



CAPÍTULO VI

LA NUEVA ECONOMÍA DEL SIGLO XXI: EL SECTOR PRIVADO EN EL ESPACIO*

*Carlos Enrique Álvarez Calderón
CT. María Alejandra Corzo Zamora
MY. Gerson Ricardo Jaimes Parada
CR. Ricardo Javier Paredes Muñoz*

*Este capítulo hace parte del Proyecto de Investigación de la Maestría en Seguridad y Defensa Nacionales, *Desafíos y Nuevos Escenarios de la Seguridad Multidimensional en el Contexto Nacional, Regional y Hemisférico en el Decenio 2015-2025*, el cual hace parte del Grupo de Investigación "Centro de Gravedad" de la Escuela Superior de Guerra General Rafael Reyes Prieto, reconocido y categorizado en (A1) por COLCIENCIAS, con el código COL0104976; así como del proyecto de investigación *Estudio de Investigación Prospectiva y futuros escenarios para Ciencia, Tecnología e Innovación en la Fuerza Aérea Colombiana*, de la Fuerza Aérea Colombiana, el cual hace parte de los Grupos de Investigación "Gestión Tecnológica e Innovación" y "Ciencias Biomédicas Espaciales", reconocidos y categorizados en (C) por COLCIENCIAS, con los códigos COL01983319 y COL0196332, respectivamente.

1. Introducción

Es cada vez más evidente que las oportunidades comerciales en el uso del espacio exterior, mediante la venta de bienes y servicios espaciales a gobiernos y clientes privados, están creciendo. Si bien en los últimos 50 años, Estados Unidos había sido el líder mundial en materia tecnológica y comercial en el espacio ultraterrestre, hasta la década de 1980, las empresas privadas en ese país eran tan solo contratistas y proveedores del programa espacial estadounidense, y no ofrecían servicios espaciales al público en general. La única excepción a la regla se presentaba en el área de las telecomunicaciones; desde los inicios de la era espacial, las compañías privadas estadounidenses de telecomunicaciones, como AT&T, diseñaron, construyeron y operaron satélites de comunicaciones, ofreciendo servicios al público bajo estrictas regulaciones y supervisión gubernamental.

Pero desde entonces, el entorno ha cambiado dramáticamente. En poco más de una década, el sector espacial ha experimentado un desarrollo considerable en todo el mundo, impulsado por la globalización y la digitalización. En efecto, las empresas norteamericanas compiten en la actualidad contra muchas otras compañías extranjeras en casi todos los sectores de la economía espacial: vehículos de lanzamiento, satélites de teledetección, satélites de telecomunicaciones de todo tipo (voz, televisión directa, servicios fijos y móviles), así como servicios de navegación, entre otros. Además, la capacidad tecnológica para construir y operar sofisticados equipos espaciales se ha extendido por todo el mundo, por lo que ya no es dominio exclusivo de las economías más avanzadas; en consecuencia, el espacio exterior se ha convertido en una empresa global en la cual el número de participantes públicos y privados ha venido creciendo rápidamente. Las ventajas únicas del entorno espacial han contribuido, en gran medida, a la tendencia creciente hacia la globalización del espacio, a través de la cobertura casi universal de áreas pobladas con productos y servicios de comunicaciones y observación.

A su vez, un aumento en la globalización puede estimular un mayor crecimiento del comercio espacial, por lo que debe ser vista como la suma de varios componentes: políticos, comerciales y culturales. De este modo, las capacidades y tecnologías espaciales contribuirían de manera diferente a cada uno de ellos, por lo que el alcance de la globalización espacial debe ser analizado por sus elementos, no en conjunto. Con base en lo anterior, este capítulo analiza la tendencia a largo plazo hacia la globalización espacial y cómo el crecimiento de las compañías multinacionales y el mercado global han influido en el comercio y el poder espacial.

2. Globalización del espacio

El espacio exterior siempre ha proporcionado una perspectiva global de la Tierra. Empero, durante los inicios de la primera era espacial, esa perspectiva solo estaba disponible para un puñado de superpotencias. Hoy por hoy, el espacio exterior es realmente una actividad global, y la proliferación de actividades espaciales en muchos Estados del mundo ha alentado un proceso de globalización para la nueva frontera de la humanidad: el espacio exterior. Pues bien, la globalización sería el proceso de interacción humana caracterizado por la facilidad de trascender las fronteras nacionales -y ahora, terrestres-, para alcanzar fines definidos de variadas maneras (Álvarez y Zambrano, 2017). En este sentido, las actividades espaciales se han venido expandiendo de manera acelerada, con un número récord de Estados y empresas privadas comprometidas a invertir en el sector espacial. Mientras que, en el año 2000, el gobierno y la industria de Estados Unidos poseían alrededor del 50% de las naves espaciales existentes en órbita, en la actualidad, cuando el número total de naves espaciales se ha triplicado, esa fracción habría disminuido al 35%, como resultado del crecimiento de las actividades espaciales de otros actores internacionales, tanto públicos como privados.

Varios factores habrían alimentado esta globalización del espacio. La mayor accesibilidad a la tecnología espacial, causada por la evolución en la industria de la microelectrónica, ha hecho que la tarea de diseñar y construir una nave espacial sea mucho más barata y sencilla de lo que era hace 40 o 50 años. Esta accesibilidad, junto con la amplia disponibilidad de oportunidades de lanzamiento de naves espaciales a costos relativamente bajos, ha hecho posible que casi cualquier Estado -con voluntad política-, emprenda su propio programa espacial, dedicando para ello una inversión relativamente pequeña. En efecto, Estados Unidos destina el 0,2% de su Producto Interno Bruto (PIB), Rusia el 1,7%, Francia el 0,1%, China el 0,08%, Japón el 0,7%, India el 0,06% y México el 0,006%, a sus programas espaciales (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos -OECD-, 2019).

Desde la Revolución Industrial, hasta la relativamente reciente explosión tecnológica que dio origen a la era moderna de la información, solo una cosa habría permanecido constante: es difícil imaginarse cuán profundo, integral y rápido es el avance tecnológico que altera la vida cotidiana. Este avance comenzó con prototipos únicos que tomaron mucho trabajo para diseñarse, construirse y perfeccionarse; debido a ello, sus costos iniciales eran tan altos que solo los más ricos podían permitirse adquirirlos. Pero, a medida que se comercializaron, se estandarizaron para aprovechar el modelo de producción en serie y las economías de escala. Simultáneamente, se diversificaron en estilo y precio, en respuesta a una demanda cada vez más heterogénea, y luego se convirtieron en productos que hacían parte de la vida cotidiana, cambiando en gran medida la cara del comercio y del empleo. Y, a medida que proliferaron, su precio bajaría hasta que casi todos tenían la capacidad de obtenerlos; por ejemplo, si bien un grueso de la población no tiene los recursos para comprar un avión, sí tiene posibilidad de adquirir un pasaje aéreo.

Estos son los efectos tangibles del proceso de globalización, o la sinergia de la tecnología y el comercio, si se toma en consideración que la globalización es el “proceso por el cual las economías y los mercados, con el desarrollo de las tecnologías de las comunicaciones, adquieren una dimensión mundial” (Álvarez y Zambrano, 2017, p. 251). Los ejemplos del transporte marítimo, terrestre y aéreo, así como la era digital y muchos otros esfuerzos, demuestran que la tecnología combinada con el comercio va integrando las economías nacionales en una economía global, a la vez que incentiva la exploración de nuevos mercados y tecnologías. Esto ocurre tan universalmente, que cualquier discusión sobre nuevas fronteras tecnológicas, como la de aplicaciones espaciales, debería asumir una expectativa de múltiples recompensas para el desarrollo económico y la prosperidad social. Como lo atestigua la experiencia histórica, las tecnologías permitieron a la humanidad perfeccionar las mejores prácticas para la evolución del comercio, en su exploración de nuevas fronteras.

Un caso histórico fue el de la frontera marítima. En los siglos XV y XVI, el creciente comercio condujo a avances tecnológicos en la construcción de barcos y la navegación. Financiados por los monarcas de Europa, los primeros barcos zarparon en sus traicioneros viajes para explorar otros continentes y establecer nuevas rutas de comercio. A medida que aumentó la demanda de los nuevos recursos, se daría el comercio de bienes suntuosos, inicialmente destinados para los clientes más acaudalados; los viajes eran caros, extremadamente peligrosos y difíciles y, por tanto, las ganancias obtenidas reflejaban ese alto costo. A medida que llegaron más barcos a las primitivas costas del hemisferio americano o el continente africano u oceánico, los recientemente es-

tablecidos asentamientos portuarios desarrollaron rápidamente capacidades para el reabastecimiento de consumibles como alimentos, sogas y alquitrán, proporcionados por fuentes locales, por lo que los barcos ya no necesitaban transportar todos sus insumos para el viaje de regreso, haciendo más espacio para la carga comercial. Esto permitió que su diseño avanzara para favorecer embarcaciones más pequeñas y ágiles, donde se podría usar más espacio para transportar bienes rentables, convirtiéndose en una economía comercial mucho más próspera, que presionó por un avance tecnológico aún mayor.

El comercio se hizo más frecuente y, en consecuencia, más barato, dando paso a un ciclo virtuoso. El transporte privado floreció, proporcionando no solo una base para el comercio, sino también un dominio de los mares que se tradujo en una defensa naval más sólida, una bendición inesperada para los Estados. Pero, en términos de la participación directa en el comercio de la gente común, se necesitó el avance tecnológico transformador del contenedor de mercancías para reducir drásticamente los costos, permitiendo un sistema de transporte intermodal que contribuyó a una mejor calidad de vida para todos. El contenedor de mercancías, que podía cargarse desde un barco a un vagón de ferrocarril, y luego a un camión, revolucionaría por sí solo el comercio internacional; aunque sus antecedentes datan de fines del siglo XVIII, su uso se generalizó después de la Segunda Guerra Mundial cuando las industrias de transporte marítimo, ferroviario y de camiones rediseñaron sus vehículos para acomodar estos contenedores estandarizados, lo cual permitió el transporte seguro y barato de bienes y condujo al auge del comercio internacional de la posguerra y a la economía mundial globalizada de la actualidad.

Por otro lado, un caso adicional de análisis sobre cómo la relación simbiótica entre la tecnología y el comercio promueven la prosperidad y el desarrollo, podría ser el de la expansión de la frontera terrestre de Estados Unidos. En efecto, a instancias del presidente Thomas Jefferson y con fondos del congreso estadounidense, Meriwether Lewis y William Clark comenzaron el proceso de compra del territorio de Louisiana de manos de los franceses, y la exploración del oeste americano, documentando sus viajes y hallazgos de este nuevo espacio terrestre, lo que marcó el comienzo de una serie de expediciones, en su mayoría militares, financiadas por el gobierno, que encontraron rutas prácticas hacia el oeste, mapeándolas y documentándolas. Con base en el potencial que transmitían sus observaciones, los pioneros hicieron temerarios viajes en vagones cargados hacia el nuevo territorio, descubriendo la riqueza agrícola de la cuenca del Mississippi, el oro y plata de las montañas Rocosas, y las oportunidades de comercio marítimo del Océano Pacífico, confirmando con ello que el oeste

americano tenía una gran potencial para Estados Unidos y su economía. Sin embargo, aprovechar el potencial de esta nueva tierra exigía la infraestructura de transporte necesaria para integrarla en la economía nacional; y fue solo después de que se aplicase la red ferroviaria, y luego de autopistas, con la invención del automóvil, que se habilitó el transporte frecuente, seguro y asequible de personas y bienes, estimulando el auge económico proporcionado por el comercio de la nueva frontera. La comercialización del oeste expandió la economía de Estados Unidos de manera exponencial, acumulando nueva riqueza para toda la nación. El uso de la nueva infraestructura de transporte disponible y sus facilidades, también permitió que la nueva tierra fuese militarmente defendible, y su ubicación estratégicamente valiosa.

