

Carrera por los recursos espaciales: de la minería al control de rutas

EMILI J. BLASCO

Programa de Geopolítica Aplicada
Universidad de Navarra

El interés económico por los recursos del espacio, o al menos la expectativa razonable acerca de la rentabilidad que puede suponer su obtención, explica en gran medida la creciente implicación de la inversión privada en los viajes espaciales.

Más allá de la industria relacionada con los satélites artificiales, de gran pujanza comercial, y también de la que sirve a propósitos científicos y de defensa, donde el sector estatal sigue teniendo un papel dirigente, la posibilidad de explotar materias primas de alto valor presentes en los cuerpos celestes —de entrada, en los asteroides más próximos a la Tierra y en la Luna— ha despertado una suerte de *fiebre del oro* que está alentando la nueva carrera espacial.

La épica de los *nuevos barones* del espacio —Elon Musk, Jeff Bezos— ha acaparado el relato público, pero junto a ellos existen otros *New Space Players*, de perfiles variados. Detrás de todos hay un creciente grupo de socios capitalistas e inquietos inversores dispuestos a arriesgar activos en espera de ganancias.

Hablar de *fiebre* resulta ciertamente exagerado por cuanto aún está por demostrar el provecho

económico real que puede lograrse de la minería espacial —la obtención de platino, por ejemplo, o del helio lunar—, pues si bien se está dando un abaratamiento de la tecnología que financieramente permite dar nuevos pasos en el espacio exterior, traer a la Tierra toneladas de materiales tiene un coste que en la mayoría de los casos resta sentido monetario a la operación.

Bastaría, no obstante, que en ciertas situaciones fuera rentable para que se incrementara el número de misiones espaciales, y se supone que ese tráfico por sí mismo generaría la necesidad de una infraestructura en el exterior, al menos con estaciones donde repostar combustible —tan caro de elevar al firmamento—, fabricado a partir de materia prima hallada en el espacio (el agua de los polos lunares se podría transformar en propelente). Es esa expectativa, con cierta base de razonabilidad, la que alimenta las inversiones que se están realizando.

A su vez, la mayor actividad espacial y la competencia por obtener los recursos buscados proyectan más allá de nuestro planeta los conceptos de la geopolítica desarrollados para la Tierra. La ubicación de los países (hay localizaciones especialmente adecuadas

para los lanzamientos espaciales) y el control de ciertas rutas (la sucesión de las órbitas más convenientes en los vuelos) son parte de la nueva *astropolítica*.

