

## Aspectos jurídicos de la explotación de los recursos naturales de la Luna: el regolito

*Legal aspects of the exploitation of the natural resources of the Moon: the regolith*

Mónica Paes-Martí<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0051-1324>, Francisca Ramón-Fernández<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0936-8229>

<sup>1</sup>Universitat Politècnica de València, España.

**RESUMEN:** *En el presente trabajo se realizará un estudio sobre la explotación de los recursos naturales que se encuentran en la Luna, principalmente el regolito o polvo lunar enfocado a determinar si la regulación en el Tratado del Espacio y en el Acuerdo Luna permite la explotación del mismo, así como los problemas jurídicos que se pueden plantear respecto a la titularidad de ese bien, y su comercialización. Se analizará también las consecuencias futuras que pueden desencadenar la explotación de los recursos naturales como consecuencia de la evolución de las misiones espaciales con destino a la Luna.*

**Palabras clave:** *Luna, explotación, recursos naturales, titularidad*

**Abstract:** *In this paper, a study will be carried out on the exploitation of natural resources found on the Moon, mainly regolith or lunar dust, focused on determining whether the regulation in the Space Treaty and the Moon Agreement allows its exploitation, as well as the legal problems that may arise regarding the ownership of that asset, and its commercialization. It will also analyze the future consequences that may trigger the exploitation of natural resources as a consequence of the evolution of space missions to the Moon.*

**Keywords:** *Moon, exploitation, natural resources, ownership*

## **INTRODUCCION**

El conocimiento del espacio exterior siempre ha sido un deseo del ser humano. El interés por lo desconocido, unido a su deseo de superación y la curiosidad de lo que existía más allá de la Tierra motivaron el inicio de la actividad en el espacio. Ya desde el siglo XV los descubrimientos fueron poderosas razones para que el hombre iniciara un interés para descubrir nuevos lugares, continentes u océanos. Sin ir más lejos, el descubrimiento de América, fue uno de los hitos más señalados.

La investigación espacial se inicia con la llamada Carrera Espacial que iniciaron dos grandes potencias, EEUU y la Unión Soviética, aunque, ya con siglos de antelación la gente miraba al cielo y las estrellas queriendo conocer todos sus secretos (Mann, 2019).

Si nos situamos un poco más en el contexto histórico previo a la llegada a la Luna, basta con observar la situación bélica en la que se encontraba sumida la raza humana, para hacernos una idea de la necesidad incipiente que existía de crear normas y leyes. Al final de la Segunda Guerra Mundial, la Unión Soviética y los Estados Unidos representaban ideologías totalmente opuestas, marcadas por el capitalismo y el comunismo, ambas buscaban implantar sus modelos de gobierno a lo largo de todo el mundo. Esto desencadenó una tensión irremediable que provocó la conocida como Guerra Fría, en 1947. Durante esta etapa histórica, ambas súper potencias se centraron en el desarrollo tecnológico nuclear, campo de investigación en el que se fueron forjando estudios y elaboraciones destinadas a la exploración del espacio, como un medio militar para intimidar y si fuese necesario, atacar al país enemigo. De esta forma, tanto EEUU como la URSS empezaron a reclutar científicos con los conocimientos necesarios para llegar al Espacio Ultraterrestre (Spataro, 2016).

Más aun, es un hecho que, a lo largo de la exploración espacial, ha habido

una serie de logros que han ido definiendo nuevos límites a lo que creíamos inexplorable (Vázquez, 2011). Cada uno de ellos ha generado entusiasmo e involucrado nuevas generaciones de científicos e ingenieros. La carrera espacial comenzó a finales de los años 50 con la disputa entre la Unión Soviética (URSS) y los Estados Unidos (EEUU) por lograr alunizar. El 12 de septiembre de 1959 llegaba por primera vez una nave terrestre a la superficie lunar; la nave se llamaba Luna 2 (o Lunik 2) (Gómez de Castro, 2018) y fue puesta en órbita desde el Cosmódromo de Baikonur por la Agencia Espacial Soviética (RosaviaCosmos).

Basta recordar los acontecimientos mundiales asociados al lanzamiento del primer Sputnik por la URSS en octubre de 1957, en el Cosmódromo de Baikonur (base de lanzamiento de cohetes de la URSS), en Kazajistán. O el gran impacto que tuvo el primer vuelo tripulado por un ser humano en 1961, donde el soviético Yuri Gagarin realizó un vuelo orbital de 48 minutos, a bordo de la nave Vostok 1.

Los Estados Unidos lograron culminar la carrera espacial con la llegada del hombre a la Luna a bordo del Apolo 11, en 1969. Este proyecto logró completar un total de seis viajes tripulados a nuestro satélite, entre 1969 y 1972, siendo un total de doce los astronautas que lograron pisar el suelo lunar (Thomas, 2010).

