

Serie Documentos de Trabajo IIEP

Nº 17 - Mayo de 2017

AL INFINITO Y MÁS ALLÁ

UNA EXPLORACIÓN SOBRE LA ECONOMÍA DEL ESPACIO EN ARGENTINA

Andrés López - Paulo Pascuini - Adrián Ramos



Instituto Interdisciplinario de
Economía Política de Buenos Aires
(IIEP-BAIRES)

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas
Instituto Interdisciplinario de Economía Política de Buenos Aires
Av. Córdoba 2122 - 2º piso (C1120 AAQ)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
Tel +54 11 5285-6578

<http://iiep-baires.econ.uba.ar/>

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
Av. Rivadavia 1917 (C1033AAJ)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
Tel +54 11 5983-1420

<http://www.conicet.gov.ar/>

ISSN 2451-5728

Los Documentos de Trabajo del IIEP reflejan avances de investigación de sus integrantes y se publican con acuerdo de la Comisión de Publicaciones.
L@s autor@s son responsables de las opiniones expresadas en los documentos.
Desarrollo Editorial: Ed. Hebe Dato



Esta es una obra bajo Licencia Creative Commons
Se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

AL INFINITO Y MÁS ALLÁ

UNA EXPLORACIÓN SOBRE LA ECONOMÍA DEL ESPACIO EN ARGENTINA

Andrés López - Paulo Pascuini - Adrián Ramos
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

ABSTRACT

One of the few high-tech industrial sectors where Argentina has generated its own innovation capabilities is the satellite industry. This is the result of a process initiated more than two decades ago. During that time the country was able to design and put into orbit different satellites, both in observation and telecommunications missions. This paper explores the “space economy” in Argentina, aiming to understand its evolution, its current status and future prospects. The analysis aims to provide a broad perspective, focusing not only on the actors and technological achievements, but also on the linkages and externalities that can emerge from this activity. The objective is to identify the weaknesses, strengths and potential of the industry in the local, regional and global context, in a scenario that in a sense constitutes a breaking point in the policy making areas which have direct and indirect impacts on the sector. From the analysis we derive both a research agenda and some recommendations to frame the strategic decisions to be adopted from now on in this area.

RESUMEN

Uno de los pocos sectores industriales de alta tecnología en donde la Argentina ha generado capacidades de innovación propias es el satelital. Esto es resultado de un proceso de más de dos décadas a lo largo de las cuáles el país fue capaz de diseñar y poner en órbita diferentes satélites tanto de observación como de telecomunicaciones. El presente trabajo realiza una exploración sobre la “economía del espacio” en Argentina, apuntando a entender su evolución, presente y perspectivas. El análisis intenta aportar una mirada amplia, poniendo foco no sólo en los actores y los desarrollos tecnológicos alcanzados, sino también en los encadenamientos y externalidades que puede generar la actividad. El objetivo es identificar las debilidades, fortalezas y potencialidades de la industria en el contexto local, regional y global, en un escenario que en cierto sentido constituye un punto de inflexión en la toma de decisiones de política pública con impacto directo e indirecto sobre la actividad. Del análisis se derivan tanto una agenda de investigación como algunas sugerencias para enmarcar las elecciones estratégicas que se adopten de aquí en más en esta área.

Keywords: Economía del espacio - Telecomunicaciones - Satélites - Argentina.

JEL Codes: O14, O3

Al Infinito y Más Allá

Una Exploración sobre la Economía del espacio en Argentina

Andrés López - Paulo Pascuini - Adrián Ramos
IIEP-BAIRES (UBA-CONICET)¹

Trabajo finalizado a comienzos del mes de marzo del año 2017.

Contenido

Introducción.....	2
1. La “economía del espacio”	5
2. El contexto global y regional.....	11
Global	11
Regional.....	19
3. La historia del sector en Argentina y los principales actores	20
4. Entorno e impactos sistémicos.....	32
Competitividad.....	32
Capital humano	35
Encadenamientos.....	36
Desarrollo y aprendizaje tecnológico	45
5. Conclusiones, sugerencias de política y agenda de investigación.....	46
6. Bibliografía.....	51
Anexos	53
Anexo I: Entrevistas realizadas	53
Anexo II: Posgrados en el área espacial.....	55
Anexo III: Desarrollos espaciales en el resto de Sudamérica.....	57

¹ Dirección: Instituto Interdisciplinario de Economía Política, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, Córdoba 2122, C1120AAQ, CABA, Argentina. Los autores agradecen los valiosos comentarios e ideas sugeridas por Agustín Campero, Daniel Heymann, Roberto Perazzo, Pablo Tognetti, Gonzalo Berra, Eduardo Lema, Mariano Goldschmidt y Marcos Comerio. Todos los errores y omisiones, así como las opiniones vertidas, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Introducción

Como es bien sabido, los sectores de alta tecnología tienen una presencia débil en la estructura productiva argentina. Este rasgo es especialmente evidente en su participación en las exportaciones. De acuerdo a datos del *World Development Indicators* del Banco Mundial, en el promedio 2010-2014 apenas un 8% de las exportaciones locales de manufacturas provenía de esos sectores (2/3 corresponden a farmacéutica), en comparación con un 10% en Brasil y América Latina y un 17% a nivel global. Si bien las exportaciones de servicios basados en conocimiento (software y servicios informáticos, servicios profesionales, ingeniería, audiovisuales, I+D, etc.) han ganado considerable terreno en la economía local, en términos porcentuales representaron el 9% del total de exportaciones de bienes y servicios de la Argentina en 2015.

Si bien esta circunstancia obedece a numerosas causas, una de ellas es el relativamente bajo nivel de inversión que se realiza localmente en el área de ciencia y tecnología (y más específicamente el bajo gasto privado en dicha materia). Entre 2010 y 2014 (datos de UNESCO²) Argentina destinó un 0,58% del PBI a gastos en investigación y desarrollo (I+D), la mitad que en Brasil, y lejos del piso de 1,5-2% o más que gastan la mayor parte de las naciones más avanzadas y también algunas economías emergentes o en transición (e.g. China, República Checa, Eslovenia). En el mismo período, el sector empresario apenas aportó un 25% de esa inversión, contra un piso de 50% que en general prevalece en las naciones desarrolladas así como en varios países emergentes de alto crecimiento y en las economías en transición del Este Europeo (de hecho, en muchos casos esa participación se acerca o supera el 70%; e.g. Bélgica, China, Irlanda, Israel, Finlandia, Japón, Corea, Suecia, Alemania, Hungría).

Nada permite afirmar que haya una relación lineal entre exportaciones de alta tecnología y niveles de desarrollo. Incluso las interacciones entre estructura productiva y crecimiento están en discusión, tanto en lo que hace a la identificación de sectores “clave” como de los canales a través de los que esa interacción se manifiesta. En un mundo de fragmentación global de la producción, hay creciente consenso en que lo que importa no es qué bienes se producen sino qué tareas se desarrollan en las respectivas cadenas de valor. Así, por ejemplo, mientras que las exportaciones de celulares o computadoras de Corea del Sur son resultado del dominio de las etapas de I+D y diseño, y vienen acompañadas de capacidades de producción de componentes clave; en Costa Rica y México las exportaciones se basan en operaciones de ensamblado con muy bajo contenido local y pocas oportunidades de generar procesos de escalamiento hacia tareas más intensivas en conocimiento en las respectivas cadenas.

Más aún, hay oportunidades de innovación a lo largo del aparato productivo, y la Argentina necesita incorporar conocimiento en todas las actividades económicas, a modo de mejorar su competitividad de manera sostenible. En otras palabras, el tránsito hacia la llamada “sociedad del conocimiento” no pasa exclusivamente por desarrollar sectores de “alta tecnología”.

Si bien no es necesario que los países produzcan y exporten bienes y servicios de alta tecnología para desarrollarse, es importante recordar la función que pueden cumplir dichas actividades desde el punto de vista de su impacto en la economía. Por un lado, las mismas no son sólo generadoras sino también difusoras de conocimiento, vía encadenamientos con proveedores, *partners* y clientes, así como también a través de la movilidad de recursos humanos altamente capacitados. De este modo, su desarrollo puede generar externalidades positivas para otras actividades productivas. Por otro lado, siguiendo el argumento desarrollado en Hidalgo y Hausmann (2009), las posibilidades de una diversificación de la estructura productiva y

² <http://uis.unesco.org/en/topic/research-and-development>

exportadora de un país hacia otras actividades dependen en buena medida de la acumulación de capacidades previas en otros sectores. Los sectores más complejos tecnológicamente tienden a poseer muchas “conexiones” dentro del espacio de productos y por tanto, facilitan ulteriores procesos de diversificación productiva hacia actividades similares.

Los sectores de alta tecnología en donde la Argentina cuenta con capacidades propias son pocos. En el caso farmacéutico, arriba citado, la avenida principal de desarrollo es la copia de productos cuyas patentes ya han caído. Como es sabido, la producción local de electrónica (incluida la telefonía celular) se hace de manera casi excluyente (hay excepciones en ciertos nichos de mercado) en base al ensamblado de componentes importados y su capacidad exportadora es muy reducida o casi nula. En tanto, los servicios basados en conocimiento han tenido un desempeño exportador notable desde el 2000 para acá, aunque sólo una fracción de esas exportaciones corresponde a tareas complejas dentro de las respectivas cadenas de valor. En el campo de la genética vegetal y la biotecnología agropecuaria también tenemos casos de éxito significativos, que han permitido incluso la internacionalización de semilleras locales, siendo quizás el área en donde el país está más cerca de la frontera internacional en materia de innovación.

El área nuclear es otra de las más destacadas en este sentido, no tanto por su impacto económico directo, sino porque la Argentina pertenece al pequeño grupo de países que domina etapas clave del ciclo tecnológico en dicha industria, algo reflejado no sólo en las exportaciones de reactores experimentales, de investigación y de producción de radioisótopos, sino también en la activa participación local en las centrales nucleares de potencia instaladas en el país.

Este trabajo apunta a explorar otra actividad de alta tecnología en la cual la Argentina ha desarrollado capacidades propias, la industria satelital, una de las componentes clave de la denominada “economía del espacio”. Este desarrollo es en gran medida “hijo” del proceso de acumulación de conocimientos y capacidades previo que se dio desde los años 50 en el área nuclear, del cual INVAP ha sido protagonista fundamental en las últimas décadas.

Téngase en cuenta que la industria satelital se caracteriza no sólo por una complejidad técnica elevada, sino también por generar y utilizar tecnologías que muchas veces son “duales”, esto es, que tienen un potencial uso bélico. Esto ha dado lugar, naturalmente, a diversas restricciones en materia de acceso al conocimiento tecnológico y de importación de piezas estratégicas en este sector. Son muy pocos los países que actualmente pueden fabricar sus propios satélites y esta lista varía según el tipo de satélite al que se haga referencia. La lista de quienes que han desarrollado sus propios satélites de telecomunicaciones incluye ocho casos³. Uno de ellos es el caso de Argentina, quien ya ha puesto dos satélites en órbita y tiene un proyecto para lanzar un tercero (hoy aparentemente detenido por falta de recursos presupuestarios). En cuanto a los satélites de observación, son muchos más los países que han podido generar sus propios desarrollos; sin embargo, como se observa en OECD (2014, p. 57), la Argentina también ocupa un lugar destacado en esta materia, contando por ejemplo la cantidad de misiones e instrumentos puestos en órbita y/o previstos. En tanto, la lista de países que poseen capacidad de fabricar vehículos de lanzamiento para poner en órbita satélites alcanza a 11 casos⁴. Con el proyecto Tronador, Argentina intenta incluirse en esta última lista.

