

Gómez Gómez, Edgar Leonardo; Ruiz Pedroza, Laura Camila
Programa Artemis: acuerdos y tecnologías para la exploración y explotación de la Luna
Ciencia y Poder Aéreo, vol. 16, núm. 2, 2021, Julio-Diciembre, pp. 29-45
Escuela de postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

DOI: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoder.aereo.720>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=673571919002>

Programa Artemis: acuerdos y tecnologías para la exploración y explotación de la Luna

| Fecha de recibido: xx de xxxx del 2021 | Fecha de aprobación: xx de xxxx del 2021 |

**Edgar Leonardo
Gómez Gómez**

Magíster en Ingeniería de Telecomunicaciones

Docente. Universidad Distrital
Francisco José de Caldas
Colombia

Grupo de Investigación de Nuevas Tecnologías
de Aplicación Social (GIDENUTAS)

Rol del investigador: teórico,
experimental y escritura

<https://orcid.org/0000-0002-9544-0265>
✉ elgomezg@udistrital.edu.co

**Laura Camila
Ruiz Pedroza**

Estudiante de doctorado en
Derecho Aeroespacial

Universidad de Buenos Aires
Argentina

Rol de la investigadora: teórico,
experimental y escritura

<https://orcid.org/0000-0001-6327-5798>
✉ lcruizp@hotmail.com

Cómo citar este artículo:



Programa Artemis: acuerdos y tecnologías para la exploración y explotación de la Luna

Resumen: Este artículo tiene como objeto analizar el programa Artemis, liderado por NASA y desarrollado en compañía de otras agencias espaciales y socios, tanto privados, como estatales que buscan llevar nuevamente personas a la Luna, esta vez para iniciar un proceso de colonización y explotación de recursos como fase previa del proyecto a largo plazo para enviar humanos a Marte. El artículo se enmarca en el Derecho Internacional para analizar los principios de *pacta sunt servanda*, aplicables en el derecho espacial y sus respectivos efectos vinculantes, identificando elementos que son contrarios con la normativa internacional. Se inicia con un recuento de los esfuerzos por alcanzar la Luna, desde donde reaparecen ciertas lagunas jurídicas; luego, se presenta una visión general del programa y se especifican los puntos disímiles y comunes entre las normativas, además de mostrar las tecnologías desarrolladas para el programa como sistemas de lanzamiento; cápsula de transporte; estación orbital; vehículos lunares; equipos para exploración y extracción de recursos lunares; módulos habitables; entre otros. Como resultado se presenta una visión crítica frente al hecho de que un grupo reducido de países puedan apropiarse de los recursos lunares, los cuales pertenecen a toda la humanidad, así como frente a su reserva de información. Se finaliza concluyendo que la comunidad internacional debe prestar atención a este programa y propender por el respeto, la firma y la ratificación de las normas establecidas desde la ONU, con el objetivo de que cualquier actividad relacionada con explotación de cuerpos celestes impacte positivamente a todo el planeta.

Palabras clave: acuerdos Artemis; colonización del espacio; derecho espacial; Luna; recursos lunares; tecnologías espaciales.

Artemis Program: Agreements and Technologies for the Exploration and Exploitation of the Moon

Abstract: This paper reviews NASA's Artemis program, which was developed with other space agencies and private and state partners. The program seeks to take people to the moon once again, this time to colonize and exploit lunar resources as the first stage to later send humans to Mars. The paper is based on International Law and examines the principles of *pacta sunt servanda* applicable to space law, identifying elements that run against international regulations. This work begins with a description of the attempts to reach the moon, where some loopholes can be spotted. Afterwards, we present an overview of Artemis and discuss its embedded regulations, as well as the technology that was particularly developed for the program, which includes launch systems, a transport capsule, an orbital station, lunar vehicles, equipment for exploration and extraction of lunar resources, and habitable modules, among others. As a result, we offer a critical vision of the program, considering that only a small group of countries could appropriate lunar resources, although they belong to all of humanity. It is concluded that the international community should monitor this program and strive to respect, sign and ratify the norms established by the UN in an attempt to ensure that any activity related to the exploitation of celestial bodies could positively impact the entire planet.

Keywords: Artemis agreements; space colonization; Space Law; Moon; lunar resources; space technologies.

Programa Artemis: acordos e tecnologias para a exploração e aproveitamento da Lua

Resumo: Este artigo tem como objetivo analisar o programa Artemis, liderado pela NASA e desenvolvido em companhia de outras agências espaciais e parceiras, privadas e estatais, que buscam levar pessoas novamente à Lua, desta vez para iniciar um processo de colonização e exploração de recursos, como uma fase preliminar do projeto de longo prazo para enviar humanos a Marte. O artigo está enquadrado no Direito Internacional para analisar os princípios do *pacta sunt servanda*, aplicáveis ao direito espacial e seus respectivos efeitos vinculantes, identificando elementos contrários às normas internacionais. Ele começa com um relato dos esforços para chegar à Lua, de onde reaparecem certas lacunas legais; mais tarde, é apresentada uma visão geral do programa e especificados os pontos divergentes e comuns entre os regulamentos, além de mostrar as tecnologias desenvolvidas para o programa como sistemas de lançamento; cápsula de transporte; estação orbital; veículos lunares; equipamento para exploração e extração de recursos lunares; módulos habitáveis; entre outros. Como resultado, apresenta-se uma visão crítica contra o fato de que um pequeno grupo de países pode se apropriar dos recursos lunares, que pertencem a toda a humanidade, bem como de sua reserva de informação. Conclui que a comunidade internacional deve estar atenta a este programa e se empenhar pelo respeito, assinatura e ratificação das normas estabelecidas pela ONU, com o objetivo que qualquer atividade relacionada à exploração de corpos celestes impacte positivamente todo o planeta.

Palavras-chave: Acordos de Artemis; colonização do espaço; lei do espaço; Lua; recursos lunares; tecnologias espaciais.

Apolo fue el programa con el cual, en la década de 1960, astronautas estadounidenses pisaron el suelo lunar, iniciando así una serie de viajes con los que se ampliaron las fronteras del conocimiento sobre el espacio y la posibilidad de la humanidad de conquistarlos (Paine, 1969).

Tomando como base el conocimiento que dejaron las misiones del programa Apolo, un conjunto de países, agencias espaciales y empresas privadas, liderados por los Estados Unidos de América, representados por la NASA, han iniciado un programa con el que buscan llegar allí nuevamente, esta vez con un propósito más ambicioso que pretende, no solamente alcanzarla, sino permanecer en ella, extraer sus recursos y crear las condiciones necesarias para apoyar, a largo plazo, una misión que lleve al ser humano al planeta Marte. Este programa, por tener como predecesor al Apolo, recibe el nombre Artemis (Crane, 2019).

La diferencia clave radica en que se usarán tecnologías con más de cincuenta años de evolución y se explorará un rango más amplio de la superficie lunar, llegando a lugares en los que nunca antes estuvo el ser humano (Chang, 2020). Esta exploración se hará con el propósito de conseguir recursos para alcanzar una presencia sostenida en el satélite natural, así como de desarrollar capacidades de autoabastecimiento y reutilización de elementos para lograr un proceso de colonización, creando un nuevo modelo de negocio mundial basado en la explotación de recursos lunares.

Para llevarlo a cabo, el programa se ha dividido en tres fases: Artemis I, en la que se realizará el lanzamiento del sistema de propulsión acoplado con la cápsula de transporte no tripulada, con el propósito de probar su funcionamiento en el despegue, su comportamiento en el espacio durante el recorrido hacia la luna y sus condiciones de desempeño en el regreso a la atmósfera terrestre. Se espera transportar solamente equipo de medición y toma de datos, además de varios *cubesats* que serán liberados en la órbita con la misión de tomar la mayor cantidad de datos del ambiente lunar.

Artemis II, a realizarse en el 2023, se involucrarán los primeros humanos, quienes irán a bordo de la

cápsula de transporte impulsada por el sistema probado en Artemis I. Esta vez la cápsula se dirigirá hacia la luna y la orbitará mientras los tripulantes de la cápsula realizan todo tipo de pruebas de navegación, desempeño y maniobrabilidad en una misión de aproximadamente 10 días. Esta fase servirá para poner a punto todos los sistemas que permitirán crear un canal de transporte seguro y confiable entre la tierra y la órbita lunar.