Un año después de que la Unión Soviética lanzara el primer satélite artificial al espacio el Sputnik, en 1957, EEUU y URSS pidieron que las actividades espaciales estuvieran cobijadas por el Derecho Internacional y la Carta de las Naciones Unidas, por lo que se creó una comisión para el uso pacífico del espacio ultraterrestre.

Por tanto, fue la llegada del hombre a la Luna el punto de partida del interés en explotar sus recursos. Sin embargo, la legislación aplicable no ha sido favorable para que pueda realizarse tal propósito. Nos proponemos, pues, analizar dicha normativa, para determinar los conflictos que surgen en torno a la explotación de los recursos naturales del satélite natural de la Tierra, y determinar las

consecuencias que podrían derivarse de dicha utópica explotación.

## **METODOLOGÍA**

El presente estudio sigue la metodología habitual de los trabajos de ciencia jurídica. Para ello, no se ha realizado un método de obtención de datos, sino que hemos optado por un análisis de la doctrina especializada, así como la legislación aplicable al tema objeto de estudio. Principalmente, la normativa estudiada es la Resolución 1802 (XVII) de 1962 sobre “Cooperación Internacional para la Utilización del Espacio Exterior con fines pacíficos”, y el Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del Espacio Ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, de 19 de diciembre de 1966. Junto a ello, y derivado de la Carta Magna del Espacio, se atenderá al acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes, de 5 de diciembre de 1979.

Los resultados que obtengamos del análisis de esta metodología nos permitirán determinar la viabilidad de la propuesta planteada, así como la solución de los conflictos que se hayan planteado a lo largo del estudio.

La metodología indicada también consideramos que nos proporcionará las claves para cumplir con nuestros objetivos planteados en el presente estudio: a) Establecer cuál es la regulación aplicable para la exploración y explotación de los recursos de la Luna; b) Determinar si la normativa referida permite la exploración y explotación de los recursos de la Luna; b) Analizar los posibles conflictos que se plantean en relación con los recursos lunares y realizar propuestas de *lege ferenda* respecto a una futura regulación.

## **RESULTADOS**

### **Régimen legislativo aplicable: Tratado del Espacio y Acuerdo Luna**

Desde el despegue en el Campo de Marte, en París, del globo de los Montgolfier, el Derecho tenía que iniciar una adaptación a los nuevos tiempos. Las Naciones Unidas fueron el primer foro de debate, en el que se aplicó un criterio de libertad, de no apropiación y de utilización en beneficio de la humanidad. Todo ello condicionó la razón de ser del Derecho Espacial, o el Derecho de las Actividades Espaciales.

Ya en 1958, EEUU y URSS, las dos potencias económicas del momento, pidieron que las actividades espaciales estuvieran cobijadas por el Derecho Internacional y la Carta de las Naciones Unidas. Por lo que se creó una comisión para el Uso Pacífico del Espacio Ultraterrestre, COPUOS.<sup>2</sup>

En 1959 se emitió el Informe de la Comisión Espacial sobre la Utilización del Espacio Exterior con Fines Pacíficos, presentado a la Asamblea General de la ONU (AGONU) en 1959. Se llegó a la Resolución 1472 (XIV), en 1959, y se estableció una comisión para estudiar el tema espacial hasta 1961, sobre el Uso Pacífico del Espacio Ultraterrestre.

La Asamblea General de la ONU adoptó una Resolución, la 1721 (XVI) de 1961 sobre Cooperación Internacional para la utilización del Espacio Exterior con fines pacíficos, en la que se recalca el interés de la humanidad por la utilización no violenta de esta nueva frontera.

Posteriormente se produjo una reunión en 1962, en Nueva York, en la que se fructificó la Resolución 1802 (XVII) de 1962 sobre “Cooperación Internacional para la Utilización del Espacio Exterior con fines pacíficos”. Se reitera la ampliación de la carta de las Naciones Unidas y los principios del Derecho Internacional al Espacio Exterior.

---

<sup>2</sup> La Comisión de Naciones Unidas para el uso pacífico del Espacio Ultraterrestre (COPUOS) fue creada en 1959 por la Asamblea General de las Naciones Unidas. Tiene su sede en Viena y se ocupa de la cooperación internacional para el uso del espacio ultraterrestre; la difusión de información, el estímulo a la investigación, la creación de programas de cooperación técnica y el desarrollo del derecho espacial internacional, <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/index.html> (última visita 10.10.2019).

En 1963 se aprueba el Tratado prohibiendo pruebas de armas nucleares en la atmósfera en el espacio exterior y bajo el agua. En el mismo año, se presenta por la Comisión Espacial la declaración de los principios legales que rigen las actividades de los Estados en la exploración y uso pacífico del espacio ultraterrestre, aprobada en 1963 por la Resolución XVIII. Esta declaración dio origen al tratado de los principios legales que rigen las actividades de los estados en el espacio ultraterrestre, la luna y los cuerpos celestes, aprobado por Resolución 2222 (XXI) de 1967, conocido como Carta Magna Espacial o Tratado del Espacio.