Estos dos ejemplos históricos demuestran que el paradigma de exploración inicia con expediciones individuales financiadas por gobiernos, con viajes poco frecuentes y enormemente costosos. Pero una vez que la exploración identifica los activos que vale la pena capitalizar, los gobiernos proporcionan la infraestructura tecnológica para estimular el papel del sector privado en el creciente comercio, y así desarrollar las nuevas fronteras. En este sentido, los sectores público y privado han reconocido actualmente el potencial del comercio espacial, anticipándose a su comercialización, por lo cual ya se ha superado la etapa exploratoria, dando inicio a una globalización del espacio en el que participan tanto actores estatales como no estatales. Por ende, el espacio es una industria global en donde las empresas compiten entre sí la oferta de bienes y servicios espaciales, entre los cuales se destacan los servicios de lanzamiento; así mismo, la fabricación de satélites, que antes dependía en gran medida de las compañías estadounidenses, ahora es una industria con empresas ubicadas en todo el mundo.

Las actividades espaciales comerciales más rentables son aquellas que proporcionan comunicaciones rápidas en todo el mundo. Ya sea que se trate de servicios de navegación y temporización de los satélites GPS, transmisiones directas de TV, enlaces de terminales de muy pequeña apertura de las compañías de tarjetas de crédito, o comercio financiero electrónico, el sistema económico global ahora está vinculado a través de satélites y capacidades espaciales. Si no fuera por la existencia de un mercado global grande y bien financiado para estos servicios, los sistemas satelitales que los atienden probablemente no serían rentables (Doboš, 2019). Lo que se ha desarrollado a lo largo del tiempo es una dependencia circular: las tecnologías crean nuevas oportunidades económicas, y los grandes mercados crean inversiones rentables en infraestructura con negocios terrestres multiplicativos posteriores. No obstante, debido a la naturaleza de doble uso de muchas actividades espaciales, existen límites regulatorios y legales sobre el grado de comercio internacional que puede ocurrir en esta industria.

Es así como, la evolución de los servicios satelitales ha creado ciertos dilemas. Por ejemplo, un Estado como Estados Unidos ya no puede planificar racionalmente el control de los sistemas o capacidades. En tiempos de conflicto, sería casi imposible interrumpir los servicios porque las empresas y los gobiernos, como clientes, dependen de ellos. De hecho, el gobierno estadounidense es uno de los principales usuarios de las redes de comunicaciones comerciales. Otro dilema es que las señales satelitales no comienzan y terminan limpiamente en las fronteras nacionales. Algunos Estados están cada vez más indignados por su incapacidad para censurar o controlar los mensajes económicos y políticos recibidos por sus sociedades. Del mismo modo, algunas culturas están intentando resistir las intrusiones de los valores occidentales que predominan en los sectores de negocios y entretenimiento. Esto está creando sentimientos aislacionistas políticos y regionales, que algún día pueden resultar en intentos de interrumpir ciertas transmisiones satelitales. Tales intentos hacen que la cuestión del poder espacial sea integral, tanto para el crecimiento de la globalización, como para el desarrollo continuo de los grandes mercados mundiales de servicios satelitales que pueden generar ganancias y nuevos esfuerzos comerciales espaciales. El Estado que lidere el espacio comercial, tendrá una mayor participación en el crecimiento económico y podrá dictar los estándares de la industria, una herramienta importante para el dominio económico futuro, así como para la seguridad espacial (Doboš, 2019). Por tanto, si la globalización del espacio continúa su rápido avance, entonces, el poder espacial comercial de un Estado sería de gran importancia.

En definitiva, la globalización está afectando la economía espacial en diferentes niveles. En la década de 1980, solo unos pocos países tenían la capacidad de construir y lanzar un satélite. Muchos más países y actores corporativos, en una amplia gama de sectores industriales, se dedican ahora a actividades relacionadas con el espacio, una tendencia que continuaría creciendo en los próximos años.

Las cadenas de suministro para el desarrollo y operación de sistemas espaciales también están evolucionando cada vez más a nivel internacional, incluso si el sector espacial sigue estando fuertemente influenciado y conformado por consideraciones estratégicas y de seguridad. Muchas tecnologías espaciales son de doble uso, es decir, empleadas tanto para programas civiles como militares, lo que tiende a restringir el comercio internacional de productos espaciales. No obstante, las cadenas de suministro de productos y servicios para sistemas espaciales se están internacionalizando a un ritmo acelerado.

Si bien el modo de interacción entre los actores espaciales puede variar, por ejemplo, cooperación entre agencias espaciales, contratación externa a proveedores extranjeros, programas de compensación industrial, la tendencia hacia la globalización

está teniendo un impacto en toda la economía espacial, en la Investigación y Desarrollo (I+D), diseño, fabricación y servicios.

3. Caracterización de la economía espacial

Desde el objetivo aspiracional de llevar a un hombre a la Luna, hasta la exploración del Sistema Solar con tecnología satelital, la búsqueda de planetas habitables y la minería de asteroides, la industria espacial se ha desarrollado aceleradamente en los últimos 60 años.

Después de décadas de control centralizado de la actividad económica en el espacio exterior, el alcance de las acciones relacionadas con el espacio ultraterrestre se ha ampliado gradualmente, a medida que las mejoras en la tecnología, impulsadas por el sector espacial tradicional, se han extendido a la economía en general.

La economía espacial global comprende las actividades centrales de la industria espacial en la fabricación y operaciones satelitales, además de otras actividades de consumo que se han derivado de la investigación y el desarrollo gubernamentales. Según la OECD (2014, p. 38), la economía espacial podría definirse como:

La gama completa de actividades y el uso de recursos que crean y proporcionan valor y beneficios a los seres humanos en el curso de la exploración, comprensión, gestión y utilización del espacio. Por tanto, incluye a todos los actores públicos y privados involucrados en el desarrollo, la provisión y el uso de productos y servicios relacionados con el espacio, que van desde la investigación y el desarrollo, la fabricación y el uso de infraestructura espacial (estaciones terrestres, vehículos de lanzamiento y satélites), hasta aplicaciones habilitadas para el espacio (equipos de navegación, teléfonos satelitales, servicios meteorológicos, etc.), y la ciencia conocimiento generada por tales actividades. De ello se deduce que la economía espacial va mucho más allá del sector espacial en sí mismo, ya que también comprende los impactos cada vez más penetrantes y continuamente cambiantes (tanto cuantitativos como cualitativos de los productos, servicios y conocimientos derivados del espacio sobre la economía y la sociedad.

Según Weinzierl (2018), el concepto de economía espacial es un reflejo de la transición de la tradicional industria espacial al "nuevo espacio"; es decir, un modelo de la industria espacial que tiene una nueva estructura -incremento en el número de actores privados-, y diferentes objetivos que incluyen agilidad, capacidad de respuesta, aceptación del riesgo y, significativamente, menores costos.

La evolución del “nuevo espacio” también refleja el uso y la aplicación de tecnologías que fueron originalmente diseñadas y utilizadas para la exploración espacial, pero que desde entonces han sido reutilizadas para usos alternativos; por tanto, la economía espacial es un nicho de alta tecnología con un ecosistema complejo, que empleó al menos a 900.000 personas en 2013 a nivel global (OECD, 2014), incluidas las administraciones públicas: agencias espaciales, departamentos espaciales en organizaciones civiles y de defensa; la industria de fabricación espacial: construcción de cohetes, satélites, sistemas terrestres; proveedores directos de componentes a esta industria y también, al sector de servicios espaciales, principalmente telecomunicaciones comerciales por satélite¹.

En 2018, los ingresos comerciales generados por la economía espacial ascendieron a US\$385 mil millones (OECD, 2019), estimando que para 2040 ese monto se eleve US\$1,5 billones² (Stanley, 2019). La cadena de suministro de fabricación espacial, desde el ensamblaje de sistemas completos de naves espaciales hasta componentes, representa alrededor del 33% de la economía espacial, es decir, US\$127 mil millones a nivel mundial. Los servicios de los operadores satelitales representan el 8,4% de la economía espacial, unos US\$32 mil millones; es decir, ingresos por telecomunicaciones: servicios satelitales fijos y móviles, servicios de radio satelital y operadores comerciales de teledetección. Finalmente, los servicios al consumidor, que incluyen proveedores de servicios de televisión satelital directamente al hogar, equipos de consumo de satélite y servicios de valor agregado y, proveedores de terminales de muy pequeña apertura, por ejemplo, manejo de datos, banca, representan el 58% de la economía espacial, que equivale aproximadamente a US\$223 mil millones (OECD, 2019).

Las inversiones públicas representan en la actualidad la mayor parte de la financiación de las actividades espaciales, alcanzando casi US\$75 mil millones en 2017, en comparación con un estimado de US\$52 mil millones en 2008 (OECD, 2019). Los gobiernos invierten en capacidades espaciales para apoyar, entre otras actividades, la seguridad nacional, mapear y monitorear recursos desde el espacio y, el desarrollo de capacidades científicas. Los Estados con programas espaciales han pasado de ser un club muy exclusivo que dependía de sus fuertes industrias aeroespaciales y de

1. Pero estas estimaciones no tienen en cuenta las universidades e instituciones de investigación, que también desempeñan un papel clave en I+D como receptores de contratos públicos e iniciadores de gran parte de la innovación del sector espacial.

2. Eso equivaldría a aproximadamente el 5% del PIB de Estados Unidos. Esta estimación se basa en una tasa de crecimiento del 6% anual, y existen varias razones que respaldan la propuesta de que las tasas de crecimiento actuales pueden mantenerse. Por ejemplo, la inversión privada total está creciendo a un ritmo sorprendente; entre 2000 a 2005, la industria recibió más de US\$1 mil millones en inversiones de capital privado, capital de riesgo, adquisiciones, premios y subvenciones, y ofertas públicas. Para el período 2012-2017, la industria había recibido más de US\$10 mil millones (Higginbotham, 2018).

defensa, a un grupo mucho más amplio de Estados desarrollados y en desarrollo, con capacidades muy diversas. En solo una década, el número de Estados con un satélite en órbita ha aumentado de 50 en 2008, a 82 en 2018 (OECD, 2019). Los satélites son, por supuesto, muy diferentes en sus especificidades y pueden involucrar muy poca experiencia técnica nacional; van desde grandes satélites de telecomunicaciones comprados en el mercado internacional, a nanosatélites construidos en universidades locales; pero la posibilidad de tener un satélite en órbita nunca había sido tan asequible (OCDE, 2016).

En menos de 12 años, 20 nuevos actores estatales también han comenzado a invertir en programas espaciales propios y a apoyar esfuerzos privados, con proyectos distintivos y simbólicos; por ejemplo, Emiratos Árabes Unidos está financiando una misión planificada a Marte, Nueva Zelanda construyó un exitoso lanzador³, Luxemburgo viene desarrollando un programa de minería de asteroides, e Israel lanzó una misión lunar. Por supuesto, la mayoría de estos programas no comienzan desde cero, como es el caso de Luxemburgo, que ha sido miembro de la Agencia Espacial Europea (ESA) desde 2005, y es el hogar del segundo operador comercial de comunicaciones satelitales más grande, *Société Européenne des Satellites* (SES Global). El Reino Unido también ha modificado recientemente su marco regulatorio para actividades espaciales comerciales, con la Ley de Industria Espacial de 2018, permitiendo que se inicien pequeñas actividades satelitales y suborbitales directamente desde su territorio. Igualmente, se está produciendo un rápido desarrollo en regiones como África, donde muchos países están desarrollando sus propios programas espaciales. El continente ahora cuenta alrededor de 14 agencias espaciales, la mitad de las cuales se establecieron después de 2010; Argelia, Angola, Egipto, Ghana, Kenia, Marruecos, Nigeria y Sudáfrica⁴, han registrado satélites en órbita, a menudo adquiridos en el mercado internacional, la mayoría lanzados en los últimos diez años.

