

NOTA TÉCNICA N° IDB-TN-2974

El sector espacial como impulsor de la I+D y el desarrollo empresarial

Una revisión de instrumentos de política

Preparado para el Banco Interamericano de Desarrollo por:

Andrés López
Paulo Pascuini

Banco Interamericano de Desarrollo
Sector de Instituciones para el Desarrollo
División de Competitividad, Tecnología e Innovación

Julio 2024



El sector espacial como impulsor de la I+D y el desarrollo empresarial

Una revisión de instrumentos de política

Preparado para el Banco Interamericano de Desarrollo por:

Andrés López
Paulo Pascuini

Banco Interamericano de Desarrollo
Sector de Instituciones para el Desarrollo
División de Competitividad, Tecnología e Innovación

Julio 2024



**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo**

López, Andrés.

El sector espacial como impulsor de la I+D y el desarrollo empresarial: una revisión de instrumentos de política / Andrés López, Paulo Pascuini.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2974)

Incluye referencias bibliográficas

1. Education-Effect of technological innovations on-Latin America. 2. Education-Effect of technological innovations on-Caribbean Area. 3. Research and development projects-Latin America. 4. Research and development projects-Caribbean Area. 5. Research, Industrial-Latin America. 6. Research, Industrial-Caribbean Area. 7. Science and state-Latin America. 8. Science and state-Caribbean Area. I. Pascuini, Adrián Ramos. II. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Competitividad, Tecnología e Innovación. III. Título. IV. Serie.

IDB-TN-2974

Códigos JEL: G20, G21, G30, J16, L26

Palabras clave: acceso al financiamiento, empresas de mujeres, financiamiento empresarial, Uruguay

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2024 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Nótese que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



El sector espacial como impulsor de la I+D y el desarrollo empresarial: una revisión de instrumentos de política

Andrés López^(1,2) y Paulo Pascuini^(1,2)



Resumen:

Este estudio hace un relevamiento de los instrumentos utilizados por siete de las agencias espaciales más importantes del mundo para promover la I+D, tanto en el sector privado como en las instituciones del sistema de ciencia y tecnología, y estimular la generación, crecimiento y consolidación de empresas en el sector espacial y en otras áreas. Con base en este relevamiento, el trabajo propone dos grandes líneas de acción para contribuir al diseño de instrumentos que maximicen el impacto de las actividades de las agencias espaciales en América Latina y el Caribe (ALC) sobre el desarrollo tecnológico y productivo de la región. El rápido avance en la generación de nuevas tecnologías y aplicaciones espaciales disruptivas y el creciente papel del sector privado, tanto en el desarrollo de esas innovaciones como en la provisión de bienes y servicios comerciales basados en tecnología espacial, están transformando la economía del espacio. Estos procesos presentan desafíos significativos para las agencias e instituciones espaciales civiles en todo el mundo, ya que estas fueron creadas durante la vigencia de un paradigma dominado por la actividad estatal y los objetivos científicos y geopolíticos. En ALC, el rol del sector privado en la actividad espacial es aún limitado, aunque existen varios emprendimientos operativos con diverso grado de madurez tecnológica y comercial. A su vez, en algunos países de la región se han desarrollado actividades espaciales, comandadas por agencias e instituciones públicas que han acumulado activos, capacidades y conocimientos con potencial de generar externalidades y otro tipo de impactos positivos sobre los emprendimientos privados, tanto espaciales como no espaciales. Sin embargo, en un contexto en el que los sistemas de incentivos y mecanismos específicos dirigidos a promover la vinculación entre aquellas agencias e instituciones y el sector privado no existen (o son muy débiles) y donde hay fallas de coordinación que dificultan tales vinculaciones, la materialización de los impactos positivos puede verse obstaculizada.

¹ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Departamento de Economía. Buenos Aires, Argentina.

² CONICET-Universidad de Buenos Aires. Instituto Interdisciplinario de Economía Política. Buenos Aires, Argentina.

Los autores agradecen la valiosa colaboración de Gonzalo Brizuela.

Índice

1. Introducción	3
2. Marco conceptual para analizar las políticas de promoción de la innovación y el desarrollo empresarial en el sector espacial	7
3. Actividades y metodología	10
3.1 Identificación preliminar de los instrumentos	10
3.2 Definición de la lista de instrumentos a relevar	11
3.3 Relevamiento y caracterización de los instrumentos	11
4. Mapeo de los instrumentos	12
4.1 Promover la generación y desarrollo de empresas	14
4.2 Fomentar actividades de I+D	18
4.3 Objetivos múltiples: desarrollo de empresas y fomento de actividades de I+D	20
5. Identificación de líneas de acción, requerimientos y limitaciones	22
5.1 Líneas de acción	22
5.2 Requerimientos y limitaciones	25
6. Reflexiones finales	28
7. Bibliografía	30
8. Anexos	34
8.1 Anexo I - Descripción de instrumentos	34
8.2 Anexo II - Caracterización de instrumentos	39
8.3 Anexo III - Instrumentos para desarrollar la actividad espacial privada en una agencia espacial naciente: el caso de España	42

1. Introducción

El sector espacial vive actualmente a nivel global una etapa denominada *New Space*, caracterizada por el logro de enormes avances tecnológicos y por su significativo dinamismo industrial y comercial. Entre los principales fenómenos que distinguen al *New Space* se incluyen i) la aparición de nuevas formas de diseño, fabricación, testeo y lanzamiento de satélites (Pelton, 2019), y ii) el aumento de la participación privada y de las finalidades comerciales en la exploración espacial con el desarrollo de nuevos productos y servicios de uso civil basados en tecnología espacial (Paikowsky, 2017; Muelhaupt et al., 2019; Del Canto Viterale, 2023).

Se han propuesto diversos conceptos para definir y dimensionar la actividad espacial, tales como industria espacial (Bromberg, 1999), sector aeroespacial (Weiss y Ami, 2014), sector espacial (OCDE, 2012) y economía del espacio (OCDE, 2007; 2012), siendo este último el que tiene la definición más amplia. Se habla de economía del espacio cuando se hace referencia al conjunto de actividades que, mediante la exploración, la comprensión, la gestión y el uso del espacio, crean valor y generan beneficios a la humanidad (OCDE, 2012).³ Si se analiza la cadena de valor de la economía del espacio de forma simplificada, se identifican cuatro eslabones principales. Aguas arriba se ubican el primero, integrado por los centros de I+D, universidades y laboratorios, y el segundo, compuesto por los fabricantes de satélites, lanzadores y segmentos terreno y sus componentes. Por su parte, aguas abajo, se encuentran el tercer eslabón, con los operadores de satélites de telecomunicaciones e imágenes, y el cuarto, con los proveedores de servicios basados en información satelital (OCDE, 2012).

De acuerdo con el último reporte anual de la Satellite Industry Association (SIA, 2023), los ingresos de la economía del espacio a nivel global alcanzaron los US\$ 384.000 millones en 2022. SIA segmenta los ingresos de la economía del espacio entre aquellos que corresponden a la industria satelital y los de la industria no satelital. Esta última incluye el presupuesto espacial gubernamental y los ingresos asociados a actividades de vuelos espaciales comerciales tripulados. La industria satelital representó el 73% de la economía del espacio en 2022. Ese 73% se distribuyó en equipos terrenos⁴ (37,7 puntos porcentuales (p.p.)), servicios satelitales (29,4 p.p.), manufactura de satélites (4,1 p.p.) e industria de lanzadores (1,8 p.p.). Por su parte, la industria no satelital, contó en 2022 con un presupuesto gubernamental espacial global de US\$ 101.700 millones y los ingresos por actividades de vuelos espaciales comerciales tripulados llegaron a US\$ 1.500 millones (SIA, 2023).

Muchos empresarios exitosos en otros sectores se han visto atraídos por las perspectivas de innovación y el potencial de crecimiento de la economía del espacio. Algunos de los más conocidos son el fundador de PayPal, Elon Musk, que creó SpaceX (servicios de lanzamiento de grandes satélites entre otras actividades); Jeff Bezos, propietario de Amazon, fundó Blue Origin (desarrollo de grandes lanzadores para servicios de lanzamiento); Richard Branson, dueño del grupo Virgin, invirtió en dos proyectos espaciales: Virgin Galactic (turismo espacial) y Virgin Orbit (de lanzamiento aéreo de pequeños satélites y declarada en quiebra en 2023); y el cofundador de Microsoft, Paul Allen (fallecido en 2018) creó Stratolaunch (lanzamiento aéreo de grandes cohetes). Ellos son solo un ejemplo de una tendencia

³ La definición completa, mucho más extensa, se encuentra en OCDE (2012), p. 20.

⁴ Aquí se incluyen equipos de red, de conexión con señales de TV satelital, radio e Internet y dispositivos de geolocalización.

mayor en la que empresarios privados de diversas procedencias invierten en actividades antes reservadas a las agencias espaciales y financiadas por el Estado.

Sin embargo, el actual protagonismo del sector privado en la economía del espacio no está separado del desarrollo de los programas espaciales gubernamentales. De hecho, al igual que ocurrió en el pasado con otras industrias de alta tecnología (Mazzucato, 2015; Mowery y Rosenberg, 1993), los activos, conocimientos y capacidades (tanto físicas como humanas y organizacionales) generados a partir de programas financiados con fondos públicos han tenido derrames importantes sobre el desarrollo de la actividad privada. En el sector espacial, las principales fuentes de dichos derrames son las tecnologías y los conocimientos desarrollados en el marco de los programas gubernamentales, el capital humano formado en carreras universitarias originalmente creadas para satisfacer la demanda de personal de las agencias espaciales y otros actores del sector público, y la creación de nuevos estándares técnicos para diversos sectores productivos (Venturini y Verbano, 2014). Si bien algunos derrames ocurren de forma más o menos espontánea, otras veces se producen por alianzas o consorcios que pueden involucrar a actores de dentro o de fuera del ecosistema espacial y por programas o instrumentos específicamente orientados a promover las vinculaciones entre las agencias e instituciones espaciales y el sector privado. Estas vinculaciones tienen por objetivo, entre otros, transferir tecnología, fomentar el desarrollo de nuevos emprendimientos (espaciales y no espaciales), fortalecer el entramado de proveedores y promover las innovaciones en productos y procesos, tanto dentro como fuera de la cadena espacial.

Los esfuerzos y actividades de vinculación y transferencia tecnológica tienen sus raíces en la década de 1960, cuando la agencia espacial estadounidense -National Aeronautics and Space Administration (NASA)- creó la oficina de información técnica y programas educativos para diseminar el conocimiento y la tecnología espacial hacia el resto de la economía y la sociedad en EE UU. Este objetivo se propagó gradualmente a escala mundial (Venturini y Verbano, 2014). Históricamente, las tecnologías espaciales se han transferido hacia sectores como las telecomunicaciones, el transporte, la atención médica y la defensa (Petroni y Venturini, 2023). De hecho, cada vez hay más evidencia sobre la magnitud e impacto de estas transferencias. Por ejemplo, la NASA identificó entre 1976 y 2018 un conjunto de casos exitosos surgidos como *spin-off* de sus actividades principales, que tuvieron lugar en diversos sectores manufactureros, en la actividad informática y la gestión de recursos y del medioambiente (Olivari et al., 2021).

Existen otros estudios en distintos países que registran los impactos positivos de vincular agencias e instituciones espaciales con el sector privado. Por ejemplo, después de evaluar la participación de Noruega en los programas científicos de la European Space Agency (ESA), se documentaron varias transferencias de tecnología a empresas de ese país que fueron contratistas en aquellos programas (Olivari et al., 2021). En Suiza, se realizó un análisis sobre la financiación a empresas e institutos de investigación del país a través de programas de la ESA y la Swiss Space Office (SSO). Un 60% de los encuestados dijo que su participación en dichos programas había derivado en innovaciones de productos para mercados no espaciales, y más de un 50% afirmó que había diversificado sus clientes y mercados objetivos (Barjak et al., 2015). Un análisis sobre la participación del Reino Unido en el programa Advanced Research in Telecommunications Systems (ARTES) de la ESA incluyó una encuesta a 40 contratistas británicos que reveló que la participación en el mismo condujo al fortalecimiento de las asociaciones existentes y a la creación de nuevas asociaciones

dentro de la industria, la mejora en habilidades, conocimientos y capacidades de las empresas, y el aumento de la visibilidad y el conocimiento respecto de las ideas y/o tecnologías de los proyectos de las empresas participantes (Technopolis, 2019). En Corea, un estudio sobre el impacto de las actividades de I+D de la agencia espacial Korea Aerospace Research Institute (KARI) identificó que esta había realizado 326 transferencias desde 2001 (el 80% de las cuales involucraron licenciamiento de tecnologías), que incrementaron las ventas de las empresas receptoras en un 20% (Olivari et al., 2021).

La literatura que estudia las actividades de vinculación de las agencias espaciales ha sido revisada por Venturini y Verbanò (2014), quienes se enfocan en los instrumentos y mecanismos utilizados para canalizar esa colaboración. Otros trabajos apuntan a objetivos similares. López et al. (2021) identifican instrumentos de vinculación tecnológica utilizados por las agencias espaciales de Corea, India y Japón. Petroni et al. (2010) estudian casos donde el conocimiento acumulado a partir de la construcción de satélites permite transferir tecnología hacia otras industrias. Petroni y Venturini (2023) analizan las transferencias generadas en seis de las misiones astrofísicas más importantes de la ESA durante las dos primeras décadas de este siglo. Amesse et al. (2002) examinan el programa espacial canadiense, sus *spin-off* y los impactos económicos, con foco en la vinculación de las empresas canadienses con las misiones de la ESA y en el programa Strategic Technologies in Automation and Robotic (STEAR) de la Agencia Espacial Canadiense (CSA), que ha promovido una nueva generación de pymes para la robótica espacial. Becerra-Fernández et al. (2000) estudian el Programa de Asociación Empresarial de Instituciones Minoritarias de la NASA, que aporta infraestructura para transferir tecnología y se basa en una alianza entre la NASA y cuatro instituciones minoritarias de educación superior⁵ del estado de Florida. Venturini et al. (2013) investigan dos casos de transferencia de tecnología que involucran a la Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) para identificar los modelos organizativos y los determinantes de este proceso, en particular, quiénes son los actores involucrados y la naturaleza de sus roles.

Los procesos de vinculación de la industria espacial con otros sectores productivos están adquiriendo una importancia cada vez mayor debido al interés en identificar nuevas aplicaciones y oportunidades de negocios basadas en las tecnologías espaciales, así como en promover el desarrollo de nuevas habilidades y fomentar procesos de innovación en el aparato industrial. Al colaborar con las agencias e instituciones espaciales, las empresas pueden acceder a conocimiento y recursos de vanguardia y las instituciones públicas pueden entrar en contacto con las tecnologías y capacidades de las empresas privadas (Venturini et al., 2013).

Este creciente interés por los procesos de vinculación adquiere mayor relevancia en el contexto del actual paradigma de democratización del espacio (Baiocchi y Welser IV, 2015), en el que se reduce el costo de acceso al espacio y se fabrican satélites capaces de recoger cantidades de datos cada vez mayores. Esto permite que más usuarios accedan a los beneficios y oportunidades que brinda la actividad espacial. En este escenario, la dimensión económica y la presencia privada en la industria espacial toman mayor protagonismo a partir del uso de tecnologías más eficientes, baratas y escalables. Así, las capacidades tecnológicas acumuladas permiten al sector privado generar nuevos mercados, tener una creciente preponderancia en

⁵ Son instituciones con altas concentraciones de estudiantes que corresponden a minorías que históricamente han estado infrarrepresentadas en la educación superior.

actividades antes exclusivas de las agencias espaciales (Weinzierl, 2018) y encontrar nuevos nichos rentables para desarrollarse tanto en actividades espaciales hacia el espacio (*space-for-space*) como en actividades espaciales con aplicación en la Tierra (*space-for-Earth*) (Weinzierl y Sarang, 2021).