Está constituido por un preámbulo y 17 artículos (Kopal, s/f). El más polémico es el art. 2 que declara al espacio exterior patrimonio común de la humanidad, no susceptible de apropiación nacional por reivindicación de soberanía, uso u ocupación, ni de ninguna otra manera (Gorove, 1969). También el art. 4 que prohíbe la militarización del espacio, reservándolo sólo para actividades pacíficas.

En la parte declarativa del Tratado se anuncia los ideales que guían el Tratado como que las actividades espaciales sean para el beneficio de la humanidad “en bien de todos los pueblos, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico”.

Explicita los principios de libertad e igualdad en la exploración y utilización del espacio ultraterrestres en provecho y en interés de todos los países. Las actividades espaciales se harán bajo el derecho internacional y la Carta de las Naciones Unidas.

Prohíbe la apropiación o reivindicación de soberanía. Exige el fomento de la cooperación y la comprensión internacionales. Prohíbe la colocación en órbita de objetos portadores de armas nucleares o de destrucción en masa.

Prescribe que la Luna y los cuerpos celestes se utilizarán exclusivamente con fines pacíficos. Los Estados serán internacionalmente responsables de las

actividades que realicen en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes. También son responsables los organismos gubernamentales o las entidades no gubernamentales y deberán asegurar que dichas actividades se efectúen en conformidad con las disposiciones del Tratado (Guberti, 2012).

Los Estados tomarán todas las medidas para preservar a la Tierra de cualquier contaminación y para no entorpecer las actividades de otros Estados. Las instalaciones espaciales serán accesibles a cualquier otro estado miembro de este Tratado sobre la base de la reciprocidad.

Se refiere tanto a las actividades estatales como a las entidades o personas privadas. Las actividades de las entidades no gubernamentales en el espacio ultraterrestre deberán ser autorizadas y fiscalizadas constantemente por el pertinente Estado parte en el Tratado.

Este Tratado de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre por el cual los países firmantes se comprometían a que el satélite y demás cuerpos celestes debían usarse exclusivamente con fines científicos y pacíficos. Acordaron que la extracción de recursos naturales no tendría cabida en la Luna, hasta no ser completamente viable, según recoge el art. 11 de los acuerdos de las naciones para regir las actividades, Naciones Unidas (2002). En dicho precepto se establecen las reglas aplicables a la Luna, y que luego se desarrollarían con posterioridad en el Acuerdo Luna.

Estas reglas son las siguientes: a) La Luna y sus recursos naturales son patrimonio común de la humanidad conforme a lo enunciado en las disposiciones del Acuerdo Luna y en particular lo indicado en el art. 11.5 del mismo (Añños, 2014); b) La Luna no puede ser objeto de apropiación nacional mediante reclamaciones de soberanía, por medio del uso o la ocupación, ni por ningún otro medio; c) Ni la superficie ni la subsuperficie de la Luna, ni ninguna de sus partes o recursos naturales podrán ser propiedad de ningún Estado, organización

internacional intergubernamental o no gubernamental, organización nacional o entidad no gubernamental ni de ninguna persona física. El emplazamiento de personal, vehículos espaciales, equipo, materiales, estaciones e instalaciones sobre o bajo la superficie de la Luna, incluidas las estructuras unidas a su superficie o la subsuperficie, no creará derechos de propiedad sobre la superficie o la subsuperficie de la Luna o parte alguna de ellas. Las disposiciones precedentes no afectan al régimen internacional a que se hace referencia en el artículo 11. 5 del Acuerdo Luna; d) Los Estados Partes tienen derecho a explorar y utilizar la Luna sin discriminación de ninguna clase, sobre una base de igualdad y de conformidad con el derecho internacional y las condiciones estipuladas en el presente Acuerdo; e) Los Estados Partes en el presente Acuerdo se comprometen a establecer un régimen internacional, incluidos los procedimientos apropiados, que rija la explotación de los recursos naturales de la Luna, cuando esa explotación esté a punto de llegar a ser viable. Esta disposición se aplicará de conformidad con el artículo 18 del Acuerdo Luna; f) A fin de facilitar el establecimiento del régimen internacional a que se hace referencia en el artículo 11.5, los Estados Partes informarán al Secretario General de las Naciones Unidas, así como al público y a la comunidad científica internacional, en la forma más amplia posible y viable, sobre los recursos naturales que descubran en la Luna.

Previo análisis del Acuerdo de la Luna y de sus estipulaciones, es pertinente referirse a la historia de la negociación del mismo. Ésta empezó cuando el COPUOS se percató alrededor de los años 60, de que el Tratado del Espacio no contemplaba actividades como la extracción y exploración de recursos. Lo anterior, como consecuencia de que los astronautas de la misión Apolo 11 recogieron muestras de la Superficie de la luna y la importaron a la Tierra para ser estudiada (Spataro,2016).