SUMARIO

INTERÉS
ECONÓMICO
P. 32

EXPLOTACIÓN
DE RECURSOS
P. 35

OTROS
RECURSOS
P. 37

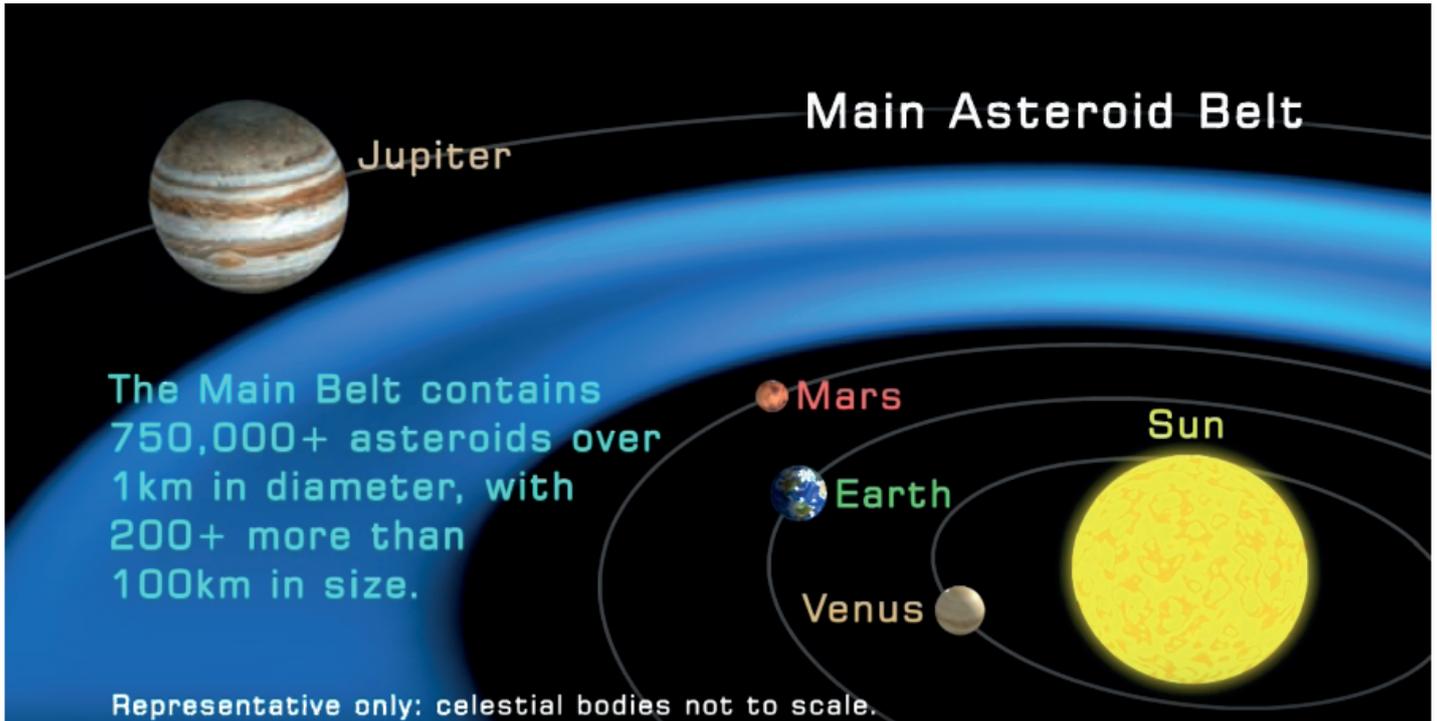
INTERÉS ECONÓMICO

Apropiación privada de recursos

La perspectiva de la explotación económica del espacio es lo que llevó al Congreso de Estados Unidos a aprobar en 2015 la Ley SPACE (Spurring Private Aerospace Competitiveness and Entrepreneurship Act), también conocida como Commercial Space Launch Competitiveness Act (CSLCA)¹. Su elaboración es la prueba más tangible de que existe un interés objetivo por los recursos exteriores.

Las inversiones que comenzaban a comprometerse necesitaban una legislación que aportara ciertas garantías jurídicas de que los bienes exteriores son aprovechables comercialmente. Y eso es lo que hace la ley, que de modo explícito permite a ciudadanos estadounidenses participar en la exploración y explotación comercial de los recursos del espacio.

Frente a la arquitectura jurídica internacional, especialmente el Tratado del Espacio Exterior, de 1967, que contemplaba únicamente la actuación estatal y venía



El mayor número de asteroides de nuestro sistema planetario se encuentra entre Marte y Júpiter [ExplainingTheFuture.com].

a considerar el espacio como un bien común compartido, la Ley SPACE aprovecha algunas indefiniciones para, por primera vez, garantizar la apropiación de recursos exteriores por parte de los individuos o de las empresas que los obtengan.

Así, la ley expresa que cualquier ciudadano estadounidense ocupado en la “recuperación comercial” de materiales de un asteroide o de cualquier otro recurso espacial “debe tener derecho” a los bienes obtenidos, incluido el derecho a “poseer, ser dueño, transportar, usar y vender” esos recursos “de acuerdo con la ley aplicable, incluidas las obligaciones internacionales de Estados Unidos”. En cuanto a esto último, la ley matiza que “Estados Unidos no afirma soberanía o derechos soberanos o exclusivos o jurisdicción o la propiedad sobre ningún cuerpo celeste”, que es lo que expresamente prohíbe el Tratado.

Si bien es cierto que la seguridad jurídica de las empresas que pueden involucrarse en esta actividad aconseja una legalidad internacional compartida más definida, otros países deseosos de atraer inversiones de este sec-

tor han seguido el ejemplo estadounidense y han legislado por su cuenta. Luxemburgo ha sido el primer país de la Unión Europea en aprobar una ley que otorga los minerales a las empresas radicadas en el Gran Ducado que los consigan. En la misma dirección se han movido Japón y China, y también algunos países de Oriente Medio que, como Arabia Saudí y Emiratos Árabes Unidos, se encuentran en un proceso de diversificación económica y consideran que pueden ser especialmente adecuados para la economía espacial, incluida la industria de lanzamientos, dada su relativa proximidad al Ecuador².

Industria espacial

Actualmente, las actividades espaciales comerciales han eclipsado las gubernamentales en valor económico. Gran parte del crecimiento económico de la industria espacial en Estados Unidos, que aproximadamente es del 5% anual, proviene de la iniciativa privada. La economía espacial estadounidense mueve unos 170.000 millones de dólares anuales, de los que tres cuartas partes (126.000 millones) corresponden

al sector comercial, y la misma proporción se da en cuanto a la economía espacial mundial, que en 2016 alcanzó los 329.000 millones de dólares, de acuerdo con las cifras recogidas en *Deep Space Commodities*, un monográfico sobre la exploración, producción y comercio de los recursos espaciales. El volumen cita previsiones de Morgan Stanley según las cuales la industria espacial en todo el mundo podría alcanzar en 2040 un valor superior a 1,1 billones de dólares³.

Mucha de esa actividad económica gira en torno a los satélites artificiales y a nuevos desarrollos tecnológicos relacionados con el transporte aeroespacial, como la puesta en servicio de cohetes propulsores más baratos y reutilizables. Especial protagonismo corresponde a quienes han llegado a acuerdos con la NASA (Boeing, SpaceX y Blue Origin, entre otros) para poner a punto nuevos cohetes y cápsulas tripuladas con el propósito primero de llevar astronautas y carga a la Estación Espacial Internacional y luego de apuntar hacia otros destinos (regreso del hombre a la Luna, llegada a Marte...).

LAS ACTIVIDADES ESPACIALES COMERCIALES HAN ECLIPSADO LAS GUBERNAMENTALES EN VALOR ECONÓMICO. MUCHA DE ESA ACTIVIDAD ECONÓMICA GIRA EN TORNO A LOS SATÉLITES ARTIFICIALES Y A NUEVOS DESARROLLOS TECNOLÓGICOS RELACIONADOS CON EL TRANSPORTE AEROESPACIAL

LOS ASTEROIDES PUEDEN CONTENER HIERRO, NÍQUEL, PLATINO, COBALTO, ORO, PLATA, COBRE, MANGANESO, TITANIO Y URANIO, ASÍ COMO TIERRAS RARAS; SON MATERIAS PRIMAS DE INTERÉS COMERCIAL. ADEMÁS, COBIJAN UNA VARIEDAD DE ISÓTOPOS RADIATIVOS POCO COMUNES



Clasificación de los asteroides según su composición [ExplainingTheFuture.com].