Más allá de pertenecer a este exclusivo club, la Argentina posee un capital humano en el área aeroespacial que es reconocido a nivel global. Para ilustrar este aserto, basta referirnos a la sociedad entre la NASA y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en las cuatro

³ Argentina, China, Estados Unidos, India, Israel, Japón, Rusia y la Unión Europea.

⁴ China, Corea del Norte, Corea del Sur, Estados Unidos, Francia, India, Irán, Israel, Japón, Reino Unido y Rusia.

misiones SAC, con su máximo exponente en la misión Aquarius/SAC-D utilizada en su momento para, entre otras aplicaciones, medir la salinidad de los océanos.

En este escenario, ¿cuál es el interés que guía nuestro trabajo? Está claro que difícilmente, al menos en el futuro previsible, la industria satelital genere *per se* exportaciones que hagan una diferencia desde el punto de vista macroeconómico. Por el momento su desarrollo ha impactado solamente en el mercado interno; pero su potencial contribución excede esta dimensión.

Por un lado, si la industria satelital argentina es en gran medida descendiente de la industria nuclear, ello es porque el país ha generado capacidades reconocidas a escala global en lo que podríamos llamar “tecnologías de sistemas complejos”. Dado el carácter acumulativo del conocimiento, proseguir la curva de aprendizaje en este sector puede ser la base para nuevos “saltos” hacia otras actividades similares desde el punto de vista de su complejidad técnica (replicando lo que sucedió con el pasaje desde lo nuclear a lo satelital). De hecho, como veremos más adelante, ya se dio un ejemplo en este sentido, cuando INVAP comenzó la fabricación de radares primarios y secundarios en buena medida en base a desarrollos previos en el área satelital.

Por otro lado, en la medida en que la industria satelital contribuye a la generación de capital humano calificado y puede desarrollar encadenamientos con proveedores, socios y clientes, se siembra la semilla de posibles derrames tecnológicos que beneficien a la competitividad de otros sectores, además de habilitar la emergencia de negocios basados en los servicios satelitales, asociados al uso de imágenes, la provisión de telecomunicaciones, etc.

Más aún, no se trata sólo de repercusiones estrictamente económicas en el campo privado, sino también de beneficios sociales potenciales que incluyen, entre otras cosas: un mejor control sobre la dotación de recursos naturales, la prestación de servicios de internet a áreas a las que no se puede llegar por fibra óptica, una más rápida reacción ante catástrofes naturales, el seguimiento de la evolución temporal de variables meteorológicas, mejores pronósticos de índice de riesgo de incendios y de calidad del aire, monitoreo costero para la detección de derrames de petróleo, control de fronteras, investigaciones científicas y la prestación de servicios de navegación o geolocalización. En este sentido, el gerenciamiento local de un sistema espacial propio da la posibilidad de adaptar el mismo a fin de que responda mejor a las demandas y potencialidades específicas del medio local.

Finalmente, a nivel global se observa el despliegue de diversas tendencias que podrían alterar fuertemente el sendero tecnológico del sector, así como su dinámica productiva y la configuración de las estrategias y posicionamientos de sus actores principales, incluyendo la emergencia de nuevos jugadores, con un rol probablemente creciente del sector privado (OECD, 2014). De materializarse estas transformaciones podrían ampliar de manera sustantiva tanto el tamaño como los impactos de la industria espacial hacia el resto de la economía y la sociedad.

Sobre estas bases, el trabajo apunta a analizar el desarrollo de la industria satelital en Argentina, la situación actual del sector y sus perspectivas a la luz de las dimensiones arriba descriptas. El objetivo final es entender cuáles son las oportunidades y desafíos de cara a que el sector genere los impactos positivos arriba descriptos. Las fuentes principales de información han sido las diferentes entrevistas llevadas adelante durante la investigación (ver Anexo I). Se han revisado asimismo la bibliografía y los datos estadísticos disponibles sobre el tema. En este sentido, hay que tener en cuenta que tanto la literatura académica como la información previamente disponible sobre la “economía del espacio” son poco abundantes, carencia que se acentúa en el caso argentino. Esperamos que este trabajo ayude a reducir la brecha de conocimiento existente en este campo.

El trabajo se ordena como sigue. En la sección siguiente se introducen algunas definiciones básicas para entender los componentes de la llamada “economía del espacio”. A continuación se presenta un breve relevamiento del contexto global y regional de esta industria. En la sección tres se resume la historia de la actividad en Argentina y se caracteriza a sus principales actores. La sección cuatro discute el entorno sistémico en el cual se desarrolla el sector (factores de competitividad, capital humano), así como algunos de sus impactos (en materia de encadenamientos y aprendizaje tecnológico). Finalmente, en la sección 5 se presentan las principales conclusiones y se realizan algunas sugerencias tanto en materia de política pública como de agenda de investigación.

1. La “economía del espacio”

Un satélite artificial es una nave que transporta una carga útil y se coloca en órbita por medio de un vehículo de lanzamiento. Estas naves pueden orbitar alrededor de satélites naturales como la Luna o planetas como la Tierra o Marte. Entre los usos civiles que pueden tener los satélites artificiales se incluyen la prestación de servicios de telecomunicación (telefonía, internet) y televisión, los sistemas de geolocalización como el GPS, la observación del medio ambiente o el clima, o la realización de diversos tipos de estudios científicos, entre otros.

Desde las leyes de Kepler que sentaron las bases de la “Mecánica Celeste”, a la actual población de cerca de 5.600 satélites (entre activos e inactivos) que rodean la Tierra ha habido una acumulación de cuatro siglos de conocimiento y desarrollo tecnológico. La primera idea de lo que hoy conocemos como un satélite geoestacionario, fue publicada inicialmente en 1928 en el libro *Das Problem der Befahrung de Weltraums* (El problema de los vuelos espaciales) de Herman Potočnik (Potočnik, 1928) y popularizada en el artículo *Extraterrestrial Relays* (Transmisiones extraterrestres) del escritor de ciencia ficción Arthur Clarke en 1945 (Clarke, 1945). Este artefacto, que se concebía como fijo sobre un punto determinado de la Tierra, podría recibir y retransmitir señales con una o varias localizaciones en la superficie terrestre, remplazando de esa manera las transmisiones a través de cables coaxiales. Clarke pensaba que para cubrir toda la Tierra se necesitarían tres de estos satélites posicionados equidistantemente.

El 4 de octubre de 1957, la U.R.S.S. lanzó el primer satélite artificial, el Sputnik I, que era una esfera metálica de 58 cm de diámetro. Desde ese entonces se han lanzado al espacio miles de satélites. Para colocar un satélite en órbita se necesita un mecanismo impulsor lo suficientemente fuerte para que el mismo alcance una velocidad igual o superior a los 8 km/s. Para esto se construyen cohetes que a su vez pueden estar conformados por dos o más segmentos que van cumpliendo sus etapas de impulsión y desprendiéndose para darle lugar al siguiente. Los cohetes suelen funcionar por 5 o 10 minutos y luego, al apagarse, el satélite se libera para desplazarse en el espacio gracias a su propia inercia.

Un satélite es una suerte de repetidor cuya función es recibir, amplificar y trasladar señales en frecuencias para transmitir las a las estaciones de destino (Bava & Sanz, 2007). Esta interacción se puede presentar en tres formas:

- **Estación terrena-satélite:** es la transmisión desde una estación terrena a un satélite que retransmite a otra estación terrena.
- **Intersatélite:** es la transmisión desde una estación terrena a un satélite que retransmite a otro satélite que a su vez retransmite a otra estación terrena.

- **Satélite-Móvil:** es la transmisión desde una estación terrena a un satélite que retransmite a un móvil (e.g. un avión).

Las exigencias de calidad implicadas en el proceso de producción de un satélite son superiores al promedio de la mayoría de los productos industriales que podemos imaginar, debido a una particularidad casi única en su funcionamiento: una vez que el satélite abandona el suelo terrestre ya no es posible (o es extremadamente costoso) repararlo o modificarlo. Esto implica la necesidad de cumplir con estándares sumamente altos, debido a que el riesgo asociado a un desperfecto, ya sea que se origine endógena o exógenamente, puede implicar desde una reducción de sus capacidades o su vida útil, hasta su inutilización o destrucción. Lo mismo vale para la fase de lanzamiento; cuando está en juego una inversión de varios cientos de millones de dólares, la necesidad de minimizar el riesgo de que el satélite no logre ponerse en órbita induce a adoptar muy estrictos protocolos de aseguramiento de la calidad a lo largo de todo el proceso.

La infraestructura de un satélite se divide en dos subsistemas principales. Por un lado se encuentra la carga útil (*payload*), que contiene todo lo que el satélite necesita para cumplir con su misión (dependiendo de la misión puede consistir en antenas, cámaras, radares, etc.). Por otro lado se encuentra el *bus*, la parte del satélite que hospeda al *payload* y mantiene al equipo unido y en funcionamiento a través de los sistemas de energía, propulsión y control. Si bien los satélites varían ampliamente entre sí, hay algunos elementos en común que todos poseen:

- **Sistema de suministro de energía:** asegura la provisión de energía para el funcionamiento de los sistemas. Esto se hace a través de paneles solares, que dan alimentación a todo el equipo y generalmente son varias veces más grandes que el resto del satélite. La vital importancia de los paneles solares está dada porque el deterioro que sufren debido a colisión con partículas determina, junto con el consumo de combustible utilizado en las maniobras de reposicionamiento, el tiempo de vida útil del satélite.
- **Sistema de control:** es la computadora principal del satélite que procesa las instrucciones almacenadas y aquellas recibidas desde la Tierra.
- **Sistema de comunicaciones:** son las antenas y transmisores que tienen como objetivo recibir y enviar información.
- **Sistema de posicionamiento:** está compuesto por los instrumentos que mantienen al satélite en una posición establecida y lo apuntan hacia determinado/s objetivo/s. Aun cuando la nave estuviera posicionada en una órbita geoestacionaria, donde las fuerzas gravitatorias y centrífugas se encuentran en equilibrio, existen una gran cantidad de factores que pueden generar la necesidad de correcciones en la posición de la nave, incluyendo el hecho de que la Tierra no es una esfera perfecta, la influencia de la Luna y el Sol, (en menor medida) las variaciones de los campos magnéticos y las colisiones con partículas cósmicas.
- **Blindaje de aislación térmica:** es el aislamiento térmico que protege a los instrumentos del satélite de los cambios bruscos de temperatura que reciben.
- **Carga útil:** es el conjunto de instrumentos adaptados a las tareas asignadas a un satélite.