Esta preocupación sembró en la mente del COPUOS la idea de que hacía falta un régimen más completo y detallado, a lo cual se suma en el año 1970, que

el delegado de Argentina ante la Subcomisión de Asuntos Jurídicos del COPUOS presenta un proyecto para empezar a suplir el vacío regulatorio.

Recuérdese que en la década de los setenta el mundo había experimentado muchos cambios, tales como la descolonización, el empobrecimiento de muchos Estados, un crecimiento industrial que dejaba brechas entre países contribuyendo también al llamado Tercer mundo, etc. Esto evidencia cómo, desde 1970, ya se preveía la posibilidad de que, en un futuro, aquellos países capaces de explotar el espacio, fueran a tomar ventaja de su posición desconociendo principios como la no apropiación.

Debido a preocupaciones como ésta que planteaban los países en desarrollo, las negociaciones se extendieron durante siete años. Países como Argentina e India defendían que la Luna y demás cuerpos celestes fueran considerados patrimonio común de la humanidad, la Unión Soviética se oponía, Estados Unidos apoyaba la idea de los fines pacíficos, Egipto propugnaba por compartir beneficios y así hubo muchos debates y consideraciones.

Finalmente, el 5 de diciembre de 1970 se aprobó por consenso por la Asamblea General de las Naciones Unidas, un texto que incluía a la luna y los demás cuerpos celestes (artículo 1. 1 del Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes) y establecía el principio del patrimonio común de la humanidad (artículo 11. 1 del Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes), y según lo estipulado en su artículo 19, entró en vigor tras la quinta ratificación el 11 de julio de 1984.

El Acuerdo que Gobierna las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes, más conocido como el Acuerdo Luna, es un tratado internacional que transfiere jurisdicción de todos los cuerpos celestes (incluyendo las órbitas cercanas a tales cuerpos) a la comunidad internacional. Fue considerado y

elaborado por el Subcomité Jurídico de 1972 a 1979. El Acuerdo fue adoptado por la Asamblea General en 1979 en la resolución 34/68. No fue sino hasta junio de 1984, sin embargo, que el quinto país, Austria, ratificó el Acuerdo, permitiéndole entrar en vigor en julio de 1984 (United Nations, 2019).<sup>3</sup>

El Acuerdo reafirma y elabora muchas de las disposiciones del Tratado del Espacio Exterior tal como se aplica a la Luna y otros cuerpos celestes, siempre que esos cuerpos se utilicen exclusivamente con fines pacíficos, que sus entornos no se vean alterados, que las Naciones Unidas deben ser informadas de la ubicación y el propósito de cualquier estación establecida en esos cuerpos.

Además, el Acuerdo establece que la Luna y sus recursos naturales son patrimonio común de la humanidad y que se debe establecer un régimen internacional para gobernar la explotación de dichos recursos cuando dicha explotación esté a punto de ser factible.

Este ha sido uno de los motivos principales de las potencias mundiales para no ratificar el Acuerdo, ya que en la Luna se encuentran recursos que en un futuro podrían tener un importante valor económico, por lo que llegado el momento de necesidad podrían ser reclamados por empresas nacionales para su uso propio.

Sin embargo, las bases de este acuerdo, es que todas las naciones deben obtener los mismos beneficios del conocimiento y de la tecnología, e incluso se podría ir más lejos e incluir las ganancias generadas por la utilización de recursos generados en la Luna. De esta forma, también se da la oportunidad a los países menos desarrollados que actualmente no tienen capacidad de acceso a los recursos de la Luna de que sean considerados.

A su vez, se prevé que conforme vaya creciendo la posibilidad de que la

---

<sup>3</sup> United Nations (201, *Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies*, 2019. <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/intromoon-agreement.html> (última visita 17.11.2019).

explotación de los recursos minerales lunares se lleve a cabo, se irá encontrando mayor similitud entre el Derecho Espacial y el Derecho que se aplica a los altos mares y a la Antártida (Ramón, 2017).

Hasta la fecha solo lo han firmado y ratificado unas 17 naciones. Sin embargo, las grandes potencias que han desarrollado misiones tripuladas, aún no han firmado dicho tratado.

El objetivo del Tratado por parte de las naciones que operan en el Espacio es que los recursos extraídos deben ser compartidos con otras naciones.

### **La explotación de los recursos naturales de la Luna: recursos energéticos y polvo lunar o regolito**

La Luna es rica en recursos minerales y aún, hoy en día, su distribución está siendo determinada por las naves en órbita lunar. Naves como LRO (NASA), Clementine (NASA), Chandrayaan-I (Agencia Espacial de la India, ISRO) han obtenido datos sobre la distribución de rocas hidratadas y minerales en la superficie lunar. Las concentraciones más elevadas de metales tales como hierro o titanio, o de algunos elementos utilizables como fuente de energía (por ejemplo, torio que enriquecido puede utilizarse como núcleo fisiónable) se encuentran en las cercanías del cráter Copérnico.