Dentro del programa de viajes espaciales, los asteroides también han sido objeto de algunas misiones, de momento no tripuladas, y suponen un especial atractivo para la iniciativa privada, por la concentración que presentan de minerales de valor económico. Siendo trozos de otros cuerpos mayores, producto de la explosión de algún planeta o de colisiones, sus rocas y metales quedan más en la superficie, sin necesidad de profundas excavaciones, dado su tamaño. Entre otros materiales, los asteroides pueden contener hierro en gran pureza, níquel, platino, cobalto, oro, plata, cobre, manganeso, titanio y uranio, así como diversas tierras raras; se trata de materias primas de interés comercial. Además, cobijan una variedad de isótopos radiactivos poco comunes (de potasio, uranio, torio o rubidio) que podrían alimentar reactores nucleares. Habría que seleccionar los asteroides más adecuados —aquellos que son ricos en las materias más preciadas— y estudiar la rentabilidad de su explotación.

La explotación es considerada, en principio, como viable por observadores financieros del rango de Goldman Sachs. En un largo

informe a sus clientes, este banco de inversiones aseguró en 2017 que “la minería espacial podría ser más realista de lo que se cree”. El informe lo recogía *The Washington Post* en un artículo titulado precisamente *La minería espacial puede estar solo a una década. De verdad*⁴.

El sector está pasando de un momento de *startups* a otro de aparente mayor consolidación, aunque la reciente adquisición de varias compañías de minería espacial por otras de mayor capital y espectro comercial puede significar bien una confirmación de nicho de negocio, bien que las cosas no han ido del todo como se esperaba. Así conocidas firmas como Deep Space Industries y Planetary Resources cambiaron de dueño en 2019.

Tanto Goldman Sachs como el Massachusetts Institute of Technology se han hecho eco de las cifras ofrecidas por una de esas compañías, Planetary Resources, según la cual un asteroide del tamaño de un campo de fútbol podría contener platino por valor de 25.000 a 50.000 millones de dólares⁵. La cifra se deriva del criterio de que los asteroides ricos en platino pueden contener partes con

hasta 100 gramos de platino por tonelada, de forma que un asteroide de 500 metros de diámetro, con estas características, podría contener 175 veces la producción anual total de platino que se da en la Tierra.

Goldman Sachs reconocía que la “barrera psicológica” de imaginar la posibilidad de la minería espacial puede ser alta, pero daba credibilidad a su próximo desarrollo, indicando que las “barreras financiera y tecnológica son de hecho mucho más bajas”. Las cuentas empiezan a salir, advertía, y eso a pesar de que la minería espacial podría encontrarse con que la llegada abundante de determinados metales a la Tierra afectaría a la baja su precio, haciendo menos lucrativas o incluso nada rentables ciertas operaciones espaciales.

Colonización del cosmos

La utilización de los recursos espaciales ya estaba preanunciada en las novelas de ciencia ficción y en las obras que hace décadas se adentraban en el futuro, como recuerda John S. Lewis en su clásico *Mining the Sky*⁶. El divulgador británico Arthur C. Clarke escribió en 1939 sobre el uso de agua

de Marte (de sus lunas Fobos y Deimos) como agua y oxígeno para las tripulaciones y propulente para los cohetes, para aterrizar en Marte, despegar de nuevo y volver a la Tierra. Otro visionario, John Desmond Bernal, escribió en 1929 sobre el aprovechamiento de la riqueza mineral de los asteroides para construir sobre ellos.

Ambos escritores apuntaban ya algo que también la actual literatura constata: los recursos en el exterior tendrán utilidad para los viajes interplanetarios y la vida fuera de nuestra atmósfera. La mayor parte de las materias primas aprovechables del exterior nunca serán traídas a la Tierra, sino que están destinadas a sostener la vida en el espacio, construir colonias y aventurarse hacia horizontes más alejados. Si bien es natural acoger con escepticismo la idea de una amplia colonización del cosmos y de la propagación de nuevas civilizaciones fuera de nuestro planeta, también parece claro que cualquier consolidación de la presencia humana en el espacio dependerá precisamente del aprovechamiento de los materiales allí disponibles.

“El coste de transporte desde la Tierra es tan grande”, dice Lewis, “que cualquier necesidad material en grandes cantidades en el espacio, casi independientemente de su precio de mercado aquí en la Tierra, debe cubrirse, cuando sea posible, de recursos encontrados en el espacio. Otro corolario de este principio es que solo puede valer la pena transportar a la Tierra materiales con alto valor de mercado (...). La Tierra, situada en el extremo de un profundo pozo de gravedad, es por su naturaleza más adecuada para servir como importador que como exportador de materias primas”⁷.

En ese esquema de actividad sostenida en el espacio profundo, Marte aparece como un lugar de referencia. “De todos los cuerpos en el sistema solar, aparte de la Tierra, Marte es el único que tiene los recursos necesarios para sostener una población de suficiente tamaño para crear localmente una

SI BIEN ES NATURAL ACOGER CON ESCEPTICISMO LA IDEA DE UNA AMPLIA COLONIZACIÓN DEL COSMOS TAMBIÉN PARECE CLARO QUE CUALQUIER CONSOLIDACIÓN DE LA PRESENCIA HUMANA EN EL ESPACIO DEPENDERÁ PRECISAMENTE DEL APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES ALLÍ DISPONIBLES

nueva sucursal de la civilización humana”, escribe Robert Zubin, presidente de la Sociedad de Marte de Estados Unidos en *Deep Space Commodities*. En su opinión el planeta rojo “podrá actuar como piedra angular, sirviendo de apoyo a las actividades de extracción en el cinturón de asteroides y en otras partes del sistema solar”⁸.

