer plenamente las prerrogativas de P_1 , mientras que sus intenciones lucrativas permanecen protegidas.

IV.2.2. Humanidad

La segunda parte de la pregunta planteada —delimitar el destino de los ingresos de la minería espacial— fue respondida puntualmente —obras o proyectos vinculados a cuestiones humanitarias o ambientales que surgen de problemas no resueltos de la minería terrestre—. Sin embargo, es necesario explicar los fundamentos de este enlace.

Del mismo modo que el sujeto «humanidad» es una abstracción con una compleja correspondencia práctica, la beneficiaria «humanidad» también es de delimitación material compleja, pero no por las mismas razones: fijar miles de millones de humanos como dueños de algo que la mayoría nunca puede tener es diferente a demarcar problemas sociales y ambientales que podrían resolverse aplicando ingresos externos. En el primer caso, la base resulta forzada, porque no se puede individualizar a los propietarios; en el segundo, resulta viable, porque se pueden demarcar las causas.

El problema con la beneficiaria es elegir qué problemas socioambientales deben prevalecer en el orden de los beneficios⁴⁰. Aquí es donde retorna la perspectiva de la continuidad renovada. Dado que la minería terrestre, a pesar de sus beneficios, es muy dañina en términos humanitarios/

38 Como el derecho penal es *ultima ratio* para defender bienes legales, esa elección se basa en el supuesto de que la minería espacial no puede, directamente, causar delitos ambientales, con resultados de «muerte» o «destrucción del ecosistema», como si lo puede hacer la minería terrestre. Si esto ocurriera en el futuro, deberían agregarse sanciones penales.

39 «Especies tributarias, cuyo evento generador es independiente de cualquier actividad del Estado relacionada con los contribuyentes, constituyéndose en un deber fundamental de contribuir a los gastos generales de la comunidad» (Dimoulis, 2012, p. 321).

40 Una consideración previa a esto sería si realmente existe una jerarquía entre tales problemas —sin embargo, dados los propósitos del artículo, se decidió no abordar este aspecto—.

MINERALES
ESPAciaLES: COSAS
DE NADIE EN
BENEFICIO DE TODOS

SPACE ORES:
NOBODY'S THINGS
FOR THE BENEFIT OF
ALL

ambientales, y la minería espacial es una nueva oportunidad para realizar la misma actividad y obtener esos mismos beneficios —es decir, continuar lo que ya se hace— sin la perspectiva de repetir estos daños —al menos no en el mismo grado, por lo que se trata de una renovación de lo que ya se hace—, se considera razonable que los problemas sociales y ambientales generados por la minería terrestre sean la prioridad en la aplicación de los ingresos de la minería espacial.

Si los inversores, privados o públicos, van a beneficiarse en gran medida de una actividad que ya tiene un historial en la Tierra y tendrán el deber legal de compartir sus ganancias, es aceptable establecer una conexión entre los tres puntos: beneficio exorbitante + historial de minería + deber de compartir = ingresos aplicados a problemas socioambientales vinculados con la minería terrestre.

En la práctica, independientemente de si los minerales espaciales se usan en el espacio o se transportan a la Tierra —aislados o unidos a asteroides—, parte de sus ganancias mantendrían un compromiso con las causas terrestres relacionadas con la minería. Por lo tanto, la continuidad se completa: ya sea para uso *in situ* o para uso en la Tierra, los minerales espaciales generarían beneficios para la población terrestre.

Sin embargo, se podría argumentar que las personas que explotarán los minerales en el espacio no son responsables de los problemas humanitarios/ambientales generados por las personas que han extraído/extraen minerales en la Tierra y que este vínculo es solo una construcción teórica. Esta objeción es, en cierta medida, correcta, porque, de hecho, es una construcción que, para ser aplicada, requeriría consenso —es decir, no constituye una relación «natural», es un enlace «producido»—. Pero no es un enlace totalmente arbitrario⁴¹. Se reitera que la actividad minera, sus objetivos y sus productos finales son los mismos, ya sea que se practiquen en el espacio o en la Tierra, por lo que esa cadena de eventos no se puede ignorar por completo: minería terrestre seguida de minería espacial.