La mayor influencia de los factores económicos en la actividad espacial requiere nuevas formas de relación entre los sectores público y privado en varios ámbitos, entre los que se incluye el rol de las agencias e instituciones espaciales y los mecanismos de inversión y de transferencia de tecnología. La emergencia de nuevas finalidades y actores presenta grandes desafíos para estos organismos en todo el mundo, ya que fueron concebidos en un contexto en el que el Estado monopolizaba la actividad espacial con fines principalmente geopolíticos (i.e. la carrera espacial) y científicos (también militares, aunque frecuentemente esta última actividad era y es desarrollada por otros organismos estatales). En el escenario del *New Space*, las agencias e instituciones espaciales pueden utilizar sus capacidades y recursos para promover actividades de I+D en el sector privado (así como en las instituciones del sistema de ciencia y tecnología) y estimular la emergencia de jóvenes emprendedores espaciales y el desarrollo de nuevas empresas y de nuevas tecnologías aplicables dentro y fuera del sector. A su vez, la vinculación con el sector privado tiene una serie de beneficios potenciales para el ecosistema espacial: i) puede estimular la innovación, reducir costos y acelerar el desarrollo de tecnologías y servicios espaciales (OCDE, 2016); ii) puede fomentar la inversión a través del aporte conjunto de recursos y la distribución de riesgos (Space Frontier Foundation, 2018), y iii) permite combinar las competencias, los recursos y las perspectivas de ambos sectores (Weinzier, 2018).

El estudio de las experiencias de vinculación de agencias espaciales con el sector productivo puede interesar a los hacedores de política de aquellas naciones donde la actividad espacial aún está en ciernes o donde los resultados están más centrados en objetivos de investigación científica y tecnológica o en demandas de la política pública y tienen un menor impacto económico relativo. Este es el caso de buena parte de los países de ALC que realizan actividad espacial. A diferencia de los países antes mencionados, en la región aún no se ha hecho énfasis en la implementación de instrumentos orientados a potenciar el impacto de la actividad espacial sobre el sector privado (ni espacial ni no espacial). Además, las conexiones de las instituciones estatales con el sector productivo son más bien débiles.

En este escenario, algunos estudios de la región han intentado contribuir a plantear una agenda que promueva transferencias desde el sector espacial hacia el aparato productivo y las empresas privadas. Algunos de ellos (Drewes, 2014; De León, 2015; López et al., 2018; Pascuini, 2020; Alvarez, 2021) investigaron el ecosistema espacial argentino enfocándose en distintas dimensiones, entre ellas, la evolución de las capacidades tecnológicas, las oportunidades de integración local y los mecanismos de gobernanza institucional del sector espacial. López et al. (2021) analizan el nivel de integración local y los encadenamientos productivos generados por la actividad espacial argentina, mientras que Pascuini y López (2022) estudian el potencial de inserción de las empresas argentinas en las nuevas tendencias globales de la economía del espacio. También hay trabajos que exploran problemáticas similares en Brasil. Por ejemplo, Vellasco (2019) analiza cómo, entre 1996 y 2018, el ordenamiento institucional del programa espacial brasileño condicionó el comportamiento de los distintos actores y organizaciones y afectó al desarrollo de su industria espacial. Cabello et al. (2022) estudian cómo la evolución del

presupuesto espacial de Brasil ha generado volatilidad en su política espacial y ha impuesto restricciones al crecimiento y la expansión del sector privado.

El objetivo del presente trabajo es identificar instrumentos⁶ de vinculación utilizados por agencias espaciales de diversos países con la finalidad de aportar al diseño y adopción de iniciativas que potencien el impacto de las actividades espaciales de ALC. A partir de una metodología que permite analizar de forma transversal esos instrumentos, se busca identificar la naturaleza de los mismos, caracterizarlos según las dimensiones utilizadas por la literatura y proveer información que ayude a la toma de decisiones por parte de los hacedores de política en la región. Entre la variedad de instrumentos analizados, se verifica que, en línea con Venturini y Verbano (2014), sus objetivos no son solo reducir la dependencia de los componentes importados y generar empleos, sino también ayudar a la difusión de tecnologías de uso espacial en otros sectores de la economía, mejorar la competitividad de las empresas proveedoras de la industria espacial y fomentar que surjan y se consoliden *startups* de base tecnológica. Cabe aclarar que el relevamiento se basó en una búsqueda documental y de información disponible públicamente en Internet, y que raramente existen evaluaciones de impacto rigurosas de los instrumentos de vinculación identificados. En este sentido, este análisis puede ser considerado como un primer paso en una agenda de investigación más profunda sobre las formas de funcionamiento e impactos de los instrumentos aquí descritos, que alimente los debates de política espacial en los países de ALC.

Este estudio se organiza de la siguiente manera. Después de esta introducción sigue una sección con los fundamentos conceptuales de las intervenciones de política de promoción de la innovación y el desarrollo empresarial en el sector espacial. La tercera sección describe las actividades y metodologías puestas en marcha para elaborar el trabajo y los criterios para identificar y analizar los instrumentos. La cuarta sección analiza todos los instrumentos primero de manera transversal y, después, por grupos según el tipo de objetivo que persiguen. La quinta sección identifica las líneas de acción que pueden aportar al diseño de instrumentos que potencien el impacto de la actividad espacial de agencias e instituciones espaciales de la región sobre el sector privado, y los principales factores que pueden condicionar o limitar la implementación de este tipo de iniciativas. La última sección recoge las reflexiones finales del estudio.

2. Marco conceptual para analizar las políticas de promoción de la innovación y el desarrollo empresarial en el sector espacial

A partir de los años 50, los gobiernos de varios países a lo largo de todo el mundo comenzaron a impulsar la actividad espacial desde el Estado y, principalmente, con fines militares y geopolíticos. Pronto, esa actividad dio lugar a transferencias y derrames de conocimiento hacia el sector privado, en particular en EE UU, donde muchas contratistas de proyectos aeroespaciales operaban en mercados comerciales y aprovecharon los conocimientos y tecnologías desarrolladas en aquellas misiones en otras áreas de negocio. Además, los fondos obtenidos con esos

⁶ Se utiliza el término instrumento en lugar de programa, ya que la mayor parte de los casos son iniciativas con objetivos muy específicos que pueden enmarcarse o no en un contexto más amplio de política.

contratos les ayudaron a financiar el gasto civil en I+D (Mowery y Rosenberg, 1993).⁷ A partir de esos comienzos, numerosas empresas privadas desarrollaron vinculaciones más o menos permanentes con las agencias espaciales como contratistas. En paralelo, emergía un sistema sectorial de innovación compuesto por agencias públicas, universidades, laboratorios y empresas.

En las últimas dos décadas, el involucramiento del sector privado en la actividad espacial y la presencia de objetivos económicos en dicha actividad se ha incrementado drásticamente. Las causas son variadas e incluyen, entre otras: i) la fuerte reducción en los costos de lanzamiento;⁸ ii) las innovaciones que han permitido disminuir los costos de las misiones de observación de la Tierra y de telecomunicaciones, incluyendo el desarrollo de satélites más pequeños, que suelen tener menores costos de producción (por ejemplo, gracias al uso de componentes comerciales salidos del estante, OTS por sus siglas en inglés: *Commercial off-the-Shelf*) y de lanzamiento, ya que los satélites pesan menos;⁹ iii) las fuertes necesidades de financiamiento de las agencias espaciales para sus misiones, que llevan a buscar recursos complementarios a los estatales (incluso para fundamentar de manera más sólida los potenciales impactos positivos de dichas misiones); iv) los desarrollos tecnológicos que han permitido expandir las aplicaciones productivas de los conocimientos, innovaciones y datos generados por la actividad espacial;¹⁰ y v) la emergencia de nuevos mercados para algunas actividades ya consolidadas (e.g. servicios de telecomunicación satelital), otras emergentes (e.g. turismo espacial o servicios en órbita) y otros potenciales (e.g. minería de asteroides). Así, en el presente, la industria espacial incluye un conjunto de actores mucho más amplio que en el pasado. Además, cuenta con una presencia cada vez más relevante de empresas privadas: el ejemplo más notorio puede ser Space X, que fabrica lanzadores utilizados en misiones y viajes espaciales, y su subsidiaria Starlink, que busca proveer Internet satelital global con una constelación de miles de satélites de órbita baja (actualmente, en torno a 6.000 satélites que brindan cobertura en 70 países).

Este escenario, asociado al paradigma del *New Space*, potencia el interés por vincular más estrechamente la actividad de las instituciones y agencias espaciales con los objetivos que, de manera simplificada, se pueden denominar de desarrollo

⁷ La literatura especializada siempre ha subrayado el contraste con el modelo soviético, ya que en aquel país había una separación completa entre la esfera militar y geopolítica y las empresas productoras de bienes para uso civil, lo cual limitó fuertemente la transferencia de conocimientos y tecnología de la actividad espacial financiada por el gobierno hacia otros sectores productivos.

⁸ Pascuini y López (2022) argumentan que entre los factores que explican esta reducción están el enfoque competitivo propuesto por la NASA para proveer servicios de lanzamiento e implementar cohetes reutilizables (a partir de la introducción del lanzador Falcon 9 de SpaceX en 2010). Por ejemplo, el costo del lanzamiento del Space Shuttle de la NASA a Low Earth Orbit (LEO) en los años 80/90 era de aproximadamente US\$ 1,5 mil millones, mientras que el Falcon 9 de SpaceX ya ofrecía precios de aproximadamente US\$ 62 millones en 2018 (Jones, 2018).

⁹ En el segmento de observación, las innovaciones han propiciado: i) un aumento en el número de satélites con la consecuente bajada de los tiempos de revisita (acortando el tiempo en el cual se toman imágenes de un mismo punto), ii) el agrupamiento de satélites en constelaciones, permitiendo aumentar el ancho de barrido con más unidades y así la cobertura, y iii) una mayor flexibilidad de adaptación de las misiones a los requisitos de los clientes (Madoery et al., 2016). En el segmento de telecomunicaciones, las innovaciones también permitieron que los servicios puedan brindarse a partir de constelaciones de satélites más pequeños y económicos, y desde órbitas más cercanas a la Tierra, en comparación con los de las tradicionales misiones en órbita geoestacionaria (Pascuini y López, 2022).

¹⁰ Por ejemplo, las imágenes obtenidas por los satélites se vuelven más valiosas que en el pasado (cuando se examinaban manualmente) debido a que los algoritmos de aprendizaje automático (machine learning) permiten analizar gran cantidad de ellas en detalle, extrayendo predicciones y características claves rápidamente (Magliarditi, 2020).

productivo. En EE UU, la emergencia de empresas privadas que ingresen en la actividad espacial (o aprovechen sus tecnologías) es, como en otras áreas de alta tecnología, algo más sencilla que en otras naciones debido fundamentalmente a la existencia de una potente industria de capital de riesgo. Esto facilita el acceso a capital en los estadios tempranos de los emprendimientos con alto potencial de crecimiento, pero sujetos a fuerte incertidumbre de éxito económico, ya que operan en áreas tecnológicas de frontera. De hecho, esa es una de las razones por las que muchos emprendimientos latinoamericanos con esas características radican su sede legal en EE UU.

Cabe aclarar que esto no significa que EE UU no tuviera políticas de apoyo a la industria local en el campo espacial. Por el contrario, en distintos momentos del tiempo, este apoyo se ha dado a través de preferencias para los proveedores domésticos en las compras públicas de la NASA o del Departamento de Defensa. Un ejemplo reciente es el programa de Servicios comerciales de carga útil lunar (CLPS) de la NASA, que “permite la rápida adquisición de servicios de entrega lunar de empresas estadounidenses para cargas útiles que mejoren las capacidades científicas, de exploración o de desarrollo comercial de la Luna”.¹¹ Este programa se enmarca en la Executive Order 14005, titulada Ensuring the Future Is Made in All of America by All of America’s Workers y firmada por el presidente Joe Biden en enero de 2021.¹²

El interés por las vinculaciones público-privadas en el sector espacial se refleja asimismo en la adopción de programas e instrumentos específicamente dirigidos a promover esas conexiones en los países que han desarrollado industrias espaciales maduras (y que son el objeto principal del presente trabajo). Desde un punto de vista conceptual, se puede pensar que estas iniciativas tienen en común el objetivo de promover transferencias tecnológicas y productivas a partir de las capacidades acumuladas por las agencias espaciales. Del mismo modo, se asume que esas transferencias no se producirían, o serían de una magnitud inferior, sin acciones específicas por parte de las agencias o institucionales gubernamentales, debido a la presencia de distintas fallas de mercado.

Un primer tipo de fallas de mercado que puede afectar la generación de emprendimientos espaciales privados y/o la aplicación de tecnologías espaciales en otras industrias es el de la información asimétrica. Esta se manifiesta en dos dimensiones. La primera tiene que ver con que la difusión del conocimiento tecnológico disponible no es un proceso automático. En otras palabras, los potenciales usuarios o adoptantes de ese conocimiento pueden no estar enterados de su existencia o de los posibles beneficios de su adopción o utilización. Este es el fundamento teórico de varias de las iniciativas que presenta este estudio y en las cuales las agencias espaciales ponen a disposición de empresas y otros actores datos e información acumulada a partir de sus misiones y otras actividades. La provisión de servicios de extensión (e.g. asesoramiento técnico, validación de ideas y proyectos, etc.) también puede incluirse en este grupo de acciones de política.

La asimetría de información también puede afectar negativamente el acceso a financiamiento por parte de emprendimientos innovadores. Esto se debe al menos a tres razones (Crespi et al., 2014): i) los innovadores pueden ser reticentes a revelar

¹¹ Véase <https://www.nasa.gov/eo14005/>.

¹² Aunque el mecanismo de compra pública ha sido usado por muchos gobiernos como medio de promover el desarrollo de empresas locales en diversos sectores, el análisis de su aplicación en el caso de la industria espacial queda fuera de los objetivos del presente trabajo.

información detallada sobre sus proyectos por el riesgo de filtraciones involuntarias de conocimiento; ii) a menudo, las empresas que desarrollan proyectos innovadores carecen de colaterales porque esos proyectos son intensivos en activos intangibles; iii) muchas veces, las empresas jóvenes están excluidas o limitadas en el acceso al crédito por falta de historial financiero o cuestiones regulatorias. A todo esto, se suma que las actividades de innovación están sujetas a un alto nivel de incertidumbre sobre sus resultados. Este conjunto de argumentos permite entender la lógica económica detrás de los instrumentos de apoyo financieros que las agencias espaciales y otros organismos ponen a disposición de las empresas privadas, tal como se verá más adelante.

Un segundo grupo de fallas de mercado son las de coordinación. Estas pueden ser relevantes cuando obstaculizan el trabajo en red y la cooperación entre empresas y otras instituciones que podrían beneficiarse de inversiones y actividades coordinadas destinadas a la generación de conocimiento. También son importantes debido a que parte del conocimiento que poseen las organizaciones es tácito y se transfiere más fácilmente cuando se establecen vinculaciones directas entre los actores que pueden beneficiarse del intercambio de aquel (Crespi et al., 2014). En la sección 4 se detallan ejemplos de instrumentos que intentan mitigar estas fallas de coordinación entre actores del ecosistema espacial a través de diferentes mecanismos en los que las agencias espaciales, las empresas privadas y otras instituciones se asocian para explotar en forma conjunta sus respectivas capacidades y recursos con el fin de generar nuevas tecnologías o desarrollar nuevos usos para tecnologías ya existentes.

Finalmente, las agencias espaciales y otras instituciones del sector pueden disponer de equipamiento especializado que sea de utilidad para empresas privadas que necesiten llevar adelante ensayos o pruebas sobre nuevas tecnologías. Asimismo, la infraestructura existente en esas organizaciones puede servir para el desarrollo de proyectos innovadores colaborativos. La sección 4 expone ejemplos de iniciativas que buscan facilitar estas conexiones y que conceptualmente se pueden categorizar como provisión de bienes públicos para la innovación siguiendo la taxonomía de Crespi et al. (2014).

3. Actividades y metodología

El objetivo del presente estudio es revisar los instrumentos utilizados por las agencias espaciales para promover las actividades de I+D en el sector privado e impulsar la generación, escalamiento y consolidación de empresas, tanto en el sector espacial como en otras actividades. La metodología implementada se dividió en tres etapas: i) identificación preliminar de instrumentos, ii) definición de la lista de instrumentos que se van a relevar, y iii) relevamiento y caracterización de los instrumentos.