Finalmente Artemis III, que será el resultado de todas las pruebas y aprendizaje adquirido durante Artemis I y II. Esta se realizará en el 2024, cuando, una vez más, la cápsula de transporte estará tripulada pero, esta vez, con el propósito de descender en la superficie lunar (NASA, 2020a). Con esto se espera poner a prueba y determinar las condiciones de desempeño del sistema de alunizaje y de los primeros equipos de exploración sobre la superficie. La tripulación estará una semana realizando experimentos de investigación y recolectando muestras de la superficie, las cuales serán traídas a la tierra para un análisis más profundo. Durante su permanencia allí, vivirán en la cápsula del sistema de alunizaje, el cual, después de esta semana de trabajo, los llevará de vuelta a la órbita lunar, donde abordarán la capsula que los traerá de regreso a la tierra (NASA, 2020b).

Una vez se completen las tres primeras fases del programa, se tendrá la certeza de haber desarrollado y probado los equipos necesarios para llevar y traer humanos y carga entre la tierra y la luna. Con este corredor de transporte creado, iniciarán nuevas misiones que busquen establecer una presencia permanente de humanos en la superficie lunar.

Con la intención de alcanzar y colonizar la luna, no se puede ignorar el hecho de que en la actualidad existe una normativa específica proferida por la ONU que pretende regular actividades de este tipo. Esta regulación ha sido ratificada solamente por algunos países, lo cual, a juicio de los autores, se convierte en un problema para su aplicación. Dentro de este conjunto de normas están el Tratado del Espacio (1967) y el Acuerdo de la Luna (1979) (UNOOSA, 2017). Tampoco se pueden ignorar las reacciones en contra del programa de algunos

países considerados potencias espaciales no firmantes de Artemis. Esto se constituye en la principal motivación para la elaboración de este documento.

Teniendo en cuenta lo anterior, este artículo pretende resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿Considerando las características tecnológicas y las normativas para el desarrollo del programa Artemis, qué tipo de brechas jurídicas podrían existir entre los acuerdos firmados por un grupo reducido de países y el derecho internacional contenido en documentos rectores del derecho espacial, como el Tratado del Espacio y el Acuerdo de la Luna, elaborados por la ONU?

Así las cosas, el artículo inicia con una descripción detallada de la arquitectura tecnológica que está siendo desarrollada a nivel global para este programa, así como con un análisis de la normativa existente en el Derecho Internacional referente a la exploración lunar. Luego se presenta una descripción general del programa, incluyendo su normativa enmarcada en los denominados "Acuerdos Artemis". Con ello se establecen las conclusiones del artículo en las que se presenta una visión crítica por parte de los autores frente a las brechas jurídicas que existen entre estos acuerdos firmados por tan solo un puñado de países y el derecho internacional con documentos como el Tratado del Espacio y el Tratado de la Luna, elaborados por la ONU.

Tecnologías del programa Artemis

A través del programa Artemis, la NASA se trazó los objetivos de explorar las regiones de la luna que nunca lo han sido, volver a al satélite natural robóticamente en el 2021, llevar personas nuevamente a su superficie para el 2024 y establecer hábitats humanos permanentes en nuestro cuerpo celeste para el final de la década (NASA, 2020b); para lo que, el grupo de empresas y agencias colaboradoras del programa, están trabajando en el desarrollo de nuevas tecnologías. El alcance de este programa es mucho más ambicioso que cualquiera que se haya desarrollado antes, por lo que los equipos

hasta ahora usados para alcanzar el espacio no son suficientes. Es necesario diseñarlos especialmente para lograr la misión. En esta sección del artículo se hará una descripción de aquellas tecnologías en desarrollo.

Arquitectura tecnológica del programa Artemis

E Llevar astronautas nuevamente a la superficie lunar, a 400.000 km de la tierra y establecer una presencia permanente de seres humanos allí, requiere un enorme esfuerzo de ingeniería y desarrollo tecnológico, así como de la creación de nuevos procesos económicos, técnicos y administrativos. Este esfuerzo no será realizado solamente por NASA, ya que una coalición de empresas privadas; estados, con sus agencias espaciales y la academia están unificando esfuerzos a una escala global para lograrlo. Laboratorios de investigación y desarrollo a nivel global están creando la tecnología necesaria para cumplir la misión proyectada. Entre los países involucrados se encuentran Alemania, Australia, Bélgica, Canadá, Corea del Sur, Dinamarca, Emiratos Árabes, España, Estados Unidos, Francia, Holanda, Inglaterra, Italia, Japón, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelanda, Suecia, Suiza y Ucrania (NASA, 2020; ESA, 2021; JAXA, 2019; CSA, 2020; ASA, 2020; SpaceX, 2020). Es importante resaltar que Corea del Sur, Nueva Zelanda y Brasil son los países que más recientemente firmaron los acuerdos, el 24 y 31 de mayo y el 15 de junio del 2021, respectivamente.

Lo primero que se necesita es un sistema de lanzamiento que permita elevar una cápsula de transporte especialmente diseñada para llevar personas y gran cantidad de equipo abordo, hasta alcanzar una estación que estará orbitando la luna. Este sistema debe tener la capacidad de ser lanzado una y otra vez y servirá como elemento de transporte permanente. La estación orbital servirá como compuerta de entrada y salida del satélite natural. Una vez las personas y la carga sean puestas en la estación orbital por la cápsula de transporte, se requiere un sistema de aterrizaje para poder descenderlos con aceptables niveles de

seguridad operacional hasta la superficie (Evans & Graham, 2020). Ya en la superficie, es necesario contar con tecnologías como vehículos para la movilidad, equipos de exploración, producción de alimentos, vivienda,

telecomunicaciones, entre otros. La figura 1 muestra un diagrama de bloques con los elementos tecnológicos más significativos del sistema y, a continuación, se presentará una reseña de cada uno.

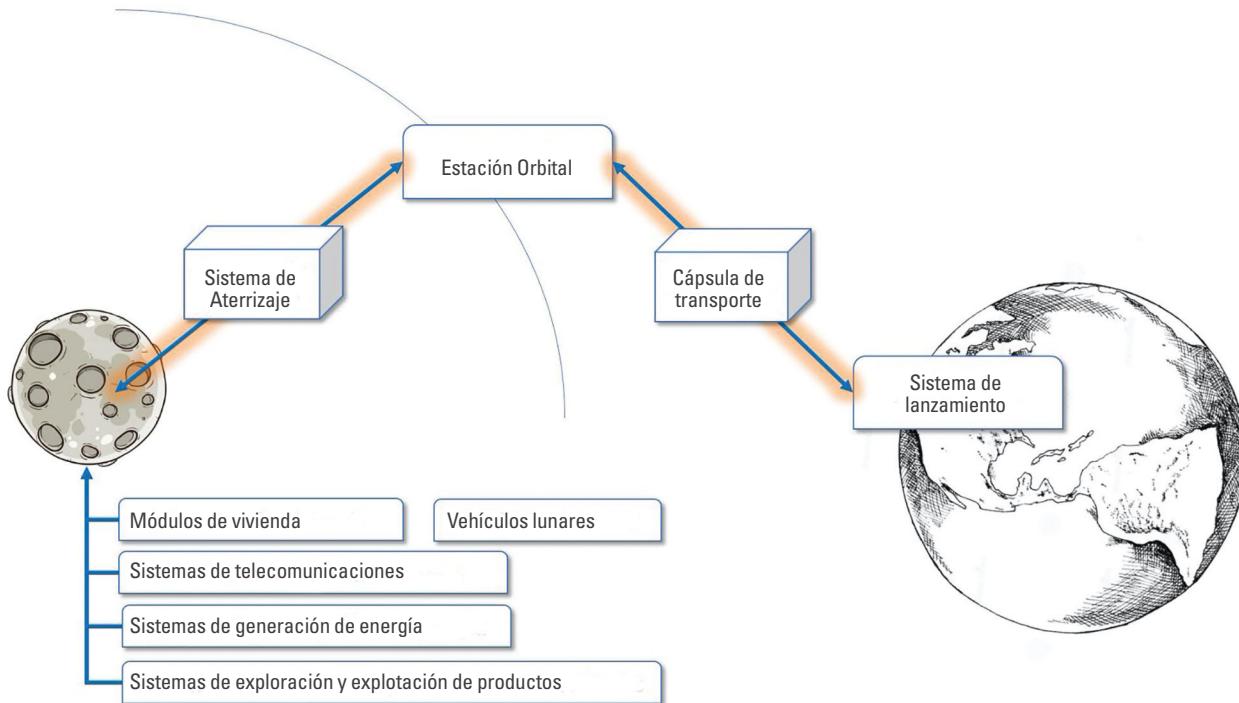


Figura 1. Diagrama de tecnologías del programa Artemis

Fuente: elaboración propia.