Aunque generalmente se concuerda con que el espacio ultraterrestre debe usarse en beneficio de toda la humanidad, solo un puñado de Estados tendría la base tecnológica suficiente para acceder a él. Como habrá de suponerse, diferentes países tienen distintas capacidades espaciales; entre éstas, las misiones tripuladas autónomas tendrían el mayor riesgo y requerirían la más alta tecnología (Leloglú y Kocaoglan, 2008).

3. Nueva Zelanda es un actor nuevo y dinámico en el sector espacial. Es sede de la primera instalación de lanzamiento orbital totalmente privada del mundo y está comprometida a facilitar el desarrollo de un ecosistema espacial local dedicado al lanzamiento de satélites pequeños, así como la fabricación de alta tecnología, análisis e integración de datos, desarrollo de aplicaciones y estaciones terrestres.

4. Según la OECD (2019), en términos de financiación institucional, Nigeria y Sudáfrica tienen los mayores presupuestos espaciales de África, estimados en 2017 en unos US\$29 millones para la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo Espacial de Nigeria (NASRDA), y US\$23 millones para la Agencia Espacial de Sudáfrica (SANSA).

Solo Estados Unidos, la Federación Rusa y la República Popular China han probado esta tecnología. Sin embargo, cuando se trata de lanzar satélites al espacio exterior, se amplía el abanico de actores estatales y no estatales; incluso, el número de Estados que pueden construir satélites es aún mayor. Por esto, Leloglu y Kocaoglan (2008) proponen que, según el nivel de tecnología espacial que tengan los Estados, éstos podrían clasificarse en una pirámide en la cual el número de Estados se reduce a medida que se avanza en la escala tecnológica (figura 1).



Figura 1. Pirámide de la tecnología espacial
Fuente: Leloglu y Kocaoglan (2008)

Esta pirámide es una representación unidimensional de tecnologías espaciales complejas y multidimensionales; sin embargo, este eje puede interpretarse como el componente principal. De acuerdo con Leloglu y Kocaoglan (2008), aunque muchos Estados intentan escalar, la base de la pirámide es muy amplia y cualquier mejora en este uso desigual del espacio exterior tendrá un gran impacto en la calidad de vida de las sociedades y en el desarrollo científico. En este punto, Leloglu y Kocaoglan (2008) proponen dos preguntas importantes que merecen considerarse: primera, ¿deberían los países en desarrollo establecer sus propias industrias espaciales? y, segunda, ¿es realmente factible? Un argumento que suele escucharse es que ya hay suficientes satélites de observación y comunicación de la Tierra, y que las compañías fabricantes están compitiendo agresivamente por el mercado. En estas circunstancias, no sería

factible establecer una mayor capacidad tecnológica en términos espaciales, por lo que los países en desarrollo deberían centrarse en los servicios terrestres y el uso efectivo de los datos de teledetección para el desarrollo.

Pero, de acuerdo con Leloglu y Kocaoglan (2008), este argumento no es válido debido a muchas razones: 1) cuando se establece la industria espacial, la mayor parte del presupuesto gastado en sistemas espaciales regresa a la economía nacional y ayuda al desarrollo; 2) ser un centro regional de excelencia o especialización en ciertos subsistemas o servicios puede incluso generar cierta capacidad de exportación; 3) establecer una industria espacial ralentiza la fuga de cerebros, lo cual es un gran problema para los países en desarrollo como Colombia, ya que la mano de obra en la que debe confiar el sistema de innovación se pierde debido a tal fenómeno; 4) la adquisición de sistemas espaciales "llave en mano", hace que los países dependan parcialmente de un determinado fabricante porque el cambio de un sistema espacial genera un costo, y como los sistemas espaciales tienen una vida útil limitada, esta dependencia se refleja en los precios de los sistemas de reemplazo; 5) mediante la expansión tecnológica, se promoverán otras áreas tecnológicas que, a cambio, contribuirán al desarrollo general del país; 6) la mejor manera de promover los servicios terrestres en un país es tener o construir satélites; 7) al contar con un satélite propio, un Estado puede diseñar una misión con una órbita y/o cargas optimizadas para los requisitos del país; 8) tener una industria espacial promueve la educación y la investigación científica; 9) aunque hay bastantes satélites de teledetección con varias resoluciones espectrales y espaciales, aún se necesitan satélites adicionales con cargas útiles similares, porque la Tierra no se puede tomar imágenes con la frecuencia suficiente para todas las aplicaciones; 10) la cooperación internacional y regional, que es imprescindible para desarrollar capacidades espaciales, contribuirá a la paz global y la estabilidad y, 11) los logros en proyectos espaciales tienen un impacto psicológico positivo sobre la sociedad, al incrementar la autoconfianza nacional y el interés de los jóvenes por la ciencia y la tecnología espaciales.

No obstante, Estados Unidos continúa siendo la mayor potencia espacial y posee aún el programa espacial gubernamental más grande del mundo; en 2017, destinó aproximadamente US\$48 mil millones a actividades espaciales (OECD, 2019), financiando programas y acciones espaciales civiles y militares implementados por múltiples departamentos y agencias gubernamentales. Otros países han desarrollado programas espaciales avanzados, con una amplia cartera de actividades, también después de décadas de inversión en niveles mucho más bajos que los de Estados Unidos; por ejemplo, Francia, Alemania, Italia y Canadá. Paralelamente a los programas

nacionales, la Agencia Espacial Europea (ESA) es un excelente ejemplo de cómo los países de esta región han trabajado juntos para construir capacidad industrial y crear cadenas de valor regionales para sus industrias espaciales nacionales.

Existen tres intereses generales que impulsan la generación de ingresos comerciales en el sector espacial en todos sus segmentos, y probablemente continuarán haciéndolo durante la próxima década: 1) intereses de seguridad nacional; 2) científicos y de exploración espacial y, 3) de expansión de aplicaciones espaciales (OCDE, 2016). La preeminencia de los objetivos de los gobiernos, desde la defensa hasta la exploración espacial, sigue siendo un factor clave en la mayoría de los programas espaciales del presente y lo seguirá siendo en el futuro previsible (Hertzfeld, 2009). Los presupuestos institucionales están financiando, a través de esquemas de adquisición y mecanismos de subvención, la mayoría de las actividades espaciales comerciales en todo el mundo. Además, en muchos países, las administraciones públicas desempeñan un papel importante no solo en la administración y coordinación de las actividades espaciales, sino también en la promoción de la investigación y el desarrollo. Históricamente, y aún hoy, las agencias nacionales, los centros de investigación, las universidades y los laboratorios (como instalaciones de prueba), realizan investigación fundamental y aplicada, así como desarrollo experimental en el sector espacial; estas labores de investigación, bajo control gubernamental, tienen impactos importantes sobre el empleo y las capacidades de innovación pública para el sector espacial.

Y, no son una situación exclusiva del sector espacial, ya que las principales actividades de infraestructura y transporte dependen directa e indirectamente de inversiones públicas sostenidas. Pero muchos de estos esquemas de financiamiento en el sector espacial apuntan a mantener los mercados cautivos por parte de los gobiernos, reservados con prioridad para las industrias nacionales. Esto es particularmente cierto para los programas espaciales militares (Hertzfeld, 2009); por ejemplo, los fabricantes y proveedores de lanzamiento espacial en Estados Unidos se han beneficiado de importantes programas del Departamento de Defensa, como lo ilustra el reciente contrato por US\$8 mil millones para la actualización de la constelación GPS, otorgado a Lockheed Martin. Finalmente, el papel del financiamiento inicial y sostenido del gobierno será esencial para el desarrollo de la economía espacial cislunar (Wingo, 2009); esto incluiría vuelos espaciales comerciales a las órbitas terrestres o más allá y el desarrollo de la minería espacial, entre otras actividades. En el centro de estas misiones, que son posibles gracias a los avances tecnológicos, los actores privados ciertamente jugarán un factor determinante, pero con el apoyo financiero de los Estados.

3.1 Impacto socioeconómico de la economía espacial

Para comprender cómo la investigación, la generación de conocimiento y desarrollos espaciales contribuyen en el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos, es necesario mirar al pasado y descubrir cómo han contribuido los Estados, a través de sus programas espaciales, a resolver necesidades reales en la Tierra. Las tecnologías espaciales presentan un gran rango de aplicación, debido a la integridad de la exploración espacial; esto permite que se encuentren aplicaciones meteorológicas, de geolocalización, físicas, biomédicas, biológicas, de comunicaciones y materiales, entre otras. Las tecnologías espaciales no solo se derivan de los programas espaciales, sino también del sector privado y de las diferentes líneas de I+D de un gran número de universidades, las cuales en algunos casos llegan a crear *spin-off* derivadas de sus líneas de trabajo más fuertes.

Una gran cantidad de aplicaciones provienen de Estados Unidos y Rusia, pioneros de la exploración espacial desde los tiempos de la Guerra Fría. Cabe anotar que la gran mayoría de los primeros desarrollos fueron utilizados en la exploración espacial y luego se aplicaron en la Tierra para resolver necesidades de la sociedad. Sin embargo, y más allá de las consideraciones político-estratégicas, el impacto de la carrera espacial de la Guerra Fría para las economías estadounidense y soviética fue significativo; por ejemplo, el programa de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (NASA) con las misiones *Apolo*, si bien costó US\$110 mil millones, generó más de 400.000 nuevos empleos en su momento (Bockel, 2018). Además, el programa espacial estadounidense de las décadas de 1950, 1960 y 1970, ayudó a la creación de redes comerciales y la aparición de nuevas compañías dedicadas a la comercialización de tecnologías emergentes, muchas de las cuales se han ligado a la revolución digital, generando una aplicación dual de materiales avanzados, piezas electrónicas y sistemas computarizados (Johnson, 2017). Por ende, y pese a los costos en los inicios de la exploración espacial, los programas espaciales muestran al mundo nuevos beneficios estratégicos y económicos. Es por ello que el espacio exterior se mantiene, con el paso del tiempo, como una frontera crítica para la competencia estratégica y económica entre los Estados, permitiendo así el continuo desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones (Bockel, 2018).

A pesar de los enormes desafíos que enfrenta el mundo en desarrollo, las oportunidades importantes y sin explotar, terminarían surgiendo de los avances en tecnología, ciencia e innovación. La relevancia y la aceptación de muchas aplicaciones espaciales

en los países en desarrollo han ido en aumento, gracias a la posibilidad de acceder a muchas de estas tecnologías. Y en este sentido, cada vez existen más pruebas del papel que pueden desempeñar las tecnologías satelitales para apoyar los objetivos de desarrollo socioeconómico de los Estados; por ejemplo, la observación de la Tierra (información geoespacial, imágenes satelitales, teledetección), telecomunicaciones satelitales y banda ancha, así como las tecnologías de navegación y posicionamiento global, encuentran muchas aplicaciones específicas para el desarrollo.

Particularmente, y en aquellos países que como Colombia aún contienen espacios vacíos rurales y urbanos (Álvarez, 2017), caracterizados por una escasa densidad de población y/o una deficiente comunicación, los datos satelitales pueden mejorar la implementación de una amplia gama de políticas de desarrollo a nivel local, regional y nacional. Éstos incluyen la provisión de servicios públicos y estrategias de inversión, así como políticas de descentralización. Pueden apoyar en el establecimiento de diversas infraestructuras críticas (agua, carreteras, transporte, telecomunicaciones), o contribuir a la gestión de los recursos naturales y abordar los problemas ambientales, como la prevención y respuesta al riesgo de desastres naturales⁵.