Además, sugerir que parte de los ingresos se transfiera a iniciativas para resolver problemas sociales y ambientales no es lo mismo que proponer que los responsables de dichos problemas estén exentos de sus delitos y no tengan que asumir los costos de sus resoluciones. Una cosa no implica la otra. Sin embargo, es un hecho que en las regiones afectadas por la minería terrestre—como Brasil, Mozambique, Filipinas, Tanzania y Sudáfrica—, estos problemas persisten en el tiempo y, en consecuencia,

⁴¹ Fijar la exigencia de colaboración internacional sin un parámetro definido sería verdaderamente arbitrario, ya que dejaría abierta la posibilidad de que en la transferencia de ingresos se incurra en prácticas corruptas: por ejemplo, una empresa podría enviar sus ingresos a una «empresa fantasma», obteniendo así los beneficios completos.

las personas y los ecosistemas sufren durante años. Por ello, la ayuda externa actuaría para mitigar estos problemas considerablemente.

También se debe considerar el momento en el que la minería espacial y la minería terrestre coexistirán: ese es el momento oportuno para una cooperación internacional efectiva. Este momento, sin embargo, presenta otra oportunidad: una posible transferencia de las actividades de las empresas que ya han explotado en la Tierra hacia las actividades espaciales. Por lo tanto, en el escenario general de las empresas privadas, habría dos tipos de empresas:

- compañías mineras inicialmente terrestres (compañías de transición): aquellas que ya han causado daños socioambientales pero que cambiarían sus actividades por actividades en el espacio, con el fin de reducir o extinguir sus actividades en la Tierra y tener la posibilidad de obtener mayores ganancias;
- compañías mineras inicialmente espaciales (compañías precursoras): aquellas que nunca causaron daños sociales y ambientales antes de comenzar sus actividades.

Ambos tipos de empresas, para poder extraer minerales en el espacio, incluyendo la eventual apropiación de asteroides, tendrían el deber de aplicar parte de sus ganancias para reparar el daño socioambiental causado por la minería terrestre, pero en diferentes proporciones:

- empresas de transición: el porcentaje de su contribución sería mayor, ya que son directamente responsables de los daños;
- empresas precursoras: su porcentaje sería menor, porque no son responsables de los daños.

Esta es una posibilidad triplemente ingeniosa: (1º) beneficia aún a los inversores con base en la Tierra, mientras que (2º) proporciona un medio para obligarlos a cumplir con sus obligaciones para con sus víctimas, y (3º) no carga a los inversores del sector espacial, quienes pueden asignar sus ganancias a otras causas.

Esto, sin embargo, es solo una hipótesis. Para todos los efectos, la prioridad está puesta en la propuesta de la perspectiva de continuidad renovada para transferir los ingresos de la minería espacial —es decir, esto debe suceder, independientemente de si el escenario descrito tiene lugar en la práctica—. De esta manera, los ideales igualitarios y humanitarios dejarían de ser utópicos y se harían alcanzables.

Finalmente, cuando la minería terrestre sea reemplazada completamente por la minería espacial, la asignación de ingresos puede cambiarse a otros problemas socioeconómicos, los cuales podrían ser delimitados por otra lógica.

V. CONCLUSIONES

El escenario base, en el que opera la minería espacial, se revela en los siguientes hechos: (a) la extracción de minerales es una actividad indispensable para la humanidad; (b) la minería terrestre es doblemente dañina: para el medio ambiente y para muchos humanos; (c) la minería espacial puede reemplazar o mitigar en parte los impactos de la minería terrestre; (d) la minería espacial es económica y tecnológicamente factible; (e) la minería espacial es doblemente funcional: para la inserción de nuevos recursos minerales en la Tierra y para el uso de dichos recursos *in situ*.

Dadas estas circunstancias, el creciente interés en la minería espacial por parte de empresarios privados y estatales genera reflexiones legales, morales y lógicas sobre los derechos de propiedad de los minerales espaciales y la propiedad sobre sus ganancias.