EXPLOTACIÓN DE RECURSOS

Agua

La estimación de que la Luna tiene depositadas en el interior de los cráteres de sus polos más de 1.600 millones de toneladas de agua en forma de hielo abre interesantes perspectivas, porque además del agua para beber puede obtenerse, separando sus componentes, oxígeno para respirar e hidrógeno para combustible de las naves espaciales.

Este último punto es el que sobre todo ofrece expectativas comerciales. La empresa estadounidense Shackleton Energy Company tiene un proyecto de misiones tanto tripuladas como no tripuladas para el aprovechamiento del hielo de los polos lunares. Su propósito es convertir el agua helada en oxígeno e hidrógeno líquidos, mediante un proceso de electrolisis. Parte del producto se usaría como combustible para esas propias actividades en la Luna, pero la mayor factoría estaría instalada en la baja órbita terrestre (LEO por sus siglas en inglés), donde se emplazarían “electrolizadores gigantes” a modo de *gasolinerías*⁹.

Dado que el globo lunar tiene la sexta parte de la gravedad de nuestro planeta y que llevar material a la LEO desde la Luna es veinte veces más rentable que hacerlo desde la Tierra, el propulente vendido allí sería significativamente más barato que los combustibles usados para lanzamientos desde la Tierra.

Helio 3

Otro de los recursos aprovechables de la Luna es el helio 3. Se trata de un isótopo estable del helio

que puede ser usado para producir energía por fusión nuclear, en un proceso más eficiente y limpio que el comúnmente utilizado hasta ahora. Precisamente la posibilidad de producir energía nuclear limpia y en gran volumen es lo que hace atractivo a este isótopo no radiactivo del helio, apenas localizable en la Tierra, pero abundante en su satélite.

A partir de las muestras recogidas por las misiones Apolo se ha llegado a estimar que el suelo lunar puede contener un millón de toneladas de helio 3, lo que permitiría generar una energía 250 veces mayor que la necesaria para extraerlo y transportarlo hasta la Tierra. En teoría, su uso podría satisfacer las necesidades energéticas en nuestro planeta durante siglos.

El cálculo parte de los estudios realizados desde el Fusion Technology Institute de la Universidad de Wisconsin, en una investigación frecuentemente citada, según la cual solo 25 toneladas de este material (carga equivalente a la que llevaban los transbordadores espaciales de la NASA), utilizado como combustible en reactores nucleares de cuarta generación, serían suficientes para abastecer de energía doméstica e industrial a todo Estados Unidos¹⁰.

En otras ocasiones también se alude a estudios del Programa de Exploración Lunar de China, que consideran que la utilización del helio 3 podría resolver la demanda energética de la Tierra durante 10.000 años. “Esta cifra puede estar fuera de la realidad, pero sí que hay una incontestable: la cantidad de combustible limpio que necesitaremos para nuestras centrales nucleares del futuro romperá los argumentos de quienes rechazan la energía nuclear por su potencial peligrosidad y residuos. Y este posible combustible limpio es el helio 3”, de acuerdo con Ignacio Arqueta, anterior director del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)¹¹.

El isótopo de helio es producido por fusión en el núcleo del Sol. Su ligereza hizo que se evaporara

de la nube de gas y polvo a partir de la cual se formó la Tierra, y que luego el que pudiera haber quedado atrapado fuera escapando hacia el espacio; además, las permanentes emisiones arrastradas por el viento solar apenas han podido penetrar nuestra atmósfera. La concentración del helio 3 en el regolito lunar no es alta (una tonelada por 100.000 toneladas de regolito), pero sí abundante. En la Tierra ninguna fuente mineral con tan poca concentración ha motivado su extracción, pero el helio 3 es catalogado como altamente energético, por lo que en principio su explotación podría resultar rentable¹².

Su destino serían los reactores de fusión, donde en principio puede ser combinado con hidrógeno pesado o deuterio, con la ventaja de apenas producir neutrones y generar poca cantidad de residuos radioactivos. Sería un proceso más limpio incluso que el de la fusión de isótopos de deuterio y tritio, que se contempla como alternativa a la común utilización del uranio en las centrales nucleares en uso.

No obstante, algunas dudas sobre ese proceso mismo, así como el coste de obtener el helio en la Luna y traerlo hasta la Tierra, podrían cuestionar el interés comercial de su explotación. Como en el caso de otros materiales, el aprovechamiento del helio 3 podría tener más sentido para el desarrollo de la actividad en el espacio, quizá como combustible de fusión para cohetes.

Minerales

El regolito lunar, además de contener helio 3, también cuenta con otros materiales de relevancia, como aluminio, titanio, calcio y silicatos, al igual que hierro en formas muy puras. Hay presencia destacada asimismo de lantano, neodimio, niobio, itrio y disprosio.

Con todo, en cuanto a minerales, los asteroides presentan un mayor interés de explotación (en ellos también se encuentra agua helada). Su riqueza, según estima Lewis, “no puede ser racional-

mente puesta en duda”, pues sus “recursos deseables son de cientos a miles de veces más abundantes que en la Luna”¹³.