Los satélites también son muy útiles en el caso de conflictos que imposibilitan el acceso a regiones enteras durante largos periodos de tiempo (Johnson, 2017). Incluso, los datos satelitales juegan un papel cada vez más importante para establecer información catastral y mapas de aglomeraciones urbanas en el caso de una urbanización compleja.

También, en la mayoría de los Estados en desarrollo con un programa espacial y actores privados operativos en el sector, se han lanzado proyectos específicos de asistencia técnica que promueven el desarrollo socioeconómico, mediante aplicaciones destinadas a mejorar la cobertura del sistema médico en áreas remotas, prevenir la difusión de enfermedades, impartir clases y capacitación a través de canales de teleeducación. El sistema nacional de salud representa un sector crucial para las economías en desarrollo, y el uso de tecnologías satelitales específicas se ha demostrado a lo largo de los años para enfrentar desafíos específicos; éstos incluyen llegar a las poblaciones que viven en áreas remotas para brindarles servicios médicos básicos, consultas y compartir los datos de los pacientes con especialistas⁶. De manera similar

5. Los recursos naturales y la gestión del uso del suelo son dos áreas particularmente adecuadas para la aplicación de la observación satelital de la Tierra; los diferentes tipos de imágenes satelitales integradas con otras fuentes de datos se usan comúnmente para informar mejor los procesos de toma de decisiones y de gestión de desastres, monitoreo de la cobertura del suelo y del cambio en su uso, así como del agua, y controlar la utilización de los recursos para promover la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible.

6. La epidemiología es otro campo prometedor que utiliza imágenes satelitales para rastrear la difusión de enfermedades e insectos portadores de las mismas como, por ejemplo, la malaria.

a la telemedicina, la educación también se beneficia de la conectividad satelital como un medio para llegar a las poblaciones que viven en áreas remotas gracias a la teleeducación; en algunos países, los centros de aprendizaje móviles y las escuelas están cada vez más equipados con estaciones terrestres, que transmiten vía satélite diferentes tipos de servicios de aprendizaje, incluidos clases, cursos, ejercicios interactivos y capacitaciones.

3.2 Transferencia de la tecnología espacial

El proceso a través del cual una tecnología originada en un sector encuentra una aplicación en otro, llama "transferencia de tecnología". De acuerdo con Roessner (2000, p. 15), el término indica un "movimiento de conocimientos técnicos, habilidades, procedimientos, métodos, experiencia o tecnología, de un entorno organizacional a otro". Pues bien, las transferencias de tecnología y su comercialización contribuyen a fomentar un desarrollo socioeconómico más amplio, en particular gracias a su impacto en la innovación en diferentes sectores, actuando como un canal estratégico para estimular y desencadenar la creación de innovación a través de colaboraciones industriales y transacciones de tecnología entre varios actores (OCDE, 2016). Lo hacen principalmente al inducir beneficios económicos directos para la industria, como el de aumentar la productividad y el número de empleos. Se pueden encontrar casos de uso exitosos en áreas como salud, transporte, bienes de consumo, control de calidad del aire y seguridad pública, solo por nombrar algunos.

Un ejemplo ha sido la transferencia de tecnología producida por el programa del transbordador espacial de la NASA; inicialmente concebido para usos solo dentro del sector espacial, el transbordador espacial ha producido muchos beneficios y al menos siete áreas se han visto afectadas: salud y medicina, transporte, seguridad pública, bienes de consumo, gestión ambiental, tecnología informática y productividad industrial (Lockney, 2010). En efecto, los estudios sobre la estructura aerodinámica del transbordador espacial en la década de 1970 inspiraron un nuevo diseño para camiones capaces de reducir la resistencia aerodinámica y aumentar la eficiencia a través de una mayor autonomía del combustible. Así mismo, las tecnologías de video-vigilancia utilizadas para mejorar la calidad del lanzamiento del transbordador espacial se han explotado en sistemas de estabilización de imagen ampliamente utilizados en el sector defensa (Lockney, 2010). Además, las cámaras infrarrojas utilizadas en el transbordador espacial ahora se adoptan para buscar incendios, así como para visión nocturna, sistemas de alerta temprana, navegación y monitoreo del clima, entre otros aspectos.

En este orden de ideas, la NASA ha documentado casi 2.000 productos y servicios comerciales desarrollados con éxito entre 1976 y 2018. La mayoría de ellos se han registrado en los sectores de fabricación y productos de consumo, con un promedio de 18 productos por año durante los 41 años analizados por la NASA. Otros sectores socioeconómicos relevantes de aplicación son: transporte y la seguridad pública (nueve por año), gestión del medio ambiente y los recursos (ocho), salud y la medicina (siete) y tecnología informática (seis).

Por tanto, en términos de desarrollo tecnológico, la exploración espacial ha traído consigo un gran número de desarrollos significativos, muchos de los cuales han sido patentados; patentar en el sector espacial no es tan común como en otros sectores, ya que la discreción comercial y la confidencialidad institucional a menudo siguen siendo prioridades para algunos sistemas espaciales. No obstante, el número de patentes relacionadas con el espacio se ha cuadruplicado en 20 años, como lo revelan las solicitudes presentadas en virtud del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT). Así, el número de patentes por grandes agencias da un perfil general de este aporte; es de resaltar, que muchas de estas patentes finalmente son comercializadas, dándoles un uso dual.

En el caso de NASA (figura 2), se encontró que, a 2019, la agencia espacial estadounidense presentaba un total de 2.275 patentes, de las cuales la mayoría correspondían al desarrollo de sistemas eléctricos y electrónicos, materiales y estructuras inteligentes, sistemas para procesamiento de datos digitales, dispositivos biomédicos, aeronaves, cementos, baterías, investigación en enzimas, compuestos para preservación de microorganismos, ingeniería genética, sistemas de radionavegación, energéticos y para producción de calor, sustancias orgánicas e inorgánicas, sistemas para la medición de variables físicas, de comunicación por imágenes, de propulsión y componentes electrónicos.

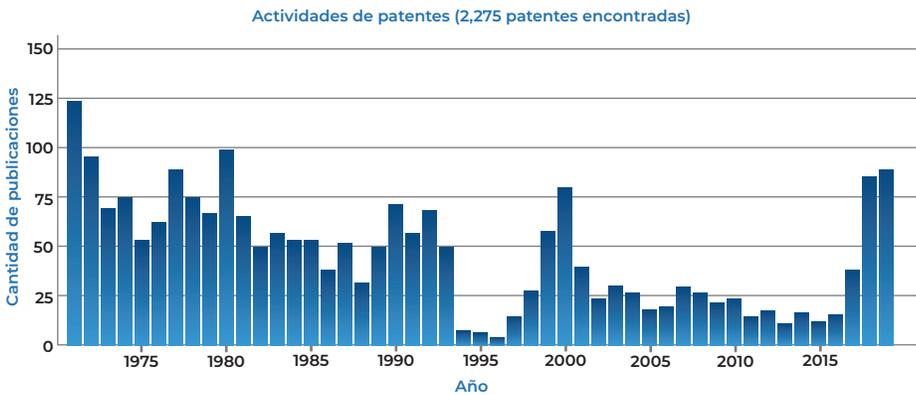


Figura 2. Número de patentes derivadas de desarrollos de la NASA
Fuente: IHS Markit®, licencia FAC

En el caso de la *European Space Agency* (ESA), se encontró que, al año 2019, ésta contaba con 285 patentes (figura 3). Las áreas que han realizado I+D comprenden tecnologías para navegación, para determinar distancia o velocidad por análisis de ondas, tecnologías de transmisión de información digital, telegráfica, comunicaciones, tecnologías de antenas, tecnologías de medición nuclear, tecnologías cosmonáuticas y vehículos espaciales.

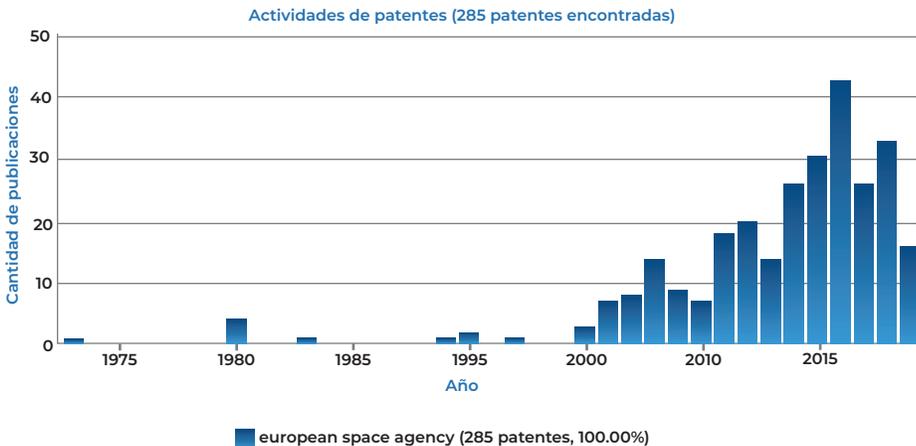


Figura 3. Número de patentes derivadas de desarrollos de la ESA
Fuente: IHS Markit®, licencia FAC

Por su parte, la *Canadian Space Agency* (CSA) cuenta actualmente con 136 patentes en las áreas de conocimiento relacionadas con las tecnologías para determinar distan-

cia o velocidad por análisis de ondas, generación y procesamiento de datos de imágenes, tecnologías de comunicación, cosmonáuticas, de vehículos espaciales y para procesamiento de datos digitales (figura 4).

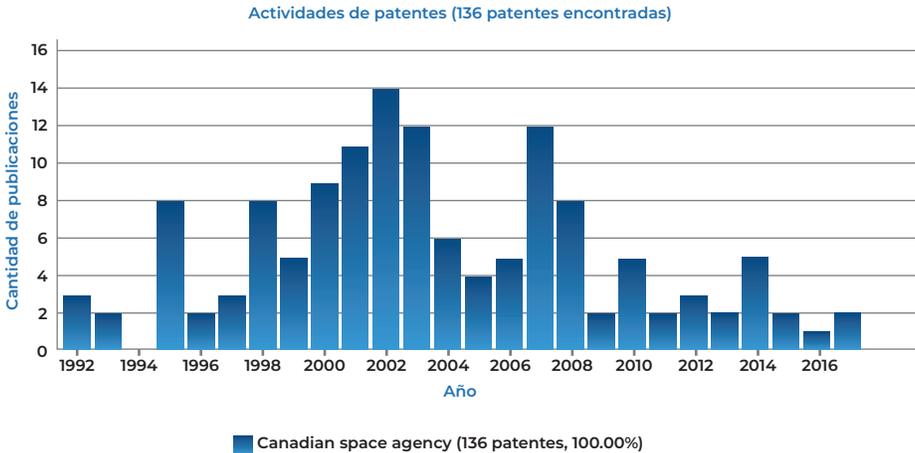


Figura 4. Número de patentes derivadas de desarrollos de la CSA
 Fuente: IHS Markit®, licencia FAC

Para la *China National Space Administration* (CNSA), se encontraron 508 patentes en generación y procesamiento de datos de imágenes, tecnologías de comunicación, de antenas, para procesamiento de datos digitales, investigación en análisis de propiedades químicas y físicas de materiales, así como procesamiento y generación de imágenes (figura 5).