Sistema de lanzamiento

El potente sistema de lanzamiento ha sido denominado por la NASA como *Space Launch System* (SLS) (NASA, 2021a). Está diseñado para elevar la cápsula de transporte que llevará humanos y carga hasta la estación orbital una y otra vez, durante las tres fases del programa. Llevará una cápsula no tripulada hasta la órbita terrestre, mediante la cual alcanzará poco a poco la órbita lunar, en un viaje de aproximadamente 450.000 km. Este será el vuelo inaugural con el cual se espera estudiar su rendimiento y recopilar datos de ingeniería sobre el mismo (Peet, 2021). El SLS está conformado por seis propulsores, de los que cuatro son de combustible líquido RS-25 y dos de combustible sólido; por un núcleo central masivo y una etapa de propulsión criogénica interna que le darán un empuje de

8,8 millones de libras, necesarias para llevar la cápsula de transporte hasta la órbita terrestre (NASA, 2020b). Durante la fase de despegue, en tan solo 8 minutos, los cuatro motores RS-25 quemarán 735.000 galones de propelente líquido y los cohetes gemelos más de dos millones de libras de propelente sólido. Después de agotado el combustible en los seis propulsores y en la etapa central, se dejarán caer para liberar su peso en la fase final del ascenso a la órbita. Luego de su liberación, entra a operar la etapa de propulsión criogénica ubicada en su parte superior, la cual llevará la cápsula de transporte a casi 160 km sobre la superficie terrestre, acelerando a más de 28.000 km/h para alcanzar una órbita LEO, que usará para hacer el último movimiento de ascenso, denominado *Inyección Trans-lunar* (TLI) y es la maniobra clave que hace posible enviar a la cápsula de transporte a 450.000 km más allá

de la tierra y alcanzar la órbita lunar de una manera segura, transportando humanos, lo cual nunca se había realizado antes en la historia de la tecnología espacial (Wang *et al.*, 2021). El SLS no lleva combustible adicional o sistema de propulsión necesarios para devolver cualquier etapa a la tierra para su reutilización.

La figura 2 muestra una vista expandida del SLS. A la fecha de elaboración de este artículo, todos los elementos mencionados habían completado satisfactoriamente pruebas previas realizadas en el Marshall Space Flight Center (Alabama) y Stennis Space Center (Mississippi) (NASA, 2021a; CSA, 2020).



Figura 2. Sistema de lanzamiento espacial (SLS)

Fuente: imagen modificada por los autores con base en Mohon (2020).

Cápsula de transporte

La cápsula de transporte ha sido denominada Orión. La fase de diseño ya fue llevada a cabo y, a septiembre de 2021, fecha de elaboración de este artículo, ya se estaban desarrollando las últimas etapas de pruebas y desarrollo. Se han realizado satisfactoriamente las pruebas de impacto contra el agua; escudo térmico; paracaídas; sistema de montaje vertical; sistema de aborto de

lanzamiento; pruebas estructurales del módulo de servicio; propulsión del módulo de servicio; pruebas estructurales generales; presión; encendido; ciclos térmicos; integración del módulo de servicio y el módulo de tripulantes; simulaciones de control de misión; entre otras (NASA, 2020b). En la figura 3 se presenta una de las pruebas realizadas. La intención es que Orión sea utilizada para transportar su tripulación humana hasta la estación orbital, que estará especialmente diseñada

para unirse a esta mediante sus puertos de atraque. Una vez se haya acoplado a la estación orbital, sus ocupantes podrán abordar el módulo del sistema de aterrizaje para alcanzar la superficie lunar. En el momento que estos astronautas vuelvan a la tierra, deberán alcanzar, en primer lugar, la estación orbital desde la superficie gris, donde abordarán nuevamente la cápsula Orión, que los traerá de regreso a la atmósfera terrestre (ESA, 2021a).



Figura 3. Pruebas a la cápsula Orión

Fuente: Damadeo (2021).

Orión ha sido diseñada para transportar cuatro tripulantes humanos, a quienes les dará energía, agua, aire, propulsión, electricidad y estará impulsada por el módulo de servicio proporcionado por la Agencia Espacial Europea (ESA), construido en la ciudad de Bremen, Alemania (ESA, 2021b; Basu *et al.*, 2021). En su fase de despegue y aterrizaje en la tierra, la cápsula navegará usando los satélites de la constelación GPS y el sistema de retransmisión de datos de seguimiento (TDRS) de la red espacial de la NASA. Una vez supere el rango de acción de estos dos sistemas, navegará usando la red de espacio profundo (DSN), que será la que le proporcione los servicios de navegación y telecomunicaciones cuando la cápsula esté viajando hacia y alrededor de la luna (NASA, 2020b).

Después de ser llevada por el sistema SLS lejos del efecto gravitacional de la tierra, el control de Orión es posible gracias a los motores de propulsión del módulo de servicio desarrollado por la ESA. Son un total de 33 motores que le proporcionan el empuje necesario para maniobrar la cápsula en todos los ejes. El motor principal es reutilizado del transbordador espacial que ya viajó antes al espacio. Este proporciona 25.700 N y le

permite hacer movimientos de cabeceo y guiñada. Adicional a este, la cápsula cuenta con ocho propulsores de respaldo que le proporcionan 490 N cada uno. Estos van fijados en la parte inferior del módulo de servicio para proporcionar correcciones de órbita y como respaldo del motor principal. Finalmente, se le instalaron 24 motores más pequeños agrupados en seis módulos que le proporcionan control de actitud. Se pueden accionar individualmente según sea necesario para mover la cápsula en diferentes posiciones y rotarla a cualquier ángulo. El propulsor es provisto por cuatro tanques de 2.000 litros de óxidos mixtos de nitrógeno (MON) como oxidante y monometilhidrazina (MMH) como combustible. Los tanques tienen un cm de espesor, mantienen una presión de 25 bar y tienen la capacidad de contener nueve toneladas de combustible (NASA, 2020a).

En el 2021 se harán las primeras pruebas del sistema completo mediante una misión no tripulada que llevará la cápsula hasta la órbita lunar para analizar sus capacidades y desempeño. Durante estas pruebas la cápsula será sometida a velocidades similares a Mac32 o 39.000 km/h y a temperaturas por encima de los 2.700 °C (Lin *et al.*, 2019), casi la mitad de la temperatura de la superficie del sol. Una vez de regreso dentro de la atmósfera terrestre, usará su sistema de 11 paracaídas para disminuir la velocidad alrededor de 32 km/h y permitirle, junto con los astronautas en su interior se posen suavemente sobre el océano, donde el equipo de recuperación estará posicionado para sujetarla (NASA, 2020b).

La estación orbital (*The Gateway*)



Figura 4. Ilustración de la estación orbital siendo alcanzada por Orión

Fuente: NASA Johnson (2021).

La estación orbital, denominada por la NASA como *The Gateway*, es la compuerta de entrada a la luna dentro del proyecto Artemis. Está diseñada para orbitar permanentemente alrededor del satélite natural y es un espacio de intercambio e investigación para las tripulaciones que lleguen desde la tierra en la cápsula Orión. Como se ve en la figura 4, tiene un puerto de atraque compatible con Orión, así que las tripulaciones pueden ingresar para luego acceder al módulo de sistema de aterrizaje que les permitirá descender hasta la superficie lunar. Esto da flexibilidad para la planeación de las misiones, puesto que la estación puede ser usada como punto intermedio para misiones humanas o robóticas a la luna, pero también, a largo plazo, como punto de parada durante el viaje al planeta rojo, Marte. Si bien es una estación más pequeña que la *International Space Station*, se están tomando las lecciones aprendidas de esta última para implementar una arquitectura lunar en la que múltiples proveedores pueden proporcionar complementariamente sus capacidades para aumentar su rendimiento y desempeño en general (NASA, 2020c; Ashok *et al.*, 2021).