3.1 Identificación preliminar de los instrumentos

En primer lugar, se exploró los sitios web de algunas de las principales agencias espaciales del mundo y de las instituciones relacionadas. En esta primera

aproximación se identificaron 53 instrumentos de vinculación de las siguientes agencias:¹³

- Alemania: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- Canadá: Canadian Space Agency (CSA)
- Corea: Korea Aerospace Research Institute (KARI)
- Francia: Centre National d'Études Spatiales (CNES)
- India: Indian Space Research Organisation (ISRO)
- Israel: Israel Space Agency (ISA)
- Italia: Agenzia Spaziale Italiana (ASI)
- Japón: Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

3.2 Definición de la lista de instrumentos a relevar

En una segunda etapa se descartaron instrumentos:

- sin información suficiente para poder caracterizarlos,
- de difusión de información y sin claro impacto en actividades productivas,
- de promoción de la industria de aviación sin un claro vínculo con la actividad espacial,
- destinados a promover la formación laboral o la diseminación de oportunidades de educación,
- destinados a promover la investigación básica en el campo espacial.

Después de esta segunda etapa, quedaron 28 instrumentos de siete agencias: se descartaron todos los de la agencia israelí porque eran para investigación básica o para difundir la actividad espacial entre el público en general o en escuelas, sin objetivos de impacto directo sobre el sector productivo.

3.3 Relevamiento y caracterización de los instrumentos

En esta etapa se revisaron cada uno de los instrumentos, que se describen brevemente en el Anexo I, donde además se indican las fuentes de información. Los instrumentos se caracterizaron en cuatro dimensiones:

- i. Objetivos
 - a. Promover la generación y/o el desarrollo de empresas (espaciales y/o no espaciales)
 - b. Fomentar actividades de I+D
- ii. Recursos y/o capacidades de la agencia utilizados
 - a. Tecnología, conocimiento y *know how* (incluye patentes y documentos técnicos)
 - b. Instalaciones y equipamiento
 - c. Recursos financieros
 - d. Otros (e.g. información espacial, recursos educativos)

¹³ A pesar de tener una agencia espacial nacional con menos de un año de antigüedad, razón por la que no se consideró el relevamiento de sus actividades en el presente estudio, España posee una diversidad de instrumentos impulsados desde el gobierno que, a partir de la provisión de recursos financieros, buscan fomentar el desarrollo de su ecosistema espacial privado. El Anexo III incluye una caracterización de estas iniciativas.

- iii. Mecanismos utilizados para facilitar los recursos y/o capacidades
 - a. Transferencia tecnológica, licencia y asociaciones (e.g. para fabricación o comercialización)
 - b. Asistencia técnica
 - c. Documentos técnicos, bases de datos y plataformas
 - d. Alquiler y permisos de uso de instalaciones y servicios de ensayos
 - e. Realización conjunta de actividades de I+D, incubación y aceleración
 - f. Contratación, compra, financiamiento, subsidios o becas

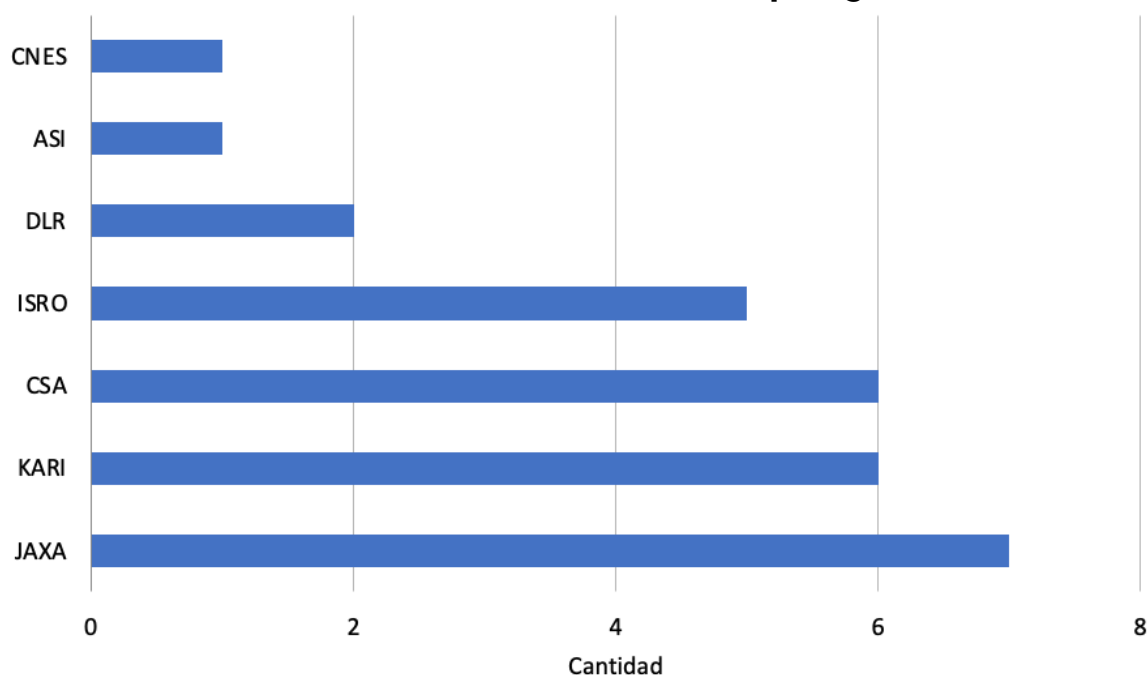
- iv. Tipo de contraparte involucrada en la iniciativa
 - a. Individuos
 - b. Empresas espaciales
 - c. Otras instituciones
 - d. Instrumentos no focalizados (incluyendo empresas no espaciales)

A partir de este ejercicio, se conforma una base de datos que clasifica a cada uno de los instrumentos por separado en las cuatro dimensiones mencionadas (véase el Cuadro A1 en el Anexo II). A continuación, se caracterizan los instrumentos según las diferentes dimensiones y, luego, se agrupan de acuerdo al tipo de objetivos que persiguen. En cada uno de esos grupos se selecciona y desarrolla con mayor profundidad un caso de estudio conformado por uno o más instrumentos de una misma agencia.

4. Mapeo de los instrumentos

Se caracterizaron 28 instrumentos de siete agencias espaciales. Como se ve en el Gráfico 1, la mayor cantidad corresponden a JAXA (7), seguidos de KARI y CSA (6 cada una), ISRO (5), DLR (2), CNES (1) y ASI (1).

Gráfico 1. Distribución de los instrumentos relevados por agencia



Fuente: Elaboración propia con base en información del Anexo II.

El Cuadro 1 contabiliza las características identificadas en los instrumentos dentro de cada dimensión analítica. Si se atiende al tipo de objetivo que tienen, tema que se desarrollará con más detalle en las siguientes subsecciones, los instrumentos se dividen de forma pareja entre los que buscan fomentar actividades de I+D (17) y aquellos que intentan promover la generación y desarrollo de empresas espaciales y/o no espaciales (17). De hecho, en seis casos se identificaron los dos objetivos en el mismo instrumento. En cuanto a los recursos y capacidades involucrados, en la mayor parte de los casos las agencias aportan recursos financieros (12) o tecnología, conocimiento y *know how* (12); le siguen a distancia la provisión de instalaciones y equipamiento (7) y otros recursos y capacidades (4), como información espacial o recursos educativos.

Respecto de los mecanismos utilizados para facilitar el acceso a estos recursos y capacidades, los más habituales son contrataciones, compras, financiamiento, subsidios y becas (7), todos ellos involucran recursos monetarios. Los restantes mecanismos agrupan entre dos y cinco instrumentos.

Si se observa a quién están orientados los instrumentos, la mayoría de las contrapartes identificadas son empresas espaciales (15). Les siguen los casos de instrumentos no focalizados (10) bien porque las agencias no especifican con claridad el destinatario de las iniciativas o bien porque incluyen varios tipos de contraparte como, por ejemplo, organismos de gobierno, instituciones de ciencia y técnica y sector privado. Finalmente, se identificaron dos instrumentos dirigidos a individuos y uno destinado a universidades e instituciones académicas.

Cuadro 1. Principales características de los instrumentos relevados por agencia

	DLR	CSA	KARI	CNES	ISRO	ASI	JAXA	Total
Total del instrumentos por agencia	2	6	6	1	5	1	7	28
Objetivos								
Promover la generación y/o el desarrollo de empresas (espaciales y/o no espaciales)	1	3	5	0	3	0	5	17
Fomentar actividades de I+D	1	6	2	1	3	1	3	17
Recursos y/o capacidades de la agencia utilizados								
Tecnología, conocimiento y <i>know how</i>	1	1	4	0	2	0	4	12
Instalaciones y equipamiento	1	1	1	0	2	0	2	7
Recursos financieros	1	3	2	1	3	0	2	12
Otros	0	1	1	0	0	1	1	4
Mecanismos								
Transferencia tecnológica, licencia y asociaciones	0	1	0	0	1	0	3	5
Asistencia técnica	0	0	3	0	0	0	0	3
Educación y capacitaciones	0	0	0	0	0	1	1	2
Documentos técnicos, bases de datos y plataformas	0	1	1	0	0	0	1	3
Alquiler y permisos de uso de instalaciones, y servicios de ensayos	1	1	1	0	1	0	1	5
Realización conjunta de actividades de I+D, incubación y aceleración	1	0	1	0	1	0	2	5
Contratación, compra, financiamiento, subsidio o becas	0	3	1	1	2	0	0	7
Tipo de contraparte								
Individuos	0	0	0	1	0	1	0	2
Empresas espaciales	0	3	6	0	3	0	3	15
Otras instituciones	0	0	0	0	1	0	0	1
Instrumentos no focalizados	2	3	0	0	1	0	4	10

Fuente: Elaboración propia con base en información en Anexo II.

Nota: Algunos instrumentos comparten más de una característica en la misma dimensión. Por ejemplo, un mismo instrumento puede utilizar tanto recursos financieros como conocimiento, por lo que se contabilizan más de una vez.

En las siguientes subsecciones se agrupan los 28 instrumentos relevados según su objetivo principal. Luego, se describen los activos y capacidades que ponen en juego las agencias, los mecanismos involucrados, el tipo de contraparte a la que están dirigidos estos instrumentos y otras características distintivas de cada instrumento.

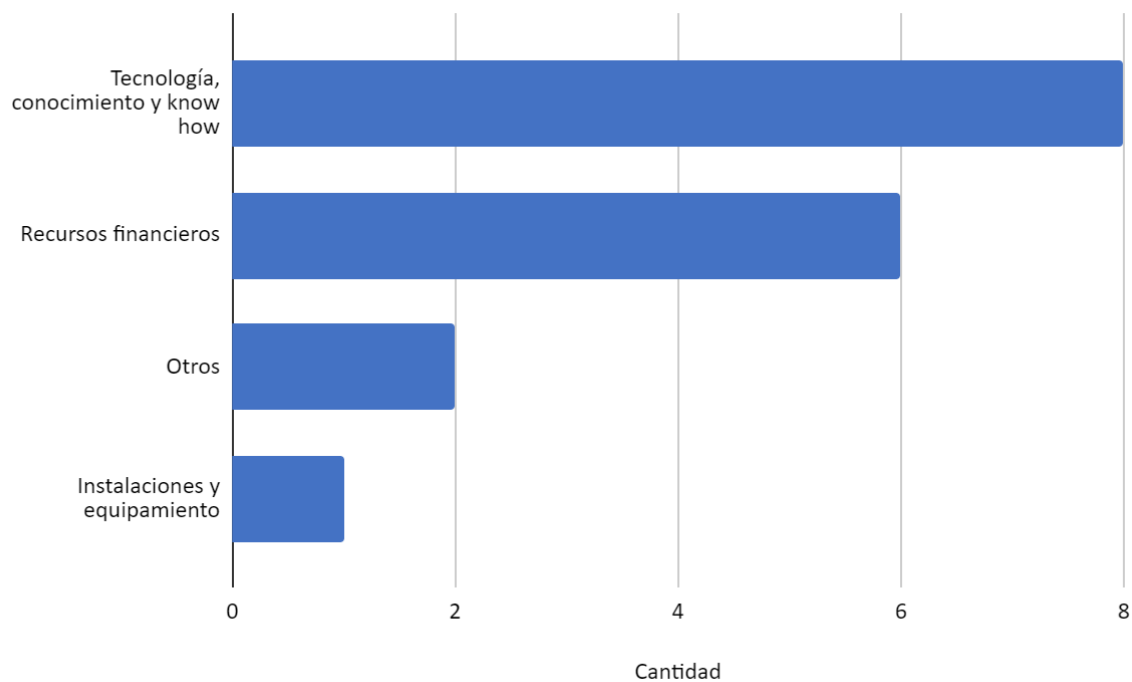
4.1 Promover la generación y desarrollo de empresas

Se han identificado 11 instrumentos que buscan promover la generación y el desarrollo de empresas: cuatro son de JAXA, cuatro de KARI, dos de ISRO y el resto, de DLR. De estos instrumentos, nueve están orientados a empresas espaciales,

mientras que los otros dos no se focalizan en el sector espacial. Los objetivos específicos de estos instrumentos son: i) aumentar la participación de proveedores locales de componentes, materiales y subsistemas en las misiones espaciales; ii) resolver dificultades tecnológicas de pymes espaciales; iii) promover la comercialización de resultados de investigación; iv) desarrollar nuevas ideas de negocios basadas en tecnología espacial; v) impulsar la mejora en productos, procesos y servicios espaciales o basados en información satelital, y vi) reducir las potenciales fallas y dificultades técnicas en nuevos proyectos espaciales privados.

En ocho de los 11 instrumentos se aporta tecnología, conocimiento y *know how* (véase el Gráfico 2). A su vez, en cinco de estos ocho también se proporcionan recursos financieros y en uno, el SpaceTech Innovation Network (SpIN) de ISRO, la agencia, además, provee instalaciones y equipamientos para realizar validaciones tecnológicas. Dentro de los instrumentos que ofrecen recursos y capacidades se incluyen iniciativas que apuntan a la creación de nuevas empresas espaciales, como el caso de DLR Startup Factory, que brinda apoyo a nuevos emprendimientos en las etapas de ideación del proyecto, definición del modelo de negocios, ajuste y validación del producto. Entre los instrumentos relevados en este grupo destaca el caso de ISRO, que aporta recursos financieros mediante un programa (Indigenization) cuyo objetivo es promover la sustitución de componentes espaciales importados. Otro caso interesante es el de KARI, que promueve la utilización por parte de emprendimientos privados de información satelital que la agencia proporciona mediante bases de datos y una plataforma que facilita su manejo por parte de los usuarios.

Gráfico 2. Recursos y capacidades aportados por la agencia en los instrumentos que buscan promover la generación y desarrollo de empresas



Fuente: Elaboración propia con base en Anexo II.

Nota: Algunos instrumentos involucran más de un recurso, por lo que se contabilizan más de una vez.

Los mecanismos que utilizan las agencias para promover la generación y desarrollo de empresas son principalmente procesos de incubación y aceleración, y la realización conjunta de actividades de I+D (4). Como ejemplo de incubación, está el STAR-Exploration de KARI, y como ejemplo de realización conjunta de actividades de I+D, el programa J-SPARC de JAXA. Le siguen en importancia los mecanismos de asociación (2), asistencia técnica (2) y los documentos técnicos, bases de datos y plataformas (2). Como ejemplo de asociación, aparecen las inversiones de JAXA en empresas privadas para promover la implementación de los desarrollos tecnológicos de la agencia, y como caso de asistencias técnicas, se encuentra el apoyo de KARI para la comercialización de tecnologías desarrolladas por pymes. Por su parte, mediante la utilización de documentos técnicos, JAXA difunde información adquirida en sus misiones y otras actividades para contribuir al éxito de proyectos de quienes se están introduciendo en el campo espacial. También se ha utilizado como mecanismo para promover la generación y desarrollo de empresas la capacitación (1) en la iniciativa Learning texts de JAXA, y la contratación y compra (1) en la iniciativa Indigenization de ISRO.

Respecto a quién van dirigidas las iniciativas para la generación y desarrollo de empresas, nueve de los 11 instrumentos están dirigidos a empresas espaciales. Cabe aclarar que no se pudo identificar ningún instrumento que esté enfocado en la generación y desarrollo de empresas no espaciales, aunque este tipo de compañías pueden estar alcanzadas por los dos instrumentos no focalizados.