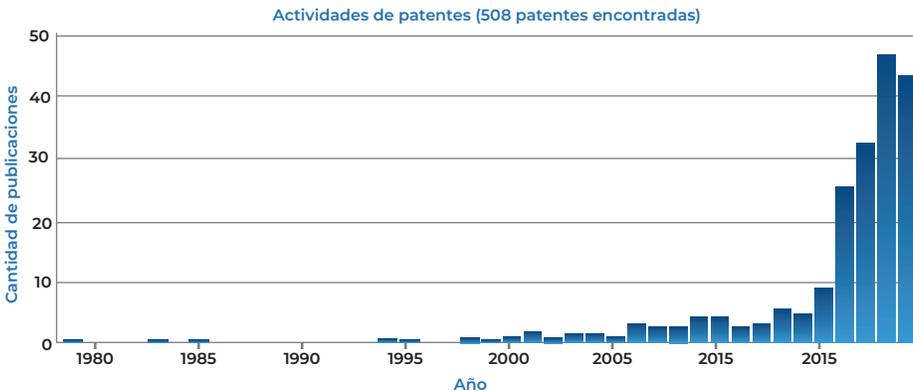


Figura 5. Número de patentes derivadas de desarrollos de la CNSA
 Fuente: IHS Markit®, licencia FAC

El Centro Nacional de Estudios Espaciales de Francia (CNES) cuenta con un total de 694 patentes en las áreas de tecnologías cosmonáuticas y vehículos espaciales, tecnologías para determinar distancia o velocidad por análisis de ondas, de antenas, de transmisión de información digital, y telegrafía y comunicaciones (figura 6).

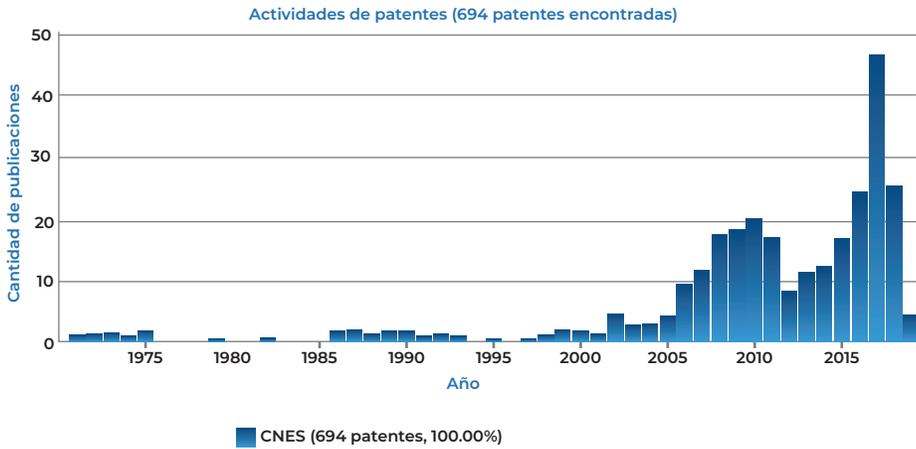


Figura 6. Número de patentes derivadas de desarrollos del CNES
Fuente: IHS Markit®, licencia FAC

Al comparar las solicitudes de patentes nacionales para tecnologías relacionadas con el espacio exterior entre 2010 a 2015, Estados Unidos siguió liderando, pero su participación se ha reducido; varios países han visto crecer su aportación a las patentes mundiales en términos relativos, en particular Francia, Corea, Alemania, China e Italia. Cuando se examinan las patentes relacionadas con el espacio exterior a escala regional, la mayor proporción se puede encontrar en algunas regiones seleccionadas, donde se ubican importantes grupos de la industria espacial; alrededor del 16% de las patentes espaciales mundiales se produce en California (Estados Unidos), el sur de Kanto (Japón), y el 6% en Midi-Pyrénées (Francia). Otras regiones con tasas relativamente altas de patentes relacionadas con el espacio exterior incluyen a Ile (Francia), Guangdong (China) y Seoul (Corea del Sur); Shenzhen, en la provincia de Guangdong, se considera el Silicon Valley chino, ya que alberga muchas compañías tecnológicas, incluidas empresas públicas que desarrollan satélites y aplicaciones espaciales (OECD, 2019).

La innovación espacial puede ser examinada a través de las patentes o mediante las publicaciones científicas revisadas por pares. Con relación a las publicaciones científicas, éstas transmiten los resultados de la investigación de científicos de todo el mundo y proporcionan una indicación de la producción de conocimiento en el sector espacial. Los artículos científicos sobre actividades espaciales se han publicado en revistas especializadas desde fines de la década de 1950, pero siguieron siendo competencia de unos pocos expertos durante casi 30 años; no obstante, la multiplicación de revistas especializadas y conferencias internacionales desde la década de 1990 ha impactado fuertemente la difusión de publicaciones sobre ciencias, tecnologías y aplicaciones espaciales.

Esta tendencia es paralela al creciente número de países involucrados en programas espaciales, especialmente Brasil, la Federación de Rusia, India, Indonesia, China y Sudáfrica (BRIICS). Empero, los Estados que tienen programas espaciales de larga data siguen liderando en términos de publicaciones científicas en literatura espacial, aunque están surgiendo nuevos países. En tal sentido, Estados Unidos tiene la mayor proporción de publicaciones, representando alrededor del 22% del total; por su parte, la producción científica china aumentó 10 veces entre 2000 y 2016, convirtiéndose en uno de los principales contribuyentes a nivel mundial, lo que refleja el creciente interés en el sector espacial en China (OECD, 2019).

4. Actores de la astroeconomía: las empresas del “nuevo espacio”

Las fuentes privadas de inversión para proyectos espaciales son difíciles de rastrear; sin embargo, la evidencia actual muestra inversiones sin precedentes de fondos de capital de riesgo y de capital riesgo en empresas espaciales y recientemente establecidas, aunque las cantidades aún son escasas en comparación con la financiación pública. Las principales fuentes de financiación para las nuevas empresas suelen ser los fondos propios del fundador, con inversiones de círculos familiares, préstamos bancarios, capital social (incluidos los inversores informales y capitalistas de riesgo) y el apoyo del gobierno. Una fuente relativamente nueva de capital privado proviene de grandes empresas aeroespaciales y de defensa, que han establecido sus propios fondos de capital de riesgo en los últimos cinco años, para invertir en nuevas empresas involucradas en el desarrollo de *software*, inteligencia artificial, realidad aumentada, sensores y vehículos autónomos. Algunos de los actores más activos incluyen, por ejemplo, HorizonX Ventures de Boeing, Lockheed Martin Ventures, Airbus Ventures, Thales Corporate Ventures y Dassault System Venture Fund⁷.

7. En el sector espacial, las inversiones de capital inicial representaron US\$3 mil millones en 2018; Space Angels (2019) estima

La industria aeroespacial y otras más, han estado involucradas en la industria espacial desde el comienzo de la era espacial, inicialmente como contratistas de programas gubernamentales. Sin embargo, la industria espacial comercial no surgió en su forma actual hasta la década de 1980. La creciente demanda de comunicaciones satelitales, particularmente la transmisión de televisión, proporcionó nuevos negocios para los fabricantes de satélites y condujo a la creación de compañías dedicadas a proveer servicios satelitales; al mismo tiempo, los cambios en la política espacial nacional de Estados Unidos a raíz del accidente del transbordador espacial *Challenger*, así como del surgimiento de la competencia del vehículo de lanzamiento europeo Ariane, estimularon el desarrollo de una industria de lanzamiento comercial en ese país.

La industria espacial comercial continuó creciendo durante la década de 1990, en parte debido a la creciente demanda de servicios de radiodifusión y otras comunicaciones, pero también porque las empresas buscaron expandirse a otras áreas, desde comunicaciones móviles hasta servicios remotos de detección. Este crecimiento, impulsado por miles de millones de dólares de inversión en nuevas empresas como Globalstar, Iridium y Teledesic, creó pronósticos optimistas para una expansión continua en la próxima década, conduciendo a la inversión en nuevas empresas de lanzamiento comercial, incluidas compañías que planeaban desarrollar productos reutilizables que reducirían en gran medida el costo del acceso al espacio. Sin embargo, para el año 2000, muchas de estas nuevas empresas estaban tratando de sobrevivir; por ejemplo, las compañías de comunicaciones tenían dificultades para competir con alternativas terrestres de bajo costo (fibra óptica), lo que disuadía la creación de nuevas empresas y provocaba un efecto dominó que reducía la demanda de servicios de lanzamiento y fabricación de satélites. A pesar de esto, los empresarios continúan explorando nuevos mercados espaciales comerciales, con el turismo espacial suborbital y orbital, como una de las principales áreas de interés.

Es en este contexto en el que se propiciarían las inversiones de multimillonarios en numerosas empresas espaciales, sobre todo en los últimos cinco años (tabla 1). La mayoría de las compañías espaciales recientes tienen fondos privados; por ejemplo, SpaceX y Blue Origin y, no cotizan en bolsa. Aunque hay pocos datos públicos disponibles, su capitalización se considera importante en vista de sus grandes proyectos en curso (lanzadores, módulos de exploración espacial) y contratos comerciales, particularmente con el gobierno de Estados Unidos.

que el total invertido en 2018 representó alrededor del 16% de todo el capital social invertido en compañías espaciales desde 2009. En China, casi 100 de las nuevas empresas espaciales se han inaugurado desde 2015, siguiendo una nueva política nacional para fomentar la comercialización espacial; en 2018, unas 30 nuevas empresas chinas involucradas en cohetes, fabricación de satélites y aplicaciones, recaudaron aproximadamente US\$310 millones en capital de riesgo (OECD, 2019). Al incluir las empresas espaciales que cotizan en bolsa, la inversión privada total ascendió a US\$530 millones en este país.

Tabla 1.
Billonarios que invierten en compañías espaciales

Billonario	Compañía	Inversión espacial	Actividad
Bill Gates	Microsoft	Kymeta	Datos
Jeff Bezos	Amazon	Blue Origin	Lanzamientos
Mark Zuckerberg	Facebook	SETI	Datos
Larry Page	Google	Planetary Resources	Minería recursos
Sergey Brin	Google	SpaceX	Lanzamientos/datos
Li Ka Shing	CK Hutchinson	Windward	Minería recursos
Ma Huateng	Tencent	Moon Express	Lanzamientos
Sheldon Adelson	Las Vegas Sands	Spacell	Lanzamientos
Paul Allen	Microsoft	Stratolaunch	Lanzamientos
Elon Musk	Tesla	SpaceX	Lanzamientos/datos
Eric Schmidt	Google	Planetary Resources	Minería recursos
Ricardo Salinas	Grupo Elektra	OneWeb	Datos
Richard Branson	Virgin Group	Virgin Galactic	Lanzamientos
Lynn Schusterman	Samson Investment	Spacell	Lanzamientos
Yuri Milner	DTS Global	Planet	Datos
Marc Benoiff	Sales Force	Taranis	Datos

| Fuente: elaboración propia

Las empresas que se han dado a conocer como actores del “nuevo espacio”, son aquellas financiadas en gran medida por personas que operan con su propio dinero y están tan dispuestas, y son capaces, de asumir riesgos (Dudley y Gangale, 2012). El empresario sudafricano y cofundador de PayPal, Elon Musk, creó Space Exploration Technologies Corporation (SpaceX), y el fundador de Amazon, Jeff Bezos, inició Blue Origin, ambas compañías de lanzamiento del “nuevo espacio”. Es importante reconocer que existe una gran diferencia entre las compañías aeroespaciales comerciales como Boeing y Lockheed, y las que se consideran parte del “nuevo espacio”, porque, aunque ambas son de propiedad privada, operan bajo premisas muy diferentes. Por ejemplo, Boeing, Lockheed y Northrop son “comerciales” en el sentido de que cotizan en bolsa, deben responder a los accionistas y esperan obtener ganancias. Sin em-

bargo, todos viven, principalmente, en un entorno espacial dominado por las reglas del gobierno: la adquisición federal, contratación por negociación, y proyectos clasificados. Como resultado, estas organizaciones están estructuradas para responder a los complejos proyectos de defensa, requiriendo una estructura compleja y costosa, y una gran sobrecarga de humanos talentosos para cumplir con los requisitos estatales (Johnson, 2017).