Existen diversas clasificaciones para los recorridos y posicionamientos de los satélites alrededor de la Tierra. Las mismas van desde el dibujo que genera el recorrido del satélite en el espacio (circular o elíptico) o sobre la superficie terrestre, la dirección de rotación alrededor de la Tierra (*prograde* o *retrograde*), los ángulos de inclinación y elevación, hasta los puntos en los cuales los

satélites que no circulan en órbitas ecuatoriales cruzan de un hemisferio a otro (nodos ascendentes o nodos descendentes). No obstante la clasificación de mayor referencia es la de altura; la misma se basa en la distancia medida desde la superficie terrestre y en la cual se posicionan los satélites en el espacio, a saber:

- **Órbita Terrestre Baja** (LEO -*Low Earth Orbit*-): el rango de altitud va desde los 200 a los 1.200 km. En estas órbitas los satélites circulan a mayor velocidad que en órbitas más altas (alrededor de 8 km/s) con tiempos de órbita cercanos a los 90 minutos. En esta órbita se incluyen algunos satélites de telecomunicaciones, satélites de monitoreo de la Tierra e incluso la Estación Espacial Internacional cuya altitud varía entre los 320 y los 400 km.
- **Órbita Terrestre Media** (MEO -*Medium Earth Orbit*-): el rango de altitud va desde los 1.200 a los 35.790 km. Los niveles de radiación recibidos por estos satélites son mayores a los de aquellos en LEO y las altitudes más habituales son de alrededor de 20.000 km., con tiempos orbitales de cerca de 12 horas. Aquí se incluyen satélites de comunicación, de geolocalización como el GPS o aquellos con propósitos científicos.
- **Órbita Geosincrónica** (GSO -*Geosynchronous Orbit*-): el rango de altitud es de 35.790 km con un tiempo de órbita de un día, aunque no necesariamente orbitan en la misma dirección que la Tierra. Un caso particular de los GSO son los satélites de **Órbita Geostacionaria** (GEO -*Geostationary Orbit*-). En este caso el satélite se desplaza en el mismo sentido que la Tierra y puede ser percibido desde la superficie terrestre como un punto fijo en el espacio. Esto significa que gira a la misma velocidad angular que la Tierra y en la misma dirección sobre la línea del Ecuador. Esta órbita es la más utilizada por los satélites de telecomunicaciones, con una importancia particular para las transmisiones en vivo, ya que el cambio en la dirección de las antenas no haría posible esta aplicación.
- **Órbita Elíptica Alta** (HEO -*High Elliptical Orbit*-): como su nombre lo indica son orbitas elípticas y se encuentran a más de 35.790 km., brindando una cantidad de opciones de cobertura que no son posibles con órbitas circulares (por ejemplo una mejor cobertura sobre los polos, lo cual la hace muy usada en particular por naciones como Rusia que requieren de importantes coberturas polares). En estas órbitas la nave se desplaza a velocidades mayores cuando se encuentra en las secciones más cercanas a la Tierra.

Otra forma de clasificar a los diferentes tipos de satélites es según su masa. En los últimos años el sendero de innovación ha derivado en un creciente atractivo por los satélites más pequeños debido a que requieren menores costos de desarrollo y tiempos más breves de producción. No obstante, a menores dimensiones, son menos también los instrumentos que pueden llevar y más corta es su vida útil debido a la reducida cantidad de combustible que pueden transportar (OECD, 2014). A continuación se presenta una clasificación de satélites según su peso.

Tabla 1. Clasificación de satélites según su peso

Tipo de nave	Peso
Grandes Satélites	Más de 1.000 kg.
Satélites Medianos	Entre 500 y 1.000 kg.
Mini Satélites	Entre 100 y 500 kg.
Micro Satélites	Entre 10 y 100 kg.
Nano Satélites	Entre 1 y 10 kg.
Pico Satélites	Entre 100 g y 1 kg.
Femto Satélites	Menos de 100 g.

Yendo ahora al dimensionamiento de la actividad, existen muchas definiciones, basadas en conceptos tales como industria espacial (Bromberg, 1999), sector aeroespacial (Weiss & Ami, 2014), el sector espacial (OECD, 2012) y la “economía del espacio” (OECD, 2007; 2012). Esta última es la definición más amplia, tal como puede verse a continuación:

“La economía del espacio es la gama completa de actividades y uso de recursos que crean valor y generan beneficios para los seres humanos en el curso de la exploración, la comprensión, la gestión y el uso del espacio. Por lo tanto, incluye a todos los actores públicos y privados involucrados en el desarrollo, suministro y uso de productos y servicios relacionados con el espacio, que van desde la investigación y el desarrollo, la fabricación y el uso de infraestructura para el espacio (estaciones terrestres, vehículos de lanzamiento y satélites), aplicaciones (equipos de navegación, teléfonos satelitales, servicios de meteorología, etc.) y el conocimiento científico generado por dichas actividades. De aquí que la economía del espacio va mucho más allá del propio sector espacial, ya que también comprende los impactos cada vez más penetrantes y continuamente cambiantes (cuantitativa y cualitativamente) de los productos, servicios y conocimiento derivados del espacio en la economía y la sociedad.” (OECD, 2012, p. 20).

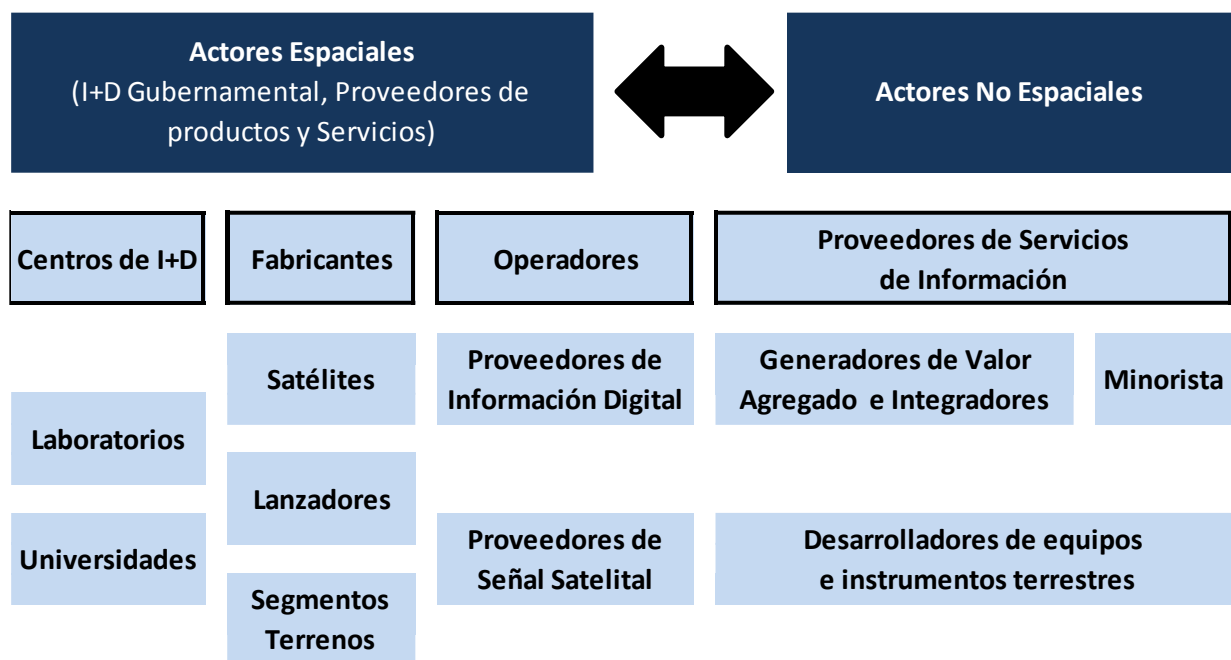
De aquí surge una caracterización de la “cadena de valor” de la “economía del espacio”. Si bien la misma puede variar de país en país, según las actividades que allí se realicen, en general están presentes los siguientes componentes (OECD, 2012):

- Centros de investigación y desarrollo, universidades y laboratorios, públicos o privados, que cumplen un rol clave en la investigación y ciencia básica, muchas veces a través de contratos con el gobierno o con agencias del gobierno. En Argentina se encuentran en este segmento esencialmente actores públicos, incluyendo la CONAE, el GEMA (Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados) de la Universidad Nacional de La Plata, la CNEA o el IAR (Instituto Argentino de Radioastronomía).
- Fabricantes de satélites, lanzadores y segmentos terrenos. En este segmento conviven grandes y pequeños actores. En Argentina encontramos a empresas de propiedad del Estado como VENG e INVAP y pequeñas empresas privadas que contribuyen como proveedores de componentes aguas arriba, tales como ASCENTIO o Mecánica 14.
- Operadores, los cuales incluyen tanto a los proveedores de señales satelitales como a los de contenidos digitales. Usualmente estos actores también participan en el siguiente eslabón de la cadena de valor. En Argentina tenemos en este segmento, por ejemplo, a la empresa propiedad del estado ARSAT.

- Proveedores de servicios de información, donde se incluyen generadores de valor agregado e integradores, y proveedores de productos y servicios minoristas que actúan con desarrolladores de equipos y dispositivos terrestres. En el caso argentino podemos citar como ejemplos a proveedores privados de servicios de información, como la italiana Telespazio o la argentina Servicio Satelital y a empresas privadas como FRONTEC (propiedad de INVAP y el grupo Los Grobo) o Solapa 4, que dirigen sus servicios a la agroindustria.

A continuación presentamos un gráfico que representa conceptualmente esta versión simplificada de la cadena de valor de la “economía del espacio” que incluye a sus actores, dentro y fuera del sector espacial, y los bienes y servicios que producen.

Gráfico 1: Cadena de valor simplificada de la “Economía del Espacio”



Fuente: Elaboración propia en base a OECD (2012).

Yendo a una caracterización más detallada de la cadena de valor de la industria espacial, siguiendo a OECD (OECD, 2014), la misma puede dividirse en los siguientes segmentos.

- **Posición Inicial (“Primes”)**: aquí se encuentran los integradores de sistemas espaciales y los proveedores de sistemas completos. Son los responsables del diseño y ensamblado de vehículos espaciales. Entre los productos y servicios que prestan estos actores se encuentran los sistemas satelitales y orbitales completos, los vehículos y servicios de lanzamiento, y las estaciones terrenas. Algunos ejemplos de estas empresas son: Airbus Space and Defence (Francia, Alemania), Thales Alenia Space (Francia e Italia), Lockheed Martin (Estados Unidos) y Boeing (Estados Unidos), entre otros.
- **Nivel 1**: este grupo abarca a los diseñadores, fabricantes y ensambladores de equipos y subsistemas espaciales. La división con los actores de la posición inicial no es siempre clara, ya que algunos proveedores de subsistemas han sido incorporados como subsidiarias de aquellos como parte de procesos de integración vertical. Aquí tenemos

compañías como Snecma (Francia), OKB (Rusia) y Aerojet Rocketdyne (Estados Unidos), entre otras.

- **Nivel 2:** en este nivel se incluyen los proveedores de equipos que se incorporan en los principales subsistemas. Como en el nivel 1, también ha habido un fuerte proceso de integración vertical que dificulta muchas veces la identificación del nivel al que pertenecen las firmas. Ejemplos de empresas de este nivel incluyen a Sodern (Francia), Space Engineering (Italia) y Aeroflex (Estados Unidos), entre otras.

Entre los productos y servicios que proveen los actores en los niveles 1 y 2 se encuentran: los equipos electrónicos y el software para sistemas espaciales y terrenos; plataformas satelitales y subsistemas de operación de datos; subsistemas de guía, navegación y control; subsistemas de energía -como propulsión eléctrica; unidades de procesamiento de energía o sistemas de paneles solares-; subsistemas de comunicación y; subsistemas de propulsión y de posicionamiento; entre otros. También se incluyen entre los productos de este nivel los instrumentos vinculados al monitoreo meteorológico y ambiental.