Recuadro 1. El Space Innovation Partnership and Co-creation (J-SPARC) de la JAXA

El programa J-SPARC de JAXA, iniciado en mayo de 2018, busca desarrollar nuevas iniciativas empresariales a partir de la asociación con empresas privadas. En el marco de estas asociaciones, se realizan una serie de actividades junto con las empresas. Se incluyen la ideación, la elaboración de planes de negocios, la investigación, el desarrollo y demostración de tecnologías, la implementación práctica y la comercialización (Ueno y Shunsaku, 2020). Aunque el programa está orientado a concretar asociaciones con empresas de capital privado –desde pequeños emprendimientos hasta grandes compañías–, también está abierto a que participen universidades e institutos de investigación (Aliberti y Hadley, 2020). Los interesados en comenzar un proyecto deben contactar por correo electrónico con el JAXA New Business Promotion Department para poder entablar un diálogo preliminar sobre la idea del negocio y la comercialización (desde el inicio del programa se recibieron alrededor de 300 consultas). Posteriormente, se definen los roles de las partes involucradas en el proyecto, se concretan acuerdos y comienzan las actividades de cocreación. Para la implementación de J-SPARC, la agencia utiliza diversos recursos que fueron desarrollados para cumplir con los objetivos de su programa espacial, incluyendo satélites, equipos y datos, el acceso al entorno espacial, los conocimientos tecnológicos y la experiencia de su personal. A su vez, busca que los socios aporten recursos humanos, tecnologías y fondos para la ejecución de los proyectos. El sistema de colaboración se diseña de acuerdo con las características de cada socio, considerando factores como su escala y capacidades tecnológicas, y es flexible durante la implementación.

El programa cubre una amplia gama de negocios, clasificados en tres áreas: i) la primera incluye negocios de exploración planetaria y de la Luna, la utilización de dispositivos remotos para exploración espacial, y servicios en órbita; ii) la segunda incluye negocios que utilicen datos satelitales mediante inteligencia artificial y *big data* para aplicaciones en la Tierra y servicios de lanzamiento de bajo costo para pequeños satélites; y iii) la tercera incluye servicios de viajes espaciales, el desarrollo de alimentos, ropa y alojamiento para estancias espaciales y servicios de educación y entretenimiento que utilizan contenidos espaciales. Desde su lanzamiento hasta mayo de 2023, se realizaron 40 proyectos en el marco del programa (Akutsu, 2023). Estos incluyen una gran variedad de actividades en distintos ámbitos, por ejemplo:

- Servicios de observación de la Tierra, como la creación de una constelación de pequeños satélites de observación para generar datos de alta frecuencia.
- Servicios de comunicación, como servicios de Internet óptico entre satélites de órbita baja y aviones no tripulados.
- Servicios de análisis de datos espaciales, como la aplicación de algoritmos de análisis de datos satelitales para mejorar la gestión de los niveles de agua en campos de arroz.
- Tecnologías de materiales, como la modificación de un material plástico para lograr propiedades antibacterianas mejores que las de los materiales antibacterianos convencionales.
- Servicios en órbita, como el reabastecimiento de combustible de satélites.
- Nuevas tecnologías para satélites, como un dispositivo para prevenir la generación de basura espacial.

Con relación al último ámbito sobre nuevas tecnologías para satélites, por ejemplo, JAXA tiene un proyecto con la empresa espacial japonesa ALE para comercializar un dispositivo que se coloca en un satélite antes de su lanzamiento y, una vez completada su misión, lo desorbita generando su ingreso en la atmósfera terrestre y su incineración, previniendo la generación de nueva basura espacial. A partir de la finalización de la cocreación del concepto de negocio, los socios realizaron la demostración conjunta del prototipo y, según la última información disponible, tras esa fase se continuaría con la etapa de manufactura y venta del dispositivo y la búsqueda de socios comerciales para el escalamiento de las ventas.

Fuente: Elaboración propia con base en el sitio web de JAXA.¹⁴

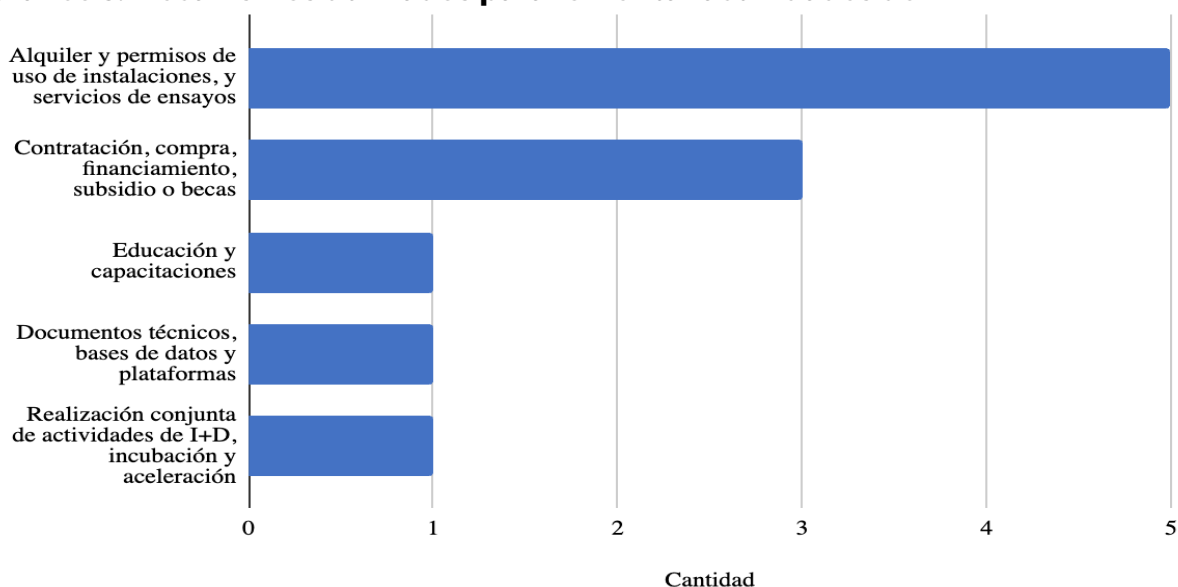
¹⁴ Véase <https://aerospacebiz.jaxa.jp/en/solution/j-sparc/#homeLead> y https://global.jaxa.jp/press/2020/06/20200605-1_e.html; <https://fanfun.jaxa.jp/jaxas/no077/03.html>.

4.2 Fomentar actividades de I+D

Se han identificado 11 instrumentos cuyo objetivo es fomentar las actividades de I+D: tres son de CSA, dos de ISRO, dos de JAXA y los cuatro restantes de DLR, CNES, KARI y ASI. Estos instrumentos promueven la I+D mediante la provisión de infraestructura terrestre, el estímulo a investigaciones en áreas estratégicas de los programas espaciales, la realización de experimentos a partir de infraestructura disponible en la Estación Espacial Internacional (ISS) y el impulso a la innovación en áreas tales como sistemas aeroespaciales y aplicaciones basadas en datos espaciales.

Los aportes que realizan las agencias para fomentar actividades de I+D son principalmente instalaciones y equipamientos¹⁵ (6) y recursos financieros (3). Como ejemplo de aporte de instalaciones y equipamientos, se encuentra la utilización del David Florida Laboratory de CSA a partir del pago de una tarifa por parte de las empresas. También se identificaron dos instrumentos que aportan otros tipos de recursos, como los educativos del curso nacional de doctorado en investigación en ciencia y tecnología espacial de ASI y las bases de datos y plataformas que ofrece CSA para que investigadores, estudiantes y empresas lleven adelante actividades de innovación. Como se ve en el Gráfico 3, los mecanismos involucrados son principalmente la utilización de instalaciones y prestación de servicios de ensayos (5), como la puesta a disposición de la infraestructura de investigación de DLR para instituciones de ciencia y tecnología y de la industria. Le siguen los mecanismos de financiamiento, subsidios o becas (3). Hay otros mecanismos educativos –como el mencionado curso de doctorado de ASI–, datos satelitales provistos por CSA y la realización conjunta de actividades de I+D (el caso de JAXA a partir de la utilización del Kibo, un módulo para experimentos espaciales de la agencia que se encuentra en la ISS).

Gráfico 3. Mecanismos utilizados para fomentar actividades de I+D



Fuente: Elaboración propia con base en el Anexo II.

¹⁵ Si bien en algunos instrumentos las agencias enfatizan que la utilización de instalaciones y equipamientos busca contribuir al aumento de la competitividad de la industria local, el objetivo de aquellos orientados solo a actividades de I+D fue clasificado como de fomento de actividades de I+D y no de generación y desarrollo de empresas.

En cuanto al tipo de contraparte, la mayoría (5) de las iniciativas orientadas a fomentar actividades de I+D no está focalizada (o no se encontró información explícita sobre su focalización). Del resto, tres instrumentos están dirigidos a empresas espaciales. Finalmente, otros dos de los 11 instrumentos están dirigidos a individuos y uno a instituciones académicas.

Recuadro 2. El programa de patrocinio de investigación de la IRSO

El programa RESPOND de ISRO, creado en la década de 1970, promueve la realización de actividades de I+D en universidades e institutos de la India en temas espaciales. Investigadores de institutos de ISRO y del Department of Space (DOS), de quien depende la agencia india, identifican temas de investigación y, después de un proceso de selección, eligen investigadores de otras instituciones para que sean investigadores principales. A la vez, las instituciones donde trabajan reciben financiamiento del programa RESPOND para llevar adelante el proyecto (Giri, 2023). Los investigadores de IRSO o DOS ocupan el rol de coinvestigadores en estos proyectos.

Las propuestas de investigación que realizan los miembros de los institutos de ISRO y DOS deben contribuir a los objetivos estratégicos de la agencia, para lo cual se deben guiar por una lista de áreas, subáreas, temas y descripciones definidas en el documento Research Areas in Space (ISRO, 2023a). Luego, estas propuestas de investigación se consolidan en un nuevo documento, el RESPOND Basket (ISRO, 2023b), con el objetivo de que los miembros de otras instituciones concursan para ser los investigadores principales de los proyectos.

Las actividades de I+D promovidas por RESPOND son en ciencia, tecnología y aplicaciones espaciales. Las ciencias espaciales incluyen la física de la ionósfera, meteorología y dinámica de la atmósfera, astronomía y cosmología entre otras. Un ejemplo de investigación en ciencia espacial es el estudio de procesos geológicos y cambios en la superficie de la Luna, Marte y otros planetas, como cráteres, glaciaciones y actividades volcánicas, mediante el análisis de superficie y subsuelo, utilizando datos provenientes de sensores remotos. La tecnología espacial comprende el diseño y optimización de sistemas de propulsión, problemas de aerodinámica y transferencia de calor relacionados con los vehículos espaciales, estructuras ultraligeras y sistemas de energía satelital y electrónica espacial, entre otras subáreas. Un ejemplo de investigación en tecnología espacial es la localización, mediante micrófonos y ciertas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), de fuentes de ruido en los vehículos lanzadores, para luego poder suprimirlas. Las aplicaciones espaciales incluyen la teledetección de recursos terrestres, comunicación espacial, procesamiento de imágenes satelitales y meteorología satelital, entre otras áreas. Un ejemplo de investigación en este campo es el desarrollo de aplicaciones que utilicen datos de sensado remoto para contribuir en temas de forestación, biodiversidad y medioambiente (ISRO, 2023a).

A partir de los recursos que aporta el DOS para financiar el programa RESPOND, la agencia otorga becas de investigación para los investigadores y financiamiento a las instituciones en las que trabajan, pudiendo este último ser destinado a la compra de equipos, bienes de consumo, materiales y viajes (Giri, 2023). De esta manera, el programa sirve para crear las capacidades necesarias para el cumplimiento de los objetivos del programa espacial, tanto mediante el desarrollo del capital humano, como de nueva infraestructura en las instituciones de investigación.

Entre el año 2000 y julio de 2023, el programa RESPOND ha apoyado 659 proyectos. En julio de 2023, se informaron 210 proyectos vigentes, pertenecientes a 127 instituciones académicas, de los cuales el 70% son de tecnología espacial, el 20% de aplicaciones espaciales y el 10% de ciencia espacial. Algunos ejemplos de los proyectos vigentes son el estudio de rayos X de cúmulos de galaxias en University of Kashmir, estudios interferométricos multitemporales de Radar de Apertura Sintética (MT-InSAR) para el monitoreo de deslizamientos de tierra en tiempo real en Motilal Nehru National Institute of Technology, estudios del proceso simultáneo de envejecimiento e inhibición de la corrosión del acero utilizado en vehículos de lanzamiento de satélites en Amal Jyothi College of Engineering, y estudios del compuesto de polímero cetona-fibra de carbono de alto rendimiento para aplicaciones espaciales y de aviación de futura generación en Amrita Vishwa Vidyapeetham Coimbatore.

Fuente: Elaboración propia con base en el [sitio web de ISRO](#).

4.3 Objetivos múltiples: desarrollo de empresas y fomento de actividades de I+D

Se han identificado seis instrumentos que buscan tanto promover la generación y el desarrollo de empresas como fomentar actividades de I+D: tres de ellos son de CSA y los restantes de KARI, ISRO y JAXA. Los objetivos específicos de estos instrumentos son: i) fomentar la aplicación y utilización de las tecnologías desarrolladas por las agencias a partir de sus misiones espaciales, ii) promover el desarrollo de tecnologías espaciales y su comercialización por parte de las empresas, y iii) promover que el sector privado y/o instituciones del sistema de ciencia y tecnología desarrollen soluciones tecnológicas para los desafíos de la agencia.

Los aportes que se otorgan en estos instrumentos son tecnología y conocimiento (3), recursos financieros (2) o bien ambos (1). Como ejemplo de instrumento donde la agencia aporta tecnología se encuentran las transferencias tecnológicas del NewSpace India Limited (NSIL), que buscan fomentar la aplicación de las tecnologías desarrolladas por los centros y unidades del DOS de la India.¹⁶ Como ejemplo de instrumento donde la agencia aporta recursos financieros destaca el Space Technology Development Program (STDP) de CSA, en el marco del cual se realizan aportes no reembolsables y se contrata a empresas para promover el desarrollo de tecnologías y capacidades industriales en el sector.

Los mecanismos utilizados son financiamiento y subsidios (3), y transferencia y licenciamiento de tecnologías (3). Un ejemplo del primer mecanismo es el programa Innovative Solutions Canada CSA, en el cual se propusieron desafíos para desarrollar tecnologías basadas en información satelital y se adjudicaron contratos a empresas para que los resuelvan. Por su parte, un ejemplo que utiliza transferencia de tecnología es el sistema de uso de patentes y tecnologías de JAXA.

Respecto del tipo de contraparte de estas iniciativas, tres de los seis instrumentos están dirigidos a empresas espaciales. Entre estos se encuentra el STDP de CSA, que se dirige a empresas que operan aguas arriba; el programa Innovative Solutions Canada de CSA, orientado a empresas que operan aguas abajo;¹⁷ y un instrumento de KARI que brinda apoyo para desarrollar tecnología en pymes aeroespaciales nacionales y para su posterior comercialización. Los otros tres instrumentos no están focalizados (o no se ha hallado información al respecto).

¹⁶ Tanto NSIL como ISRO dependen de DOS. NSIL es una empresa que funciona como brazo comercial de la agencia espacial ISRO.

¹⁷ Para una revisión de opciones de política para el desarrollo de los segmentos aguas debajo de la cadena espacial véase Kaleagasi et al. (2022).

Recuadro 3. El programa de licencias y patentes de la CSA

En el sector espacial no es habitual patentar las innovaciones como mecanismo de apropiabilidad. Esto se debe a que, como una gran parte de las tecnologías espaciales se envían al espacio, la posibilidad de aplicar ingeniería inversa para copiar la tecnología es mucho menor que en otras actividades. Sin embargo, en las últimas cuatro décadas han crecido de manera constante las patentes del sector espacial a nivel mundial.

En Canadá, aunque la generación de ingresos y el gasto en I+D del sector espacial se concentra en los grandes actores del ecosistema, las pymes desempeñan un rol importante en la solicitud de patentes, ya que son responsables del 83% de las invenciones patentadas del sector en el período 1996-2015. A finales de los años 90, la mayoría de estas invenciones se generaban en actividades de segmentos aguas arriba en la cadena de valor, pero recientemente, la mayoría corresponden a actividades aguas abajo, alineándose con la tendencia global en el sector (Collette et al., 2018).