Las empresas “nuevo espacio” no están estructuradas de la misma manera. Tienen a ser financiadas por capitalistas de riesgo, y la mayoría tiene un único producto o solución que intentan vender en el mercado comercial. No dependen del gobierno de Estados Unidos para su supervivencia, aunque algunas lo tienen como su principal cliente. No utilizan sistemas de contabilidad que cumplan con las normas y regulaciones gubernamentales, y la mayoría no tiene, o no puede obtener, las autorizaciones de las instalaciones, por lo que hay una posibilidad limitada de realizar trabajos clasificados. Además, la mayoría de las compañías del “nuevo espacio” no cuentan con el personal legal necesario para combatir las interminables batallas de protestas contractuales que inevitablemente resultan de las grandes adquisiciones de defensa.

Ahora bien, SpaceX se fundó en 2002 para revolucionar la tecnología espacial, con el objetivo final de permitir que las personas vivan en otros planetas, centrándose en el desarrollo de una familia de lanzadores. En menos de 20 años, SpaceX ha establecido varios hitos espaciales para una empresa privada: en diciembre de 2010, se convirtió en la primera compañía privada en devolver una nave espacial a la Tierra, después de completar casi dos órbitas. Luego, en mayo de 2012, su nave espacial *Dragon* se acopló a la Estación Espacial Internacional (ISS) y regresó a salvo a la Tierra. Esa hazaña técnicamente desafiante, había sido realizada anteriormente solo por gobiernos, por lo cual SpaceX demostró efectivamente que el espacio exterior ya no era solo un dominio de los Estados nacionales (Lothian y Block, 2018).

El 21 de diciembre de 2015, el cohete *Falcon 9* llevó 11 satélites de comunicaciones a órbita, y luego regresó y aterrizó su primera etapa en su *Zona de aterrizaje 1*, el primer aterrizaje de cohetes de clase orbital. Posteriormente, en abril de 2016, y después de varias fallas anteriores, un cohete *Falcon 9* entregó su carga útil a la EEL, y luego regresó y aterrizó en una plataforma en el mar. SpaceX es una de varias compañías privadas que algún día podría enviar humanos al espacio; con el último vuelo del transbordador espacial de la NASA en julio de 2011, Estados Unidos perdió su capacidad de vuelo espacial humano, y Estados Unidos se volvió dependiente de Rusia para llevar astronautas y suministros a la EEL, una situación incómoda para el gobierno es-

tadounidense (Lothian y Block, 2018). En consecuencia, la NASA aceleró planes con el sector privado para desarrollar capacidades de transporte humano, en el cual, el sector privado debía asumir la responsabilidad de las actividades de órbita terrestre baja (LEO), para que los fondos de la NASA pudieran usarse para los esfuerzos del espacio cislunar y el espacio solar (Lothian y Block, 2018).

Sin embargo, SpaceX no es la única compañía privada con una propensión para la toma de riesgos en el desarrollo de nuevos vehículos de lanzamiento espacial. Sir Richard Branson, el empresario británico detrás de Virgin Atlantic Airlines, también lidera Virgin Galactic, que se autodenomina como la primera línea espacial comercial del mundo. El plan Virgin Galactic para abrir espacio a un grupo más amplio de individuos, que los seleccionados por los gobiernos para viajes espaciales, ha involucrado dos aviones. El primero, llamado *WhiteKnightTwo*, es un avión pilotado de doble casco que se asemeja a un catamarán y está diseñado para grandes altitudes; se utiliza para levantar la segunda nave, que está tripulada por dos pilotos y lleva seis pasajeros. A una altitud de aproximadamente 50.000 pies, *WhiteKnightTwo* deja caer la nave más pequeña, que dispara un cohete que la envía al borde de la atmósfera. Los pasajeros experimentarían cuatro minutos de ingravidez antes de que la nave espacial vuelva a entrar en la atmósfera (Cohen, 2017).

El primer modelo de embarcaciones de transporte de pasajeros de Virgin se llama *SpaceShipTwo*; la primera nave sufrió un accidente catastrófico durante un vuelo de prueba el 31 de octubre de 2014. *SpaceShipTwo* utiliza un sistema inusual de cola emplumada para cambiar la posición de una fase de vuelo a la siguiente, y la nave puede regresar a la Tierra y aterrizar como planeador. El día del accidente, el piloto Peter Siebold alcanzó una velocidad de Mach 0.8, momento en el cual el copiloto Michael Alsbury movió una manija que controlaba el mecanismo de plumas desde el bloqueo hasta el desbloqueo, aunque eso no debería haberse hecho hasta que la nave espacial lograra una velocidad de Mach 1.4. Sin embargo, Alsbury no activó el sistema de plumas; en consecuencia, la carga aerodinámica superó a los actuadores que lo mantenían en su lugar, forzándolo a abrirse. Por consiguiente, *SpaceShipTwo* se fracturó en vuelo, matando a Alsbury e hiriendo gravemente a Siebold (Lothian y Block, 2018). Después del accidente, Branson decidió que la compañía seguiría adelante; el vuelo espacial es inherentemente temerario, pero el progreso siempre implica asumir riesgos. En efecto, la NASA tuvo que cancelar el programa del transbordador espacial después de dos accidentes catastróficos, por la presión de que dicho programa era alimentado con fondos de los contribuyentes; sin embargo, las empresas privadas del “nuevo espacio” utilizan sus propios fondos. Por tanto, en febrero de 2016, Virgin

Galactic presentó un modelo de reemplazo denominado *Virgin Spaceship Unity* (VSS), nombrado así por el físico Stephen Hawking.

Aunque Virgin Galactic es reticente respecto a fechas específicas en que los turistas espaciales puedan aspirar a un viaje, más de 700 personas se han inscrito para obtener un boleto, incluidas celebridades como Ashton Kutcher, Katy Perry, Leonardo DiCaprio y Kate Winslet, que pagaron US\$250 mil por adelantado por un asiento (Cohen, 2017). Aunque se ha implementado un nuevo sistema que evitaría que vuelva a ocurrir un accidente como el de 2014, el enfoque de Virgin Galactic depende de los pilotos, y en el nuevo grupo de pilotos de prueba está Kelly Latimer, quien anteriormente tenía la distinción de ser la primera mujer piloto de pruebas de la NASA.

Los desafíos que enfrenta Virgin Galactic son técnicos y económicos, y típicos de las empresas del "nuevo espacio". Más allá del desarrollo de un vehículo operativo, la compañía también debe capacitar a sus pilotos para que vuelen el vehículo, tanto en condiciones suborbitales, como a nivel del mar, lo cual no es una tarea intrascendente. Pero también debe comenzar a volar clientes y continuar volando a un ritmo bastante rápido para ganar el dinero necesario para continuar la investigación y el desarrollo, ya que no puede gastar el dinero de depósito de los pasajeros. En consecuencia, la presión sobre estas empresas y la necesidad de ser innovadores pueden llegar a ser intensas.

No hay escasez de enfoques y objetivos para las empresas del "nuevo espacio". La nave espacial Lynx de XCOR, es otra apuesta en el mercado suborbital, con la intención de llevar a un astronauta piloto, un participante y cargas científicas al límite del espacio exterior. *New Shepard*, una nave competidora que está siendo construida por la empresa Blue Origin de Jeff Bezos, apunta al mercado del turismo espacial; en este sentido, Blue Origin completó con éxito su tercer vuelo de prueba (sin tripulación), en abril de 2016.

Pero las compañías del "nuevo espacio" fuera de los Estados Unidos también están involucradas en el desarrollo de sistemas de lanzamiento innovadores. Éstas incluyen a Zero2infinity, una compañía de globos de alta altitud con sede en España, que tiene como objetivo entregar pequeños satélites a LEO, utilizando una combinación de un globo y un cohete; el vehículo, llamado *Bloostar*, tuvo su primera misión orbital a finales de 2018. Por su parte, Rocket Lab, una empresa estadounidense-neozelandesa, está desarrollando el pequeño vehículo de lanzamiento *Electron*, y comenzó lanzamientos en 2016 desde la Isla Norte de Nueva Zelanda; Rocket Lab ha enfatizado la tecnología avanzada utilizada en el desarrollo del motor. Sus elementos están im-

presos en 3-D, y el motor utiliza motores eléctricos para alimentar sus turbomotores (Lothian y Block, 2018).

Una empresa privada rusa llamada CosmoCourse, está construyendo también una nave espacial capaz de vuelos de turismo espacial suborbital; los desarrolladores, muchos de ellos exempleados del Centro Espacial de Investigación y Producción del Estado de Khrunichev, dicen que la nave estaría lista para 2020. Anteriormente, la actividad del turismo espacial ruso se había limitado en gran medida a aceptar clientes pagos como visitantes de la EEI, transportados en la nave espacial *Soyuz*, a través de la empresa privada estadounidense Space Adventures (Cohen, 2017).

Otro nuevo actor, Orbital ATK, está invirtiendo su propio capital en el desarrollo de una nave espacial de servicio satelital que sea capaz de repostar y realizar reparaciones menores en satélites geosíncronos; inicialmente, la nave espacial *Orbital* se acoplará mecánicamente con una nave espacial GEO y se hará cargo de la orientación, navegación y control (ONC) para apuntar, mantener la estación y el transporte orbital (como ajustar la inclinación y la ubicación de la órbita o pasar a la órbita de eliminación); por esa razón, se llama *Mission Extension Vehicle* (MEV). Solo después, asumirá tareas que incluyen reabastecimiento de combustible, reparación y capacidades de mejora de misión; Orbital está invirtiendo fuertemente en esas tecnologías, pero también está trabajando en transferencias de tecnología con la NASA.

En el sector espacial, se puede observar cómo cada vez más existen diferentes empresas de carácter privado que no solo desarrollan tecnologías de forma independiente, sino también trabajan de manera conjunta con diferentes agencias espaciales para optimizar recursos. Estas empresas se enfocan en pocas líneas de investigación y desarrollo, lo que les permite posicionarse como proveedores en diferentes campos tales como propulsión, plataformas de lanzamiento, facilidades para entrenamiento y simulación de misiones, desarrollo de equipos de protección, escape y supervivencia (Lothian y Block, 2018). Sin embargo, en la nueva dinámica de la exploración espacial se observa cómo las compañías privadas han empezado a ir más allá de ser contratistas de las grandes agencias, para convertirse en protagonistas con programas espaciales comerciales (Bockel, 2018).

Por último, Bigelow Aerospace, fundada por Robert Bigelow, el propietario multimillonario de la cadena de hoteles Budget Suites of America de Estados Unidos, es otro de los muchos actores del "nuevo espacio". Bigelow diseña y construye hábitats espaciales expandibles, modulares y presurizados. Por ejemplo, el hábitat llamado B330, puede ser desplegado por múltiples vehículos de lanzamiento; en efecto, una

cápsula SpaceX *Dragon* transportada en un cohete *Falcon 9* entregó un hábitat expandible Bigelow a la EEI, en abril de 2016 para su prueba. Adicionalmente, Bigelow tiene la intención de operar puestos de avanzada orbitales de vuelo libre para clientes que pagan, incluidos los turistas; sin embargo, en última instancia, el objetivo es desplegar estos hábitats portátiles en la Luna a partir de 2025. Con ese fin, Bigelow buscó y recibió en 2015 la garantía de la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos (FAA) de que podría realizar actividades comerciales en la superficie lunar sin interferencia; ese permiso fue precursor de nuevas acciones estadounidenses para alentar el desarrollo comercial del espacio ultraterrestre (Lothian y Block, 2018). El entonces presidente Barack Obama firmó en 2015 la Ley de Competitividad de Lanzamiento Espacial Comercial de los Estados Unidos (Ley Espacial de Estados Unidos). Una de las disposiciones clave contenida en la Ley Espacial protege los vuelos espaciales privados de la supervisión reguladora durante al menos los próximos ocho años. Otro aspecto clave de la Ley del Espacio se ocupó de lo que Bigelow mencionó como ayuda en el descubrimiento de recursos beneficiosos: la minería espacial.