- **Niveles 3 y 4:** pertenecen a este nivel los proveedores de componentes y sub-ensamblado que se especializan en la producción de componentes y materiales específicos de electrónica y electromecánica. Suelen ser pequeñas firmas especializadas o grandes grupos de la industria de electrónica que poseen pequeñas divisiones dedicadas a la actividad espacial. También entran en estos niveles los proveedores de servicios científicos y de ingeniería que son contratados por las agencias espaciales y por el sector privado. En general estas instituciones son firmas especializadas en ingeniería, universidades e institutos de investigación. Los productos y servicios pueden dividirse en dos categorías: (i) consultoría en ciencia e ingeniería, que incluye la provisión de servicios de investigación y desarrollo, y servicios de ingeniería; (ii) proveedores de materiales y componentes, tanto para espacio como para segmentos terrenos (cables, conectores, transformadores, transistores, convertidores de energía, semiconductores, etc.). Algunas empresas representativas de este rubro son Composite Optics (Estados Unidos), M/A-COM (Estados Unidos) y Thales Electron Devices (Francia).
- **Operadores:** aquí existen dos segmentos. Por un lado están los operadores de sistemas espaciales que proveen servicios de lanzamiento así como el alquiler y venta de capacidad satelital. Por otro, están los operadores de sistemas de segmentos terrenos que proveen de servicios de centros de control a otros actores.
- **Agua abajo:** por un lado tenemos a los proveedores de equipos y aparatos destinados a usuarios finales, tales como circuitos integrados, equipos de navegación y telecomunicaciones y dispositivos de conectividad. Por otro, se encuentran los proveedores de servicios relacionados con la actividad espacial y de productos destinados al usuario final, tales como los como proveedores de redes de terminales de apertura (VSAT⁵) o de servicios de localización.

⁵ El término VSAT (Terminal de apertura muy pequeña o *Very small aperture terminal* en inglés) designa un tipo de antena para comunicación de datos vía satélite y por extensión a las redes que se sirven de ellas, normalmente para intercambio de información punto a punto, punto a multipunto (*broadcasting*) o interactiva.

2. El contexto global y regional

Global

El objetivo de esta sección es dimensionar la “economía del espacio” a escala internacional e identificar sus principales actores. Salvo cuando se indique lo contrario, la información que sigue a continuación surge de OECD (2014), un informe que dicho organismo realiza periódicamente y constituye la referencia más completa a nivel global para el sector.

Como se señala en OECD (2014), la “economía del espacio”, y la industria asociada a la misma, han sido en todos los países derivaciones de investigaciones y desarrollos gubernamentales llevados adelante durante décadas. Según Hiriart y Saleh (2010), que analizaron más de 6000 lanzamientos de satélites desde 1960 a 2008, los satélites de inteligencia y defensa conformaron el 39% de los lanzamientos, los de comunicación un 34% y los científicos un 27%, siendo que la demanda gubernamental justificó más de dos tercios de estos lanzamientos. Este rol de la demanda de instituciones del estado tuvo un protagonismo más notorio en las décadas del '60 (90%) y '70 (73,5%). No obstante, en las últimas décadas se observa una influencia creciente del sector privado, la cual ha igualado a la demanda estatal. Esto sugiere que las condiciones del mercado podrían estar cambiando, asimilándolo más al que prevalece en otras industrias de alta tecnología en donde el rol de la demanda privada es significativo.

Según datos de la OCDE, en 2013 el sector espacial empleaba en todo el mundo alrededor de 900.000 personas. Estos recursos humanos se emplean en agencias espaciales, empresas que construyen satélites, lanzadores, sistemas terrenos, proveedores de componentes y servicios satelitales (principalmente servicios de telecomunicación), entre otros actores. Esta estimación deja afuera a las universidades e institutos de investigación. Los ingresos generados por la economía del espacio se estimaron para 2013 en más de USD 256.000 millones que se reparten en cadena de suministro (33%), operadores satelitales (8,4%) y servicios al consumidor (58%).

Las inversiones en Estados Unidos, el país que destina más recursos a la industria, llegan a un 0,3% del PBI. Si bien los países de la OCDE son los que más invierten, otras economías fuera de este grupo vienen realizando inversiones significativas, incluyendo China, la Federación Rusa, India y Brasil.

El segmento de la cadena de suministro, desde la posición inicial hasta el nivel 4, se caracteriza por la existencia de algunos mercados “cautivos”, ya que gran parte de la demanda gubernamental de satélites, lanzadores y segmentos terrenos es usualmente dirigida a la industria nacional (obviamente, no ocurre lo mismo con la demanda privada, tal como se explica más abajo). En los segmentos de operadores satelitales y proveedores de servicios de información operan los proveedores de servicios satelitales de telecomunicación fija y móvil, los servicios de radio satelital y los operadores de sensores remotos comerciales. Estos agentes se encargan de abastecer la demanda privada y pública de telecomunicaciones e imágenes. En el segmento de servicios de consumo se encuentran los actores “aguas abajo”, que se ubican fuera de la comunidad satelital, pero que forman parte de la “economía del espacio”. Aquí tenemos, entre otros actores, a los proveedores de televisión satelital, los servicios y equipos de geolocalización para navegación o equipos y los servicios de recepción en terminales como los utilizados por el sistema bancario.

En todos los países el rol del gobierno es esencial en los dos extremos de la cadena: en la provisión del financiamiento inicial para investigación y desarrollo y como principal demandante de muchos productos y servicios satelitales. Mientras que en el primer caso el gobierno ayuda a la emergencia de conocimiento socialmente útil que genera externalidades reales positivas (y que, por tanto, el mercado *per se* no lograría proveer en cantidades suficientes); en el segundo; la demanda estatal se orienta a

proveer bienes públicos (vinculados por ejemplo a la prevención y control de catástrofes, el monitoreo del clima, la gestión de recursos naturales, etc.), los cuales nuevamente, el mercado no lograría desarrollar por sí solo por falta de rentabilidad privada.

Comparando los presupuestos públicos en términos de dólares (en valores corrientes y convertidos a paridad de poder adquisitivo), en la tabla 2 se observa que Estados Unidos, China, Rusia e India fueron los cuatro países con mayores recursos asignados al área espacial durante el año 2013 (medidos en paridad de poder adquisitivo; en valores corrientes Japón reemplaza a India). En tanto, si los medimos por habitante, los países con mayores gastos son Estados Unidos, Rusia, Francia, Luxemburgo y Japón. Si bien lamentablemente la OECD no reporta datos para la Argentina en PPA, vemos que el presupuesto asignado a la actividad se asemeja, en valores corrientes, al de naciones avanzadas como Suecia, Noruega y Holanda, y es apenas inferior al de Brasil.

Más allá de lo mencionado en cuanto al rol específico del Estado en algunas de las etapas de la cadena de valor de esta industria, el peso relativo que ocupan las agencias gubernamentales, las instituciones académicas y el sector privado varía en intensidad entre países de acuerdo a las historias evolutivas específicas, el grado de desarrollo de la “economía del espacio”; el tamaño y naturaleza de la demanda por sus servicios y las particularidades institucionales de cada nación; entre otros factores. A su vez, dentro del sector privado operan desde grandes multinacionales a PyMEs y *startups* (también con pesos relativos distintos en función tanto de determinantes nacionales como de la etapa de la cadena que consideremos). En tanto, en algunos países las agencias estatales también extienden su presencia a la etapa productiva; por ejemplo, los centros de la Indian Space Research Organization (ISRO) ocupan el núcleo duro de la cadena de provisión de la industria y el sector privado solo provee equipamiento y componentes puntuales (OECD, 2014). Como se verá a lo largo del trabajo, la presencia de una variedad de actores de distinta pertenencia institucional y tamaño a lo largo de la cadena de valor también ocurre en el caso argentino.

La demanda de la industria de satélites proviene de gobiernos y operadores comerciales de estos que requieren naves, satélites y lanzadores; el peso relativo de cada fuente varía según el caso nacional. Usualmente las actividades de manufactura son más desarrolladas en aquellos países donde la demanda gubernamental es más fuerte, como es el caso de Estados Unidos, la Unión Europea, China y Rusia. Esto es así considerando que los gobiernos usualmente dirigen sus demandas a la industria nacional por motivos estratégicos, vinculados tanto a la generación de conocimiento a nivel local como al hecho de que hablamos de tecnologías de uso dual, y por tanto también terciar consideraciones de seguridad en estas decisiones. En tanto, la demanda privada tiene motivaciones vinculadas, al igual que en otros sectores, con criterios de tecnología, eficiencia, calidad y/o control del mercado.

Como notaremos a lo largo de todo el documento, el número de países con capacidades tecnológicas y productivas en el área satelital se ha ido expandiendo en las últimas décadas. A su vez, como ocurrió en otras industrias, se ha ido produciendo un proceso de fragmentación geográfica de la cadena productiva, en parte gracias al incremento del número de misiones espaciales conjuntas entre distintos países y/o agencias espaciales. La profundización en las cadenas globales de valor se ha direccionado en tres dimensiones: la geográfica (cada vez se involucran más países en la producción y provisión de bienes y servicios vinculados a la “economía del espacio”); la sectorial (crecientemente dichos productos y servicios se fabrican en procesos articulados global o regionalmente); y la funcional (dicha articulación, aunque de manera más incipiente, también abarca a los procesos de I+D e innovación).

Tabla 2. Presupuestos públicos en el área espacial en PPA y por habitante (2013)

	En USD millones (PPA)	Per cápita	En USD millones (corrientes)
Estados Unidos	39.332	123,2	39.332
China	10.775	7,9	6.111
Federación Rusa	8.692	61,0	5.265
India	4.268	3,3	1.159
Japón	3.422	26,9	3.597
Francia	2.431	38,0	2.713
Alemania	1.627	20,1	1.687
Italia	1.223	20,7	1.223
Corea del Sur	411	8,2	318
Canadá	396	11,5	474
Gran Bretaña	339	5,3	367
España	303	6,7	273
Brasil	259	1,3	183
Bélgica	245	21,9	271
Indonesia	142	0,6	50
Suiza	133	16,6	197
Suecia	122	12,7	162
Holanda	110	6,6	121
Turquía	104	1,4	59
Noruega	89	18,5	134
Israel	89	11,1	100
Polonia	81	2,1	46
Sud África	76	1,5	41
Austria	73	8,6	80
Finlandia	54	9,9	65
Dinamarca	38	6,9	52
Portugal	32	3,0	26
Grecia	30	2,7	26
República Checa	25	2,5	17
Irlanda	25	5,6	27
Australia	25	1,1	35
Luxemburgo	17	34,5	21
Hungría	9	0,9	5
México	8	0,1	10
Estonia	5	4,0	4
Eslovaquia	5	0,9	3
Eslovenia	3	1,4	2
Argentina	s.d.	s.d.	140

Fuente: OECD (2014).

Un aspecto quizás obvio pero que no podemos perder de vista es que se trata de un sector fuertemente intensivo en I+D⁶, que a su vez es también difusor de aplicaciones innovadoras para otras actividades tales como medicina, transporte, informática, materiales y procesos industriales, entre otros (un ejemplo popular es la introducción de GPS en los teléfonos celulares o en los automóviles). Sin embargo, una particularidad del sector es su bajo nivel de patentamiento en relación con otras ramas de alta tecnología. Esto se debe a que la industria espacial se caracteriza por priorizar la confidencialidad gubernamental y la prevalencia del secreto como mecanismo de apropiabilidad en el sector privado. Según la OECD (2014), aunque la cantidad de patentes se ha cuadruplicado en los últimos 20 años, solo hay unos cientos de patentes vinculadas al espacio cada año. Dentro de éstas, el mayor crecimiento se ha dado en navegación satelital, observación de la Tierra y telecomunicaciones. Si bien Estados Unidos es líder en patentamiento, ha perdido terreno relativo frente a países como Francia, Alemania, China, Japón e Italia.