El marco legal actual que aborda este tema muestra la existencia de los siguientes documentos: (a) un tratado internacional —Outer Space Treaty— que presenta los principios generales del derecho espacial, pero no se ocupa de la propiedad de los recursos espaciales; (b) dos leyes locales que son explícitas al considerar los minerales espaciales como totalmente apropiables, pero que difieren en cuanto a sus posibles propietarios: individuos, en el caso de la SPACE Act, y personas jurídicas, en el caso de la LEURE. El contexto doctrinal involucrado en el tema puede resumirse en tres posiciones: (a) negación, que no ve la necesidad de discutir los derechos de propiedad de los minerales espaciales; (b) expansionismo, que argumenta que no solo los minerales, sino también cualquier objeto celeste, son susceptibles de apropiación; (c) analogía, que considera apropiado transponer las disposiciones legales sobre alta mar a las cuestiones espaciales.

Los marcos político-normativo y académico-doctrinal demuestran que hasta ahora no hay definiciones claras en torno al derecho de propiedad sobre los minerales espaciales. Sin embargo, las actividades de minería espacial son inminentes y requieren urgentemente: (a) una legislación internacional específica sobre minería espacial; (b) delimitaciones factibles y beneficiosas de este derecho, ante el riesgo de que se repitan los errores pasados vinculados a la falta de cuidado socioambiental.

Sobre la base de estas consideraciones, el presente estudio consideró las formas más apropiadas de vislumbrar los derechos de propiedad de los minerales espaciales: (a) considerarlos como *res nullius*, cosas inicialmente de nadie, pero de las que cualquier persona puede apropiarse —ya sea una persona natural o legal, bajo derecho público o privado—; (b) los propietarios deben estar sujetos a compartir parte de los ingresos de la minería espacial con la humanidad a través de obras o proyectos relacionados con problemas socioambientales vinculados con

la minería terrestre, tomando como base la perspectiva la continuidad renovada.

El enfoque de la *res nullius* es el más satisfactorio para el entorno del nuevo espacio, en el que las entidades públicas y privadas trabajan en conjunto hacia un objetivo común, y en el que cada explorador espacial tiene garantizados, independientemente de su origen, el derecho de apropiación y, en consecuencia, la libertad económica. Además, este enfoque hace factibles los efectos legales de este derecho, porque no es necesario intervenir con una asociación exclusiva: solo es necesario crear prerrogativas sociales para que cualquiera pueda practicar la minería en el espacio.

Al resultar de nuevas tecnologías, la minería espacial es una actividad novedosa. Sin embargo, también supone la continuidad de una actividad que ha existido durante miles de años en la Tierra, por lo que es novedosa solo en la forma, no en contenido. Al estar, en este sentido, vinculada al contexto socioambiental actual de la minería terrestre, el derecho de propiedad de los minerales espaciales debe tomarlo en consideración al diseñar una forma efectiva de cumplir con los dictados de cooperación internacional y pacificación que rigen la ley espacial.

REFERENCIAS

- ABC. (4 de febrero de 2016). Luxembourg Plans to Pioneer Asteroid Mining. Recuperado de <https://www.abc.net.au/news/2016-02-04/space-mining-plans-unveiled-by-luxembourg/7138380>
- Ali, S.H. et al. (2017). Mineral Supply for Sustainable Development Requires Resource Governance. *Nature*, 543, 367-372.
doi: <https://doi.org/10.1038/nature21359>
- Antunes, P.B. (2016). *Direito ambiental*. São Paulo: Atlas.
- Badescu, V. (Ed.). (2013). *Asteroids: Prospective Energy and Material Resources*. Heidelberg, Nueva York y Dordrecht-Londres: Springer.
doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39244-3>
- Barkai, R. (2011). The Evolution of Neolithic and Chalcolithic Woodworking Tools and the Intensification of Human Production: Axes, Adzes and Chisels from the Southern Levant. En V. Davis & M. Edmonds (Eds.), *Stone Axe Studies III* (pp. 39-54). Oxford: Oxbow Books.
- Barnes, R. (2009). *Property Rights and Natural Resources*. Oxford-Portland: Hart Publishing.
- Bernhardt, E.S. & Palmer, M.A. (2011). The Environmental Costs of Mountaintop Mining Valley Fill Operations for Aquatic Ecosystems of the Central Appalachians. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1), 39-57.
doi: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.05986.x>