4.1 La minería espacial

Las empresas estadounidenses han tomado la delantera en el campo de la minería espacial. Planetary Resources, Deep Space Industries y Shackleton Energy han expresado no solo su interés, sino su intención de liderar el camino en diversas actividades de extracción (James, 2018). Planetary Resources es una compañía minera de asteroides con sede en Washington; su nave espacial *Arkyd 3 Reflight* (A3R), se lanzó desde la EEI en julio de 2015, para probar la tecnología de exploración y búsqueda de asteroides, en previsión de la minería de asteroides. Deep Space Industries también tiene la intención de minar el espacio exterior, comenzando con la prospección. Shackleton Energy está adoptando un enfoque diferente, centrado en extraer agua de la Luna, convertirla en combustible para cohetes y crear estaciones de combustible en el espacio ultraterrestre, creando así una industria multimillonaria (Badescu, 2013). Claramente, estas compañías apuntan a ganar dinero, y eso significa que todas las bases legales para reclamar derechos sobre el agua y los minerales, como el platino, el paladio, el osmio y el iridio, deben estar garantizados (James, 2018).

La sección de la Ley Espacial de Estados Unidos del 2015, centrada en la minería de asteroides, reconoció los derechos de los ciudadanos estadounidenses a poseer los recursos que obtengan a través de la minería de asteroides. Aparentemente, esta disposición iría en flagrante contravía del Tratado del Espacio Exterior de 1967, que declara que éste debería ser la herencia común de la humanidad, para ser utilizado con fines

pacíficos, y en interés de todas las naciones, limitando la soberanía del Estado (Jakhu y Buzdugan, 2008). Pues bien, las empresas comerciales del espacio exterior quieren tanta certeza en la regulación como sea posible para tranquilizar a los inversores, y necesitarían que esas reglas sean relativamente entendidas y estables a través de un ciclo económico. Haciendo referencia a la Ley del Espacio de 2015, quienes apoyan la legislación de los Estados Unidos no consideran que la propiedad de los recursos recuperados y extraídos sea una declaración de soberanía, ya que eso sería una violación del Tratado del Espacio Exterior de 1967; la posición oficial parece ser que la propiedad de los Estados Unidos y otra jurisprudencia legal deberían corresponder al bien de todos, y dado que las empresas estadounidenses estarían llevando a cabo actividades de extracción primero, establecer buenos precedentes legales es la mejor manera de hacerlo. Según esa opinión, si China o Rusia decidieran continuar con la extracción y pudieran hacerlo con éxito, eso sería aceptable para los Estados Unidos.

Sin embargo, como se supondrá, ha habido una gran cantidad de puntos de vista sobre la legalidad de la minería espacial en general, y la Ley Espacial de los Estados Unidos en particular; por ejemplo, otros en la comunidad internacional tienen la opinión de que la Ley Espacial potencialmente viola el Tratado del Espacio Exterior (Dawson, 2018). Sin embargo, otros países también están interesados en la minería de asteroides y en la legislación para proteger los intereses de los inversores, como es el caso del Ministerio de Economía de Luxemburgo, que anunció que este pequeño Estado explorará la minería de asteroides como un sector clave de alta tecnología, y tratará de convertirse en el centro de los esfuerzos espaciales comerciales europeos (Doboš, 2019). Además, el director general de la Agencia Espacial de los Emiratos Árabes Unidos (EAU), anunció en marzo de 2016, que los EAU estaban redactando una ley similar a la Ley Espacial de los Estados Unidos, que abarca la exploración espacial humana y las actividades comerciales, incluida la minería (Dawson, 2018).

Si bien este tipo de actividad internacional crea competencia económica y a veces política, también estimula el desarrollo. Las proyecciones de ganancias en billones de dólares han estimulado este interés público y privado en la minería de asteroides, aunque las cifras son solo hasta el momento proyecciones (James, 2018). El platino vale alrededor de US\$ 28.000 dólares por kilo; por ende, la extracción de los primeros metros de un asteroide de un tamaño modesto de medio kilómetro de diámetro, podría producir alrededor de 130 toneladas de platino, con un valor aproximado de US\$3.600 millones; el asteroide Ryugu contiene toneladas de níquel, hierro, cobalto y agua, por un valor estimado de US\$95 mil millones (Klinger, 2017). Esta nueva y potencial "fiebre del oro" podría llegar a desencadenar una guerra astroeconómica

de importantes proporciones. Ciertamente, Estados Unidos podría ir a la guerra, si Rusia o China reclamaran la Luna, o incluso parte de ella, o de cualquier otro cuerpo celeste. Pero permitir la reclamación de soberanía de un cuerpo celeste, en parte o en su totalidad, no es lo que hace la legislación estadounidense de 2015; ésta solo cubre la extracción (Klinger, 2017). Queda por ver si esa situación conducirá a otra versión de la “guerra de las galaxias”, impulsada monetariamente, o si es otra en una larga lista de actividades espaciales que inherentemente exige una acción internacional cooperativa.

Sin embargo, debe suponerse que las mismas reglas son válidas en el espacio exterior como en términos terrestres; condiciones ambientales que promueven o disuaden el desarrollo: que a menos que una empresa se beneficie específicamente del conflicto, el conflicto cinético no es un buen augurio para las oportunidades de desarrollo económico. También se debe tener en cuenta que nada de lo que se está discutiendo para el desarrollo comercial en el espacio exterior es tan potencialmente valioso como lo es la propiedad inmobiliaria en órbita geosíncrona y, aunque no sin problemas, los usuarios están haciendo que eso funcione relativamente bien, ya que la estabilidad en el espacio ultraterrestre es importante para que estas empresas del sector privado sobrevivan y prosperen (Doboš, 2019).

4.2 Desechos espaciales

Los desechos o basura espacial son definidos como cualquier objeto artificial, incluyendo fragmentos o elementos presentes en la órbita de la Tierra o reentrando a la atmósfera, los cuales no están en funcionamiento (International Association of Drilling Contractors -IADC, 2002). En la actualidad, la basura espacial sigue siendo un problema en ascenso, debido a la presencia de satélites inactivos y diversos tipos de residuos derivados de la exploración espacial. El problema no solo radica en la contaminación de la órbita, sino también en el constante choque de algunos residuos contra equipos que se encuentran en operación, generando grandes pérdidas económicas y aún más, los peligros relacionados con la actividad extra vehicular de los astronautas que puede inclusive afectar su supervivencia, por el riesgo de que un residuo choque con su traje presurizado.

Un ejemplo del problema de la basura espacial se observa con el choque en 2009 de un satélite de la compañía Iridium, contra un satélite inactivo ruso *Cosmos 2251*, lo que creó miles de nuevas piezas con potencial riesgo para la operación espacial. Así mismo, cada día la operación de satélites ha obligado a tener un monitoreo continuo

y de mayor precisión de la basura espacial, para ejecutar maniobras que permitan esquivar el potencial daño (Witze, 2018). El problema radica en el creciente número de objetos lanzados al espacio exterior, sin que muchos de ellos hayan sido regresados a la Tierra para realizar su respectiva destrucción y/o reciclaje. En solo 2017, se lanzaron un poco más de 400 satélites de compañías privadas, militares y civiles, cuatro veces más que el promedio registrado entre 2000 y 2010 (Witze, 2018).

Para hacer frente al creciente número de basura espacial, se creó en 1993 el Comité Interagencial de Cooperación para Residuos Espaciales (IADC), en el cual participan ESA (Europa), NASA (Estados Unidos), JAXA (Japón), ROSCOSMOS (Rusia), ASI (Italia) CNES (Francia), CNSA (China), CSA (Canadá), DLR (Alemania), KARI (Sur Corea), ISRO (India), NSAU (Ucrania) y UKSA (Reino Unido). Este comité fue fundado para permitir un intercambio técnico y coordinaciones para el manejo de la basura espacial (Agencia Espacial Europea -ESA-, 2019). Las medidas para mitigar este tipo de crecimiento de desechos espaciales se enmarcan en cuatro, que son aceptadas internacionalmente (ESA, 2019): 1) limitación de desechos espaciales liberados durante operaciones normales; 2) reducción de rupturas potenciales de elementos en el espacio; 3) disposición pos-misión y, 4) prevención de colisiones en órbita. Para 2018, se observan más de 20.000 objetos en el espacio exterior, y en promedio 11 fragmentaciones no deseadas ocurren en el ambiente espacial cada año; así mismo, en la última década, la carga de lanzamientos ha ido cambiando hacia cargas útiles pequeñas menores a 10 kg de masa en la órbita baja. Se calcula que cerca del 30 al 60% de la masa de cargas útiles en el espacio se acerca al final de su operación en esta década en la órbita baja (ESA, 2019).

En este sentido, un nuevo mercado se ha ido desarrollando en búsqueda de soluciones para los desechos espaciales. Uno de estos campos es el de su monitorización, en el cual, empresas como NorthStar Earth and Space y ComSpOC, utilizan la tecnología satelital para rastrearlos y lanzar alertas sobre posibles colisiones como parte del programa Conciencia Situacional Espacial. Otras empresas y organizaciones, como la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, realizan rastreo desde la Tierra a través de radares y telescopios. Este tipo de servicios puede representar ingresos por más de \$1 trillón de dólares canadienses por año (Loomis, 2015; Morrow, 2019).

Otro campo con potencial económico importante lo constituye los sistemas para la recuperación de la basura espacial. En la actualidad, cerca del 95% de los objetos en el espacio son piezas inactivas; las iniciativas que tratan de poner en órbita de descenso estos objetos se encuentran en desarrollo. Ejemplo de este tipo de sistemas es el

proyecto RemoveDEBRIS, desarrollado por el Centro de Investigaciones Espaciales de la Universidad de Surrey (Reino Unido), el cual busca redireccionar los satélites hacia una órbita que les permita reentrar a la atmósfera (Witze, 2018). Este proyecto ha sido apoyado y cofinanciado por la Comisión Europea y otros inversores como Airbus, ISIS (Países bajos), CSEM (Suiza) y la Universidad de Stellenbosch (Suráfrica). El sistema cuenta con diferentes aplicaciones para la captura de desechos espaciales como redes, arpones y también con un sistema de visualización. En la actualidad, se encuentra realizando pruebas desde la Estación Espacial Internacional y está siendo operado desde Surrey Reino Unido (University of Surrey, 2016; University of Surrey, 2018; Lothian y Block, 2018).

5. Conclusiones

Aunque ningún otro Estado invierte tanto en el espacio como Estados Unidos, la capacidad del gobierno norteamericano para influir en la política espacial global ha disminuido considerablemente con el tiempo. De alguna manera, el espacio exterior se ha convertido en activo mercantil; y debido a su valor estratégico, así como a la gran dependencia de casi todas las industrias a la infraestructura espacial, tiene una importancia especial y se ha convertido en un recurso nacional crítico (Dudley y Gangale, 2012). Los rendimientos de las inversiones en programas espaciales no siempre son evidentes, inmediatos o sostenidos en el tiempo. Pero la evidencia está creciendo sobre los diversos beneficios que las partes interesadas en los sectores público y privado pueden llegar a obtener en términos de operaciones mejoradas, empleos calificados, así como nuevos productos y servicios nacidos de programas de I+D espacial pasados o presentes.