En la tabla 3 se presentan los últimos datos reportados a la OECD, y publicados por, con relación al presupuesto gubernamental destinado a I+D para la exploración y explotación del espacio con fines no militares (dado que el reporte es incompleto, pueden faltar jugadores relevantes en este mercado, como es el caso de China). En la tabla se incluyen los 20 países con mayores valores reportados en OECD (2014), entre los cuáles, como vemos, se encuentra la Argentina.

Tabla 3. Presupuesto público en I+D para exploración y explotación del espacio con fines no militares (USD millones 2010 – Precios constantes PPA; último año disponible en OECD.Stat)

<u>País</u>	<u>Año</u>	<u>Valor</u>	<u>País</u>	<u>Año</u>	<u>Valor</u>
Estados Unidos	2015	10.725,222	Bélgica	2014	250,836
Rusia	2009	3.381,625	Argentina	2012	207,513
Japón	2015	1.919,661	Taiwán	2015	173,162
Francia	2015	1.665,529	Holanda	2015	145,501
Alemania	2015	1.414,088	Suiza	2014	120,049
Italia	2014	931,420	Noruega	2015	63,155
Corea del Sur	2014	512,159	República Checa	2015	28,620
Reino Unido	2014	435,988	Suecia	2015	28,198
España	2014	381,273	Dinamarca	2015	27,311
Canadá	2013	276,598	Finlandia	2015	19,909

Fuente: OECD (OECD.Stats, 2017)

El progresivo incremento en el nivel de competencia puede verse a través de los resultados de una encuesta realizada en 2012 y 2013 a actores de la industria satelital de Estados Unidos. El 78% de los consultados declaró no ser el único proveedor o distribuidor de algún producto satelital. Asimismo, los consultados identificaron proveedores alternativos de 56 países diferentes que abastecían de materiales, estructuras, sistemas mecánicos, equipos electrónicos y sistemas de comunicación, entre otros bienes y servicios. Esto lleva a concluir que los compradores privados de satélites disponen de una oferta internacionalmente amplia y su criterio de compra se basa principalmente en los costos, confiabilidad y tiempo de producción más que en la preocupación sobre el origen del satélite y sus partes. Cuando los compradores son del sector público

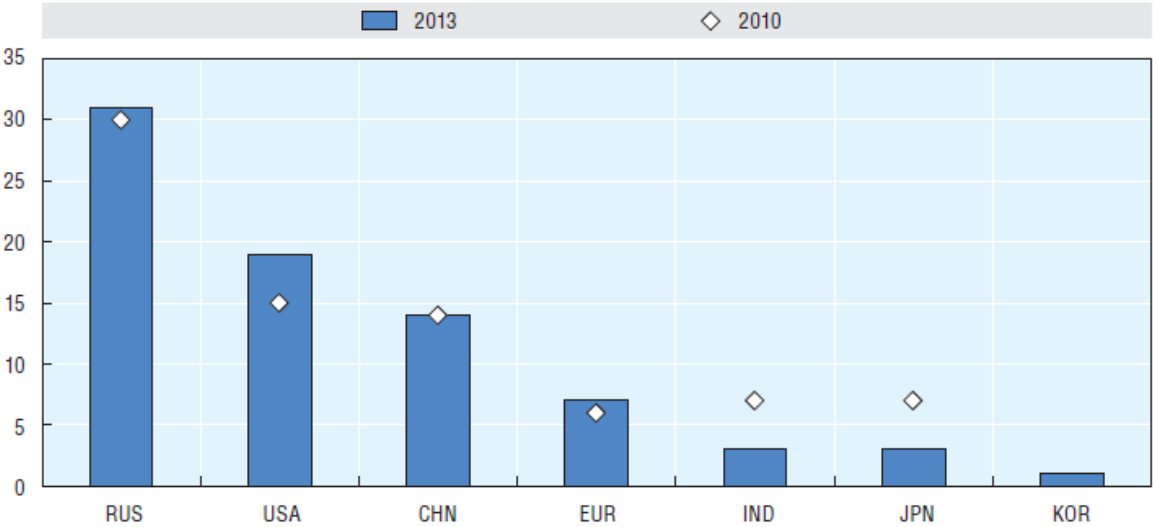
⁶ Según estudios reportados por la OECD (2014), en Canadá la industria espacial presentaba una intensidad de I+D cerca de 6 veces mayor que el promedio de la industria manufacturera. En Italia esa relación es de 8 a 1.

usualmente prevalecen otras consideraciones, tal como se desarrolla en otras parte de este mismo documento (OECD, 2014).

A pesar de la creciente competencia en el mercado, el comercio internacional de satélites y lanzadores es todavía limitado, considerando que el volumen de producción es relativamente pequeño y altamente customizado y los flujos comerciales están fuertemente regulados y sujetos al control de los gobiernos. No obstante, las exportaciones mundiales ascendieron a USD 15.000 millones entre 2007 y 2013, contra USD 4.000 millones en los seis años previos. Según la OECD (2014) este incremento se debe a: (i) la progresiva fragmentación de las cadenas de valor; ii) la consecuente expansión del comercio intra-firma; (iii) la aparición de nuevos mercados, principalmente en telecomunicaciones. Poco más de la mitad de las exportaciones fueron dirigidas a países no miembros de la OECD en los dos períodos mencionados, siendo la Federación Rusa y China algunos de los mayores importadores, junto con los casos particulares de Francia y Luxemburgo cuyos grandes operadores (Eutelsat en Francia y SES e Intelsat en Luxemburgo) compran sus satélites en el mercado internacional. Los mayores países exportadores son Francia, Alemania, Estados Unidos e Italia.

A diferencia de lo que ocurre en el caso de los satélites, la capacidad de construcción de los cohetes lanzadores sigue estando concentrada en pocos países, en parte debido a que se trata de una tecnología crítica de uso dual (civil-militar). El mercado global de lanzamientos es pequeño, con un ingreso para el 2013 estimado en USD 2.000 millones. Hay sólo seis compañías que compiten internacionalmente en la prestación de servicios de lanzamiento de satélites a órbitas geoestacionarias, a saber: la francesa Arianespace Company, Servicios Internacionales de Lanzamiento (Federación Rusa), las compañías estadounidenses Lockheed Martin y Boeing, la China Great Wall, y Sea Launch, que es un consorcio internacional formado por Noruega, la Federación Rusa, Ucrania y Estados Unidos. Si incluimos empresas o instituciones que proveen servicios o poseen capacidad de lanzamiento a órbita baja, la lista se amplía con un puñado más de actores, como la estadounidense SpaceX, la agencia Indian Space Research Organization (ISRO), con su vehículo “India’s Polar Satellite Launch Vehicle (PSLV)”, y más recientemente Corea del Sur con su vehículo “Naro-1” construido por KARI, la agencia espacial coreana y Korean Air Lines Co. Ltd. El gráfico 2 ilustra sobre la distribución de lanzamientos espaciales exitosos en el mundo en 2010 y 2013.

Gráfico 2: Distribución Internacional de lanzamientos espaciales exitosos en 2010 y 2013



Fuente: OECD (2014).

Yendo al área de servicios satelitales, los mismos son un complemento importante de las comunicaciones vía terrestre para alcanzar lugares de difícil acceso. Los proveedores de este segmento se pueden dividir en aquellos que proveen de servicios satelitales fijos (vía satélites geoestacionarios para tráfico de video, voz y datos) y los que prestan servicios satelitales móviles (para clientes que requieren la llegada de señal en movimiento, tales como barcos o aviones). La facturación de los 25 mayores proveedores de servicios satelitales fijos llegó en 2013 a USD 12.000 millones con 300 satélites geoestacionarios comerciales. Los primeros 5 de estos actores son: Intelsat y SES (Luxemburgo); Eutelsat (Francia); Telesat (Canadá) y Sky Perfect Jsat (Japón). Debido a la creciente competencia, estos 5 actores han declinado su participación en el mercado del 76,5% en 2008 al 70% en 2013. Por su parte los operadores de servicios satelitales móviles facturaron en 2013 cerca de USD 2.600 millones. Los principales actores son: Inmarsat (Gran Bretaña), Iridium (Estados Unidos) y Thuraya (Emiratos Árabes). Por último, los proveedores de VSATs y de equipamiento en tierra llegaron a facturar en 2013 aproximadamente USD 7.000 millones.

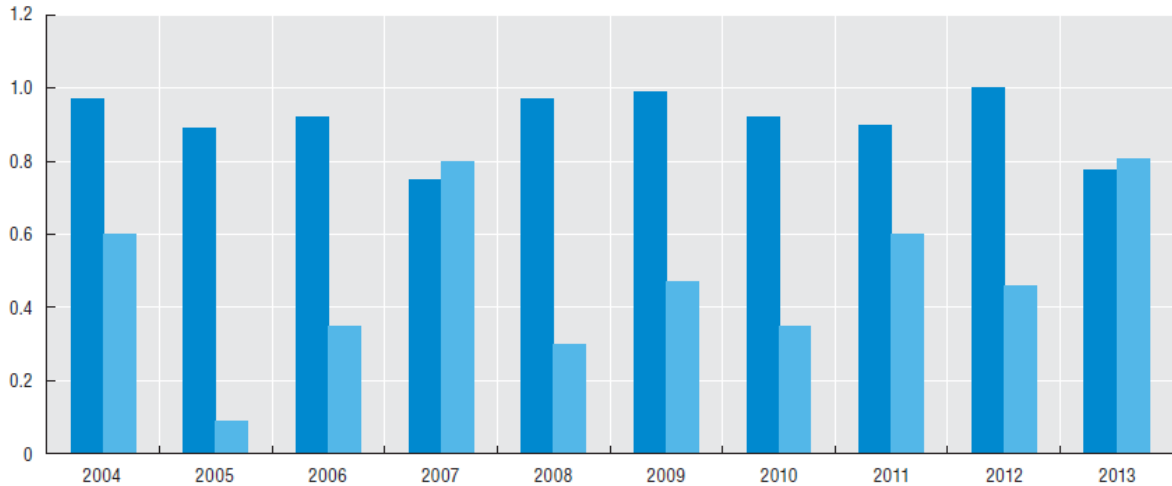
Una particularidad de las misiones satelitales es el alto nivel de riesgo asociado a las mismas. Si bien los problemas se concentran en las etapas de lanzamiento y despliegue, y en las fallas mecánicas que pueden surgir en los grandes satélites de telecomunicaciones una vez en operaci, existen otras variables exógenas como la colisión con basura espacial o las tormentas solares que también inciden en el riesgo de las misiones. Un segmento del mercado de seguros se encarga de cubrir los riesgos emergentes de las operaciones del sector comercial espacial. Para finales de año 2013, había alrededor de 205 satélites que estaban en órbita, asegurados por un total de USD 24.000 millones. Del total de lanzamientos por año, se suelen asegurar el 50% y de esos aproximadamente la mitad corresponde a satélites de órbita baja y la otra mitad a satélites de órbita geosincrónica. El valor asegurado de los primeros ronda los USD 40 millones y de los segundos entre los USD 100 millones y USD 400 millones (con topes de hasta USD 750 millones cuando un lanzamiento lleva más de un satélite). La diferencia en los valores asegurados tiene una íntima relación con la duración de los mismos, ya que los primeros poseen en general una esperanza de vida de 5 años, mientras que los segundos proyectan vivir 15 años.