Mientras que existe un mejor conocimiento de la composición de la superficie lunar dadas las misiones ya realizadas y las muestras recogidas en ellas, por su gran variedad entre sí los asteroides requieren una inspección individual que no ha hecho más que comenzar. No obstante, la extracción minera ofrece en ellos una doble ventaja: la mayor concentración de minerales y la escasa necesidad de energía que presentan para las operaciones de aterrizaje y despegue, debido a su gravedad cero (bastaría una propulsión eléctrica).

El principal inconveniente respecto a la Luna es su mayor lejanía. El tiempo de viaje de ida y vuelta a los asteroides más cercanos es por ahora normalmente de dos a cinco años (no una semana, como ocurre con la Luna). Además, la mayor distancia retarda el proceso de comunicaciones, que es importante en el caso de tener que operar remotamente maquinaria extractiva.

Por otro lado, tanto la llegada allí como la actividad que se desarrolle tienen que llevarse a cabo en una ventana de tiempo: cuando el asteroide, dentro de la amplia trayectoria que realiza, se encuentra menos distante de la Tierra. Por eso puede ser aconsejable atraparlo y conducirlo hacia la órbita lunar, donde los minerales podrían ser extraídos en una situación menos precaria. El desarrollo tecnológico para apresar un asteroide y cambiarlo de lugar sería aprovechable también para modificar el curso de meteoritos que vayan a colisionar contra la Tierra.

Los asteroides giran alrededor del Sol en órbitas elípticas, con movimientos independientes y en ocasiones bastante erráticos. Se les puede clasificar de diversas maneras.

En cuanto a la composición de su superficie, la mayor parte de los asteroides pueden incluirse

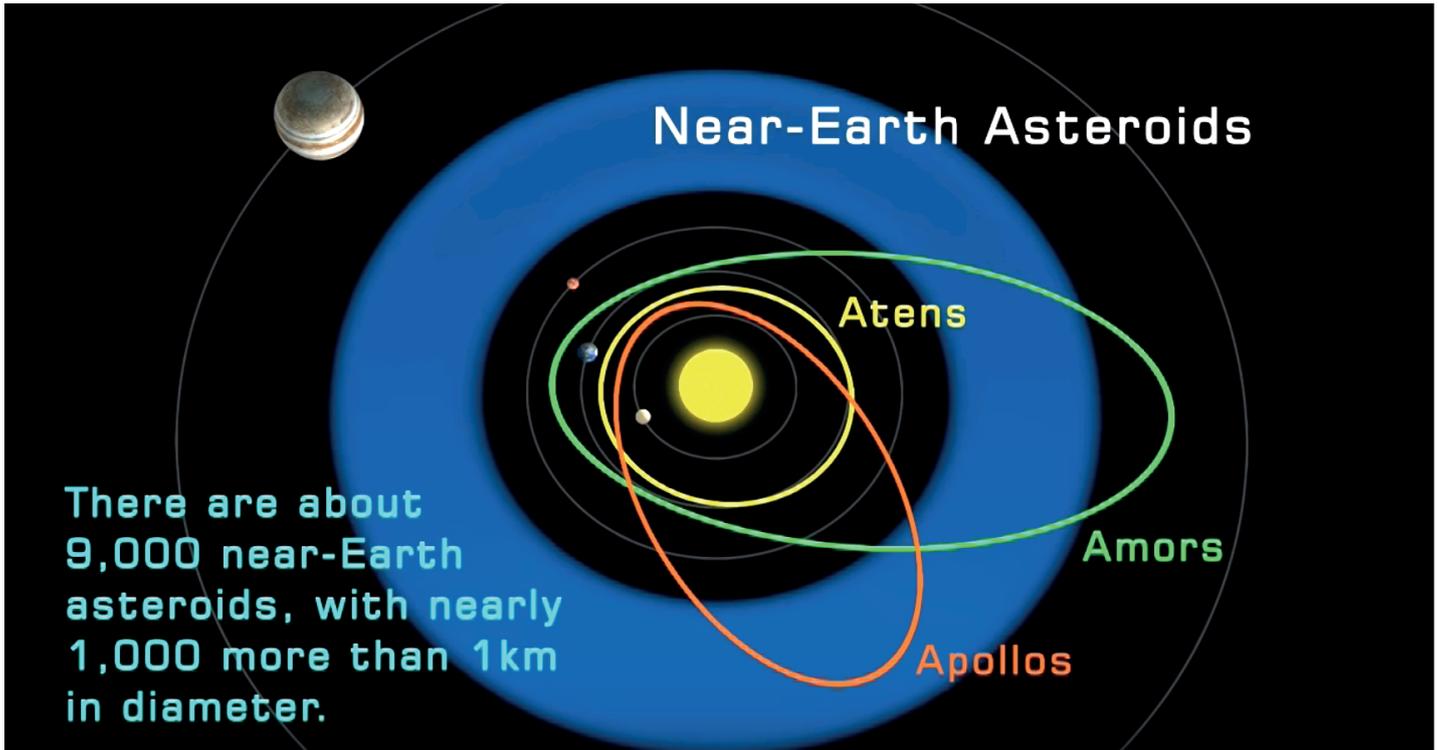
**POR SU GRAN
VARIEDAD
ENTRE SÍ LOS
ASTEROIDES
REQUIEREN
UNA
INSPECCIÓN
INDIVIDUAL
QUE NO HA
HECHO MÁS
QUE
COMENZAR.
LA EXTRACCIÓN
MINERA
OFRECE EN
ELLOS UNA
DOBLE
VENTAJA: LA
MAYOR CONCENTRACIÓN
DE MINERALES
Y LA ESCASA
NECESIDAD
DE ENERGÍA
PARA ATERRI-
ZAJE Y DESPE-
GUE**