La estación está compuesta por dos módulos principales: el elemento de potencia y propulsión (*Power and Propulsion Element*, PPE) y el puesto avanzado de vivienda y logística (*Habitation and Logistics Outpost*, HALO), los cuales serán integrados en la tierra y llevados a la órbita lunar simultáneamente en el 2023. El PPE proporciona energía eléctrica, control, empuje y telecomunicaciones y es tres veces más potente que los usados en la actualidad. El módulo HALO será la cabina inicial para los astronautas que la visiten y su objetivo es suplirles las necesidades básicas de soporte vital mediante capacidades de comando y de control; manejo de datos; almacenamiento de energía; control térmico y ambiental (ESA, 2019).

Los módulos están siendo construidos en Estados Unidos (NASA, 2020b), los sistemas robóticos para la estación están siendo desarrollados por la Agencia Espacial Canadiense (CSA, 2021) y el hábitat internacional es responsabilidad de la Agencia Espacial Europea (ESA, 2019). Este último incluye capacidades de comunicación adicionales, una exclusa para implementar cargas útiles científicas y *cubesats* (Malphrus et

al., 2021), así como reabastecimiento de combustible. La Agencia para la exploración aeroespacial japonesa (JAXA, 2019b) también está involucrada en la estación orbital con la implementación de componentes habitacionales y de reabastecimiento logístico. Una vez en órbita, la estación tendrá varios puertos de atraque para vehículos visitantes y futuros módulos, así como espacio para las actividades propias de la misión Artemis y la investigación.

Estas investigaciones científicas tienen la particularidad que se realizarán en el espacio profundo, fuera de la protección de los cinturones de Van Allen y sus prioridades se relacionan con la respuesta del cuerpo humano a una presencia prolongada en el espacio profundo y en temas como heliofísica, radiación y clima espacial (Kistler *et al.*, 2021; Brown *et al.*, 2021). Las dos primeras cargas útiles serán un paquete de instrumentos de radiación proporcionado por la ESA y un conjunto de instrumentos meteorológicos espaciales proporcionado por NASA (NASA, 2020b).

Sistema de aterrizaje

La principal misión de este sistema es permitirle a la tripulación humana viajar de manera segura desde la estación orbital a la superficie lunar y de regreso, por esto se ha denominado *Human Landing System* (HLS). Este será diseñado y puesto en funcionamiento por socios comerciales de la NASA. Inicialmente se presentaron tres propuestas de las compañías Blue Origin, Dynetics y SpaceX, quienes tenían la libertad de diseñarlo como un sistema integrado a la estación orbital, pero que funcione sin necesidad de acoplarse a esta, con el fin de hacer más sencillos los primeros alunizajes al acoplarse directamente a la cápsula Orión (NASA, 2020b).

El 16 de abril del 2021, la NASA anunció la selección de SpaceX para construir el sistema de aterrizaje para humanos, basado en su diseño llamado *Starship*, que incluye la nave espacial, un cohete de lanzamiento superpesado, la entrega de propulsores, acople a los otros componentes de Artemis y aterrizaje planetario con capacidad de ser reutilizable. Estará impulsado por motores de combustión por etapas *Raptor*

que usan como propelentes metano líquido densificado y oxígeno líquido (Methalox), generando un empuje de 440.000 libras fuerza, equivalentes a 2.000.000 N (SpaceX, 2021). Al descender sobre la lunar, *Starship* transportará a la tripulación y todos los suministros, equipos y cargas útiles científicas necesarias para explorar la superficie; contará con sistemas de aviónica, de guía y de navegación probados anteriormente en otras cápsulas de la compañía como *Falcon* y *Dragon*, así como capacidades autónomas de encuentro, atraque y aterrizaje de precisión (SpaceX, 2021).

En su primera misión, a realizarse en el 2024, se espera que de la tierra despeguen 4 astronautas a bordo de la cápsula *Orión*, impulsados por el sistema SLS, en un viaje de varios días a la órbita lunar. Allí, dos miembros de la tripulación, una mujer y un hombre de color, se trasladarán al HLS de SpaceX: la *Starship*, para el tramo final de su viaje a la superficie de la luna. Despues de casi una semana explorando la superficie, abordarán el *Starship* nuevamente para su corto viaje de regreso a la órbita, donde ingresarán nuevamente a *Orión*, se encontrarán con sus colegas y emprenderán el viaje de regreso (SpaceX, 2021).

Equipo para exploración y extracción de recursos lunares

El uso de estos quipos se proyecta para el mediano plazo, una vez se haya cumplido el objetivo de poner humanos nuevamente sobre la superficie lunar en el 2024, donde no había llegado la especie desde 1972, lo que implica que la tecnología a usar en la superficie será 50 años más avanzada y permitirá a los astronautas alcanzar lugares de la luna que no se exploraron antes (Díaz-Martínez *et al.*, 2021).

Al conjunto de sistemas se le ha denominado *Exploration Ground Systems* (EGS) y una de las tareas más importantes que tendrá en las primeras etapas de la misión Artemis será la de gestionar el despegue que le permitirá al HLS regresar a la tripulación hasta la órbita lunar. Esto lo hará mediante un lanzador móvil que ya fue diseñado, construido y sometido a pruebas integradas en las instalaciones terrestres de la NASA, a través de cuales se concluyó que el equipo está listo para

el lanzamiento y puede resolver cualquier tipo de problema en tiempo real (SpaceX, 2021; NASA, 2020b). La tecnología de exploración es indispensable para apoyar el aterrizaje y el despegue en la superficie lunar, siendo una pieza clave para garantizar el éxito de la misión Artemis. Vale la pena recordar que, a largo plazo, los resultados de Artemis serán la base para enviar humanos a Marte y, para esto, el recurso lunar es indispensable.

Con los elementos que conforman el corazón del programa Artemis desarrollados y puestos en funcionamiento, el SLS, *Orión*, la Estación orbital y el HLS, Estados Unidos ha incentivado a la industria privada y a la academia para que se vean inmersos en el desarrollo de tecnologías, capacidades y modelos de negocio que involucren la explotación de los recursos lunares. Con esto, la NASA busca estimular y diversificar el mercado, con lo que espera crear un modelo sostenible de consecución de recursos en el largo término, el cual sea extensible al programa que buscará llevar seres humanos a Marte (USRA, 2020; Colvin *et al.*, 2020). El objetivo inicial será establecer un campamento base en la luna, más específicamente en su polo sur, para el cual se requieren tres elementos fundamentales (NASA, 2020c):

1. **Plataforma de movilidad habitable:** denominada Habitable Mobility Platform (HMP), será un tipo de rover presurizado que tendrá el doble propósito de servir como módulo de vivienda y como vehículo de desplazamiento de largas distancias. Este permitirá ampliar las distancias recorridas y llegar a lugares nunca antes visitados para su exploración y la consecución de fuentes de recursos lunares.
2. **Vehículo despresurizado para el terreno lunar:** denominado Lunar Terrain Vehicle (LTV), es un elemento para transportar astronautas por la superficie mientras están usando su traje presurizado. Las distancias por recorrer son más cortas que las del HMP, ya que la supervivencia de sus pasajeros dependerá exclusivamente de sus trajes. Tendrá la capacidad de ser operado a distancia, lo que le permitirá también ser un vehículo para el transporte de carga y recursos.

3. **Hábitat de superficie:** denominado Foundation Surface Habitat (FSH), tendrá la capacidad para albergar a 4 personas hasta por 60 días. Al ser los primeros módulos de vivienda implementados, se constituyen en un elemento fundamental para que se establezca una presencia humana permanente en el polo sur lunar, al tiempo que se va aprendiendo de esta experiencia para la planeación de misiones a lugares más alejados del sistema solar.



Figura 5. Modelo del vehículo lunar VIPER en el laboratorio de pruebas del Glenn Research Center

Fuente: NASA (2020a).