Las primas anuales han promediado entre los USD 750 millones y los USD 1.000 millones de dólares. Si bien el número de fallas ha venido descendiendo, el valor promedio de los reclamos por pérdidas se ha ido incrementando de USD 38 millones a mediados de la década del 90 a USD 116 millones en el año 2013. Esta tendencia está asociada al aumento en las dimensiones y complejidad de los satélites de telecomunicaciones. A continuación se presenta un gráfico que presenta las primas netas (columnas oscuras) versus las perdidas soportadas (columnas claras) desde 2004, año a año, hasta 2013 (cuando por primera vez las segundas superaron a las primeras), gráfico 3.

En cuanto al segmento de servicios de observación, en 2013 había cerca de 120 satélites civiles operativos para la observación de la Tierra y alrededor de otros 40, militares. Estados Unidos, China, India, Europa y Francia encabezaban la lista según cantidad de misiones de observación de la Tierra en marcha. En OECD (2014) se estimaba que en 2013 existían más de 100 misiones planeadas para realizarse hasta el 2030, cifra que se preveía que superaría el número de 300 para el año 2021. La comercialización de datos sobre imágenes satelitales está en manos de muy pocos actores, incluyendo a Airbus Spot Image, DigitalGlobe y MDA Geospatial Inc., entre otros. La mayor parte de los ingresos de estas compañías viene de ventas a gobiernos, llevándose el sector militar y de seguridad las dos terceras partes del mercado. En términos globales, los satélites comerciales de observación de la Tierra facturaron en 2013 cerca de USD 1.500 millones, el doble de lo registrado en el año 2008. La frontera en este caso parece dirigirse a los desarrollos privados de

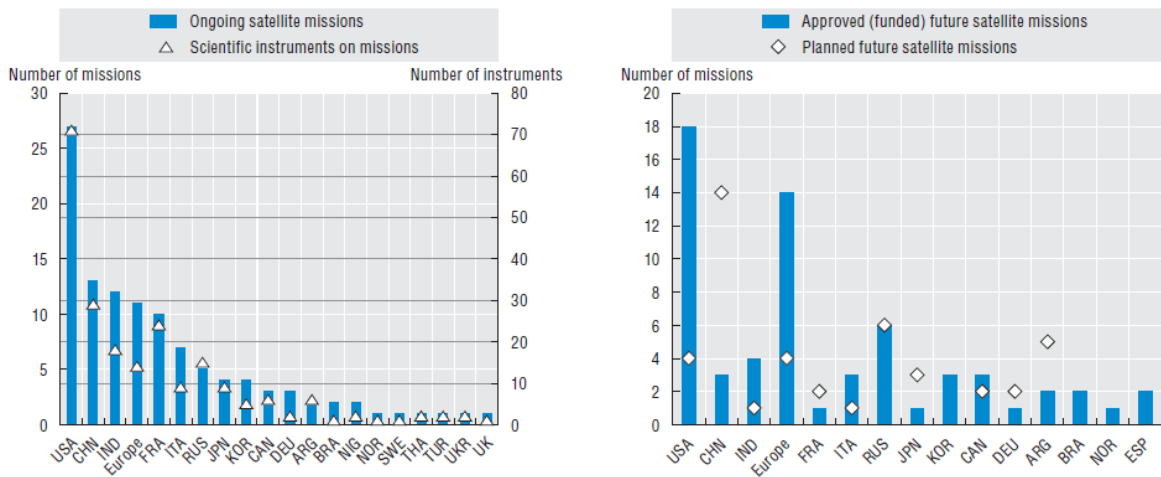
constelaciones de satélites más pequeños y de menor costo que, según OECD (2014), podrían tener un gran impacto en las próximas décadas sobre el mercado de imágenes. Los gráficos 4 y 5 muestran datos sobre la distribución de misiones e instrumentos por países en misiones en marcha (izquierda) y planeadas (derecha).

Gráfico 3: Primas y reclamos anuales de seguros espaciales (USD miles de millones)



Fuente: OECD (2014).

Gráficos 4 y 5: Selección de misiones de observación en marcha y planeadas (agencias civiles)



Fuente: OECD (2014).

La meteorología fue la primera disciplina científica en usar información provista por satélites en la década del 60. Al presente, los satélites proveen observaciones del estado de la atmósfera y la superficie del océano para la realización de análisis meteorológicos, pronósticos, avisos y advertencias, así como para el monitoreo del clima. Las tres cuartas partes de los datos utilizados en los modelos numéricos de predicción del clima dependen de las mediciones satelitales (OECD, 2014). Hay 18 satélites geoestacionarios de meteorología posicionados sobre el Ecuador compartiendo esta órbita con cerca de 300 satélites geoestacionarios de telecomunicación. Este

anillo formado por los satélites meteorológicos consigue una cobertura global debido a la cooperación e intercambio de información coordinado por la Organización Mundial de Meteorología (WMO) entre las distintas agencias que los operan en: China, Francia, Japón, Corea, Rusia, Estados Unidos y Europa (Eumetsat). A su vez estos satélites son complementados por 17 satélites meteorológicos de órbita polar que circulan en órbita baja, operados por Estados Unidos, China, Europa y Rusia. Además de estos, en el año 2013 había otros 160 satélites en misiones ambientales que miden variables climáticas particulares (de estos, un 30% eran misiones conjuntas entre dos o más países).

En cuanto a los satélites utilizados para proveer servicios de geolocalización, para mediados de 2014 había 6 constelaciones regionales y globales en desarrollo, a la vez que estaba en funcionamiento el Sistema Americano de Posicionamiento Global (GPS). Los programas bajo lo que se desarrollan estas constelaciones son gubernamentales y llevados adelante por contratistas privados, salvo el programa Galileo que es gerenciado por la Unión Europea. Las estimaciones publicadas por la OECD (2014) arrojaban que para el año 2020 habrá alrededor de 100 satélites de navegación bajo cuatro sistemas diferentes con cobertura global: GPS, Galileo, Glonass y Beidou. Estos satélites permiten el desarrollo de un mercado aguas abajo, en donde son muchas las compañías que proveen de aparatos y servicios que utilizan datos de navegación, tales como Trimble, Mitac International, Tom Tom y Garmin, cuyos ingresos para el año 2013 fueron de USD 8.000 millones.

En el extremo de la frontera del conocimiento hallamos a las actividades de exploración del espacio. Debido a los costos y riesgos involucrados, ningún país está en condiciones de afrontar por sí solo una misión de exploración. La segunda razón para la cooperación es la necesidad de un monitoreo que requiere de antenas instaladas en varios puntos del globo para mantener la comunicación con las naves interplanetarias. De los 900 satélites operativos que orbitaban la Tierra en el año 2013, una docena eran destinados a las ciencias espaciales, incluyendo inmensos telescopios internacionales y misiones científicas en busca de planetas similares a la Tierra fuera del sistema solar.

Finalmente, vale la pena mencionar algunos de los desarrollos tecno-productivos que se avizoran en el horizonte de la industria espacial de acuerdo al informe OECD (2014), los cuales incluyen: i) el uso de nuevos procesos productivos que apuntan a aplicar la lógica de producción en masa en este sector (es el caso de SpaceX); ii) el avance de las tecnologías de manufactura avanzada, no sólo con el cada vez mayor uso de herramientas tales como la impresión digital y la impresión 3D, sino también con el empleo de esta última en el espacio para producir bienes a ser empleados allí o en la Tierra; iii) la prevalencia de satélites híbridos o completamente eléctricos (con propulsión electrotérmica, electrostática o plasma), lo cual potencia la carga útil que pueden llevar las naves; y iv) la probablemente creciente presencia de satélites de tamaño pequeño.

Con relación a este último punto, el mencionado informe sugiere que la industria espacial parece moverse hacia una reducción en los tamaños de los satélites, emulando un proceso similar al observado desde hace décadas con las computadoras. Aunque por un lado la reducción en el tamaño achica los costos de desarrollo y los tiempos de producción, esto impacta también en un acortamiento de la vida útil y la carga útil de los mismos, tal como vimos antes. Los avances en este sentido apuntan hacia una reducción de estos impactos negativos.

Aunque aún siguen siendo necesarios varios años de fuertes inversiones en I+D para poder producir satélites y sus instrumentos, al mismo tiempo hay disponibilidad de tecnologías que permiten que, por ejemplo, las universidades puedan desarrollar sus propios micro satélites (de entre 10 y 100 kg). De hecho, algunas empresas ofrecen estructuras, subsistemas y componentes

para la fabricación hogareña de nano satélites (de 1 a 10 kg), siendo el mayor problema para estos desarrollos no industriales la colocación de la nave en el espacio (aunque también se esperan progresos que faciliten estas iniciativas a futuro).

En el área comercial, la reducción en el tamaño de los satélites ha dado lugar a proyectos de constelaciones orbitando la Tierra en órbita baja. Un ejemplo de estos desarrollos es el satélite SkySat-1 de la empresa Skybox Imaging lanzado en el año 2013 como la primera nave de una constelación de 24 pequeños satélites con la propuesta de generar imágenes de alta resolución y frecuencia a un bajo costo (esta empresa fue comprada por Google en 2014 por una suma cercana a los USD 500 millones). Otro ejemplo de proyectos orientados a la provisión de imágenes con alta frecuencia es la constelación Folk-1 de 28 nano satélites en órbita baja lanzada en enero de 2014 por la empresa Planet Labs. El auge en la cantidad de proyectos asociados al lanzamiento de constelaciones de satélites al espacio podría poner en la agenda internacional la necesidad de establecer un marco regulatorio orientado a organizar, y probablemente a limitar, las actividades de lanzamiento y colocación de satélites de pequeñas dimensiones en órbita.

Regional

En América Latina los avances iniciales en materia satelital fueron encabezados por las Fuerzas Armadas de Argentina y Brasil. Ya en 1947 comienza el desarrollo de autopropulsados en el Instituto Aeronáutico de la Fuerza Aérea Argentina. Brasil, en tanto, forma en 1961 el Grupo de Organización de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (GOCNAE) y en 1965 su Fuerza Aérea crea el Instituto de Actividades Espaciales (IAE), que iniciaría el desarrollo de cohetes sonda. Actualmente ambos son los países de la región con mayor progreso relativo de la industria espacial, aunque su especialización ha seguido diferentes recorridos.

Según los especialistas consultados, mientras que Brasil puso foco en el desarrollo de lanzadores y la incorporación de infraestructura (ver Anexo III), Argentina se concentró en la generación de capacidades tecnológicas en el campo de los satélites (como veremos más abajo), aunque más tarde también avanzó en la incorporación de infraestructura de pruebas (e.g. creación de CEATSA en 2010, ver más abajo) y en el área de lanzadores⁷.

En cuanto al “gobierno” del sector, existen en cada país Comisiones o Agencias (en algún caso, como por ejemplo Bolivia, constituida en empresa pública), que muchas veces han ido cambiando de pertenencia institucional, nombre y objetivos. En ocasiones, incluso primero han venido las actividades y luego la institucionalización. Tal es el caso de Chile, cuyo primer proyecto fue realizado entre la Fuerza Aérea del país y la empresa británica Surrey Satellite Technology Ltd. con lanzamiento en el año 1995, pero que creó su Agencia Espacial recién en 2001. En la tabla 4 se presenta la lista de Comisiones y Agencias Espaciales de la región.