MINERALES
ESPAciaLES: COSAS
DE NADIE EN
BENEFICIO DE TODOS
SPACE ORES:
NOBODY'S THINGS
FOR THE BENEFIT OF
ALL

- Billings, L. (26 de mayo de 2017). Who Will Build the World's First Commercial Space Station? *Scientific American*. Recuperado de <https://www.scientificamerican.com/article/who-will-build-the-world-s-first-commercial-space-station/>
- Bloom, J.S. & Sigurdsson, S. (2017). A Cosmic Multimessenger Gold Rush. *Science*, 358(6361), 301-302. doi: <https://doi.org/10.1126/science.aaq0321>
- Brenan, J.M. & McDonough, W.F. (2009). Core Formation and Metal-Silicate Fractionation of Osmium and Iridium from Gold. *Nature Geoscience*, 2(11), 798-801. doi: <https://doi.org/10.1038/ngeo658>
- Brünner, C. & Soucek, A. (2011). Outer Space in Society, Politics and Law. Viena y Nueva York: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0664-8>
- Calderón, J. (2018). The Tiny Nation Leading a New Space Race. BBC, 16 de julio de 2018. Recuperado de <http://www.bbc.com/future/story/20180716-the-tiny-nation-leading-a-new-space-race>
- Christensen, I., Lange, I., Sowers, G., Abbud-Madrid, A. & Bazilian, M. (2019). New Policies Needed to Advance Space Mining. *Issues in Science and Technology*, 35(2), 26-30.
- Dimoulis, D. (2012). *Dicionário brasileiro de direito constitucional*. São Paulo: Saraiva.
- Donizetti, E. & Quintela, F. (2016). *Curso didático de direito civil*. São Paulo: Atlas.
- Elkins-Tanton, L.T. (2010). *Asteroids, Meteorites, and Comets*. Nueva York: Facts On File.
- Elvis, M. (2013). Prospecting Asteroid Resources. En V. Badescu (Ed.), *Asteroids: Prospective Energy and Material Resources* (pp. 81-129). Heidelberg, Nueva York, Dordrecht y Londres: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39244-3>
- ESA (s.f.). *Our Missions*. Recuperado de https://www.esa.int/ESA/Our_Missions
- Fiúza, C. (2003). *Direito civil: curso completo*. Belo Horizonte: DelRey.
- Foster, S. & Bonilla, D. (2011). The Social Function of Property: a Comparative Law Perspective. *Fordham Law Review*, 80, 101-113.
- Freeland, S. (2017). Common Heritage, not Common Law: How International Law Will Regulate Proposals to Exploit Space Resources. *Questions of International Law*, 35, 19-33.
- Gabrynowicz, J.I. (1992). The «Province» and «Heritage» of Mankind Reconsidered: a New Beginning. En W.W. Mendell (Ed.), *NASA Conferences Publication 3166. The Second Conference on Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century. Volumen 2: Part 8* (pp. 691-695). Washington D.C.: NASA.
- Garcia, L.C., Ribeiro, D.B., Roque, F.O., Ochoa-Quintero, J.M. & Laurance, W.F. (2017). Brazil's Worst Mining Disaster: Corporations Must be Compelled to Pay the Actual Environmental Costs. *Ecological Applications*, 27(1), 5-9. doi: <https://doi.org/10.1002/eaap.1461>