Una vez garantizada la supervivencia de seres humanos en este lugar, se desarrollará un escenario adecuado para la exploración y explotación de recursos lunares (Heinicke et al., 2021). A esta iniciativa se le ha denominado *The Lunar Surface Innovation Initiative* (LSII). La tecnología en desarrollo involucra sistemas de aterrizaje robóticos; módulos de vivienda; rovers (vehículos para la exploración o el desplazamiento en la superficie lunar); trajes espaciales versátiles; sistemas de telecomunicaciones; instrumentación para la medición del clima espacial; sistemas de generación de energía; herramientas para exploración, excavación y construcción; equipo para investigación; módulos *Space Launch System* de almacenamiento; infraestructura de apoyo; blindaje contra la radiación solar; tecnologías para la protección y mitigación del polvo lunar (Nickels, 2021); sistemas de gestión de desechos y residuos; entre otros (NASA, 2020b; Melikhov et al., 2021).

La extracción de recursos es un elemento importante para la misión, puesto que hacerlo puede disminuir la dependencia de los suministros enviados desde la tierra. Los recursos inicialmente se obtendrán con actividades de minería, sumadas al desarrollo de procesos térmicos y químicos que descompongan los minerales extraídos y los conviertan en materiales consumibles o propelentes. Adicionalmente, estos minerales se podrán procesar para la sintetización de metales para la construcción de hábitats u otras estructuras.

Normativa existente referente a la exploración lunar

La ambición por la exploración, uso y explotación de la Luna no es nueva, así como tampoco lo es el hablar del tema, ya que dentro de la carrera espacial que hubo entre Estados Unidos y la Unión Soviética existió esta lucha por la conquista del satélite. Es por esto que tenemos los logros alcanzados por los Rusos, con su programa Luna y de los Estadounidenses, con su programa Apolo, en principio, a través de sondas y luego, con el alunizaje de los astronautas de la NASA Neil Armstrong, Edwin Aldrin y Michael Collins el 21 de julio de 1969: “Houston, aquí Base Tranquilidad, el águila ha alunizado” (Cortés, 2014).

Junto con el interés de la exploración y el descubrimiento de todo lo que rodea a la Luna, llegaron los intereses de los particulares, que intentaron apropiarse de algunos objetos del espacio ultraterrestre, como lo son la luna y el sol. La primera intención en este sentido es tan antigua como la carrera espacial. Se puede decir que el primer y único propietario “legítimo” de la Luna fue Jenaro Gajardo Vega, Abogado Chileno (1919-1998), quien, mediante acta notarial, fechada el 25 de septiembre de 1954, en la ciudad de Talca, certificó que la Luna le había sido heredada de sus antepasados desde un siglo antes, todo con el fin de ingresar a un club social del cual fue rechazado por no ser dueño de propiedad alguna (Carnevale et al., 2020).

Dicha acta reza:

“Jenaro Gajardo Vera, abogado, es dueño, desde antes del año 1857, uniendo su posesión a la de sus antecesores, del astro, satélite único de la Tierra, de un diámetro de 3.475.00 km, denominada LUNA y cuyos deslindes por ser esferoidal son: Norte, Sur, Oriente y Poniente, espacio sideral. Fija su domicilio en calle 1 oriente 1270 y su estado civil es soltero. Jenaro Gajardo Vera. Carné 1.487.45-K. Ñuñoa. Talca, 25 de septiembre de 1954” (Álvarez, 2021).

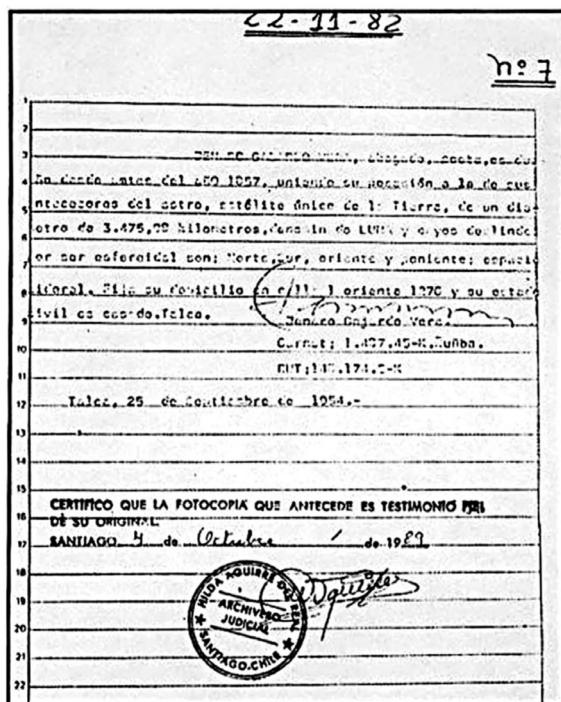


Figura 6. Acta notarial del dueño de la Luna

Fuente: Álvarez (2021).

De lo anterior se puede afirmar que no solamente las intenciones de apropiación de la Luna y otros cuerpos en el espacio se dan por los Estados sino también por parte de particulares. Como fue mencionado en el artículo denominado “La nueva carrera por el dominio del espacio ultraterrestre”, de los autores Gómez y Ruiz (2020), esto puede convertirse en una disputa capaz de desatar una guerra entre países.

En escritos precedentes, los autores mencionamos que el Tratado del Espacio, proferido y ratificado en la actualidad por 110 países (UNOOSA, 2020), da

una apariencia de suficiencia en cuanto a su obligatoriedad, pero para la realidad actual se queda corto, toda vez que en este se menciona de manera general la manera en la que deben comportarse los países que quieran efectuar cualquier tipo de exploración espacial y los comportamientos que se espera se sigan y, en específico, que nadie puede apropiarse de la Luna o nada que se encuentre en el espacio exterior vía ocupación, declaración de soberanía, etc., reza el artículo II de este (UNOOSA, 2017).

En el mismo sentido fue establecido en el artículo primero del Tratado del Espacio que:

“La exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, deberán hacerse en provecho y en interés de todos los países, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico, e incumben a toda la humanidad. El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, estará abierto para su exploración y utilización a todos los Estados sin discriminación alguna en condiciones de igualdad y en conformidad con el derecho internacional, y habrá libertad de acceso a todas las regiones de los cuerpos celestes. El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, estarán abiertos a la investigación científica, y los Estados facilitarán y fomentarán la cooperación internacional en dichas investigaciones” (UNOOSA, 2017).

No obstante lo anterior, la ONU, en el año 1979, profirió el “Acuerdo Luna”, el cual ha sido firmado por 4 países y ratificado por otros 18, de los 193 que conforman la ONU, así:

Tabla 1 Requerimientos y restricciones de la misión

Acuerdo Luna	
Ratificación	Armenia, Australia, Austria, Bélgica, Chile, Kazajistán, Kuwait, Líbano, México, Marruecos, Holanda, Pakistán, Perú, Filipinas, Arabia Saudita, Turquía, Uruguay y Venezuela.
Firma	Francia, Guatemala, India y Rumanía.

Fuente: UNOOSA (2020).

Con base en la información presentada en la tabla 1, es importante explicar que, según la Convención de Viena sobre el Derecho de los Tratados, las maneras para obligarse por parte de un Estado son: firma, aceptación, canje de instrumentos que constituyan un tratado, aprobación, ratificación o las formas propias que se establezcan en cada tratado (OAS, 1969).

Ahora bien, si se observa el Acuerdo Luna, en los considerandos se manifestó:

Reconociendo que la Luna, como satélite natural de la Tierra, desempeña un papel importante en la exploración del espacio ultraterrestre, Firmemente resueltos a favorecer, sobre la base de la igualdad, el desarrollo de la colaboración entre los Estados a los efectos de la exploración y utilización de la Luna y otros cuerpos

celestes, Deseando evitar que la Luna se convierta en zona de conflictos internacionales (UNOOSA, 2017).

De lo anterior se puede colegir que el Acuerdo Luna recopila las finalidades del Tratado del Espacio en cuanto a los principios de cooperación internacional, no militarización del espacio, no apropiación, etc., y a su vez determina de manera específica estos aspectos para el caso de la Luna. Es más, se puede afirmar de manera acertada que, en esencia, se duplica el articulado contenido en el Tratado del Espacio, solo que se menciona de manera específica al satélite.