Además, las ganancias de eficiencia y productividad derivadas del uso de aplicaciones espaciales también se están volviendo más visibles en sectores muy diversos de la economía y la sociedad; desde la agricultura hasta la energía, desde la vigilancia hasta las transacciones financieras, los actores institucionales y las empresas privadas utilizan cada vez más datos y señales satelitales. Los satélites también juegan un papel clave en proporcionar infraestructura de comunicaciones instantáneas a regiones que carecen de instalaciones terrestres, contribuyendo a vincular áreas rurales y aisladas con centros urbanizados. Aunque el desarrollo de programas espaciales, en principio, requiere de grandes inversiones de capital, es claro que el retorno de éstas es mucho mayor de las tradicionales y, en algunos casos, exponencial. Los países que han apostado por el desarrollo de programas espaciales, han logrado un retorno de inversión en el corto, mediano y largo plazo, a través de la integración de diferentes

actores pertenecientes a la triada universidad, empresa privada y Estado, los cuales cuentan adicionalmente con capital de riesgo para invertir en apuestas en el campo espacial e inclusive apoyar nuevos emprendimientos.

Mirar hacia el crecimiento futuro de las compañías espaciales comerciales y los aspectos multinacionales del espacio comercial, plantea una pregunta interesante con respecto al poder espacial de los países. Específicamente, ¿será posible que los intereses comerciales reemplacen a otros intereses nacionales en el espacio exterior? La respuesta corta es no.

Además del claro uso dual de todos los productos espaciales, el derecho internacional del espacio, tal como se define en los tratados actuales de las Naciones Unidas sobre el espacio ultraterrestre, hace a los Estados responsables de las acciones de sus ciudadanos en el espacio ultraterrestre. Para llegar al espacio exterior y hacer cualquier cosa allí, una empresa necesitará la aprobación formal de un Estado matriz. Dado que cada Estado puede ser responsable de manera conjunta y separada de ciertos tipos de daños causados por objetos espaciales, será difícil, si no imposible, que una empresa opere en el espacio exterior sin supervisión. Por tanto, a menos que los principios legales de la actividad espacial cambien, los intereses comerciales estarán subordinados a los intereses nacionales en el espacio y se enfrentarán a controles regulatorios importantes.

Hoy, el espacio es una oportunidad económica, así como una curiosidad intelectual y espiritual. Aquellos que de jóvenes se entusiasmaban por los lanzamientos de cohetes y las caminatas lunares, se han convertido en líderes mundiales en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, produciendo bienes y servicios de alto valor agregado e intensivos en conocimiento, comercializados en una cadena de suministro global.

Diariamente, la economía espacial global proporciona datos e información esenciales para todos y cada uno de los colombianos(as); desde Internet y banca personal, hasta el sistema de navegación que usan aviones, barcos, autos o teléfonos. El espacio exterior también es responsable de la información necesaria que permite el monitoreo del clima, la planificación y gestión de emergencias y, sirve como base para la formación de nuevas generaciones de investigadores, científicos y matemáticos, que han permitido que las economías y sociedades alcancen un mayor progreso tecnológico y niveles de vida más altos.

La economía espacial mundial es considerable y está creciendo. Durante gran parte de su historia, el sector espacial había sido típicamente una industria liderada, finan-

ciada y administrada por el gobierno; las agencias espaciales internacionales habían dominado la agenda e impulsado la estrategia y el establecimiento de objetivos, ya que los altos costos y riesgos asociados con la antigua industria espacial requerían una considerable participación del gobierno. Pero esto está cambiando; la reciente tendencia hacia la descentralización de la actividad fuera del gobierno y hacia el sector privado, ha estimulado el crecimiento de los componentes comerciales de la cadena de suministro espacial, por lo que la actual economía espacial se caracteriza por un número cada vez mayor de organizaciones privadas e inversores, que trabajan junto con las agencias espaciales para lograr los objetivos de la agenda espacial de sus respectivos Estados.

Esto ha abierto oportunidades para que países como Colombia participen y se beneficien de la economía espacial, por lo que la nueva agenda nacional es clara: Colombia puede y debe desempeñar un papel en el crecimiento de la economía espacial mundial. Este valor deriva de la importancia inherente del espacio como sector económico, pero lo que es más importante, los efectos secundarios de la tecnología relacionada con el espacio en otros sectores clave de la economía. Con probada experiencia en áreas de nicho de la cadena de suministro global, la industria colombiana tiene la capacidad de capitalizar este potencial de crecimiento. El pequeño tamaño de la actual industria espacial colombiana es en realidad una fortaleza, porque invita a que todas las organizaciones de la economía espacial colombiana colaboren activamente entre sí, creando capacidad de investigación especializada para apoyar a las organizaciones comerciales. Esto presenta una oportunidad única para que Colombia desarrolle un ecosistema espacial, donde el Estado, las universidades y las empresas privadas, establezcan un enfoque coordinado para competir en la cadena de suministro global de la industria espacial.

Sin embargo, esta es una industria donde las conexiones y la reputación importan, y donde surgen ventajas competitivas arraigadas como resultado de décadas de inversión en capacidad especializada; no es una industria que se pueda construir de la noche a la mañana. El Estado colombiano y el sector privado están obligados a tomar decisiones inmediatas que permitan crear las condiciones para el fomento de una industria espacial colombiana madura, por lo cual la pregunta que surge es: ¿qué decisiones se deben tomar hoy para asegurar que estas oportunidades y ambiciones se realicen en beneficio de Colombia? Con fuertes perspectivas de crecimiento global, un enfoque nacional renovado a partir del actual gobierno y una industria local ambiciosa, la economía espacial es un área que requiere comprensión, pero desafortunadamente no existe ni siquiera una base de información en Colombia que dé cuenta

de cuál es el grado de dependencia de la economía colombiana de las actividades basadas en el espacio exterior, y, por tanto, de cuánto aporta la economía espacial al conjunto del PIB nacional.

Colombia, al participar del proceso de globalización económica, se ha vuelto dependiente de las actividades espaciales comerciales, y junto con la dependencia viene la vulnerabilidad, sobre todo si los productos o servicios espaciales que se requieren son proveídos por Estados o empresas privadas extranjeras. Por ende, además de ser económicamente importantes, las actividades espaciales comerciales son vitales para la seguridad multidimensional de Colombia, principalmente por tres razones: 1) proporcionan productos y servicios al Ministerio de Defensa y a los recursos de inteligencia del Estado colombiano; 2) las telecomunicaciones por satélite apoyan actividades vitales para la economía nacional, como el transporte y la banca colombiana y, 3) los satélites comerciales son esenciales para el comercio diario.

Referencias

- Agencia Espacial Europea -ESA- (2019). *ESA's Annual Space Environment Report*. Obtenido de <https://bit.ly/2LFgLxs>
- Álvarez, C. (2017). Ocupación de los espacios vacíos: una condición *sine qua non* para la seguridad multidimensional en Colombia. En Álvarez, C. (Ed.). *Escenarios y desafíos de la seguridad multidimensional en Colombia*. Bogotá: Esdegue, pp. 307-386.
- Álvarez, C. y Zambrano J. (2017). Globalización desviada: plataforma de convergencia criminal. En Álvarez, C. (Ed.). *Escenarios y desafíos de la seguridad multidimensional en Colombia*. Bogotá: Esdegue, pp. 249-306.
- Badescu, V. (2013). *Asteroids: Prospective Energy and Material Resources*. Berlín: Springer.
- Bockel, J. (2018). *The Future of the Space Industry*. París: NATO Parliamentary Assembly.
- Cohen, E. (2017). The Paradoxes of Space Tourism. *Tourism Recreation Research*, 42(1), 22-31.
- Dawson, L. (2018). *War in Space: The Science and Technology Behind Our Next Theater of Conflict*. Washington: Springer Praxis Books.
- Doboš, B. (2019). *Geopolitics of the Outer Space: A European Perspective*. Prague: Springer.
- Dudley, M. y Gangale, T. (2012). Forecasting the Political Economy of the Inner Solar System. *Astropolitics*, 10(3), 183-233.

- Hertzfeld, H. (2009). Commercial Space and Spacepower. En Lutes, C. y Hays, P. (Eds.). *Toward the Theory of Spacepower: Selected Essays*. Washington: Institute for National Strategic Studies, pp. 83-103.
- Higginbotham, B. (2018). *The Space Economy: An Industry Takes Off*. Washington: U.S. Chamber of Commerce.
- International Association of Drilling Contractors -IADC- (2002). *Inter-Agency Space Debris Coordination Committee*. Space Debris Mitigation Guidelines. IADC.
- Jakhu, R. y Buzdugan, M. (2008), Development of the Natural Resources of the Moon and Other Celestial Bodies: Economic and Legal Aspects. *Astropolitics*, 6(3), 201-250.
- James, T. (2018). *Deep Space Commodities: Exploration, Production and Trading*. Gewerbestrasse: Plagrove MacMillan.
- Johnson, J. (2017). *Space Warfare in the 21st Century: Arming the Heavens*. New York: Routledge.
- Klinger, M. (2017). *Rare Earth Frontiers: From Terrestrial Subsoils to Lunar Landscapes*. Ithaca: Cornell University Press.
- Leloglu, U. y Kocaoglan, E. (2008). Establishing Space Industry in Developing Countries: *Opportunities and Difficulties*. *Advances in Space Research*, 42(11), 1879-1886.
- Lockney, D. (2010). *NASA's Space Shuttle: Perspectives on Technology Transfer*. Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- Loomis, I. (2015). Private firms spy a market in spotting space junk. *Nature*. Obtenido de <https://go.nature.com/2IqkHIO>
- Lothian, P. y Block, W. (2018). *Space Capitalism: How Humans Will Colonize Planets, Moons, and Asteroids*. Gewerbestrasse: Plagrove MacMillan.
- Morrow, A. (2019). *Why tracking space junk is big business*. Rfi Economy. Obtenido de <https://bit.ly/335KOWX>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos -OECD- (2014). *The Space Economy at a Glance 2014*. París: OECD Publishing.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos -OECD- (2016). *Space and Innovation*. París: OECD Publishing.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos -OECD- (2019). *The Space Economy in Figures: How Space Contributes to the Global Economy*. París: OECD Publishing.
- Roesner, J. (2000). Technology Transfer. En Hill, C. (Dd.). *Science and Technology Policy in the US: A Time of Change*. London: Longman, pp. 13-42.
- Space Angels (2019). *Space Investment Quarterly: Q4 2018*. Obtenido de <https://bit.ly/30QMW3g>

- Stanley, M. (2019). *Space: Investing in the Final Frontier*. Obtenido de: <https://mgstn.ly/2H10yEq>
- University of Surrey (2016). *Removedebris*. Obtenido de <https://bit.ly/2z2HrWE>
- University of Surrey (2018). *RemoveDEBRIS completes reconnaissance and navigation test*. Obtenido de <https://bit.ly/2CRQyK0>
- Weinzierl, M. (2018). Space: The Final Economic Frontier. *Journal of Economic Perspectives*, 32(2) 173-192.
- Wingo, D. (2009). Economic Development of the Solar System: The Heart of a 21st Century Spacepower Theory. En Lutes, C. y Hays, P. (Eds.). *Toward the Theory of Space Power: Selected essays*. Washington: Institute for National Strategic Studies, pp. 150-174.
- Witze, A. (2018). The quest to conquer the space junk problem. *Nature*, 561(7721), 24-26.