El estudio de los 382 kilogramos de rocas y muestras del suelo lunar que se recolectaron en las misiones Apolo, ha permitido determinar la composición mineralógica y química de los primeros estratos de nuestro satélite (Anderson et al., 2019). Las rocas lunares, a diferencia de las terrestres, no están compuestas por agua. Siendo en su mayoría silicatos, se pueden encontrar también óxidos, minerales y elementos volátiles.

El famoso regolito es el material que se encuentra entre los primeros 4 a 15m del suelo lunar y su origen proviene de la fragmentación de la roca madre

debido a los impactos de meteoros.<sup>4</sup> Debido a la falta de atmósfera del satélite, durante toda su historia ha sido bombardeado por elementos volátiles conducidos por el viento solar. Estas partículas que han quedado atrapadas en los primeros estratos de su superficie, constituyen una gran diversidad de elementos, como el hidrógeno, el helio (en sus isótopos  $^3\text{He}$  y  $^4\text{He}$ ) además de otros elementos volátiles (Anand et al., 2012).

La gran cantidad de  $^3\text{He}$  que se encuentra en la Luna es muy superior a los recursos terrestres, los cuales son casi inexistentes, y podría convertirse como la principal fuente de energía en el futuro una vez se desarrollen los reactores nucleares de gran tamaño. Este es el principal motivo por el cual las principales agencias espaciales están investigando y desarrollando el campo de los asentamientos lunares (Hormigos, 2018).

En la actualidad, el coste de poner una masa de un kilogramo en la Luna es de aproximadamente 1 millón de euros, haciendo que la explotación minera lunar sea un mal negocio cuando se compara con las explotaciones terrestres, al menos de momento. La explotación mineralógica es una fuerte motivación para la exploración lunar en especial, a medida que los vuelos se abaraten y los recursos terrestres escaseen.

En un futuro más lejano, la abundancia de metales en su superficie, la ausencia de fuentes de oxidación, la disponibilidad de energía y la menor gravedad harán de la Luna un lugar privilegiado como astillero de naves espaciales y como avanzada en la exploración humana del Sistema Solar (Fernández, 2005).

Desde que se conoce el material existe una gran presión por la mineralización del mismo (Escobar, 2018). En las primeras décadas esta presión

---

<sup>4</sup> A modo de anécdota, se puede mencionar la noticia publicada por BBC News Mundo referente a los conflictos generados por la propiedad del polvo lunar o regolito, publicada en 2018, “¿De quién es la Luna? La mujer que demandó a la NASA para que no le quiten una muestra de polvo lunar que le regaló Neil Armstrong”.

estaba apaciguada por los elevados costes que supondría la operación. Pero con el avance en técnicas como la impresión aditiva y los cohetes reutilizables ha irrumpido de nuevo en escena.

Necesitarían varias toneladas al año. Su fácil extracción, por simple calentamiento del regolito en torno a los 700 C, nos presenta una posibilidad real de explotación de los recursos y un camino ante el inminente fin de la era del petróleo.

La extracción de estos recursos nos abre la posibilidad de construir una base lunar semipermanente donde poder controlar el proceso de explotación y al mismo tiempo realizar experimentos científicos protegidos del agresivo entorno. Estas extracciones podrían autoabastecer la base y hacer posible que el ser humano habitara, aunque fuese de forma temporal, nuestro satélite.

Aun así, la aplicación de este combustible sigue íntimamente relacionada con el desarrollo de los reactores nucleares de gran tamaño. El descubrimiento de las propiedades del regolito ha sido un motor en la investigación para el mayor aprovechamiento de las mismas. Ha abierto muchos campos de estudio, pero abre al mismo tiempo un debate acerca de si la mineralización del satélite para los intereses de la sociedad es una línea roja que no se debe traspasar.

## **DISCUSIÓN**

### **El futuro del Acuerdo Luna**

Cabría mencionar que este Tratado no sólo se aplica a la Luna, sino que también a todos los demás cuerpos celestes que no posean una normativa específica para ellos. Actualmente sólo se dispone de este texto normativo, no habiendo ninguno posterior que regule de forma específica a los cuerpos celestes.

El marco normativo constituido por el Acuerdo Luna plantea problemas para

las grandes potencias respecto a la interpretación y aplicación de su artículo 11. Se ha propuesto realizar una modificación, y fue revisado en el año 1994 por la Asamblea General de Naciones Unidas, pero se decidió que como no era posible la explotación de los recursos naturales, no se adoptaría ninguna medida complementaria, ni una modificación de la redacción actual (Ramón, 2017).

La explotación de los recursos naturales de la Luna pasa por una modificación del régimen actualmente vigente, y la Subcomisión Jurídica del COPUOS, como órgano encargado de examinar la situación y aplicación del cuerpo normativo aplicable al espacio, ha recibido diversas propuestas para estudiar una adaptación del texto legal.

Esta modificación del régimen de explotación para dotar de viabilidad la comercialización de los recursos, implica asegurar y preservar el desarrollo sostenible en la Luna, es decir, integrar el medio ambiente y el desarrollo, aplicar políticas de igualdad entre los Estados, privilegiar a las generaciones futuras, y no agotar los recursos naturales imponiendo prácticas sostenibles.