en tres grupos. Los más comunes —hasta el 75% de los asteroides conocidos— son los de tipo C o carbonosos, que presentan abundancia de agua helada, de carbón orgánico y fósforo, entre otros elementos. Los de tipo S o silíceo contienen menos agua y cuentan con silicatos, sulfuros y una variedad de metales, como níquel, cobalto, oro, platino y rodio; suponen el 17% de los asteroides. Los menos abundantes son los de tipo M o metálicos, compuestos sobre todo de níquel y hierro. Los estudios han mostrado que los asteroides más convenientes con fines de minería son los carbonosos o de tipo C¹⁴.

En cuanto a la región del espacio en la que se encuentran están los más próximos a la Tierra o NEA (Near Earth Asteroids); aquellos que forman parte del llamado Cinturón de Asteroides (se ubican entre Marte y Júpiter); los troyanos de Júpiter (comparten la órbita de este planeta alrededor del Sol); los objetos más allá de Neptuno y los que viajan fuera del sistema solar, entre otros.

De todos ellos, los NEA son los que centran el primer interés de posibles actividades económicas. Se habla de entre 9.000 y 20.000 conocidos, con cientos de nuevos descubrimientos cada año. De los registrados, unos 1.000 tienen más de 1 km de diámetro y al menos 1.700 son más fáciles de alcanzar que la Luna. El 98% de los asteroides cercanos parecen ser ricos en elementos volátiles, metales ferrosos u otros metales.

La mayor parte de las rocas espaciales en la región planetaria de la Tierra se encuentran en el Cinturón de Asteroides. Las estimaciones son dispares sobre la cantidad de asteroides allí presentes, hablándose de entre 40.000 y 750.000 cuerpos (o incluso más del millón) superiores a 1 kilómetro de diámetro, de los cuales unos 200 superan los 100 kilómetros. A pesar del elevado número de asteroides, se calcula que su masa total, incluyendo los que aún no se han descubiertos, supo-



Los asteroides más próximos a la Tierra (aquí agrupados por sus órbitas) son los primeros candidatos para su explotación [ExplainingTheFuture.com].

ne alrededor del 5% de la masa de la Luna.

En ocasiones se habla de NEO, por Near Earth Objects, para incluir también cometas. Estos son objetos compuestos de hielo mezclado con pequeñas cantidades de desechos de roca, polvo y materia orgánica; la mayor parte viaja alrededor del Sol en órbitas elípticas muy pronunciadas, miles de veces más lejos que la trayectoria de los planetas. En el grupo de mayor tamaño (varios kilómetros de diámetro) los cometas son más abundantes que los asteroides.

Proceso de minería

Para llevar a cabo una operación de minería espacial en un asteroide, primero hay que enviar pequeños satélites de reconocimiento equipados con analizadores espectrales para determinar su composición. Una vez el proceso de catalogación se haya completado, habrá que lanzar pequeñas misiones para la recogida de muestras con el fin de verificar la existencia de los depósitos minerales que se buscan, tras lo que podría comenzar la misión de minería a gran escala¹⁵.

LLEGAR A LOS ASTEROIDES ES SOLO UNA PEQUEÑA PARTE DEL RETO. EL PROCESO DE MINERÍA EN EL ESPACIO PLANTEA EN SÍ MISMO SUS PROPIOS DESAFÍOS. LA FALTA DE GRAVEDAD ES UNA VENTAJA EN MUCHOS ASPECTOS, PERO COMPLICLA EL MANEJO DE INSTRUMENTAL

Llegar a los asteroides es solo una pequeña parte del reto de las futuras misiones. El proceso de minería en el espacio plantea en sí mismo sus propios desafíos. La falta de gravedad es una ventaja en muchos aspectos, pero complica el manejo de instrumental, pues este puede flotar desordenadamente, escapándose o chocando con otros equipamientos. Polvo o pequeños fragmentos generados durante la actividad también pueden presentar potenciales problemas, como tapan la visión o dañar maquinaria. Además, la extracción de material puede alterar la trayectoria del asteroide.

Algunos de los problemas previstos en el proceso de excavación y de extracción pueden resolverse mediante el anclaje (utilizando cables o ganchos) y el embolsado de todo el asteroide o parte de él, encapsulándolo, para impedir que el mineral extraído o el instrumental utilizado pueda escapar vagando por el espacio. El material se puede procesar en el asteroide, para reducir el peso en el viaje de regreso (para eso hay que instalar una planta de procesamiento allí); también se puede

tratar en el propio viaje, produciendo además combustible para la nave, o en instalaciones intermedias.

Otras dificultades son que no hay un modo definitivo para saber de antemano la cantidad de mineral que podrá extraerse y su pureza, y que la velocidad con la que viaja el asteroide (decenas de miles de kilómetros por hora) extrema las condiciones operativas.

Por otra parte, la injerencia que la explotación minera supone en el orden natural espacial —contaminación, cambios adversos en el entorno ambiental de los cuerpos celestes, incremento de residuos en la órbita de la Tierra...— cuestiona esta actividad comercial, por más que, si se reduce la actuación sobre nuestro planeta por la sustitución de recursos logrados en el exterior, la propia Tierra quedará preservada de mayor contaminación.