Se evidenciará la disertación anterior a través de un cuadro comparativo entre las dos normativas, trayendo a colación los puntos que los autores consideran los principales y que inciden directamente en los Acuerdos Artemis:

Tabla 2
Comparativa entre el Tratado del Espacio y el Acuerdo Luna

Tratado del espacio	Acuerdo de la Luna
<p>Art. 1 Independientemente del nivel de desarrollo de cualquier país, bien sea científico o económico, la utilización y exploración del espacio ultraterrestre, incluyendo la luna, tendrá que efectuarse en beneficio de todos los países, ya que esto incumbe a toda la humanidad. El espacio, incluyendo la luna, podrá ser explorado y utilizado en su totalidad, por todos los estados sin excepción y de conformidad con el derecho internacional, bajo el principio de igualdad. Así mismo, los estados deberán fomentar, en las investigaciones, la cooperación internacional.</p>	<p>Art. 4 La utilización y exploración de la Luna es de interés de la humanidad en general, deberá efectuarse en provecho de todos los Estados sin importar su nivel de desarrollo científico y económico. Deberán tenerse en cuenta las necesidades e intereses de las generaciones actuales y futuras, también la necesidad de incrementar los niveles de vida y mejorar el progreso, desarrollo social y económico de los Estados de acuerdo con la carta de las Naciones Unidas.</p>
<p>Art.2 El espacio exterior, incluyendo la luna, no podrá ser apropiada por ningún estado, bien sea por reivindicación de soberanía, ocupación o uso, ni de ningún otro modo.</p>	<p>Art. 11 La luna no puede ser apropiada por ningún Estado, por ningún medio, ni por reclamación de soberanía, por ocupación o uso. Ningún Estado podrá apropiarse de ninguna parte de la superficie lunar, tampoco sus recursos naturales, así como tampoco podrán apropiarse las organizaciones, tanto gubernamentales, como no gubernamentales, entidades no gubernamentales u organizaciones nacionales, tampoco de personas físicas. La colocación de vehículos espaciales, personal, equipo, estaciones, material y, en general, las estructuras colocadas encima o debajo de la superficie lunar, no crearán derechos de propiedad sobre ninguna parte de la Luna.</p>
<p>Art.3 Los estados partes que hayan ratificado el tratado tendrán que efectuar sus actividades de utilización y exploración del espacio, incluyendo la luna, de acuerdo con el Derecho Internacional, incluyendo la Carta de las Naciones Unidas, propendiendo por mantener la seguridad y la paz internacionales, así como también la comprensión y cooperación internacional.</p>	<p>Art. 2 La utilización y exploración de la Luna deberá realizarse de acuerdo con el Derecho Internacional y la Carta de las Naciones Unidas, también se tendrá en cuenta de manera especial la Carta de Naciones Unidas y, en general, los instrumentos aprobados por la Asamblea General, tendientes a mantener la seguridad, la paz, la cooperación internacional y la comprensión recíproca.</p>

Tratado del espacio	Acuerdo de la Luna
<p>Art.4</p> <p>Los Estados parte que hayan ratificado el tratado se obligarán a no colocar en órbita ningún objeto portador de armas nucleares o de armas de destrucción masiva, tampoco a emplazar dichas armas en los cuerpos celestes o el espacio exterior en ninguna forma. Los cuerpos celestes y la Luna tendrán que ser utilizados únicamente con fines pacíficos por todos quienes hayan ratificado el tratado. No se puede colocar en los cuerpos celestes instalaciones, bases y fortificaciones militares, tampoco ensayar armas de ningún tipo ni realizar maniobras militares. Se puede utilizar personal militar para investigación científica de manera pacífica, así como también se permite la utilización de cualquier medio o equipo necesario para explorar la Luna, siempre y cuando sea con fines pacíficos.</p>	<p>Art. 3</p> <p>1. Los Estados parte, sin excepción, deberán utilizar la Luna únicamente de manera pacífica.</p> <p>2. Queda prohibido amenazar o usar la fuerza, también cualquier tipo de amenaza o acto hostil en la Luna. También queda prohibida la utilización de la Luna para efectuar dichas actuaciones. Queda prohibida la utilización de la Luna para cometer actos hostiles o amenazar la tierra, las naves espaciales, la luna u objetos espaciales artificiales.</p> <p>3. Los estados parte no podrán poner en órbita lunar o en ninguna parte de su trayectoria, así como tampoco alrededor de ella, armas nucleares o portadores, ni armas de destrucción masiva, tampoco podrán utilizar dichas armas en la Luna o sobre ella.</p>
<p>Art.7</p> <p>Los estados parte del tratado que efectúen lanzamiento de cualquier objeto al espacio exterior incluyendo la Luna, serán responsables internacionalmente por los daños que se cause a otro estado o a sus personas, bien sean naturales o jurídicas, por estos objetos o sus componentes en la Tierra, el espacio aéreo o el espacio exterior, incluyendo la Luna.</p>	<p>Art. 14</p> <p>Los Estados parte del acuerdo son responsables, internacionalmente, de las actividades que se realicen nacionalmente en la Luna, bien sea por organismos o entidades, tanto gubernamentales, como no gubernamentales, también se debe asegurar que sea en concordancia con las disposiciones del acuerdo.</p> <p>También, los estados parte deberán asegurar que las entidades no gubernamentales, bajo su jurisdicción, sean fiscalizados de manera constante por el estado parte concerniente.</p>

Fuente: UNOOSA (2017).

Visto lo anterior, se demostró que el contenido principal del Tratado del Espacio y del Acuerdo de la Luna es similar, se puede decir válidamente que tienen el mismo espíritu normativo, por lo tanto, ambos se rigen bajo los mismos principios y tienden a lo mismo. Al respecto, los autores siempre han sostenido que se requieren normas que sean vinculantes y claras en todos los aspectos o al menos en su mayoría, referentes a la exploración y explotación espacial; todo esto con miras a evitar cualquier tipo de conflicto internacional, como siempre los hemos visto desarrollarse en la tierra cuyos efectos son devastadores para la humanidad. ¿Acaso ya nos recuperamos como humanidad de la Segunda Guerra Mundial?

de conductas para aterrizar el Tratado del Espacio Ultraterrestre creado por la ONU en 1967 y así evitar cualquier tipo de conflictos en situaciones específicas (NASA, 2020c).

Jim Bridenstine, director de la NASA en el periodo comprendido entre 2017 y parte del 2021, para la firma de los acuerdos Artemis afirmó que:

Artemis será el más amplio y diverso programa de exploración humana espacial internacional de la historia y los acuerdos Artemis son el vehículo que establecerán esta coalición internacional [...]. Con la firma de hoy, nosotros nos estamos uniendo con nuestros socios para explorar la Luna y estamos estableciendo principios vitales que crearán seguridad, tranquilidad y un futuro próspero del espacio para el disfrute de toda la humanidad (NASA, 2020c).

Vale la pena puntualizar que la NASA es la agencia federal Estadounidense y actualmente se encarga de desarrollar tecnología enfocada a la exploración desde la Luna a Marte y el presupuesto que ejecuta es de origen público: para el 2021 asciende a la suma de \$23,2 mil millones de dólares y tiene múltiples alianzas con la industria estadounidense, así como con socios comerciales nacionales e internacionales.

Programa y acuerdos Artemis

Recordando el interés de la NASA para efectuar la exploración y la explotación lunar, se crea el programa denominado Artemis, el cual pretende llevar a una mujer a la luna (la primera) y al hombre número 13, debido a que después de 1972 se suspendieron dichos viajes espaciales por la falta de presupuesto. Para esto se convino, entre varios países, cumplir con una serie

Contribuyendo con lo anteriormente dicho, la NASA le da prioridad a los principios de exploración pacífica, transparencia, interoperabilidad, asistencia de emergencia, registro de objetos espaciales, liberación de información científica, preservación de la herencia, recursos espaciales, desconflicto de actividades y eliminación de basura espacial, establecidos en el Tratado del Espacio, a través de los Acuerdos Artemis.