La viabilidad podría ser a través de misiones de explotación espacial de larga duración apoyadas, por ejemplo, por la utilización de recursos *in situ*. ISRU sería la clave para implementar un programa sustentable y viable en las misiones automáticas y tripuladas, siendo uno de sus principales objetivos, la producción de agua y aire para respirar (Azcárraga, 2014).

### **Cuestiones sociales y ambientales respecto de la explotación de los recursos naturales de la Luna**

Desde que la humanidad dio sus primeros pasos, siempre ha explorado la necesidad de mejorar sus condiciones de vida. Esta característica que nos define, es muy probable que esté enraizada en nuestro ADN, como un medio de auto preservación de la especie, ya que la Luna forma parte de nuestra motivación continua para salir de la Tierra. Y es que, nuestro planeta Tierra parece que se nos

está quedando cada vez más pequeño, y no solo metafóricamente hablando, sino físicamente.

La exploración y el asentamiento Lunar es el primer paso para hacer de la humanidad una especie multiplanetaria. Exploramos para expandir nuestro conocimiento, para construir nuevas sociedades y ayudar a la humanidad a cooperar a escala global.

Sin embargo, la amarga realidad con la que nos encontramos hoy en día, es que existe una lucha encarnizada por los escasos recursos naturales que nos quedan. Y es una contienda en la que las sociedades más débiles se ven perjudicadas, en permanente desventaja por el mundo globalizado en que vivimos.

Quizás la Luna sí que nos ofrece una oportunidad, una solución a estos problemas, pero entonces se abre el debate, de si la explotación de los recursos naturales de la Luna es la mejor solución para los problemas del futuro.

La Luna, nuestro satélite, ha permanecido intacto a lo largo de nuestra historia, siendo uno de los símbolos más repetidos de la humanidad, tanto en representaciones religiosas como místicas. Y ahora que los avances tecnológicos y la ciencia están cada vez más próximos a hacer viable la explotación de sus recursos naturales, nos preguntamos si, una vez agotados nuestros recursos naturales, sería ético iniciar el mismo camino en la Luna.

Existen asociaciones no gubernamentales como Moon Village Association, que promueven el debate entre los gobiernos y expertos, tratando de no desmarcar las cuestiones éticas de la lucha por los recursos energéticos con el objetivo de establecer las bases para el desarrollo óptimo en la Luna.

Las propuestas más actuales para los asentamientos lunares están todavía en desarrollo, pero, aun así, sería inteligente no sólo abordar el diseño y la construcción de una nueva base lunar teniendo en cuenta los objetivos científicos,

sino también con una mirada centrada en el bienestar de la salud física y mental de nuestros astronautas.

La explotación de los recursos naturales de nuestro satélite nos plantea también el problema del posible impacto ambiental en la Luna. ¿Cómo se sentiría la raza humana al levantar los ojos al cielo nocturno y saber que la Luna está siendo excavada sin descanso?

Es sabido que el público en general ha sido tolerante con las misiones científicas hasta la fecha, pero en el caso de empresas privadas, que solo persiguen sus propios intereses, puede que se genere un sentimiento de rechazo público. Puesto que la extracción de recursos, que como se prevé se podría producir por una mineralización a cielo abierto tendrá un impacto en el entorno lunar mucho mayor que el nivel instaurado por las misiones robóticas y por consiguiente cambiará el aspecto del satélite.

Lo que hoy en día consideramos para “el beneficio y el interés de todos los países” depende en gran medida de cómo se desarrolle la regulación en este próximo período crítico (De Faramiñán, 2019). La minería lunar tendrá lugar en un entorno donde las redes sociales son una parte importante del compromiso público con el espacio. Las agencias espaciales, las empresas privadas, los astronautas, las misiones y los rovers tienen sus propias cuentas de Twitter y existe la expectativa de participación pública. Las misiones espaciales financiadas por la multitud, como Lunar Mission One, una sonda diseñada para perforar un núcleo profundo en regiones polares, es posiblemente la vanguardia de más proyectos de este tipo. Es probable que los inversores en compañías mineras fuera de nuestro mundo sean las mismas personas que compran acciones en la minería terrestre. La aparente lejanía de la luna no protegerá las operaciones industriales del escrutinio del público (Hoffstadt, 1994).

## **La utilización del suelo lunar para situar asentamientos lunares mediante**

## **técnicas constructivas**

La tecnología actual permite enviar con “cierta” facilidad componentes a la Luna, pero su coste es todavía muy elevado. Por lo tanto, se proponen tres posibilidades: a) Usar como habitáculo la nave de transporte Tierra-Luna; b) Desarrollar habitáculos con materiales lunares, y c) Buscar estructuras geológicas estables y enterradas en la superficie lunar dentro de las cuales se pueda habilitar una base.