En su ley de fundación, la CSA establece explícitamente la importancia de la transferencia de tecnologías espaciales a la industria (CSA, 2018). La agencia licencia tecnologías para transferir el resultado de las invenciones desarrolladas a partir de sus actividades espaciales o los derechos de propiedad intelectual (PI) conservados tras la vinculación con otras organizaciones. Lo hace con el objetivo de habilitar oportunidades de negocio a empresas que busquen utilizarlos con fines comerciales. Las licencias de comercialización brindan a las empresas el acceso, durante un período de tiempo determinado, a derechos de PI y/o a conocimientos y tecnología que les permitan fabricar y/o vender productos. A su vez, la agencia puede dar licencias con fines de I+D, cuyo objetivo puede ser desarrollar un nuevo producto o proceso, o mejorar uno existente. También puede otorgar licencias que permitan el acceso y la utilización de información y datos con fines distintos a la comercialización o investigación, y licencias que permiten el uso de tecnologías con objetivos educativos y de formación.

La oficina de Intellectual Property Management and Technology Transfer (IPMTT) de CSA, que impulsa estudios para evaluar el potencial de transferencias para comercialización e identificar potenciales licenciatarios, evaluó durante 2017 y 2018 el potencial de transferencia de 190 tecnologías de la agencia (Audit and Evaluation Directorate, 2020). En ese período se exploraron varias iniciativas orientadas a reducir la brecha entre la I+D espacial y la comercialización de sus resultados, y se organizaron foros, reuniones de networking, y eventos junto la Canadian Intellectual Property Office para instruir a pymes sobre distintos aspectos de la PI (importancia, estrategias, comercialización y contratación pública), y para abrir un diálogo que mejore la transferencia de tecnología (CSA, 2018).

El proceso para elegir los licenciatarios establece que la agencia debe evaluar sus capacidades para utilizar la tecnología, así como en materia de I+D y gestión, y sus recursos financieros (Audit and Evaluation Directorate, 2020). A su vez, la agencia adapta los términos y condiciones de la negociación a las necesidades y recursos de los licenciatarios, siendo la mayoría de ellos pymes, lo que promueve el desarrollo del ecosistema espacial (Olivari et al., 2021).

Según información recuperada del sitio web de la agencia, las tecnologías actualmente disponibles para licenciar pertenecen a las áreas de ingeniería de sistemas de control, software, ciencia de materiales y sensores y dispositivos, y ofrecen una variedad de oportunidades de negocio, como:

- Sistemas de control que permiten a desarrolladores y fabricantes de controladores de movimiento, variadores y motores reducir los costos de fabricación, y a desarrolladores y fabricantes de automóviles eléctricos y otros vehículos eléctricos maximizar la eficiencia en motores a partir de la reducción en la disipación de energía.
- Una modificación en dispositivos de aleación con memoria de forma (SMA) que elimina la necesidad de sensores de posición para su control, los cuales son voluminosos y costosos, y que permite tanto una reducción de costos en los sistemas existentes, como la expansión del mercado potencial para los dispositivos SMA en muchos sectores industriales.

- Una línea de circuitos integrados capaces de operar en entornos hostiles y ofrecer la confiabilidad que se requiere en misiones espaciales o militares, que puede beneficiar a empresas canadienses que quieran ampliar su línea de productos.
- Un método que simula actividad eléctrica usando un dispositivo hidráulico para sistemas robóticos, que se puede utilizar para aumentar significativamente el rendimiento del control de la fuerza de dispositivos hidráulicos compensando fricciones, y posee aplicaciones tanto para tareas de movimiento libre como de contacto.
- Un algoritmo que mejora la planificación de los movimientos de un manipulador robótico que intercepta objetivos y está pensado para alcanzar objetos en el espacio, que están girando, no cooperan y tienen movimientos con una dinámica desconocida. Las oportunidades comerciales de este desarrollo están dadas por su gran número de aplicaciones potenciales, como en actividades de inspección, extensión de vida útil de misiones, realización de maniobras orbitales, remoción de residuos en el espacio y misiones de redireccionamiento de asteroides, entre otras.

Fuente: Elaboración propia con base en el sitio web de CSA e ISED.¹⁸

5. Identificación de líneas de acción, requerimientos y limitaciones

Mientras que en el mundo crece la participación privada en el sector espacial, en ALC, el sector privado sigue teniendo un rol menor tanto en presencia comercial como en el desarrollo de tareas de I+D (esta última característica, de hecho, atraviesa al sector privado de la región en casi todos los sectores productivos). A esto se suma que, aunque muchos estudios han demostrado que la inversión pública en el sector espacial proporciona retornos sustantivos, los diversos impactos socioeconómicos derivados de estas inversiones son difíciles de identificar y cuantificar (London Economics, 2016). A su vez, estos impactos pueden depender crucialmente de las vinculaciones que existan entre las agencias estatales y otros actores del ecosistema espacial. Por estos motivos, resulta relevante implementar iniciativas de política, con resultados medibles, que promuevan el desarrollo de actividades de I+D y la generación y el crecimiento de empresas privadas, tanto en el sector espacial como en otras actividades, ya que ello podría ayudar no solo al desarrollo de un ecosistema espacial más denso, sino también a expandir los impactos de las inversiones del sector público en este sector.

5.1 Líneas de acción

A continuación, se sugieren dos grandes líneas de acción dirigidas a potenciar el impacto de las actividades espaciales que realizan los países de la región sobre sus tejidos productivos:

- i) Promoción de actividades de I+D desarrolladas por otras empresas e instituciones, tanto por sí solas como en asociación con la agencia/institución que impulsa la actividad espacial en cada país.
- ii) Fomento de la generación, escalamiento y consolidación de empresas de base tecnológica, tanto en el sector espacial como en otras actividades.

¹⁸ ISED es la institución federal que lidera la cartera de Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico de Canadá. Véase <https://ised-isde.canada.ca/ipm-mcpi/patents-brevets?search=querystring%3D%26advanced%3Dfalse&sort=%2Blicensing-order&page=1&lang=en;https://www.asc-csa.gc.ca/eng/industry/intellectual-property-technology-transfer/>.

En la primera línea de acción se han identificado varias iniciativas (véanse DLR#1, KARI#5, ISRO#4, JAXA#2 y CSA#4 en el Anexo I) que ponen a disposición de empresas y otros tipos de actores –por ejemplo, del sistema de ciencia y tecnología– la infraestructura de investigación de las agencias. Lo hacen a través del alquiler o permiso de uso de las instalaciones o la prestación de servicios de ensayos, que pueden ser una fuente de ingresos para las agencias. Estos instrumentos sirven para promover las actividades de I+D tanto en el sector espacial como en otras industrias. En el caso de las empresas espaciales, por ejemplo, la infraestructura de la agencia/institución espacial resulta útil para apoyarlas en etapas de calificación y pruebas de sus subsistemas.

Para apoyar de manera efectiva a las empresas que requieran este tipo de infraestructura, es clave que la comunicación sobre el instrumento sea clara en cuanto a: i) el tipo de usuarios que podrán hacer uso de las instalaciones, ii) la manera en la cual se coordinará el instrumento con la disponibilidad de las instalaciones para las necesidades del programa espacial del país, iii) la forma en la que los usuarios podrán aplicar, iv) la lista y descripción de las facilidades y sus prestaciones, y v) los costos (si los hubiera). En lo que respecta a la claridad para comunicar el instrumento, se sugiere tomar como ejemplo el caso del uso de facilidades de JAXA (véase JAXA#2 en el Anexo I).

La segunda línea de acción propone adoptar instrumentos enfocados en promover la generación y/o desarrollo de empresas de base tecnológica. Los mecanismos utilizados suelen ser muy diversos: en algunos casos se enfocan en atender las necesidades tecnológicas de los emprendimientos, en otros se abordan los aspectos empresariales, como la ideación del negocio o el análisis de la viabilidad comercial de una innovación; y a veces se combinan distintos mecanismos para brindar un apoyo integral a los emprendimientos. Este apoyo integral puede darse a partir de un programa específico o en forma de módulos a partir de instrumentos diferentes que asisten a las empresas en una variedad de aspectos (véanse los instrumentos #2, #3, y #6 de la agencia coreana en el Anexo I). Los instrumentos pueden estar focalizados en emprendimientos espaciales (véanse los instrumentos #1, #2, #3, y #6 de KARI, ISRO#5 y #3 y #6 de JAXA en el Anexo I) o abiertos a otros sectores y actores (véanse DLR#2 y JAXA#7 en el Anexo I).

Algunos elementos que podrían incluir los instrumentos que busquen contribuir en la dimensión tecnológica de los emprendimientos son las mentorías con personal de investigación de la agencia o institución espacial local, para orientar y asesorar técnicamente. Esto incluye la visita in situ a sus instalaciones y la realización de seminarios técnicos o de formación, la organización de reuniones y talleres con gerentes y personal de la agencia/institución espacial para revisar las dificultades que enfrentan y discutir medidas para abordarlas, y el suministro de información sobre las últimas tendencias en tecnología espacial relevantes para los proyectos privados (véase KARI#2 en el Anexo I). Un instrumento que puede ser menos demandante de recursos, por no implicar un trato individual con las empresas, es la publicación de documentos técnicos con consejos que difundan el *know how* adquirido en las experiencias previas (véase JAXA#6 en el Anexo I). También se pueden generar oportunidades de negocio fomentando que las empresas apliquen tecnologías desarrolladas por la agencia/institución espacial del país (véase JAXA#7 en el Anexo I). Esto se puede instrumentar complementando las capacidades técnicas de esta última con las capacidades de producción y comercialización de las contrapartes, a la vez que se generan ingresos potenciales para ambas.

Estos instrumentos pueden complementarse con otros que brinden asesoramiento de carácter organizacional y comercial, incluyendo el análisis de la viabilidad económica de las tecnologías propuestas por las empresas y la asistencia en la implementación de estrategias de comercialización (véase KARI#3 en el Anexo I). Esto puede ser de particular relevancia en los países con pequeñas empresas de base tecnológica que son proveedoras en las misiones del programa espacial, pero no han logrado penetrar con sus productos y servicios en otros mercados.

Como se mencionó antes, es viable también pensar en instrumentos que apoyen la generación y el desarrollo de empresas tanto en los aspectos técnicos como en los empresariales. Entre los ejemplos aquí relevados se encuentran: i) el programa DLR Startup Factory de la agencia alemana, que brinda asesoramiento y fondos para desarrollar nuevos emprendimientos sin que necesariamente sean espaciales; ii) el programa J-SPARC de JAXA, en el cual la agencia se asocia con empresas aportando tecnología, fondos y recursos humanos para desarrollar nuevos emprendimientos en áreas vinculadas al sector espacial; iii) el Spacetech Innovation Network (SpIN) de ISRO, probablemente el más completo de los relevados en este estudio si se tiene en cuenta el nivel de involucramiento de la agencia india, que apoya proyectos que desarrollen aplicaciones basadas en información, tecnologías y nuevos materiales espaciales ofreciendo fondos, la realización de pruebas conjuntas, infraestructura para la validación de tecnología, y apoyo en la creación de modelos comerciales; y iv) el Star Exploration de KARI, que ayuda a implementar nuevas ideas de negocio basadas en tecnología espacial aportando *know how* y financiamiento (véanse, respectivamente, los instrumentos DLR#2, JAXA#3, ISRO#5, y KARI#6 en el Anexo I). Aun cuando, debido a la amplitud de los instrumentos de este tipo, se requieran recursos adicionales a los disponibles en la agencia/institución espacial, se pueden desarrollar iniciativas en asociación con otros actores, públicos o privados, que aporten capacidades o fondos complementarios. En los casos donde se busque dar asistencia integral a un proyecto combinando recursos propios y de una contraparte, el instrumento deberá considerar las características particulares de la contraparte.

Finalmente, también se pueden desarrollar instrumentos que promuevan tanto la generación y/o desarrollo de empresas como la realización de actividades de I+D (esto es, que combinen elementos de las dos líneas de acción previas). En varios de los instrumentos de este tipo (véanse ISRO#1, JAXA#1 y CSA#3 en el Anexo I), el mecanismo es el licenciamiento de tecnología y patentes, donde uno de los modelos más claros es el programa de licencias y patentes CSA (véase el Recuadro 3). En estos instrumentos, el objetivo final es que las empresas apliquen las tecnologías desarrolladas por la agencia para el desarrollo o mejora de productos o procesos y para la fabricación y venta de estos productos.

Estos instrumentos no suelen estar focalizados en empresas espaciales, en tanto las tecnologías desarrolladas por las agencias poseen ámbitos de aplicación también en otras industrias. Por este motivo, es necesario realizar esfuerzos orientados a la identificación de los posibles ámbitos de aplicación de los conocimientos desarrollados no solo desde el punto de vista tecnológico, para lo que las competencias probablemente ya existan, sino también desde el punto de vista comercial. Este tipo de instrumentos también puede representar una fuente de ingresos para la agencia/institución espacial en tanto se puedan identificar a los potenciales licenciarios de la tecnología. Al igual que en la primera línea de acción, aquí también es importante realizar una comunicación efectiva del instrumento, incluyendo las tecnologías o patentes disponibles para licenciar, sus aplicaciones,

los aspectos contractuales y otras dimensiones que clarifiquen los mecanismos de vinculación a los destinatarios. Para los aspectos de comunicación se recomienda tomar como ejemplo el caso del uso de patentes y tecnología de JAXA (véase JAXA#1 en el Anexo I).

Otro tipo de iniciativas para contribuir conjuntamente al desarrollo de empresas y a la realización de actividades de I+D son los servicios de asistencia técnica para ayudar a las pymes a generar nuevas tecnologías y acumular capacidades. Esta actividad, además de requerir la adaptación a cada caso en particular, exige que el apoyo exceda los aspectos técnicos de las respectivas innovaciones, ayudando a que estos últimos tengan una salida comercial efectiva. En el caso de la agencia coreana (véase la iniciativa KARI#4), dicho apoyo se da promoviendo las vinculaciones con las pymes y asistiendo en la posterior concreción de acuerdos de transferencia para que aquellas puedan vender a sus clientes las tecnologías que desarrollaron con la asistencia de la agencia.

5.2 Requerimientos y limitaciones

La posibilidad de diseñar e implementar instrumentos de promoción similares a los revisados en este estudio está condicionada por las capacidades, activos y recursos de los que dispongan los respectivos países. Por un lado, los gobiernos pueden diferir en la disponibilidad de capacidades para el adecuado diseño, implementación y evaluación de políticas de desarrollo productivo, lo cual puede ser una limitación para adoptar intervenciones complejas en dimensiones tales como la identificación de los problemas o desafíos prioritarios, los mejores mecanismos para abordarlos y la correcta identificación de beneficiarios o socios (Hallak y López, 2022; Cornick et al., 2018).

En segundo lugar, los países de la región también exhiben disparidades amplias en materia de acumulación de competencias tecnológicas y productivas en el área espacial. Ahí se incluyen temas como la disponibilidad de satélites propios (y la capacidad para diseñarlos y fabricarlos), el acceso y uso de los datos e información que aquellos generan, otras innovaciones y tecnologías espaciales desarrolladas localmente, las instalaciones e infraestructura existentes y la experiencia acumulada en las misiones espaciales realizadas. En este sentido, los casos de Brasil (Moltz, 2015; Vellasco, 2019; Cabello et al., 2022) y Argentina (véase el Recuadro 4),¹⁹ son los más avanzados en ALC.

Finalmente, la disponibilidad de recursos financieros puede ser también un limitante para ciertas intervenciones de política. Por ejemplo, este estudio encuentra que en 12 casos (el 43%), las agencias o instituciones espaciales aportan recursos financieros. Dentro de este subconjunto, en la mitad de los casos (6), los recursos financieros se combinan con otros activos, como conocimiento, tecnología o instalaciones y equipamiento. En la otra mitad (6), los instrumentos se basan fundamentalmente en aportes financieros.