OTROS RECURSOS

Lugar de lanzamientos

Además de los recursos materiales, el incremento de la actividad espacial otorga carácter de recur-

EN EL ACCESO AL ESPACIO, ALGUNOS PAÍSES ASPIRAN A CONTAR CON CIERTAS VENTAJAS ESTRATÉGICAS. BASES DE LANZAMIENTO EN EL ECUADOR PERMITEN UN IMPORTANTE AHORRO AL COLOCAR SATÉLITES EN ÓRBITA Y ENVIAR NAVES CON OTROS OBJETIVOS, PUES REQUIEREN DE UN MENOR USO DE COMBUSTIBLE PARA VENCER LA GRAVEDAD TERRESTRE

so a ciertos aspectos que pueden centrar el interés de los actores que entren en competencia en este nuevo dominio. Desde el punto de vista de la geopolítica, uno de los recursos de que disponen las naciones es su ubicación geográfica y el control que pueden ejercer sobre determinados corredores o cuellos de botella en las rutas internacionales. También en lo que se refiere al acceso al espacio, algunos países cuentan o aspiran a contar con ciertas ventajas estratégicas.

Es el caso de los países que se encuentran en la línea del Ecuador o próximos a ella. Bases de lanzamiento en esa localización permiten un importante ahorro en la tarea de colocar satélites en órbita y de enviar naves y sondas con otros objetivos, pues requieren de un menor uso de combustible en la operación de vencer la gravedad terrestre. En el Ecuador es donde se registra la mayor velocidad de rotación de nuestro planeta, que es cero en los polos y llega a los 1.670 kilómetros por hora a lo largo de esa línea, de forma que ese movimiento puede usarse como parte de la propulsión. La mayor utilidad es para alcanzar la órbita geoestacionaria, pues ayuda a obtener la velocidad orbital.

Ese impulso puede aprovecharse del todo en los despegues hacia el este, que es la dirección de la rotación de la Tierra. Esto último hace especialmente convenientes aquellos lugares de lanzamiento situados justo al oeste del océano o de zonas muy pocas pobladas, pues en su proceso de elevación los cohetes van desechando partes de su estructura. El mayor interés se centra en las bases de Alcántara, en Brasil, y de Kourou, en la Guayana Francesa, pero también presentan excelentes condiciones países como Kenia y Nueva Guinea.

De la importancia estratégica de Kourou y Alcántara hablan los acuerdos alcanzados por Rusia y Estados Unidos para su uso. Después de la desmembración de la URSS, Rusia puso su atención en la Guayana francesa como lugar

de lanzamiento de sus cohetes Soyuz. Gracias al acuerdo firmado entre Rusia, Francia, Ariane Space y la Agencia Espacial Europea (ESA), los Soyuz utilizan unas nuevas instalaciones situadas a 12 kilómetros de las reservadas para Ariane.

Por su parte, Estados Unidos firmó en 2019 un acuerdo con el Gobierno de Brasil y su agencia espacial, AEB, para el uso del centro de Alcántara. Washington había buscado hacía tiempo esa posibilidad, pero asuntos de soberanía y de confidencialidad tecnológica habían aparcado esos planes¹⁶.

El auge de la industria de los lanzamientos también puede beneficiar a localizaciones menos próximas al Ecuador. Como explicó el entonces director del INTA, España llegó a elaborar un “proyecto completo” para intentar que el centro de lanzamientos de la ESA hubiera estado situado en la isla de El Hierro, en las Canarias, que está aproximadamente a la misma latitud norte que Cabo Cañaveral. Sin embargo, “dificultades políticas locales paralizaron un gran proyecto de futuro en el que se había invertido mucho tiempo de estudio, desarrollo y esfuerzo económico”. “España podría haber tenido el centro europeo de lanzamiento, cercano al continente europeo y no tan lejano como la Guayana; todo lo que se ha desarrollado en y para Kourou por la ESA se podría haber tenido en nuestro territorio y habría sido un motor importantísimo para el desarrollo de nuestra industria”, lamentaba Arqueta¹⁷.

El mismo autor apuntaba, en cualquier caso, que con el desarrollo de bases de lanzamiento en plataformas móviles marinas (aparte de los lanzamientos experimentados desde un submarino o un avión) se puede competir con la privilegiada ubicación geográfica de determinadas naciones, abriendo el negocio a la innovación e inversión de cualquier país. Un ejemplo es la plataforma San Marino, de capital mayoritariamente italiano, que lanza satéli-

tes desde un punto próximo a las costas de Kenia, o de Sea Launch, un consorcio de Boeing (40%) junto a empresas de Rusia, Noruega y Ucrania, que también opera en el Ecuador, en su caso en el Pacífico, cerca de las islas Natividad.

Órbitas y rutas congestionadas

Se calcula que entre 2015 y 2025 se habrán lanzado 9.000 satélites artificiales (en 2017 había 1.738 satélites operativos). Aunque hay lugar para esa proliferación en la baja órbita de la Tierra —la franja donde se sitúa la mayor parte de los satélites—, el estratégico círculo geoestacionario (35.786 kilómetros sobre el Ecuador) tiene un espacio limitado por lo que se refiere al número de satélites que pueden operar en él suficientemente separados para evitar interferencias o espionaje.