Dentro de los satélites de telecomunicación lanzados en la región, sólo Argentina ha desarrollado sus propios vehículos. Venezuela y Bolivia los han adquirido a la empresa China Great Wall Industry Corporation (CGWIC). Por su parte, la Comunidad Andina (CAN), integrada por Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, le ha cedido su posición 67° oeste a la operadora SES quien, a su vez, le ha encargado la construcción de un satélite de telecomunicaciones a EADS Astrium (Airbus), empresa europea con sede central en París, cuyo lanzamiento se prevé para principios del año 2017 y que será el primer satélite lanzado en un cohete SpaceX probado en vuelo. En contraste,

⁷ Un ejemplo que ilustra estas diferencias es que el satélite SAC-D/Aquarius y su equipamiento debieron ser trasladados para la realización de las pruebas previas al lanzamiento a las instalaciones del Laboratorio de Integración y Test (LIT) que el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales de Brasil (INPE) tiene en São José dos Campos, São Paulo. Mientras que el LIT fue creado en el año 1987, las instalaciones de CEATSA recién estuvieron operativas en 2012.

son varios los países de la región que han desarrollado, con o sin colaboración externa, sus propios satélites no geoestacionarios, incluyendo a Brasil, Uruguay, Chile, Perú, Colombia y Ecuador. Sin embargo, las misiones argentinas hasta el momento han sido mucho más ambiciosas que las misiones de la mayoría de los países vecinos.

Tabla 4. Instituciones a cargo de la actividad espacial en América del Sur

País	Agencias o Comisiones de Actividad Espacial	Creación	Dependencia
Perú	Comisión Nac. de Inv. y Desarrollo Aeroespacial (CONIDA)	1974	Min. de Defensa
Argentina	Comisión Nac. de Actividades Espaciales (CONAE)	1991	Min. de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
Brasil	Agencia Espacial Brasileña (AEB)	1994	Min. de Ciencia, Tecnología e Innovación
Chile	Agencia Chilena del Espacio (ACE)	2001	Comisión Asesora Presidencial
Venezuela	Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE)	2005	Min. de Ciencia y Tecnología
Colombia	Comisión Colombiana del Espacio (CCE)	2006	Vicepresidencia
Bolivia	Agencia Boliviana Espacial (ABE)	2010	Min. de Obras Públicas, Servicios y Vivienda
Ecuador	Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE)	2012	Min. de Defensa
Paraguay	Agencia Espacial del Paraguay (AEP)	2014	Presidencia
Uruguay	En proceso de creación		

Fuente: Elaboración propia en base a Drewes (2014).

Las mencionadas empresas China Great Wall Industry Corporation y EADS Astrium parecen ser los grandes jugadores del mercado sudamericano, ya que además de proveer de los satélites de telecomunicación a Bolivia, Venezuela y a la CAN, también se han encargado de la construcción de satélites de observación para Venezuela y Chile. A este mercado se sumó recientemente la firma Airbus Defence & Space que estuvo a cargo de la construcción del satélite de observación de la Tierra PeruSat-1⁸.

3. La historia del sector en Argentina y los principales actores

En Argentina, como en el resto de las naciones con industria espacial, también fue el Estado el impulsor inicial de la actividad y su posterior promotor principal. A fines de los '40 comienza el desarrollo de autopropulsados en el Instituto Aeronáutico de la Fuerza Aérea Argentina y en 1960 se fundó la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE), dependiente orgánicamente de esta misma fuerza. Durante las tres décadas en que estuvo en funcionamiento, hasta su remplazo en 1991 por la CONAE, la CNIE participó en el desarrollo de varios cohetes y en el envío de seres vivos al espacio. Se realizaron 150 lanzamientos, siendo el último un cohete de una etapa con combustible sólido con una altura de 4,6 mts. y un peso de 110 kg. que transportaba un mono.

⁸ Para un listado completo de los satélites de telecomunicación y observación lanzados en la región ver Anexo III.

La historia que vincula a los seres vivos con los proyectos espaciales en Argentina se remonta al ratón Belisario⁹, quien, en el marco del proyecto BIO, fue lanzado en un cohete desde la Escuela de Tropas Aerotransportadas de Córdoba el 11 de abril de 1967. En el marco de este mismo proyecto Argentina fue el cuarto país que lanzó un mono al espacio -en realidad solo llegó a la mesósfera-; el lanzamiento del mono Juan fue hecho en conjunto por el Instituto Nacional de Medicina Aeronáutica y Espacial junto con la CNIE el 23 de diciembre de 1969.

En tanto, en 1963 se creó el Instituto Civil de Tecnología Espacial (ICTE), una asociación de investigación y docencia creada por un grupo de jóvenes en Sarandí, Avellaneda. Este instituto llegó a tener 32 miembros activos y 120 alumnos, cesando sus actividades en el año 1971.

El siguiente paso relevante en esta historia se da a fines de los '70, cuando la Fuerza Aérea Argentina comienza a planificar un proyecto misilístico llamado Cóndor II. El proyecto toma impulso después de la Guerra de Malvinas, hasta ser finalmente desactivado por las presiones internacionales (debido a su finalidad bélica) en 1991 -ver para más detalles (Blinder, 2011; 2015). Con el cierre del programa, también se disuelve la CNIE, dándole paso a la creación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) el 28 de mayo de 1991, organismo civil que es uno de los actores principales del actual "ecosistema" de la industria espacial argentina.

Antes de seguir con la historia de la CONAE, cabe mencionar que el 22 de enero de 1990 se lanzó el satélite LUSAT-1 desarrollado por la filial en Argentina de AMSAT, una asociación mundial de satélites de radioaficionados, para proveer de comunicaciones a los mismos. El lanzamiento se realizó con un lanzador Ariane 4 desde el puerto espacial Kourou en Guayana Francesa, desde donde también se lanzaron más de veinte años después el ARSAT 1 y el ARSAT 2 con lanzadores Ariane 5 de la empresa francesa Arianespace.

La CONAE se creó mediante Decreto 995/1991 (CONAE) bajo dependencia directa del Presidente de la Nación. El organismo heredó las instalaciones aeroespaciales de la Fuerza Aérea Argentina ubicadas en la Ciudad de Buenos Aires y Falda del Carmen (Córdoba), el Centro de Experimentación y Lanzamiento de proyectiles Autopropulsados Chamental (La Rioja) y parte del personal civil vinculado al proyecto cancelado. Más adelante¹⁰, en noviembre de 2012 mediante decreto 2197/12, la CONAE pasa por decreto a estar bajo la órbita del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Finalmente, en enero de 2016, por decreto 242/16, pasa a formar parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

El reconocimiento internacional de la capacidad técnica de la CONAE se ha manifestado en diversas ocasiones a través de la firma de acuerdos de cooperación con las agencias espaciales más importantes del mundo. Una evidencia de esto fue la invitación de la NASA en el año 1998 para participar de la construcción de la Estación Espacial Internacional. Lamentablemente, el gasto requerido de 10 millones de dólares hizo, según fuentes consultadas, que el gobierno rechazara dicha invitación (aunque esto no impidió que la colaboración entre ambos organismos continuara). Algunas referencias más recientes sobre el reconocimiento y la vinculación de otras agencias con la CONAE son la antena para el estudio del espacio profundo ubicada en Malargüe, Mendoza, que la European Space Agency (ESA) utiliza para el seguimiento de sus misiones de exploración del espacio, y la instalación de la estación espacial china en Neuquén, que entra en

⁹ A Belisario lo siguieron los ratones Alfa, Gamma, Alejo, Aurelio, Anastasio, Braulio, Benito, Cipriano y Coco, que lamentablemente no pudieron aterrizar con éxito.

¹⁰ Previamente, en junio de 1996 la CONAE pasó por decreto 660/96 de la Presidencia de la Nación al ámbito de la Secretaría de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Cultura y Educación y en noviembre por decreto 1274/96 a depender del Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto.

operaciones en el año 2017 y apunta, entre sus principales objetivos, a seguir las futuras misiones chinas a la Luna.

Las competencias de la CONAE abarcaron desde el inicio el diseño del Plan Nacional Espacial y la centralización, organización, administración y ejecución del mismo. La primera versión del Plan Espacial tuvo vigencia a partir del año 1995, y tuvo dos revisiones, la última abarcando el período 2004-2015. El nuevo Plan Espacial se encuentra en estos momentos bajo revisión de las autoridades competentes y pendiente de aprobación. Los objetivos básicos del programa espacial han sido fomentar los procesos de desarrollo tecnológico a nivel nacional, así como la realización de investigaciones con fines pacíficos. Bajo este programa se han diseñado, producido y lanzado diversos satélites, aunque, como veremos más abajo, CONAE nunca tuvo competencia sobre el segmento de telecomunicaciones de esta industria.

Al presente, la CONAE ha concluido cuatro misiones satelitales: SAC-B, A, C y D (CONAE). El primer satélite científico argentino fue el SAC-B, lanzado el 4 de noviembre de 1996. Una falla eléctrica en el sistema del lanzador impidió la separación que debía liberar al satélite del lanzador Pegasus XL, fabricado por la empresa Orbital Science Corporation. No obstante, durante las 12 horas en las que se tuvo contacto con el satélite desde su lanzamiento, se verificó que el satélite funcionaba perfectamente y respondía a los comandos. Los objetivos del SAC-B eran el estudio avanzado de física solar y astrofísica mediante la observación de fulguraciones solares, erupciones de rayos gamma, radiación X del fondo difuso y átomos neutros de alta energía. Se trataba de un mini satélite de 191 kg. con una carga útil de 50 kg¹¹.

El segundo satélite lanzado fue el SAC-A en el cual se pusieron a prueba una serie de instrumentos desarrollados localmente y fue concebido como modelo tecnológico de la misión SAC-C. Se consiguió probar tanto la infraestructura material como la humana de los equipos de telemetría, telecomando y control, permitiendo el entrenamiento y capacitación de operadores para la preparación de los centros de control (hardware y software) y el control de los satélites. El SAC-A fue un micro satélite de 68 kg de peso puesto en órbita desde el transbordador espacial (*shuttle*) tripulado Endeavour de la NASA el 3 de diciembre de 1998 y la misión concluyó exitosamente en agosto de 1999.

El tercer satélite fue el SAC-C, puesto en órbita con un lanzador DELTA II (fabricado por la división de Sistemas de Defensa Integrados de Boeing) el 21 de noviembre del 2000 y cuya vida útil finalizó el 15 de agosto del 2013, aún cuando por diseño se suponía que aquella era apenas de cuatro años. Se trató de un mini satélite de 485 kg., con una carga útil conformada por cámaras de teleobservación de la CONAE e instrumentos científicos de Estados Unidos, Italia, Francia y Dinamarca¹². Los objetivos de la misión incluían la observación de la Tierra, particularmente de Argentina, y la realización de estudios del campo geomagnético y de la estructura atmosférica. Así, se realizaron mediciones y estudios sobre la temperatura y vapor de agua de la atmósfera, el campo magnético terrestre y los efectos de la radiación espacial en componentes electrónicos y se estudió la estructura y la dinámica de la atmósfera y de la ionósfera.