La primera propuesta ha sido analizada por varias agencias y sólo tiene un inconveniente, el habitáculo debe de ser pequeño, dados los costes de lanzamiento, y habrá de ser “semienterrado” para proteger su interior del viento solar.

La Estación Espacial Europea (ESA), junto con el equipo de arquitectura Foster & Partners, ha realizado un estudio de la utilización de impresoras 3-D para la creación de edificios en la Luna utilizando como base material lunar.

Con el objetivo en mente de construir este tipo de asentamientos lunares, parece que la impresión 3D sea la única opción viable de la que disponemos hoy en día.

Diversos estudios en la materia nos confirman que existen diversas maneras de generar esta impresión aditiva, pero la norma general está basada en utilizar un material previamente fundido y endurecerlo para que adquiera la forma final deseada.

Estos diferentes métodos pueden variar dependiendo de la dificultad de operación o los costes requeridos. Pero en todos ellos existirá un denominador común, y no es otro que el reto que supone trabajar y construir en un entorno sin prácticamente gravedad ni atmósfera como es nuestra Luna.

El espacio se caracteriza por el vacío, traducido en una ausencia de materia

o una influencia muy baja de una atmósfera. Las impresiones que utilizan como elemento base el polvo, muy difícilmente pueden ser aplicadas en estas condiciones, pues es necesario un proceso de oxidación o fundido que en un entorno sin atmósfera no se puede favorecer. Por el contrario, la ausencia o baja presencia de fuerzas gravitatorias podría constituir una ventaja. La impresión basada en la aplicación de sucesivas capas de material no requeriría de estructuras auxiliares para la construcción de formas tridimensionales complejas.

Finalmente, pese a todos los proyectos que ya están en marcha, estas tecnologías de impresión 3D siguen en fase de estudio (Colla y Dini, 2018). No obstante, se están invirtiendo muchos recursos y personal para que se desarrolle la investigación de forma eficiente.

Destacando así, que en el espacio solo se ha comprobado el funcionamiento de la extrusión, de lo que podemos extraer como conclusión que este proceso de impresión, es posible.

## **CONCLUSIONES**

Consideramos que el interés de realizar misiones espaciales a la Luna no sólo está motivado por razones científicas, sino también puramente económicas. Las razones científicas radican en el establecimiento de laboratorios y observatorios en la base lunar. Otra cuestión diferente es la posibilidad de explotación de los recursos, que, como hemos visto, está limitada no sólo por el Tratado del Espacio, sino también por el Acuerdo Luna. A pesar de que el *corpus iuris spatialis* integrado principalmente por el citado Tratado es de obligatorio cumplimiento, y tiene un valor vinculante, a pesar de no haber sido aceptado a la firma por todos los países, pero ello es derivado del principio de *ius cogens* que protege valores compartidos en el ámbito internacional (Franco, 2014).

La necesidad de expansión del ser humano fruto de la naturaleza humana, así como la presión demográfica, hicieron del territorio lunar la primera frontera a

superar, para que la especie humana fuera más allá de la Tierra, y asegurar la supervivencia.

Desde un punto de vista jurídico, son distintas las cuestiones que hemos planteado, y con el texto legal vigente del Tratado del Espacio la explotación no resulta posible, y tampoco las disposiciones del Acuerdo Luna favorecen la iniciativa empresarial de los Estados, ya que se limita de forma considerable la exploración y explotación de los recursos.

Se propone *de lege ferenda* una adecuación del Tratado del Espacio a la realidad que estamos viviendo, así como la creación de una autoridad internacional que controle las actividades en la Luna y los demás cuerpos celestes, con la finalidad de que dé cumplimiento a las reglas que se vayan adoptando a nivel internacional. De igual forma, se debe realizar un seguimiento de las distintas actividades que los distintos países propongan realizar, y establecerse un sistema de resolución de controversias ante los conflictos que puedan surgir. La fórmula a adoptar podría ser un Comité Internacional, como órgano colegiado, para la toma de decisiones, y en el que participen representantes de todos los países que estén interesados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anand, M., Crawford, I. A., Balat-Picherlin, M., Abanades, S., Van Westrenen, W., Péraudeau, G., Jaumann, R. y Seboldt, W. (2012). A brief review of chemical and mineralogical resources on the moon and likely initial in situ resource utilization (ISRU) applications. *Planetary and Space Science*, 74(1), 42-48. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032063312002498>
- Anderson, S. W., Christensen, K. y LaManna (2019). The development of natural resources in outer space. *Journal of Energy & Natural Resources Law*, 37(2), 227-258.
- Añaños Meza, M. C. (2014). La idea de los bienes comunes en el sistema internacional: ¿renacimiento o extinción?. *UNISCI Discussion Papers*, 34, 153-177. Recuperado de

<https://revistas.ucm.es/index.php/UNIS/article/view/44838/42248>

Azcárraga, A. (2014). El (posible) futuro del espacio. Cuadernos de estrategia, 170, 189-192.