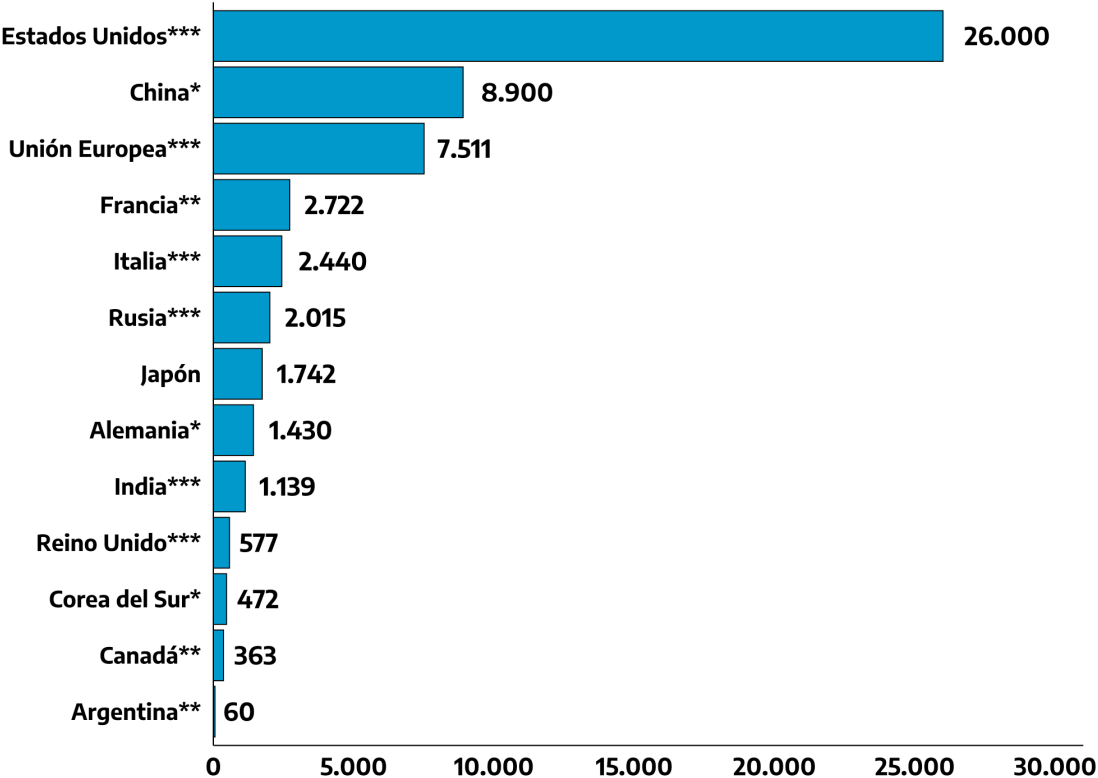
En ALC, las agencias o instituciones que llevan adelante las actividades espaciales cuentan con presupuestos bajos en comparación con las cifras internacionales. Además, el restringido espacio fiscal disponible también limita la aparición de

¹⁹ En el Recuadro 4 se da cuenta del grado de desarrollo y de las capacidades acumuladas a partir de su política espacial, los limitados avances en materia de vinculación con el sector productivo y las oportunidades que se dan a partir del desarrollo de varias startups espaciales.

fuentes de financiamiento provenientes de otros organismos públicos (e.g. ministerios de Ciencia y Tecnología, de Desarrollo Productivo, de Industria, etc.).

En el caso de Argentina, el presupuesto de su agencia, la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), no solo es pequeño en la comparación internacional, sino también inestable debido a la persistente inestabilidad macroeconómica del país. Para dimensionar el problema, en 2022, el presupuesto de la CONAE superó los AR\$ 7,5 mil millones (aproximadamente US\$ 60 millones). Esto la colocó muy por debajo de las instituciones públicas más importantes en el mundo espacial, y también *vis a vis* las agencias de países para las cuales se han relevado instrumentos en este trabajo (véase el Gráfico 4). Además, el presupuesto de la agencia no está garantizado para períodos plurianuales, lo cual puede limitar la posibilidad de garantizar la continuidad en el tiempo de instrumentos que requieran recursos monetarios.

Gráfico 4. Presupuestos de agencias espaciales por país (US\$ millones)



Fuente: Elaboración propia con base en información disponible de las agencias espaciales nacionales, informes oficiales o notas periodísticas.
 Notas: * corresponden a 2021, ** a 2022, y *** a 2023; el presupuesto de Japón es de 2018; el presupuesto de China incluye actividades militares; el presupuesto de Argentina se calculó con base en el promedio anual del tipo de cambio oficial.

Recuadro 4. Impulso estatal, acumulación de capacidades y desarrollo privado: el caso de Argentina

Argentina se encuentra en el reducido grupo de países con capacidades para desarrollar misiones satelitales completas y también en el grupo aún más selecto capaz de diseñar y producir satélites geoestacionarios de comunicaciones (López et al., 2018). La actividad espacial argentina, hasta ahora impulsada casi exclusivamente desde el Estado, ha logrado alcanzar una serie de hitos cuya complejidad tecnológica es comparable con la de los programas espaciales de varios países desarrollados. Además de los beneficios científicos, sociales y económicos directos que generan las misiones satelitales, el desarrollo de estas actividades ha permitido a Argentina acumular activos y capacidades que incluyen la disponibilidad de tecnologías avanzadas, el capital humano calificado, la infraestructura espacial creada y los vínculos establecidos con agencias y empresas espaciales de otros países.

Aunque con niveles de desarrollo heterogéneos, el país cuenta con empresas e instituciones que operan en toda la cadena de valor de la economía del espacio. Dentro de este ecosistema, destaca INVAP, una empresa propiedad del Estado de la provincia de Río Negro, en el sur de Argentina, que a partir de su experiencia en el sector nuclear ha desarrollado capacidades que le permitieron ser la principal contratista en proyectos satelitales científicos y de observación de la Tierra para la CONAE, y de telecomunicaciones para el operador satelital de bandera de Argentina, ARSAT. Además, la empresa lleva adelante proyectos de sistemas médicos, defensa, seguridad y medioambiente.

Por su parte, a través de la CONAE, Argentina ha sido capaz de establecer vínculos de cooperación tecnológica en materia espacial con varios países. La NASA ha colaborado con la CONAE en las cuatro misiones de la serie de Satélites de Aplicación Científica (SAC) de Argentina, en las cuales también aportaron instrumentos las agencias de Dinamarca, Francia e Italia. Junto a la agencia espacial italiana, la CONAE conforma el Sistema Ítalo-Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias (SIASGE), una constelación que tiene cuatro satélites italianos y los SAOCOM 1A y 1B, los dos únicos actualmente operativos de la CONAE. Asimismo, en la región lleva adelante el proyecto de Satélites de Aplicaciones Basadas en la Información Ambiental del Mar (SABIA-Mar) con la agencia espacial brasileña, que busca desarrollar dos satélites de observación aplicada para el estudio del mar y las costas. También a través de la CONAE, Argentina comparte estaciones terrenas ubicadas en las provincias de Mendoza y Neuquén con la ESA y con la China Satellite Launch and Tracking Control General (CLTC), respectivamente.

El proceso de acumulación de capacidades del sector espacial argentino a partir de la iniciativa estatal ha impactado sobre el sector privado, tanto a través del desarrollo de proveedores locales como del surgimiento y consolidación de empresas espaciales y no-espaciales que han hecho uso de los activos y capacidades mencionadas. De hecho, las tendencias del *New Space* tienen su correlato en Argentina, donde en las últimas dos décadas se han originado cerca de una decena de nuevos emprendimientos privados que desarrollan actividades espaciales (Pascuini y López, 2022). Sin embargo, la vinculación de la CONAE con el sector privado es aún limitada, por lo que existe un enorme potencial para adoptar instrumentos que aumenten el impacto de las capacidades acumuladas sobre el sector productivo.

Aunque la agencia no ha estado particularmente enfocada en desarrollar instrumentos para potenciar el impacto de sus capacidades sobre el sector privado, en los últimos años se pueden identificar algunas acciones que le han permitido vincularse con el mismo y promover la realización de actividades de I+D. La CONAE es la accionista mayoritaria de VENG S.A., una empresa creada en 1998 con el objetivo de desarrollar y fabricar medios de acceso al espacio (e.g. lanzadores) que, por su forma jurídica, puede gestionar proyectos y vincularse con otras empresas de una manera más ágil que la agencia. Desde 2015, la operatoria de VENG se orientó a operar como el brazo comercial de CONAE, aprovechando las facilidades e infraestructura de la agencia. Sobre estas bases, VENG ha podido prestar servicios a terceros, incluyendo ensayos, calibración y metrología, y otros servicios en proyectos industriales. En un estudio realizado recientemente por los autores de este trabajo dentro de una iniciativa de la UNESCO (Pascuini et al., en prensa), se ha identificado que entre 2022 y principios de 2023, la empresa ha realizado 13 ensayos y ha brindado servicios de mecanizado de gran porte a la industria

metalúrgica y servicios de fabricación de harness satelital²⁰ y de placas a la industria espacial. Pese a estos avances, las actividades de VENG se siguen enfocando principalmente en atender las necesidades de la agencia, que explica más del 90% de su facturación.

Por otro lado, CONAE ha participado en tres convocatorias en las que la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (ANPCyT) propuso la financiación de desarrollos tecnológicos con potencial de aplicación en las misiones de CONAE. Las dos primeras convocatorias, lanzadas en 2016 y 2017, estuvieron orientadas a empresas del sector espacial que debían asociarse con instituciones u organismo público de I+D+i para obtener el financiamiento, con el objetivo de que dichas empresas pudieran convertirse luego en proveedoras de CONAE y/o INVAP. La tercera se lanzó en 2018, estuvo dirigida a instituciones u organismos de investigación públicos o privados, y fue VENG la demandante de sus resultados. Otra iniciativa orientada a la promoción de actividades de vinculación, impulsada en este caso por CONAE, son los Anuncios de Oportunidad (AO) realizados por la agencia desde 2010 hasta la actualidad. Con ellos, se busca que las empresas y la comunidad científica y tecnológica elaboren proyectos para desarrollar aplicaciones y productos basados en información satelital.²¹

La posibilidad de promover más activamente el desarrollo productivo y el nacimiento y expansión de empresas de base tecnológica a partir de las capacidades de CONAE cobra particular relevancia a partir de la emergencia, desde mediados de los años 2000, de cerca de una decena de emprendimientos privados argentinos.²² Estos abarcan una variedad de actividades espaciales, entre las que se incluyen comunicación satelital láser, diseño y desarrollo de satélites pequeños y de constelaciones de órbita baja, desarrollo de servicios en órbita, servicios de lanzamiento orientados hacia ciertos nichos de mercado y desarrollo de electrónica especializada para uso espacial. Aunque algunos están en etapas de mayor madurez que otros, todos deben sortear aún diferentes obstáculos de naturaleza tecnológica, organizacional, financiera y comercial para convertirse en emprendimientos económicamente sostenibles. En este sentido, podrían beneficiarse de mayores vinculaciones con los actores espaciales locales, como CONAE, que ya han desarrollado significativas capacidades y han acumulado experiencia en la actividad durante las últimas décadas.²³

Fuente: Elaboración propia con base en López et al. (2021), Pascuini y López (2022), Argentina Productiva 2030 (2023), y Pascuini et al. (en prensa).

6. Reflexiones finales

Si bien la vinculación y la transferencia tecnológica de las agencias espaciales a nivel global tienen sus raíces en la década de 1960, estas iniciativas cobran relevancia ante el cambio en el por qué, dónde, cuándo y cómo de la industria espacial que se da con el llamado *New Space* (Pelton, 2019), en el que la actividad privada y las aplicaciones de tecnologías espaciales con fines económicos son cada vez más significativas. Como ocurrió en los países líderes en la materia, en América Latina y el Caribe, los activos y capacidades se concentraron primero en las instituciones del Estado (e.g. agencias espaciales, empresas públicas, universidades y centros de investigación). Si bien en algunos países –como Argentina, Brasil y México– han emergido emprendimientos privados en el sector espacial, que en algunos casos pueden considerarse en cierta medida *spin-offs* de la actividad espacial estatal, este

²⁰ El harness satelital es un conjunto de cables y conectores agrupados que transmiten señales y energía entre los componentes dentro de un satélite.

²¹ No se cuenta con datos para evaluar los impactos de esta iniciativa.

²² Aun cuando algunos de ellos se han organizado como sociedades radicadas en el exterior, sus fundadores son argentinos y todos se valen de capital humano argentino para al menos parte de sus actividades.

²³ Según explican las empresas, una de las razones por las que estas vinculaciones han sido escasas es debido a la falta de mecanismos ágiles para interactuar con instituciones locales de ciencia y técnica, incluida la CONAE. Para más detalle sobre estos proyectos y su vinculación con el ecosistema local véase Pascuini y López (2022).

fenómeno es aún incipiente y raramente ha sido resultado directo de la cooperación con las agencias espaciales de cada país. El sector privado sigue teniendo un rol menor dentro de la actividad espacial, tanto en presencia comercial como en desarrollo de tareas de I+D (esta última característica, de hecho, atraviesa al sector privado de la región en casi todos los sectores productivos). Además, la aplicación de tecnologías espaciales en el aparato productivo es todavía limitada y tampoco se ha desarrollado un ecosistema espacial denso en el que estén conectados los diversos actores: instituciones y agencias espaciales, empresas privadas emergentes, proveedores locales del programa espacial nacional, centros de I+D, universidades, usuarios aguas abajo e inversores. Con estos antecedentes, y en el escenario del *New Space*, resulta importante evaluar la posibilidad de apoyar de manera más activa el desarrollo del sector privado, del ecosistema asociado a la industria espacial y de las aplicaciones productivas de tecnologías espaciales. Este estudio relevó 28 instrumentos de siete agencias espaciales y los caracterizó en función de sus objetivos, los recursos que aportan las agencias espaciales, los mecanismos utilizados y las contrapartes involucradas.

Estos instrumentos apuntan a resolver distintos tipos de fallas de mercado y fallas de coordinación e incluyen una diversidad de recursos –entre ellos, conocimiento, tecnologías, *know how*, instalaciones, infraestructura y financiamiento–, y sus objetivos se concentran en fomentar actividades de I+D y en promover la generación y el desarrollo de empresas, tanto espaciales como no espaciales. Este estudio puede servir como insumo para que en los países de la región se diseñen instrumentos orientados a promover las vinculaciones y los mecanismos de cooperación de las agencias espaciales con el sector privado, y con otros actores relevantes de los respectivos ecosistemas asociados a esta industria. La adopción de estos instrumentos estará condicionada naturalmente por el tipo de activos, recursos, experiencia y capacidades (tanto tecnológicas, productivas y comerciales, como para la implementación de políticas) disponibles en cada caso. Es factible, asimismo, pensar en la búsqueda de contrapartes, tanto locales como extranjeras, que aporten recursos o capacidades no disponibles en las agencias espaciales nacionales. En este sentido, existen oportunidades de cooperación dentro de ALC, así como con organismos internacionales o agencias de otras regiones (que, de hecho, en muchos casos ya cooperan con agencias latinoamericanas). El trabajo conjunto con incubadoras y aceleradoras ya presentes en la región puede también ayudar a complementar el aporte proveniente de fuentes públicas. Finalmente, de lo expuesto en este trabajo y de la evidencia recogida sobre el tema en estudios previos, emerge con claridad la conclusión de que existen oportunidades para que la región participe con mayor intensidad en el paradigma del *New Space*. La adopción de instrumentos con mecanismos y objetivos similares a los aquí identificados podría contribuir al aprovechamiento de esas oportunidades. Esto ayudará no solo a potenciar el impacto de las capacidades acumuladas en el marco de los programas espaciales nacionales, sino también a diversificar las estructuras productivas de los países de ALC, y a abrir nuevos senderos de desarrollo tecnológico para la región.

Bibliografía

Akutsu, Y. 2023. El camino hacia el Internet espacial se ha hecho visible con J-SPARC, que JAXA acompañará hasta su comercialización. *UchuBiz*. Recuperado el 6 de octubre de 2023. Disponible en: <https://uchubiz.com/article/fea26457/>

Aliberti, M. y S. Hadley. 2020. Securing Japan: An Assessment of Japan's Strategy for Space, ESPI Report 74, Vienna, Austria: European Space Policy Institute (ESPI). Disponible en: <https://www.espi.or.at/wp-content/uploads/2022/06/ESPI-Report-74-Securing-Japan-An-assessment-of-Japans-strategy-for-space-Full-Report.pdf>

Alvarez, V. 2021. Sistema institucional del sector espacial: una comparación entre Argentina, India e Israel. *Argumentos. Revista de crítica social*, Vol. 24: 334-376. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8149226>

Amesse, F., P. Cohendet, A. Poirier y J. M. Chouinard. 2002. Economic effects and spin-off in a small space economy: the case of Canada. *The Journal of technology transfer*, Vol. 27(4): 339-348.

Argentina Productiva 2030. 2023. Misión 7. Profundizar el avance de la digitalización escalando la estructura productiva y empresarial nacional. Plan para el Desarrollo Productivo, Industrial y Tecnológico del Ministerio de Economía de la Nación.