- Glaister, B.J. & Mudd, G.M. (2010). The Environmental Costs of Platinum – PGM Mining and Sustainability: Is the Glass Half-Full or Half-Empty? *Minerals Engineering*, 23(5), 438-450. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2009.12.007>
- Global Footprint Network (s.f.). Ecological Footprint. Recuperado de <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>
- Goh, G.M. (2007). *Dispute Settlement in International Space Law: a Multi-Door Courthouse for Outer Space*. Leiden-Boston: Martinus Nijhoff Publishers.
- Gosen, B.S.V., Verplanck, P.L., Seal II, R.R., Long, K.R. & Gambogi, J. (2017). Rare-Earth Elements. En K.J. Schulz et al. (Eds.), *Critical Mineral Resources of the United States –Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply*. Virginia: U.S. Geological Survey. doi: <https://doi.org/10.3133/pp1802>
- Grandl, W. & Bazso, A. (2013). Near-Earth Asteroids: Prospection, Orbit Modification, Mining and Habitation. En V. Badescu (Ed.), *Asteroids: Prospective Energy and Material Resources* (pp. 415-438). Heidelberg, Nueva York, Dordrecht y Londres Springer.
doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39244-3>
- Haldar, S.K. (2018). *Mineral Exploration: Principles and Applications*. Oxford: Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-00902-3>
- Human Rights Watch (2013a). *Toxic Toil: Child Labor and Mercury Exposure in Tanzania's Small-Scale Gold Mines*. Recuperado de https://www.hrw.org/sites/default/files/reports/tanzania0813_ForUpload_0.pdf
- Human Rights Watch (2013b). «*What Is a House without Food?». Mozambique's Coal Mining Boom and Resettlements*. Recuperado de: https://www.hrw.org/sites/default/files/reports/mozambique0513_Uplod_0.pdf
- ILO. (2006). *Baseline Survey on Child and Adult Workers in Informal Gold and Fluorspar Mining*. Recuperado de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/---ilo-beijing/documents/publication/wcms_538141.pdf
- ILO. (s.f.). *Mining (Coal; Other Mining) Sector*. Recuperado de <https://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/mining/lang--en/index.htm>
- Jakhu, R.S., Pelton, J.N. & Nyampong Y.O.M. (2017). *Space Mining and its Regulation*. Suiza: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39246-2>
- Jankowitsch, P. (2015). The Background and History of Space Law. En F.V.D. Dunk & F. Tronchetti (Eds.), *Handbook of Space Law* (pp. 1-28). Cheltenham, Northampton: Edward Elgar Publishing.
- Justen, M.F. (2010). *Curso de derecho administrativo*. São Paulo: Saraiva.
- Keszthelyi, L. et al. (2017). Feasibility Study for the Quantitative Assessment of Mineral Resources in Asteroids. U.S. Geological Survey Open-File Report 2017-1041.
doi: <https://doi.org/10.3133/ofr20171041>

- Kim, S. (2017). Zero Gravity Flights: the Closest You can Get to Being an Astronaut without Going to Space. *The Telegraph*. Recuperado de: <https://www.telegraph.co.uk/travel/travel-truths/how-do-zero-gravity-planes-work-parabolic-flights/>
- Koch, J.S. (2018). Institutional Framework for the Province of all Mankind: Lessons from the International Seabed Authority for the Governance of Commercial Space Mining. *Astropolitics*, 16(1), 1-27. doi: doi: <https://doi.org/10.1080/14777622.2017.1381824>
- Lee, R.J. (2012). *Law and Regulation of Commercial Mining of Minerals in Outer Space*. Dordrecht, Heidelberg, Londres y Nueva York: Springer.
- Leterre, G. (2017). *Providing a Legal Framework for Sustainable Space Mining Activities* (tesis de maestría). Universidad de Luxemburgo.
- Lewis, J.S. (2015). *Asteroid Mining 101: Wealth for the New Space Economy*. San José: Deep Space Industries.
- Loff, S. (s.f.). *Apollo 11 Mission Overview*. Recuperado de https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/apollo11.html
- Mahoney, E. (s.f.). *In-situ Resource Utilization*. Recuperado de <https://www.nasa.gov/isru>
- Mallick, S. & Rajagopalan, R.P. (2019). *If Space Is «the Province of Mankind», Who Owns its Resources? The Potential of Space Mining and its Legal Implications*. Orf Occasional Paper, 182. Recuperado de https://www.orfonline.org/wp-content/uploads/2019/01/ORF_Occasional_Paper_182_Space_Mining.pdf
- Marboe, I. (2016) Small is Beautiful? Legal Challenges of Small Satellites. En PM. Sterns & L.I. Tennen (Ed.), *Private Law, Public Law, Metalaw and Public Policy in Space: a Liber Amicorum in Honor of Ernst Fasan* (pp. 1-16). Suiza: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-27087-6>
- 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. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2012.07.001>
- McLeod, C. (6 de abril de 2017). Goldman Sachs Says Asteroid Mining could Actually Happen. *Resource Investing News*. Recuperado de <https://investingnews.com/daily/resource-investing/goldman-sachs-asteroid-mining/>
- Mediavilla, D. (2019). China consigue que una semilla de algodón brote en la Luna por primera vez. *El País*, 16 de enero de 2019. Recuperado de https://elpais.com/elpais/2019/01/15/ciencia/1547542171_994570.html
- Meyer, Z. (2010). Private Commercialization of Space in an International Regime: a Proposal for a Space District. *Northwestern Journal of International Law & Business*, 30(1), 241-261.
- Musk, E. (2017). Making Humans a Multi-Planetary Species. *New Space*, 5(2), 46-61. doi: <https://doi.org/10.1089/space.2017.29009.emu>