BBC News Mundo. ¿De quién es la Luna? La mujer que demandó a la NASA para que no le quiten una muestra de polvo lunar que le regaló Neil Armstrong. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-44473909><https://www.bbc.com/mundo/noticias-44473909>

Colla, V. y Dini, E. (2018). Fabricar casas con impresoras 3D y regolito lunar. Vivir en la luna. Fronteras de la ciencia, 4, 48-51.

De Faramiñán Gilbert, J. M. (2019). Comentarios sobre el reto de una estrategia española de seguridad aeroespacial y ciertas lagunas jurídicas. Freedom, Security & Justice: European Legal Studies, 2, 17-34. Recuperado de <http://www.fsjeurostudies.eu/files/FSJ.2019.II-def.-de-Faraminan-Gilbert.3.pdf>

Duberti, G. J. (2012). La responsabilidad de las organizaciones internacionales. ¿un desafío a la normativa espacial? Enl@ce: revista venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento, 9(1), 89-103. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Guillermo\\_Duberti/publication/277262701\\_La\\_responsabilidad\\_de\\_las\\_organizaciones\\_internacionales\\_Un\\_desafio\\_a\\_la\\_normativa\\_espacial/links/56c736c108ae5488f0d2c40f/La-responsabilidad-de-las-organizaciones-internacionales-Un-desafio-a-la-normativa-espacial.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Guillermo_Duberti/publication/277262701_La_responsabilidad_de_las_organizaciones_internacionales_Un_desafio_a_la_normativa_espacial/links/56c736c108ae5488f0d2c40f/La-responsabilidad-de-las-organizaciones-internacionales-Un-desafio-a-la-normativa-espacial.pdf)

Escobar, J. (2018). Dust in planetary and cometary atmospheres: an experimental and computational study base don the análisis of a lunar dust analog, Tesis doctoral, Muñoz Gómez, O. y Moreno Danvila, F. (dir.). Granada: Universidad de Granada. Recuperado de <https://digibug.ugr.es/handle/10481/51181>

Fernández Abellán, J. L. (2005). Viabilidad de la explotación de los recursos naturales de la Luna. Canteras y explotaciones, 455, 8-16.

Franco Mogollón, I. M. (2014). Consenso, confianza y cooperación en el Derecho del Espacio Ultraterrestre. Revista de Derecho, Comunicaciones y Nuevas Tecnologías, 11, 1-29. Recuperado de: [https://derechoytics.uniandes.edu.co/components/com\\_revista/archivos/derechoytics/ytics160.pdf](https://derechoytics.uniandes.edu.co/components/com_revista/archivos/derechoytics/ytics160.pdf)

- Gómez de Castro, A. I. (2018). ¿Volvemos a la Luna? Divulgación científica de científicos. Recuperado de <http://divulgacioncientificadecientificos.blogspot.com/2018/11/volvemos-la-luna-ana-ines-gomez-de.html>
- Gorove, S. (1969). Apropiación nacional en el Tratado del espacio ultraterrestre.”, Revista de la Facultad de Derecho de la Universidad de Madrid, 13(34-36), 465-471.
- Hoffstadt, B. M. (1994). Moving the heavens: Lunar mining and the common heritage of mankind in the Moon Treaty. UCLA Law Review, 42(2), 575-621. Recuperado de <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/uclalr42&div=19&id=&page=>
- Hormigos Martínez, M. (2018). Man on the moon: Criterios para el diseño de la arquitectura lunar, L. Palacios Labrador, L. (dir.). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [http://oa.upm.es/51407/1/TFG\\_Hormigos\\_Mart%C3%ADnez\\_Marioop.pdf](http://oa.upm.es/51407/1/TFG_Hormigos_Mart%C3%ADnez_Marioop.pdf)
- Kopal, W. (s/f). Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies. Audiovisual Library of International Law. Recuperado de <http://legal.un.org/avl/ha/tos/tos.html>
- Mann, A. (2019). Pugna por la Luna. Investigación y ciencia, 514, 42-47.
- Ramón Fernández, F. (2017). Derecho Espacial Teoría y Prácticas. Valencia: Tirant lo Blanch.
- Spataro Garcés, M. P. (2016). El concepto de “Estado de explotación de los recursos naturales en la Luna y otros cuerpos celestes” -una propuesta de creación para el derecho del espacio ultraterrestre, Tesis doctoral, Rey Córdoba, A. y Amaya Castro, J. M. (dir.). Colombia: Universidad de los Andes. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/18094>
- Thomas, K. S. (2010). The Apollo Portable Life Support System. Recuperado de <https://www.hq.nasa.gov/alsj/ALSJ-FlightPLSS.pdf>
- United Nations (2019). Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies. Recuperado de <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/intromoon-agreement.html>

Vázquez, L. (2011). La explotación espacial. Russia Benyod. Recuperado de [https://es.rbth.com/articles/2011/08/24/la\\_exploracion\\_espacial\\_12794](https://es.rbth.com/articles/2011/08/24/la_exploracion_espacial_12794)