Audit and Evaluation Directorate. 2020. Audit of Intellectual Property and technology transfer. Audit Report. Disponible en: <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/publications/rv-2020-12-propreite-intellectuelle-transfert-technologies.asp>

Baiocchi, D. y W. Welser IV. 2015. The democratization of space. *Foreign Aff.*, pp. 94, 98.

Barjak, F., M. Bill y O. Samuel. 2015. Evaluation of the existing Swiss institutional R&D funding instruments for the implementation of the space-related measures. Final report to the Swiss Space Office, State Secretariat for Education, Research, and Innovation (SERI).

Becerra-Fernandez, I., A. Taylor, G. Buckingham, F. Kinney, D. Brown y A. Entessari. 2000. The NASA/Florida minority institution entrepreneurial partnership: an infrastructure to enable technology transfer to small businesses. *The Journal of Technology Transfer*, Vol. 25: 193-203.

Bromberg, J. L. 1999. *NASA and the Space Industry*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Cabello, A., L. H. M. Freitas y M. Melo. 2022. Brazilian space sector: Historical analysis of the public budget. *Space Policy*, Vol. 62: 101502.

Cabello, A., M. C. D. Melo, G. V. Ferreira, L. H. M. Freitas y F. M. C. D. Lima. 2023. The Incipient Brazilian Private Space Sector: A Brief Description. *New Space*, Vol. 11(3): 162-167.

Canadian Space Agency (CSA). 2018. CSA 2017-18 Departmental Results Report. Disponible en: <https://www.asc-csa.gc.ca/pdf/eng/publications/drr-2017-2018.pdf>

Collette, E., D. Haight, S. Martineau, M. Neville y A. Parsons. 2018. Patents in Space: Highlighting Innovation in the Canadian Space Sector. Disponible en: <https://publications.gc.ca/site/eng/9.859132/publication.html>

Cornick, J., E. Dal Bó, E. Fernández-Arias, G. Rivas y E. Stein. 2018. *Building Capabilities for Productive Development*, Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo.

Crespi, G., E. Fernández Arias y E. Stein. 2014. ¿Cómo repensar el desarrollo productivo? Políticas e instituciones sólidas para la transformación económica. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo.

De León, P. 2015. El proyecto misilístico Cóndor: su origen, desarrollo y cancelación. Disponible en: <https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/handle/10908/10945>

Del Canto Viterale, F. 2023. Transitioning to a New Space Age in the 21st Century: A Systemic-Level Approach. *Systems*, Vol. 11(5): 232.

Drewes, L. 2014. El sector espacial argentino: Instituciones referentes, proveedores y desafíos. Benavidez: ARSAT.

Giri, C. 2023. Potential Role of Academia-Industry Interface for Space Economy: Emerging Policy Options Before India. Disponible en: https://www.ris.org.in/sites/default/files/Publication/DP-275_Chaitanya-Giri.pdf

Gobierno de España. 2022. PERTE Aeroespacial. Disponible en: https://www.ciencia.gob.es/dam/jcr:4cac69ae-6fc1-480a-af3d-f109d6664flf/PERTE_Aeroespacial_Presentacion.pdf

Hallak, J. C. y A. López. 2022. ¿Cómo apoyar la internacionalización productiva en América Latina? Análisis de políticas, requerimientos de capacidades estatales y riesgos. Nota técnica IDB-TN-02629, diciembre de 2022, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington DC. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18235/0004650>

ISRO. 2023a. Research Areas in Space. Disponible en: https://www.isro.gov.in/media_isro/pdf/programme/Research_Areas_in_Space_for_web2023.pdf

ISRO. 2023b. RESPOND Basket 2022. Disponible en: https://www.isro.gov.in/media_isro/pdf/programme/respond_basket_2022.pdf

Jones, H. 2018. The recent large reduction in space launch cost. 48th International Conference on Environmental Systems.

Kalegasi, B., S. McCarthy y P. Beaumont. 2022. Geospatial Public Policy: Global Best Practices for Harnessing the Potential of Satellite Technologies and Applications. IADB: Inter-American Development Bank. Washington DC.

La Vanguardia. 2023. El aeropuerto de Castellón tendrá una incubadora de empresas del ámbito aeroespacial. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/vida/20231027/9334750/aeropuerto-castellon-tendra-incubadora-empresas-ambito-aeroespacial-agenciaslv20231027.html>

London Economics. 2016. Return from Public Space Investments-An Initial Analysis of Evidence on the Returns from Public Space Investments. Final Report, UK.

López, A., P. Pascuini y A. Ramos. 2018. Climbing the Space Technology Ladder in the South: The Case of Argentina. *Space Policy*, Vol. 46: 53-63.

López, A., P. Pascuini y V. Alvarez. 2021. Integración local y derrames tecnológicos en el sector espacial argentino: Situación y potencialidades. Consejo para el Cambio Estructural-Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.

- Madoery, P. G., J. A. Fraire, y J. M. Finochietto. 2016. Analysis of communication strategies for earth observation satellite constellations. *IEEE Latin America Transactions*, Vol. 14(6): 2.777-2.782.
- Magliarditi, E. E. A. 2020. Tradespace analysis for Earth Observation Constellations: A value driven approach. Massachusetts Institute of Technology.
- Mazzucato, M. 2015. The entrepreneurial state: Debunking Public vs. private sector myths. Public Affairs.
- Moltz, J. C. 2015. Brazil's space program: Dreaming with its feet on the ground. *Space policy*, Vol. 33: 13-19.
- Mowery, D. y N. Rosenberg. 1993. The U.S. National Innovation System. In R. Nelson (Ed.), *National Innovation Systems*, pp. 76-114. Oxford University Press.
- Muelhaupt, T. J., M. E. Sorge, J. Morin y R. S. Wilson. 2019. Space traffic management in the new space era. *Journal of Space Safety Engineering*, Vol. 6(2): 80-87.
- OCDE. 2012. *OCDE Handbook on Measuring the Space Economy*. OCDE Publishing, París. Disponible en: https://www.OCDE-ilibrary.org/economics/OCDE-handbook-on-measuring-the-space-economy_9789264169166-en.
- OCDE. 2016. *Space and Innovation*. OCDE Publishing, París. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/9789264264014-en>.
- OCDE. 2007. *The Space Economy at a Glance 2007*. OCDE Publishing, París.
- Olivari, M., C. Jolly y M. Undseth. 2021. Space technology transfers and their commercialisation, *OCDE Science, Technology and Industry Policy Papers*, Vol. 116. OCDE Publishing, París. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/Oe78ff9f-en>.
- Paikowsky, D. 2017. What is new space? The changing ecosystem of global space activity. *New Space*, Vol. 5(2): 84-88.
- Pascuini, P. 2020. De la acumulación de capacidades tecnológicas a la planificación geoestacionaria en la Argentina. *Revista Ciencia y Poder Aéreo*, Vol. 15(2): 53-67. Disponible en: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.676>
- Pascuini, P., R. Battiston y A. López. En prensa. El Programa Espacial Nacional argentino: resultados, impactos, perspectivas y agenda a futuro. UNESCO.
- Pascuini, P. y A. López. 2022. Tendencias en la economía del espacio y potencial argentino. Serie Documentos de Trabajo del IIEP Vol. 70: 1-58. Instituto Interdisciplinario de Economía Política de Buenos Aires. Disponible en: <https://iiep-baires.econ.uba.ar/uploads/publicaciones/543/archivos/1.pdf>
- Pelton, J. N. 2019. *Space 2.0: Revolutionary advances in the space industry*. Springer.
- Petroni, G. y K. Venturini. 2023. Understanding technological spillovers: The case of main astrophysics European missions. *Acta Astronáutica*, Vol. 204: 443-449.
- Petroni, G., K. Venturini y S. Santini. 2010. Space technology transfer policies: Learning from scientific satellite case studies. *Space Policy*, Vol. 26(1): 39-52.
- SIA. 2023. 2022 State of the Satellite Industry Report. Satellite Industry Association. Disponible en: https://brycetek.com/reports/report-documents/Bryce_2022_Global_Space_Economy.pdf

Space Frontier Foundation. 2018. *NewSpace: The Emerging Commercial Space Industry*.

Technopolis. 2019. An evaluation of UKSA funding through the ARTES programme, *Report prepared for the UK Space Agency*, London.

Ueno, H. y K. Shunsaku. 2020. The on-orbit service and robotic platform concept for new players. Conference document, 23 October 2020. Disponible en: <https://www.hou.usra.edu/meetings/isairas2020fullpapers/pdf/5074.pdf>

Velasco, F. M. M. 2019. O desenvolvimento da indústria espacial brasileira: uma abordagem institucional. Dissertação de Mestrado, Escola Nacional de Administração Pública. Disponible en: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4336/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Fabian%20Maria%20Made%20e%20Vellasco.pdf>

Venturini, K. y C. Verbano. 2014. A systematic review of the Space technology transfer literature: Research synthesis and emerging gaps. *Space Policy*, Vol. 30(2): 98-114.

Venturini, K., C. Verbano y M. Matsumoto. 2013. Space technology transfer: Spin-off cases from Japan. *Space Policy*, Vol. 29(1): 49-57.

Weinzierl, M. y M. Sarang. 2021. The Commercial Space Age Is Here. *Harvard Business Review*. Disponible en: <https://hbr.org/2021/02/the-commercial-space-age-is-here>

Weinzierl, M. 2018. Space, the Final Economic Frontier. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 32(2).

Weiss, S. y A. Ami. 17 de diciembre de 2014. The Aerospace Industry. Recuperado el 30 de noviembre de 2023 de Encyclopædia Britannica. Disponible en: <https://www.britannica.com/topic/aerospace-industry>

Anexos

8.1 Anexo I - Descripción de instrumentos

DLR#1. Infraestructura de investigación

La infraestructura de investigación de DLR, que utiliza la agencia en áreas como aeronáutica, espacio, energía, transporte y seguridad, se encuentra disponible para socios tanto del sector de ciencia y tecnología como de otras industrias.

- Fuente: <https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/forschungsinfrastruktur>

DLR#2. DLR Startup Factory

El programa DLR Startup Factory de la agencia alemana busca fomentar la creación de empresas para generar valor agregado y contribuir a resolver los desafíos de la sociedad. Para ello, la agencia brinda asesoramiento y financiamiento a quienes busquen desarrollar nuevos emprendimientos.

- Fuente: https://www.dlr.de/en/research-and-transfer/innovation-and-transfer/dlr_startup-factory

CSA#1. Space Technology Development Program (STDP)

El Space Technology Development Program (STDP) de CSA tiene como objetivo promover el desarrollo de tecnologías espaciales y fomentar la creación de capacidades industriales en el sector. Para ello, la agencia aporta recursos financieros mediante contratos y aportes no reembolsables que tienen como contraparte a empresas espaciales.

- Fuentes: <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/funding-programs/programs/stdp/about.asp>; <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/funding-programs/programs/stdp/contributions-awarded.asp>

CSA#2. Datos e información abiertos

CSA provee datos e información con el objetivo de fomentar la innovación y contribuir al avance del conocimiento. La agencia aporta datos científicos a disposición de investigadores, estudiantes, industrias y el público en general.

- Fuente: <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/open-data/>

CSA#3. Patentes y licencias

CSA promueve el licenciamiento de las tecnologías desarrolladas a partir de sus misiones espaciales. Los derechos de propiedad intelectual y conocimientos acumulados en la agencia se ponen a disposición a través de licencias para usar tecnología y/o fabricar y vender productos.

- Fuente: <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/industry/intellectual-property-technology-transfer/licence-options.asp>

CSA#4. David Florida Laboratory

El David Florida Laboratory de CSA es el centro de pruebas, integración y ensamblaje de naves espaciales. Mediante el pago de una tarifa por servicio está disponible para que lo utilicen empresas y organizaciones aeroespaciales y de telecomunicaciones canadienses y extranjeras para calificación de *hardware*.

- Fuente: <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/laboratories-and-warehouse/david-florida/>

CSA#5. Becas para universidades e industria

CSA publica con frecuencia anuncios de oportunidad a través de su programa de financiamiento para apoyar la investigación, la concienciación y el aprendizaje en ciencia y tecnología espaciales. A través de este programa se apoya la I+D en áreas prioritarias de la agencia y el desarrollo de conocimientos e innovaciones específicas con miras a sostener y mejorar la capacidad de utilizar el espacio para satisfacer las necesidades y prioridades canadienses.

- Fuente: <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/funding-programs/grants-and-contributions-snapshot.asp>

CSA#6. CSA: Innovative Solutions Canada

El programa Innovative Solutions Canada de CSA consiste en proponer desafíos que promuevan el desarrollo de soluciones tecnológicas. Proporciona financiamiento para I+D y permite probar prototipos en un entorno operativo. La primera edición del programa estuvo orientada a desarrollar conceptos de herramientas y tecnologías que utilizan inteligencia artificial y aprendizaje automático (*machine learning*) para clasificar grandes cantidades de información espacial.

- Fuentes: <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/funding-programs/programs/isc/about.asp> y <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/funding-programs/programs/isc/contracts-awarded.asp>

KARI#1. Provisión de información satelital

KARI promueve la utilización privada de información satelital de los satélites nacionales que opera. Para ello, aporta la base de datos y la plataforma de integración de información satelital para que los usuarios puedan usarla fácilmente.

- Fuente: https://www.kari.re.kr/eng/sub03_06_02.do

KARI#2. Apoyo para resolver las dificultades tecnológicas de las pymes

KARI brinda apoyo a pymes en la resolución de dificultades tecnológicas. Valiéndose del conocimiento de sus recursos humanos, ofrece mentorías que unen al personal de investigación con las demandas tecnológicas de las pymes y realiza reuniones y talleres con ejecutivos y profesionales de la agencia.

- Fuente: https://www.kari.re.kr/kor/sub08_02_03.do

KARI#3. Apoyo para la comercialización de tecnología de las pymes

KARI apoya la comercialización de tecnología de las pymes. Con el aporte del *know how* de sus recursos humanos, brinda análisis de viabilidad empresarial de

tecnología propiedad de las pymes espaciales y apoyo al crecimiento de las exportaciones de las mismas.

- Fuente: https://www.kari.re.kr/kor/sub08_02_03.do

KARI#4. Apoyo al desarrollo y comercialización de tecnología

KARI brinda apoyo para desarrollar tecnología en pymes aeroespaciales nacionales y para su posterior comercialización. Para ello, proporciona fondos y asistencia técnica para el desarrollo de tecnología y capacidades de investigación y además promueve la realización de contratos de transferencia de la tecnología de las pymes.

- Fuente: https://www.kari.re.kr/kor/sub08_02_03.do

KARI#5. Utilización de instalaciones y equipos

KARI ofrece sus instalaciones y equipos para fomentar la realización de actividades de I+D y el desarrollo de productos. La prestación de soporte técnico para el uso de sus equipos está orientada a empresas relacionadas con el sector aeroespacial.

- Fuente: https://www.kari.re.kr/kor/sub08_02_03.do

KARI#6. STAR-Exploration

El programa STAR-Exploration de KARI ayuda a emprendedores y empresas a implementar nuevas ideas de negocios basadas en tecnología espacial. Para ello, aporta el *know how* de sus recursos humanos, así como recursos financieros para promover el desarrollo de emprendedores y corporaciones.

- Fuente: https://www.kari.re.kr/kor/sub08_02_03.do

CNES#1. PhD and Post-Doctoral Grants

Los PhD and Post-Doctoral Grants de CNES consisten en financiamiento para investigaciones de estudiantes de doctorado y posdoctorado en temas como sistemas de transporte espacial, sistemas orbitales y utilización de recursos espaciales.

- Fuente: <https://cnes.fr/en/web/CNES-en/7430-research-grants.php>

ISRO#1. Transferencias tecnológicas de NSIL

NewSpace India Limited (NSIL) es una empresa del Department of Space (DOS) que funciona como brazo comercial de ISRO. Las transferencias tecnológicas de NSIL tienen como objetivo fomentar la aplicación de las tecnologías desarrolladas por los centros y unidades del DOS. Se aporta el conocimiento adquirido en las misiones espaciales a través de su transferencia a diversos actores como la industria y la academia.

- Fuente: <https://www.nsilindia.co.in/technology-transfer>

ISRO#2. Indigenization

El programa Indigenization de ISRO busca aumentar la participación de componentes, materiales y subsistemas espaciales producidos localmente. Para ello, utiliza recursos financieros para fomentar el desarrollo de proveedores espaciales locales a partir de compras y contrataciones.