NASA (s.f.). *Nasa spinoff: flyers, brochures, and other resources*. Recuperado de <https://spinoff.nasa.gov/resources.html>

Nelson, P.L. & Block, W.E. (2018). *Space Capitalism: how Humans will Colonize Planets, Moons, and Asteroids*. Cham: Palgrave Macmillan. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74651-7>

O'Hare, M. (21 de junio de 2019). *Look Inside the First Luxury Space Hotel*. Recuperado de <https://edition.cnn.com/travel/article/aurora-station-luxury-space-hotel/index.html>

Pereira, D.C., Becker, L.Z. & Wildhagen, R.O. (2013). Comunidades atingidas por mineração e violação dos direitos humanos: cenários em Conceição do Mato Dentro. *Ética e Filosofia Política*, 1(16), 124-150.

Pereira, D.M., Freitas, S.M.C., Guimarães, H.O.R. & Mângia, A.A.M. (2019). *Brumadinho: muito mais do que um desastre tecnológico*. doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23813.60643>

Pétrequin, P. et al. (2011). Eclogite or Jadeitite: The Two Colours Involved in the Transfer of Alpine Axeheads in Western Europe. En V. Davis & M. Edmonds (Eds.), *Stone Axe Studies III* (pp. 55-82). Oxford: Oxbow Books.

Reinstein, E.J. (1999). Owning Outer Space. *Northwestern Journal of International Law & Business*, 20(1), 59-98.

Rimando, M. (12 de junio de 2017). *See You at my «Playground»: Tackling Child Labour in Gold Mining*. Recuperado de https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/features/WCMS_554948/lang--en/index.htm

Robbins, L.H. (2000). Astronomy and Prehistory. En H. Selin (Ed.), *Science Across Cultures: the History of Non-Western Science*. Volumen 1: *Astronomy across Cultures* (pp. 31-52). Dordrecht: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-011-4179-6>

Rocio, M.A.R., Silva, M.M., Carvalho, P.S.L. & Cardoso, J.G.R. (2012). Terras-raras: situação atual e perspectivas. *BNDES Setorial Mineração*, 35, 369-420.

Roscosmos (s.f.). *Space Program: Launches*. Recuperado de <http://en.roscosmos.ru/launch>

Ross, S.D. (2001). *Near-Earth Asteroid Mining*. Recuperado de <https://space.nss.org/media/Near-Earth-Asteroid-Mining-Ross-2001.pdf>

Shamma, V.L. & Holen, T.B. (29 de enero de 2019). One Giant Leap for Capitalist Kind: Private Enterprise in Outer Space. *Nature*. doi: <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0218-9>

Skomorohov, R.; Hein, A.M. & Welch, C. (2016). In-Orbit Spacecraft Manufacturing: Near-Term Business Cases. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/307607599_In-orbit_Spacecraft_Manufacturing_Near-Term_Business_Cases

Slomanson, W.R. (2011). *Fundamental Perspectives on International Law*. Boston: Wadsworth Cengage Learning.