A su vez, Mike Gold, administrador asociado para relaciones interinstitucionales de la NASA, adujo que:

Fundamentalmente, los acuerdos Artemis ayudarán a evitar el conflicto en el espacio y en la Tierra, fortaleciendo el entendimiento mutuo y reduciendo las percepciones erróneas. Transparencia, registros públicos, confianza en las operaciones, estos son principios que preservarán la paz. El viaje Artemis es a la Luna, pero el destino de los acuerdos es un futuro pacífico y próspero (NASA, 2020c).

De lo expuesto surgen entonces varias inquietudes, las cuales muy probablemente no tengan respuesta, ya que obedecen a temas políticos de Estado y lo que se pretende por parte de los autores es simplemente generar un espacio reflexivo al respecto. Sin embargo, para abordar el tema desde un punto de comprensión netamente académico en los siguientes ítems, se expondrán algunos textos de los Acuerdos Artemis que llaman especialmente la atención de los autores con ciertos comentarios al respecto.

Implementación

Pueden llevarse a cabo actividades de cooperación relativas a la exploración y el uso del espacio ultraterrestre, a través de instrumentos apropiados, tales como Memorandos de entendimiento, Implementación, Arreglos en virtud de acuerdos existentes de gobierno a gobierno, agencia a agencia, arreglos u otros instrumentos (NASA, 2020c).

Es absolutamente necesario que exista la cooperación, no solo entre países, sino entre agencias

de derecho privado; más lo que se observa en estos acuerdos es que se empieza a mutar el derecho internacional público e incluso la normativa, teniendo en cuenta que no es clara la naturaleza de estos denominados “instrumentos”. Lo que sí se tiene claro es que dichas formas no tendrán solemnidad mayor alguna sino que, como es lógico, tenderán a facilitar el desarrollo del programa, lo cual, en cierto punto, puede llegar a chocar con algunos principios del Tratado del Espacio o del Acuerdo Luna, situación un poco injusta, ya que, como sabemos, para que esta normativa sea vinculante entre países debe ser ratificada y las cifras en cuanto a este punto no son alentadoras.

Propósitos pacíficos

Los Signatarios afirman que las actividades de cooperación bajo estos Acuerdos deben ser exclusivamente para fines pacíficos y de conformidad con el derecho internacional pertinente (NASA, 2020c).

En este aspecto, se observa cómo se establece de nuevo la necesidad de manera expresa de la utilización pacífica del espacio, tendiente a evitar conflictos internacionales, pero en ninguna parte del programa, así como tampoco de la normativa internacional, existen sanciones específicas en el evento de llegar a incumplir con este principio. Esta situación debería no solo ser tratada de manera romántica sino también deberían existir medidas de coerción expresas toda vez que su finalidad, precisamente, es disuadir a las personas, agencias o estados de que, de alguna u otra forma, pretendan incumplir con dicho mandato de optimización.

Divulgación de datos científicos

Los Signatarios se reservan el derecho a comunicar y divulgar información al público con respecto a sus propias actividades. (...) 3. El compromiso de compartir abiertamente datos científicos no se aplica al sector privado, a menos que dichas operaciones se realicen en nombre de un Signatario del Acuerdo (NASA, 2020c).

Entonces se tiene que, tanto en el Tratado del espacio como en estos acuerdos, se estableció de manera expresa el principio de transparencia, a través del cual, la información resultante de las investigaciones será compartida con toda la humanidad para que no haya exclusión en cuanto al desarrollo en materia espacial. Sin embargo, si se lee detenidamente el artículo anterior, se establece una gran brecha en cuanto a este principio, teniendo en cuenta que se deja abierta la posibilidad de compartir o no la información, situación que indefectiblemente, en determinadas ocasiones, podría redundar en conflictos internacionales y un mayor estándar de desigualdad en materia espacial, ya que hay países que tienen muy difícil el acceso a la tecnología espacial y, aún más, a desarrollar su industria espacial.

Conclusiones

En este artículo se analizó el programa Artemis desde el punto de vista tecnológico, en el cual se identificaron los diferentes avances y las entidades involucradas en su desarrollo. Esto permite a los autores inferir que, desde este punto de vista, iniciativas como el programa Artemis son muy loables, puesto que llevan a la humanidad un paso más allá en su constante evolución tecnológica.

Las bases que sientan este tipo de programas permitirán al ser humano alcanzar cada vez lugares más lejanos y descubrir la verdad del universo que nos rodea. Teniendo en cuenta lo anterior, es importante establecer que los autores no estamos en desacuerdo con este tipo de programas, pero vemos con preocupación algunos aspectos de índole jurídico y de equidad frente a los resultados que se puedan lograr, que es lo que se ha querido abordar con este artículo.

El programa Artemis es una iniciativa que será llevada a cabo por algunos países que tienen los recursos económicos, los medios y la capacidad de desarrollo técnico, dejando por fuera a un gran número de países, entre ellos Colombia. Además, es una preocupación que dentro del conjunto de países que no participan del programa están potencias en materia espacial, lo que muestra que este programa no cuenta

con el apoyo total de la humanidad para ser llevado a cabo. De esta manera, cuando comiencen a ser explotados los recursos lunares y solo aquellos que fueron parte del programa obtengan sus dividendos, pueden presentarse conflictos de carácter internacional por la propiedad de dichos recursos. Estos desacuerdos por la propiedad, explotación y uso de los recursos lunares, podrían ser resueltos si todo el globo se acoge a los tratados de la ONU mencionados en este artículo.

Entonces, si se analizan los acuerdos Artemis, expedidos por NASA y firmados por ocho (8) países, se puede reafirmar, con más certeza, que son insuficientes para regular la conducta en la Luna y más si se tiene en cuenta que entre los países firmantes no se encuentran países potencia como lo son: China, Rusia, India, Corea del Norte, entre otros, e incluso se puede afirmar que de cierto modo generan provocación y controversia en estos últimos países.

Este programa es muy bueno, tecnológicamente hablando, para la humanidad y claramente contribuirá a su desarrollo; pero si lo analizamos exclusivamente desde los acuerdos, vemos que no aporta, en su contenido, nada nuevo a la normativa internacional existente, la cual no ha sido ratificada por los países y por el contrario, lo que genera es un margen para crear una gran laguna jurídica entre el derecho internacional privado y el público, teniendo en cuenta que se presenta una mixtura de regímenes. Esto nos lleva, indefectiblemente, a reafirmar la teoría de que la normativa institucional en materia espacial debe ser vinculante *per se* y no estar sujeta a ratificaciones o a voluntades de los actores intervinientes en el programa.

Es cierto que los países involucrados en el programa son justamente aquellos con mayor capacidad de desarrollo, lo que les permite invertir tiempo y dinero en este tipo de avances tecnológicos, dejando relegados a los países subdesarrollados, por lo que serán los primeros en recibir y disfrutar las ganancias que este programa pueda brindarles. Los países que no participemos del programa seremos beneficiarios secundarios porque, seguramente, tendremos acceso a los desarrollos tecnológicos que de allí se deriven.

Además del programa Artemis, existen otras iniciativas de carácter global con las que la humanidad busca

llegar al espacio ultraterrestre para extraer recursos. Un ejemplo de ello es el proyecto chino Chang'e, con el cual este país busca hacer una alianza con Rusia para llegar a la Luna y extraer sus recursos y, para el cual, el análisis jurídico presentado en este artículo es extensible. De lo anterior se deriva una preocupación adicional para los autores, pues el hecho de que hayan diferentes iniciativas para colonizar y explotar los recursos de la luna, puede ser la génesis de una nueva carrera espacial, como lo establecen Gómez y Ruiz (2020) en su artículo “La nueva carrera por el dominio del espacio ultraterrestre”. Esta discusión está fuera del alcance del presente artículo, pero se invita a los lectores a analizar de manera crítica el desarrollo de tecnologías espaciales, pues si bien es cierto que los beneficios que estos traen a la humanidad son enormes, también pueden ser la puerta para grandes conflictos internacionales.