- Fuentes: <https://www.isro.gov.in/Indigenisation.html> y https://www.sac.gov.in/SAC_Industry_Portal/indigenisation.html

ISRO#3. RESPOND

El programa RESPOND de ISRO tiene por objetivo incentivar a la academia a participar y contribuir en actividades de investigación relacionadas al campo espacial. ISRO financia proyectos de investigación y desarrollo relacionados con la ciencia espacial, la tecnología espacial y las aplicaciones espaciales.

- Fuente: <https://www.isro.gov.in/SponsoredResearch.html>

ISRO#4. NSIL Testing Service

El programa NSIL Testing Service de ISRO tiene como objetivo lograr la calificación de sistemas espaciales. Sus instalaciones de integración fueron desarrolladas para cumplir con los objetivos de su programa espacial y se ponen a disposición de empresas espaciales.

- Fuente: <https://www.nsilindia.co.in/testing-service>

ISRO#5. SpIN

La Spacotech Innovation Network (SpIN) es una iniciativa de la plataforma Social Alpha, una organización sin fines de lucro respaldada por ISRO. Esta iniciativa promueve emprendimientos de *SpaceTech*, ofreciendo apoyo para el acceso a capital, la realización de pruebas conjuntas, infraestructura de validación tecnológica y apoyo en la creación de modelos comerciales. Los destinatarios son emprendedores que desarrollen aplicaciones basadas en información espacial, tecnologías espaciales y nuevos materiales espaciales.

- Fuente: <https://www.socialalpha.org/spin/>

ASI#1. Curso nacional de doctorado en investigación en ciencia y tecnología espacial

El curso nacional de doctorado en investigación en ciencia y tecnología espacial de ASI tiene por objetivo formar jóvenes doctores investigadores en el campo de la ciencia, la ingeniería, la tecnología y las relaciones internacionales en el sector espacial, a través de la adquisición y desarrollo de conocimientos, habilidades y destrezas en los sectores de investigación de interés de distintas universidades e instituciones de investigación.

- Fuente: <https://www.unitn.it/ateneo/107281/corso-di-dottorato-nazionale-in-space-science-and-technology-sst>

JAXA#1. Uso de patentes / tecnologías

El sistema de uso de patentes/tecnologías de JAXA promueve la utilización de las tecnologías acumuladas por la agencia por parte de actores aeroespaciales y de otras industrias a cambio de regalías.

- Fuente: <https://aerospacebiz.jaxa.jp/en/solution/patent/>

JAXA#2. Facility Utilization

El programa Facility Utilization de JAXA promueve el uso compartido de sus instalaciones en pruebas requeridas en el desarrollo de tecnologías aeroespaciales, para contribuir al fortalecimiento de la competitividad de las industrias japonesas. Para alcanzar este objetivo, aporta sus instalaciones de pruebas a cambio de una tarifa para empresas del sector privado y entidades de Ciencia y Tecnología.

- Fuente: <https://aerospacebiz.jaxa.jp/en/solution/facility/#list>

JAXA#3. J-SPARC

El programa Space Innovation Partnership and Co-creation (J-SPARC) de JAXA tiene por objetivo crear nuevas empresas espaciales. La agencia se asocia con el sector privado aportando recursos humanos, tecnología y fondos para desarrollar nuevos emprendimientos.

- Fuente: <https://aerospacebiz.jaxa.jp/en/solution/j-sparc/#homeLead>

JAXA#4. Learning texts

La iniciativa Learning texts de JAXA tiene por objetivo fomentar la creación y el desarrollo de empresas espaciales. La agencia aporta materiales didácticos mediante cursos destinados a corporaciones y emprendedores que quieren aprender y emprender en el futuro la exploración espacial.

- Fuente: <https://aerospacebiz.jaxa.jp/en/learning-texts/>

JAXA#5. Utilización del Kibo

La utilización del Kibo, el módulo para experimentos espaciales de JAXA que se encuentra en la Estación Espacial Internacional (ISS), permite acceder a dicha tecnología para realizar actividades de I+D junto a JAXA. Estas actividades se llevan a cabo a partir de la firma de un contrato con universidades o empresas privadas.

- Fuente: <https://aerospacebiz.jaxa.jp/en/solution/kibo/>

JAXA#6. Difusión de información técnica para proyectos espaciales

Las actividades de difusión de información técnica de JAXA buscan contribuir al éxito de futuras misiones espaciales. Mediante documentos técnicos, JAXA difunde el *know how* adquirido en sus experiencias entre aquellos que se están introduciendo al campo espacial, buscando contribuir al éxito de sus proyectos.

- Fuente: <https://aerospacebiz.jaxa.jp/en/mission-assurance-support/>

JAXA#7. Inversiones

A partir de 2021, JAXA puede realizar inversiones en empresas que usen las investigaciones y desarrollos realizados por la agencia. JAXA proporciona inversión y asistencia técnica para promover el uso y la comercialización de los logros de I+D de JAXA por parte de empresas del sector privado. Mediante la asociación con empresas privadas, la agencia busca fomentar la implementación de sus desarrollos tecnológicos e impulsar el crecimiento de la industria espacial.

- Fuente: <https://aerospacebiz.jaxa.jp/en/investment/>

8.2 Anexo II - Caracterización de instrumentos

Cuadro A1. Clasificación de instrumentos por dimensión

Instrumento	Objetivos	Recursos y/o capacidades	Mecanismos	Tipo de contraparte
DLR#1	Fomentar actividades de I+D	Instalaciones y equipamiento	Alquiler y permisos de uso de instalaciones y servicios de ensayos	Instrumentos no focalizados
DLR#2	Promover la generación y/o el desarrollo de empresas	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i> / recursos financieros	Realización conjunta de actividades de I+D, incubación y aceleración	Instrumentos no focalizados
CSA#1	Promover la generación y/o desarrollo de empresas / fomentar actividades de I+D	Recursos financieros	Contratación, compra, financiamiento, subsidio o becas	Empresas espaciales que operan aguas arriba en la cadena de valor
CSA#2	Fomentar actividades de I+D	Otros	Documentos técnicos, bases de datos y plataformas	Instrumentos no focalizados
CSA#3	Promover la generación y/o desarrollo de empresas / fomentar actividades de I+D	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i>	Transferencia tecnológica, licencia y asociaciones	Instrumentos no focalizados
CSA#4	Fomentar actividades de I+D	Instalaciones y equipamiento	Alquiler y permisos de uso de instalaciones y servicios de ensayos	Empresas espaciales que operan aguas arriba en la cadena de valor
CSA#5	Fomentar actividades de I+D	Recursos financieros	Contratación, compra, financiamiento, subsidio o becas	Instrumentos no focalizados
CSA#6	Promover la generación y/o desarrollo de empresas / fomentar actividades de I+D	Recursos financieros	Contratación, compra, financiamiento, subsidio o becas	Empresas espaciales que operan aguas abajo en la cadena de valor
KARI#1	Promover la generación y/o el desarrollo de empresas	Otros	Documentos técnicos, bases de datos y plataformas	Empresas espaciales que operan aguas abajo en la cadena de valor
KARI#2	Promover la generación y/o el desarrollo de empresas	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i>	Asistencia técnica	Empresas espaciales
KARI#3	Promover la generación y/o el desarrollo de empresas	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i>	Asistencia técnica	Empresas espaciales
KARI#4	Promover la generación y/o desarrollo de empresas / fomentar actividades de I+D	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i> / recursos financieros	Asistencia técnica / contratación, compra, financiamiento, subsidio o becas	Empresas espaciales

KARI#5	Fomentar actividades de I+D	Instalaciones y equipamiento	Alquiler y permisos de uso de instalaciones, y servicios de ensayos	Empresas espaciales
KARI#6	Promover la generación y/o el desarrollo de empresas	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i> / recursos financieros	Realización conjunta de actividades de I+D, incubación y aceleración	Empresas espaciales
CNES#1	Fomentar actividades de I+D	Recursos financieros	Contratación, compra, financiamiento, subsidio o becas	Individuos
ISRO#1	Promover la generación y/o desarrollo de empresas / fomentar actividades de I+D	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i>	Transferencia tecnológica, licencia y asociaciones	Instrumentos no focalizados
ISRO#2	Promover la generación y/o el desarrollo de empresas	Recursos financieros	Contratación, compra, financiamiento, subsidio o becas	Empresas espaciales que operan aguas arriba en la cadena de valor
ISRO#3	Fomentar actividades de I+D	Recursos financieros	Contratación, compra, financiamiento, subsidio o becas	Otras instituciones
ISRO#4	Fomentar actividades de I+D	Instalaciones y equipamiento	Alquiler y permisos de uso de instalaciones y servicios de ensayos	Empresas espaciales que operan aguas arriba en la cadena de valor
ISRO#5	Promover la generación y/o el desarrollo de empresas	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i> / instalaciones y equipamiento / recursos financieros	Realización conjunta de actividades de I+D, incubación y aceleración	Empresas espaciales
ASI#1	Fomentar actividades de I+D	Otros	Educación y capacitaciones	Individuos
JAXA#1	Promover la generación y/o desarrollo de empresas / fomentar actividades de I+D	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i>	Transferencia tecnológica, licencia y asociaciones	Instrumentos no focalizados
JAXA#2	Fomentar actividades de I+D	Instalaciones y equipamiento	Alquiler y permisos de uso de instalaciones y servicios de ensayos	Instrumentos no focalizados
JAXA#3	Promover la generación y/o el desarrollo de empresas	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i> / recursos financieros	Transferencia tecnológica, licencias y asociaciones / realización conjunta de actividades de I+D, incubación y aceleración	Empresas espaciales

JAXA#4	Promover la generación y/o el desarrollo de empresas	Otros	Educación y capacitaciones	Empresas espaciales que operan aguas arriba en la cadena de valor
JAXA#5	Fomentar actividades de I+D	Instalaciones y equipamiento	Realización conjunta de actividades de I+D, incubación y aceleración	Instrumentos no focalizados
JAXA#6	Promover la generación y/o el desarrollo de empresas	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i>	Documentos técnicos, bases de datos y plataformas	Empresas espaciales que operan aguas arriba en la cadena de valor
JAXA#7	Promover la generación y/o el desarrollo de empresas	Tecnología, conocimiento y <i>know how</i> / recursos financieros	Transferencia tecnológica, licencia y asociaciones / contratación, compra, financiamiento, subsidio o becas	Instrumentos no focalizados

Fuente: Elaboración propia con base en las fuentes de cada instrumento informadas en el Anexo I.

8.3 Anexo III – Instrumentos para desarrollar la actividad espacial privada en una agencia espacial naciente: el caso de España

El Gobierno de España fomenta la realización de actividades de I+D por parte de empresas espaciales con una serie de instrumentos (líneas de actuación) incluidos en los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE). Los PERTE son una estrategia iniciada en 2020 para fomentar inversiones y reformas estructurales con fondos provistos por la Unión Europea para recomponer los daños causados por el COVID-19. En la estrategia se incluyen proyectos en áreas tales como agroalimentación, descarbonización industrial, industria naval y aeroespacial. El PERTE Aeroespacial se aprobó en marzo de 2022 e incluye una serie de instrumentos, luego ampliada, que se articulan en torno a tres pilares: aeronáutico, espacial y transversal. Estos instrumentos buscan mejorar el posicionamiento estratégico de la industria española frente a las grandes transformaciones previstas en el sector aeroespacial y aumentar las capacidades tecnológicas e industriales locales.

Dentro de las líneas de actuación del pilar espacial se incluyeron, entre otras, la creación de la Agencia Espacial Española, los programas con la ESA que se llevan adelante como retorno de la cuota que aporta España a la entidad, el desarrollo de lanzadores de pequeños satélites, la conformación de una constelación de observación de la Tierra para seguridad y defensa y el desarrollo de carga útil satelital y del segmento terreno para una misión de comunicación satelital.

El 7 de marzo de 2023, con la aprobación de sus estatutos, se concretó la creación de la Agencia Espacial Española. Su puesta en marcha busca garantizar el desarrollo y ejecución de una política espacial nacional coherente y mejorar la gestión de recursos económicos dedicados a actividades espaciales. Entre las competencias de la agencia se encuentra la promoción de un ecosistema de inversión privada en el sector utilizando fondos tecnológicos y de capital de riesgo. La agencia se propone asistir a empresas pequeñas, medianas y *startups*, contribuyendo a la protección de su propiedad intelectual e industrial, y a la generación de un clima de confianza entre los inversores y las instituciones promotoras. Según informó en una entrevista para este estudio el subdirector general de la Oficina Técnica Aeroespacial de España, la agencia se encuentra en una etapa inicial en la que se está incorporando personal para su funcionamiento y no cuenta con recursos de conocimiento, tecnológicos o infraestructura significativos, en comparación con los otros casos analizados en este estudio.

España es miembro de la ESA, entidad a cuyo financiamiento aporta una cuota (aproximadamente € 300 millones) que retorna a la industria espacial española haciéndola participar en los programas y misiones de la ESA. Como ejemplo de estos programas pueden mencionarse los Business Incubator Centers de la ESA (ESA BICs), que componen una red de incubadoras que apoyan a emprendedores con ideas de negocio basadas en el espacio en el desarrollo de sus productos y el fortalecimiento de sus empresas. En España, funcionan tres ESA BICs, ubicados en Barcelona, Madrid y León, y se están creando otros dos, uno en Castellón y otro en Sevilla (La Vanguardia, 2023).

En el pilar transversal del PERTE Aeroespacial destacan el programa Invierte Aeroespacial, la promoción de la sostenibilidad, la digitalización e innovación en entornos fabriles en el sector aeroespacial, la implementación del programa

Aerofondo y el apoyo *bottom up* al sector aeroespacial desde el Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (CDTI), entidad pública que tiene como objetivo promover la I+D de las empresas españolas.

- El programa Invierte Aeroespacial se enmarca en uno más amplio, denominado Invierte, que existe desde 2013, lo promueve el CDTI y busca coinvertir con inversores privados en pymes y nuevas empresas de base tecnológica para promover su crecimiento y consolidación. La coinversión se realiza en proyectos que abarcan distintas actividades, entre ellas la aeroespacial. Hasta ahora, entre los proyectos cofinanciados se encuentran las empresas españolas Alén Space y Emxys, que diseñan y construyen satélites; PLD Space, que desarrolla cohetes reutilizables; y Pangea Aerospace, que desarrolla tecnologías para vehículos espaciales.
- La línea de sostenibilidad, digitalización e innovación en entornos fabriles en el sector aeroespacial brinda apoyo a través de préstamos, subvenciones y participación en capital para impulsar la transformación digital de empresas industriales, incorporar la sostenibilidad e innovación como procesos continuos de las empresas, fomentar la innovación asociativa y apoyar la inversión industrial.
- Aerofondo consiste en un fondo de capital de riesgo que proporciona financiamiento a empresas para el desarrollo y consolidación de la cadena de suministro aeroespacial española.
- El apoyo *bottom-up* al sector aeroespacial desde el CDTI consiste en financiamiento parcialmente reembolsable para proyectos individuales o colectivos.

El Programa Tecnológico Espacial (PTE), una línea de actuación que se agregó a la serie inicial de instrumentos incluidos en el PERTE Aeroespacial, lo gestionan desde el CDTI y la Agencia Espacial Española. El PTE cuenta con € 70 millones para financiar dos líneas de proyectos. La primera incluye tres tipos de proyectos: i) ideas disruptivas, ii) tecnología espacial con un alto potencial comercial, y iii) tecnología con fines científicos. La segunda línea de proyectos apunta al desarrollo de capacidades industriales para el *New Space*. El financiamiento puede destinarse a tres tipos de contrapartes: i) consorcios de pequeñas y medianas empresas, a los que se les requiere que utilicen al menos un 10% del financiamiento en servicios prestados por centros de I+D y universidades; ii) consorcios de grandes empresas, a los que se les pide que el gasto en centros de I+D y universidades sea de al menos el 15%, y iii) empresas de menos de cinco años de antigüedad que pueden presentarse solas, sobre las cuales no hay un requerimiento de gasto en instituciones de I+D y universidades.

Esta información es de elaboración propia con base en el sitio web del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, Gobierno de España (2022), y en la entrevista con Héctor Guerrero, el subdirector general de la Oficina Técnica Aeroespacial de España.