Esto lleva a concebir esa órbita geosincrónica o GEO como un recurso en disputa, de interés para las grandes potencias, pero también reivindicado por los países que se ubican en el Ecuador. En 1976 Brasil, Colombia, Ecuador, Indonesia, Kenia, Uganda y el entonces Zaire presentaron la Declaración de Bogotá, en la que reclamaron su soberanía sobre el cinturón geoestacionario. La declaración seguía el criterio de asumir como propio todo el espacio sobre el territorio respectivo, incluso más allá de la llamada línea de Karman, considerada el límite entre el espacio aéreo y el espacio exterior, a unos 100 kilómetros de altura. Esa reclamación va contra el Tratado del Espacio Exterior y no fue aceptada por la comunidad internacional.

Además de determinadas posiciones, en el espacio también hay itinerarios de interés común, potencialmente disputables. Es cierto que el mar, en su inmensidad, puede ser atravesado en todas direcciones, pero la eficiencia del tráfico marca unas rutas muy constantes, e incluso presenta conflictivos cuellos de botella. Lo mismo puede aplicarse al espacio en la medida en que los viajes espaciales aumenten en número y

pueda desarrollarse un cierto tráfico interplanetario.

Así, a la hora de realizar el desplazamiento con mayor ahorro de combustible, para ir de una órbita a otra debe seguirse el llamado trasbordo de Hohmann. Como explica Everett C. Dolman en *Astropolitik*, esta maniobra es un cambio en dos pasos del esfuerzo de velocidad (delta v). Los motores son encendidos para acelerar la nave hasta una órbita elíptica mayor (o desacelerarla hasta una órbita menor); cuando se intersecta la órbita deseada, los motores son encendidos de nuevo para circular la nueva órbita. “Dada la necesidad vital de conservar car-

burante e incrementar las vidas productivas de la nave espacial, las órbitas de transferencia de Hohmann entre puertos espaciales estables serán las futuras líneas de comercio y las líneas militares de comunicaciones espaciales”¹⁸.

Según considera Dolman, “el Estado que ocupa o controla de modo más efectivo esas posiciones puede asegurarse para sí mismo la dominación del comercio espacial y, en última instancia, la política terrestre”¹⁹. Este autor da un especial carácter estratégico al espacio que va de la Tierra a la órbita geoestacionaria, pues “no solo garantiza un control a largo plazo del acceso al espacio de más

EE.UU. ADVIERTE QUE EL ESPACIO ES ALGO “CRECIENTEMENTE CONGESTIONADO, DISPUTADO Y COMPETITIVO”

allá, sino que aporta una ventaja a corto plazo sobre el campo de batalla terrestre”²⁰. “Quien controla la baja órbita terrestre controla el espacio cercano a la Tierra. Quien controla el espacio cercano a la Tierra domina la Tierra. Quien domina la Tierra determina el destino de la humanidad”, sentencia, remedando a MacKinder y Spykman²¹.

Algunos de los retos geopolíticos que supone la nueva era espacial fueron sintetizados en la National Security Space Strategy (NSSS) de Estados Unidos de 2011 al advertir que el espacio es algo “crecientemente congestionado, disputado y competitivo”²².

NOTAS

1. SPACE Act: <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/2262/text>
2. Fernando Ruiz Domínguez, “Minería espacial: el nuevo reto de la inteligencia económica”, *Boletín del Instituto Español de Estudios Estratégicos* 102/2018 (2018).
3. Tom James, ed., *Deep Space Commodities. Exploration, production and trading* (Cham: Palgrave MacMillan, 2018), 7-15.
4. https://www.washingtonpost.com/business/space-mining-may-be-only-a-decade-away-really/2017/04/28/df33b31a-29ee-11e7-a616-d7c8a68c1a66_story.html
5. MIT: <https://web.mit.edu/12.000/www/m2016/finalwebsite/solutions/asteroids.html>
6. John S. Lewis, *Mining the Sky. Untold Riches from the Asteroids, Comets, and Planets* (New York: Basic Books, 1996), 25-26.
7. *Ibid.*, 111.
8. James, T. ed., op. cit., 159.
9. <http://www.shackletonenergy.com>
10. L. J. Wittenberg et al., “Lunar Source of ³He for Commercial Fusion Power”, *Fusion Technology* 10:2 (1986), 167-178.
11. Ignacio Arqueta, “El espacio”, en *La geopolítica líquida del siglo XXI* (Madrid: Escuela Superior de las Fuerzas Armadas, 2015), Monografías 147, 175.
12. Lewis, J. S., op. cit., 135.
13. *Ibid.*, 123.
14. A. Froehlich, ed. “Space Resource Utilization: A View from an Emerging Space Faring Nation”, *Studies in Space Policy* 12 (2018), 4.
15. *Ibid.*, 9-11.
16. Alejandro J. Alfonso, “Brasil relanza su industria espacial al abrir la base de Alcántara a EE.UU.”, *Global Affairs*, Universidad de Navarra (2019) https://www.unav.edu/web/global-affairs/detalle/-/blogs/brasil-relanza-su-industria-espacial-al-abrir-la-base-de-alcantara-a-eeuu?_33_redirect=%2Fweb%2Fglobal-affairs%2Fregiones%2Flatinoamerica
17. Arqueta, I., op. cit., 181.
18. Everett C. Dolman, *Astropolitik. Classical Geopolitics in the Space Age* (New York: Frank Cass, 2002), 72.
19. *Ibid.*, 39.
20. *Ibid.*, 70.
21. *Ibid.*, 8.
22. https://www.dni.gov/files/documents/Newsroom/Reports%20and%20Pubs/2011_nationalsecurityspacestrategy.pdf