Referencias

- Álvarez, R. (2021, 30 de junio). *Jenaro, el dueño de la luna*. El Mundo. <https://lab.elmundo.es/hombre-en-la-luna/de-recho-espacial.html>
- ASA. (2020, 14 de octubre). *Australia signs NASA's Artemis Accords*. Australian Government Website. <https://www.industry.gov.au/news/australia-signs-nasas-artemis-accords>
- Ashok, K., Elbaz, A., & Ram, K. (2021). Effect of Moon perturbation on the energy curves and equilibrium points in the Sun–Earth–Moon system. *New Astronomy*, 84. <https://doi.org/10.1016/j.newast.2020.101505>
- Basu, T., Bannova, O., & Camba, J. (2021). Mixed reality architecture in space habitats. *Acta Astronautica*, 178, 548-555. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.09.036>
- Brown, L., Peick, J., Pickett, M., Fanara, T., Gilchrist, S., Smiley, A., & Roberson, L. (2021). Aquatic invertebrate protein sources for long-duration space travel. *Life Sciences in Space Research*, 28, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2020.10.002>
- Carnevale, M., Rodríguez, M., & Wolovelsky, E. (2020). *¿Quién llegó a la luna?*. Libros del Rojas. <https://www.rojas.uba.ar/storage/books/PpvHQoWIQDeqToxdlwqUC2IGX-p02982YRUxURe20.pdf>
- Chang, E. (2020). From aviation tourism to suborbital space tourism: A study on passenger screening and business opportunities. *Acta Astronautica*, 177, 410-420. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.07.020>
- Colvin, T., Crane, K., & Lal, B. (2020). Assessing the economics of asteroid-derived water for propellant. *Acta Astronautica*, 176, 298-305. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.05.029>
- Cortés, L. (2014). Historia espacial: recuento histórico de su evolución y desarrollo. *Revista de Derecho Comunicaciones y Nuevas Tecnologías*, (12), 4-36. <https://doi.org/g2gd>
- Crane, L. (2019). Reaching for the moon once more. *New Scientist*, 244(3261), 24-25. <https://doi.org/g2gg>
- CSA. (2020, 16 de diciembre). *The Artemis missions: humanity's return to the Moon*. Government of Canada. <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronomy/moon-exploration/artemis-missions.asp>
- CSA. (2021, 24 de agosto). *The Lunar Gateway*. Government of Canada. <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronomy/moon-exploration/lunar-gateway.asp>
- Damadeo, K. (Ed.). (2021, 25 de marzo). *Orion Making New Waves Ahead of First Artemis Mission with Astronauts*. NASA. <https://www.nasa.gov/image-feature/orion-making-new-waves-ahead-of-first-artemis-mission-with-astronauts>
- Díaz-Martínez, I., Cónsole-Gonella, C., Citton, P., & deValais, S. (2021). Half a century after the first bootprint on the lunar surface: The ichnological side of the Moon. *Earth-Science Reviews*, 212. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103452>
- ESA. (2019, 11 de marzo). *Gateway to the Moon*. The European Space Agency. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Gateway_to_the_Moon
- ESA (a). (2021, 26 de mayo). *Orion's first Service Module integration complete*. The European Space Agency. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Orion/Orion_s_first_Service_Module_integration_complete
- ESA (b). (2021, 02 de mayo). *Three more service modules for Artemis to be built in Europe*. The European Space Agency. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Orion/Three_more_service_modules_for_Artemis_to_be_built_in_Europe
- ESA (c). (2021, 26 de mayo). *What is Orion?* The European Space Agency. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Orion/What_is_Orion

- Evans, M., & Graham, L. (2020). A Flexible Lunar Architecture for Exploration (FLARE) supporting NASA's Artemis Program (N. J. Center, Ed.). *Acta Astronautica*, 177, 351-372. <https://doi.org/gjvn22>
- Gómez, L., & Ruiz, L. (2020). La nueva carrera por el dominio del espacio ultraterrestre. *Ciencia y Poder Aéreo*, 15(2), 32-52. <https://doi.org/g2gq>
- Heinicke, C., Adeli, S., Baqué, M., Correale, G., Fateri, M., Jaret, S., Kopacz, N., Ormö, J., Poulet, L., & Verseux, C. (2021). Equipping an extraterrestrial laboratory: Overview of open research questions and recommended instrumentation for the Moon. *Advances in Space Research*, 68(6), 2565-2599. <https://doi.org/gjxtrg>
- JAXA (a). (2019, 24 de septiembre). *Joint Statement on Cooperation in Lunar Exploration*. Japan Aerospace Exploration Agency. <https://global.jaxa.jp/press/2019/09/20190924a.html>
- JAXA (b). (2019, 12 de marzo). *Multilateral Coordination Board Joint Statement toward the development of the Gateway*. Japan Aerospace Exploration Agency. <https://global.jaxa.jp/press/2019/03/20190312b.html>
- Kistler, M., Halekas, J., McFadden, J., & Mieth, J. (2021). Distribution and variability of plasma perturbations observed by ARTEMIS near the Moon in the terrestrial magnetotail. *Advances in Space Research*, 68(1), 259-274. <https://doi.org/g2gr>
- Lin, L., Jing-Shi, T., & Xi-yun, H. (2019). The Characteristics and Related Problems of the Orbits Around the Earth-Moon Libration Points. *Chinese Astronomy and Astrophysics*, 43(2), 278-291. <https://doi.org/g2gs>
- Malphrus, B., Freeman, A., Staehle, R., Klesh, A., & Walker, R. (2021). Interplanetary CubeSat missions. En *Cubesat Handbook From Mission Design to Operations* (pp. 85-121). Academic Press. <https://doi.org/g2gt>
- Melikhov, A., Bolodyan, I., & Tanklevskiy, L. (2021). Fire-extinguishing systems in inhabited pressurized compartments on the moon. *Acta Astronautica*. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.08.012>
- Mohon, L. (Ed.) (2020, 22 de octubre). *Space Launch System Rocket Crew Vehicle, Block 1 Configuration*. NASA. <https://www.nasa.gov/exploration/systems/sls/multimedia/sls-crew-vehicle-block-1-configuration.html>
- NASA (a). (2020, 13 de enero). *NASA's New Moon Rover Tested in Lunar Operations Lab*. NASA. <https://www.nasa.gov/glennglenn/image-feature/2020/nasa-s-new-moon-rover-tested-in-lunar-operations-lab>
- NASA (b). (2020). *NASA's Lunar Exploration Program Overview*. NASA. https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/temis_plan-20200921.pdf
- NASA (c). (2020, 13 de octubre). *The Artemis Accords: Principles for cooperation in the civil exploration and use of the Moon, Mars, Comets, and asteroids for peaceful purposes*. NASA. www.nasa.gov/specials/temis-accords/img/Artemis-Accords-signed-13Oct2020.pdf
- NASA. (2021, 25 de mayo). *Space Launch System SLS*. NASA. <https://www.nasa.gov/exploration/systems/sls/index.html>
- NASA Johnson [NASA Johnson]. (2021, 26 de mayo). A view of the full Gateway configuration with Orion approaching Gateway [Fotografía]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/nasa2explore/50494831417/in/album-72157716027881092/>
- Nickels, L. (2021). Breathing space for PM on the moon. *Metal Powder Report*, 76(2), 72-74. <https://doi.org/g2gz>
- OAS. (1969, 23 mayo). *Convención de Viena sobre el derecho de los tratados*. oas.org/dil/esp/convencion_de_viena_sobre_derecho_tratados_colombia.pdf
- Paine, T. O. (1969). *Apollo 11 Preliminary Science Report*. NASA. <https://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/as11psr.pdf>
- Peet, M. (2021). The orbital mechanics of space elevator launch systems. *Acta Astronautica*, 179, 153-171. <https://doi.org/gjvnzv>
- SpaceX. (2021, 16 de abril). *Starship to land NASA astronauts on the moon*. SpaceX. <https://www.spacex.com/updates/starship-moon-announcement/index.html>
- UNOOSA. (2017). *Derecho Internacional del Espacio: Instrumentos de las Naciones Unidas*. Organización de las Naciones Unidas.
- UNOOSA. (2020). *Status of International agreements relating to activities in outer space*. (U. N. Affairs, Ed.) <https://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/treatystatus/TreatiesStatus-2020E.pdf>
- USRA. (2020, 8 de septiembre). *Call for Artemis Science White Papers*. Lunar and Planetary Institute. <https://www.lpi.usra.edu/announcements/temis/>
- Wang, Y., Zhang, R., Zhang, C., & Zhang, H. (2021). Transfers between NRHOs and DROs in the Earth-Moon system. *Acta Astronautica*, 186, 60-73. <https://doi.org/g2g2>