Soldatkin, V. (6 de marzo de 2019). *Russia Wants to Join Luxembourg in Space Mining*. Recuperado de <https://www.reuters.com/article/us-luxembourg-russia-space/russia-wants-to-join-luxembourg-in-space-mining-idUSKCN1QN1OQ>

Sterns, P.M. & Tennen, L.I. (2003). Privateering and Profiteering on the Moon and Other Celestial Bodies: Debunking the Myth of Property Rights in Space. *Advances in Space Research*, 31(11), 2433-2440.
doi: [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(03\)00567-2](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(03)00567-2)

Tronchetti, F. (2009). *The Exploitation of Natural Resources of the Moon and Other Celestial Bodies: a Proposal for a Legal Regime*. Leiden y Boston: Martinus Nijhoff Publishers.

Tronchetti, F. (2013). *Fundamentals of Space Law and Policy*. Nueva York-Heidelberg-Dordrecht-Londres: Springer.
doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7870-6>

Vale (s.f.). *Mineração*. Recuperado de <http://www.vale.com/brasil/pt/business/mining/paginas/default.aspx>

Von der Dunk, Frans (2015). International Space Law. En F.V.D. Dunk & F. Tronchetti (Eds.), *Handbook of Space Law* (pp.29-126). Cheltenham, Northampton: Edward Elgar Publishing. doi: <https://doi.org/10.4337/9781781000366>

Wanderley, L.J., Mansur, M.S., Milanez, B. & Pinto, R.G. (2016). Desastre da Samarco/Vale/BHP no Vale do Rio Doce: aspectos econômicos, políticos e socioambientais. *Ciência e Cultura*, 68(3), 30-35.
doi: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602016000300011>

Winter, O.C. & Prado, A.F.B.A. (Ed.) (2007). *A conquista do espaço: do Sputnik à missão centenário*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

Willbold, M., Elliott, T., & Moorbat, S. (2011). The Tungsten Isotopic Composition of the Earth's Mantle before the Terminal Bombardment. *Nature*, 477(7363), 195-198.

doi: <https://doi.org/10.1038/nature10399>

Wilson, J. (s.f.). *NASA Missions A-Z*. Recuperado de <https://www.nasa.gov/missions>

Jurisprudencia, normativa y otros documentos legales

American Space Technology for Exploring Resource Opportunities In Deep Space Act (ASTEROIDS Act) [Estados Unidos]. Proyecto de Ley. Recuperado de <https://www.congress.gov/bill/113th-congress/house-bill/5063>

Constitución de la República Federativa de Brasil de 1998. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituciona/constituciona.htm

Constitución de la República Portuguesa de 1976. Recuperado de <https://www.parlamento.pt/Legislacao/paginas/constitucionaorepublicaportuguesa.aspx>

Constitución Política de la República de Chile de 1980. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=242302>

Ley de Competitividad de Lanzamiento de Espacio Comercial (SPACE Act) [Estados Unidos]. Ley 114-90. 25 de noviembre de 2015. Recuperado de <https://www.congress.gov/114/plaws/publ90/PLAW-114publ90.pdf>

Ley sobre la Explotación y Utilización de los Recursos Espaciales [Luxemburgo]. Ley del 20 de julio de 2017. *Journal Officiel du Grand-Duché de Luxembourg*, 28 de julio de 2017. Recuperado de <http://legilux.public.lu/eli/etat/leg/loi/2017/07/20/a674/jo>

Tratado Sobre los Principios que Rigen las Actividades de los Estados en Materia de Exploración y Utilización del Espacio Sideral (Outer Space Treaty). Asamblea General de la Organización de Naciones Unidas [RES 2222 (XXI)]. 27 de junio de 1967. Recuperado de: <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/outer-spacetreaty.html>

Recibido: 31/05/2019
Aprobado: 16/07/2019

MINERALES
ESPAciaLES: COSAS
DE NADIE EN
BENEFICIO DE TODOS

SPACE ORES:
NOBODY'S THINGS
FOR THE BENEFIT OF
ALL