¹¹ Carga útil del SAC-B: espectrómetro de rayos X duros de la CONAE, experimento de rayos X Goddard y un detector de Rayos X del fondo difuso, ambos de la NASA, y un espectrómetro de átomos neutros de alta energía de la Agencia Espacial Italiana (ASI).

¹² Carga útil del SAC-C: cámara multispectral de resolución media, cámara pancromática de alta resolución, sistema de recolección de datos y cámara de alta sensibilidad de la CONAE, experimento de ocultación de GPS y reflexión pasiva de la NASA, instrumento de medición del campo geomagnético de la NASA y DSRI (Instituto Danés de Investigaciones Espaciales de Dinamarca), instrumento para determinar el efecto de partículas de alta energía en componentes electrónicos del CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales de Francia) y, experimento de navegación y actitud e instrumento experimental de navegación de la ASI.

La última misión concluida de la CONAE fue la SAC-D/Aquarius, llevada adelante, al igual que los otros tres SAC, en colaboración con la NASA. Su lanzamiento fue el 10 de junio de 2011 mediante un lanzador Delta II 7320 de la empresa Boeing. El SAC-D/Aquarius concluyó exitosamente su servicio operativo el 8 de junio de 2015. Se trató de un gran satélite de 1.600 kg, que tenía un objetivo científico orientado a obtener nueva información climática a partir de las mediciones de salinidad, una nueva visión de la circulación y procesos de mezcla en el océano y la detección de focos de alta temperatura en la superficie terrestre para la obtención de mapas de riesgo de incendios y humedad del suelo que se podrían utilizar para dar alertas tempranas de inundaciones¹³.

El segundo actor central de la industria espacial argentina es INVAP (cuyo nombre inicial fue Investigaciones Aplicadas). La empresa, según la información oficial que figura en su página web, nace en 1972 en el marco del grupo de Física Aplicada (integrado por varios egresados del Instituto Balseiro), precursor del posterior programa de Investigación Aplicada del Centro Atómico Bariloche. La actividad formal se lanza en 1976 bajo la figura de Sociedad del Estado, mediante un convenio entre la provincia de Río Negro y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

INVAP es una empresa del Estado perteneciente en un 100% a la provincia de Río Negro, con un directorio de siete miembros conformado por cuatro que son nombrados por la provincia, dos nombrados por la CNEA y el último elegido por el personal de la empresa. La organización de INVAP se basa en áreas que dependen de una Gerencia General, las cuales interactúan en el marco de los distintos proyectos tecnológicos que se llevan adelante. Las áreas se dividen en: Abastecimiento, Comercio Internacional, Administración y Finanzas, Calidad, RRHH y Sistemas, Seguridad y Servicios Generales. En tanto, las áreas técnicas están organizadas en cuatro gerencias: Proyectos Nucleares, Proyectos Espaciales y Gobierno, Proyectos Industriales y Energías Alternativas y, TICs y Servicios Tecnológicos.

Según la información publicada en la página oficial de INVAP (INVAP, 2016), en el último ejercicio, 2015-2016, INVAP realizó ventas por \$3.393 millones y obtuvo un beneficio neto de \$112 millones; poco más del 40% de la facturación correspondió a proyectos satelitales y de gobierno. La empresa posee más de 1.400 empleados de los cuales alrededor del 85% son profesionales y técnicos. Actualmente INVAP posee su sede central en San Carlos de Bariloche, oficinas en Buenos Aires, Australia y Egipto y empresas subsidiarias en Argentina, Estados Unidos, Brasil y Australia¹⁴.

Inicialmente, INVAP se concentró en el área nuclear, en donde ganó una reputación internacional como diseñador y proveedor de sistemas para reactores nucleares, y como proveedor de reactores (llave en mano) para investigación y para fabricación masiva de radioisótopos de uso médico. El equipo de INVAP estuvo caracterizado desde en sus primeros pasos por una visión basada en el concepto de Ingeniería de Sistemas y un fuerte sesgo hacia el trabajo interdisciplinario, contando inicialmente entre sus integrantes a físicos, químicos e ingenieros en electrónica y en mecánica.

¹³ Carga útil del SAC-D: radiómetro de microondas, cámara de alta sensibilidad, sistema de colección de datos y paquete de demostración tecnológica de la CONAE, cámara infrarroja de nueva tecnología de la CONAE y CSA (Agencia Espacial Canadiense), sonda de radio ocultación para la atmósfera de la ASI y detectores ICARE y SODAD de la CNES.

¹⁴ Participación en el capital de las empresas subsidiarias de INVAP según estados financieros intermedios condensados al 31 de marzo de 2016:

- Argentina: INVAP Ingeniería S.A. (80% del capital) y Eólica Rionegrina S.A. (90% del capital).
- Estados Unidos: Black River Technology, Inc. (100% del capital).
- Brasil: INVAP do Brasil Ltda. (95% del capital).
- Australia: INVAP Australia PTY Limited (100% del capital).

Con el paso del tiempo INVAP incursionó en diversos sectores, incluyendo el aeroespacial, en donde la empresa comenzó a actuar en los años '90. En 1989, meses antes de la conformación de la CONAE, se realiza un acuerdo de cooperación tecnológica entre Estados Unidos y Argentina, que es seguido por una gestión bilateral entre la NASA y la, en esos entonces, Secretaría de Ciencia y Tecnología de Argentina para llevar adelante la serie de satélites SAC. En ese momento la Secretaría de Ciencia y Tecnología encontró que la única empresa en el país que podría participar de esa iniciativa era INVAP. Si bien hasta ese momento INVAP no había trabajado en esta industria, los desarrollos en el área nuclear habían dado lugar a la generación de diversas capacidades requeridas para el ingreso al campo aeroespacial incluyendo: química orgánica e inorgánica; electrónica; desarrollo de software; proyectos de diseño mecánico; física; cálculo de estructuras y simulación; y garantía de calidad.

En el ámbito espacial, INVAP actualmente genera proyectos satelitales completos, y a excepción del lanzamiento, sus tareas abarcan desde el concepto de la misión hasta la puesta en órbita del satélite y su operación -que son contratadas por CONAE y ARSAT-. La actividad de INVAP incluye la producción propia de todos los subsistemas del *payload*: estructura, potencia, sistemas térmicos, control de altitud, computadora de a bordo, comunicaciones y propulsión. A su vez los desarrollos en materia espacial le han permitido a INVAP avanzar hacia una nueva área: los radares. En efecto, en el marco de los proyectos satelitales, INVAP tuvo que desarrollar capacidad para fabricar los llamados Radares de Apertura Sintética (SAR: *Synthetic Aperture Radar*). Esta tecnología existía previamente en el mundo, sin embargo debido a la posibilidad de uso dual se trataba de un conocimiento no disponible en el mercado, por lo cual INVAP tuvo que desarrollarla en el curso del proyecto SAOCOM y de la iniciativa SIASGE (Sistema Italo Argentino para la Gestión de Emergencias) que comparten la CONAE y la Agencia Espacial Italiana. De hecho, los dos satélites argentinos SAOCOM aún no fueron lanzados y ya generaron la posibilidad de producir diversos tipos de radares, tal como se verá más adelante en este trabajo.

Entre los hitos alcanzados en el área espacial y de radares se incluyen:

- Área espacial:
 - La serie de Satélites de Aplicaciones Científicas (SAC) ya mencionada.
 - El proyecto Sistema Italo Argentino de Satélites de Emergencias (SIAGE) desarrollado en conjunto con la Agencia Espacial Italiana (ASI) que consta de dos constelaciones SAOCOM (1 y 2) que poseen un sistema de Radar de Apertura Sintética (SAR), una cámara de infrarrojo térmico y a su vez cada constelación consta de dos satélites A y B. Los desarrollos 1A y 1B se encuentran en etapa de integración y ensayos para ser lanzados en 2017 y 2018 respectivamente.
 - La serie de satélites de telecomunicaciones ARSAT que posee dos satélites en órbita (ARSAT 1 y 2) y otro en proyecto (ARSAT 3), conformando el Sistema Satelital Geoestacionario Argentino de Telecomunicaciones (SSGAT). El ARSAT 1 fue lanzado en 2014, el ARSAT 2 fue lanzado en 2015 y el desarrollo del ARSAT 3 se encuentra aparentemente detenido por una decisión de recorte presupuestario para este programa. Tanto el ARSAT 1 como el ARSAT 2 se encuentran operativos.
 - El Segmento Terreno que integra dos sistemas de sensores remotos para la recepción de información satelital, incluyendo telemetría, seguimiento y control (TT&C) así como la ingeniería e integración del Centro de Control de Misión en forma conjunta con CONAE. En este segmento se encuentra la operación y mantenimiento de la Estación Terrena y el Centro de Control de Misión y Sensado Remoto de Satélites Comerciales en Córdoba.

- Radares:
 - Radares Primarios Argentinos (3D). En 2014 se finalizaron todos los ensayos y pruebas sobre el prototipo habilitando el inicio de la fabricación. Luego se construyó la primera serie de seis radares para la Fuerza Aérea, y actualmente se encuentra en fabricación la segunda serie de seis. Estos radares son usados para el control de fronteras y de la aviación¹⁵.
 - Radares Meteorológicos Argentinos (RMA). La primera etapa del proyecto se concluyó con la instalación del primer radar meteorológico argentino, el RMA1, que se puso en funcionamiento y a disposición del Servicio Meteorológico Nacional a mediados de 2015 en la ciudad de Córdoba¹⁶.
 - Radares Secundarios Monopulso Argentinos (RSMA). Este radar fue diseñado y fabricado a pedido de la Fuerza Aérea Argentina (FAA) y de la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) para dar seguridad y eficiencia al Control del Tránsito Aéreo tanto en el control en ruta como en aproximación¹⁷.

Entre los proyectos vigentes más relevantes de INVAP en el área espacial se encuentran el desarrollo de la serie de satélites SARE y la participación en las misiones SIASGE y Sabia Mar (CONAE; INVAP):

- SARE¹⁸: La serie SARE está formada por satélites livianos, que serán puestos en órbita por los lanzadores argentinos Tronador. Estos satélites formarán una serie de misiones de observación de la Tierra, y los mismos tendrán características y componentes comunes así como la capacidad de interactuar entre sí y compartir recursos. Esta serie se divide en dos grupos, SARE con carga útil óptica y SARE con carga útil de microondas.
 - Serie SARE óptico: la primera misión será una constelación de cuatro satélites con sensores de alta resolución espacial. Cada uno llevará a bordo una cámara pancromática y una cámara multiespectral con cuatro a siete bandas distribuidas en el espectro visible e infrarrojo. La misión estará dedicada principalmente a los aspectos urbanos, cartografía, transporte y seguridad, y los datos que proveerá también serán de utilidad para otras temáticas (e.g. agricultura, hidrología, uso y cobertura terrestre, detección de cambios, análisis costeros y emergencias).
 - Serie SARE microondas: se implementará como primer paso una constelación de satélites de tipo de Radar de Apertura Sintética (SAR) operando en banda X, no polarimétricos, con aportes a la agricultura y también útiles para emergencias,

¹⁵ Según información de prensa, al momento se encuentran instalados tres de estos radares (uno en Merlo provincia de Buenos Aires y otros dos en Formosa) y hay otros en distintas fases del proceso de instalación a ubicarse en Misiones, Chubut, Formosa, Tierra del Fuego y Salta.

¹⁶ Según información de la página de INVAP, hacia fines de 2016 se habían instalado tres radares de este tipo en Resistencia (el último), Ezeiza y Bernardo de Irigoyen, Provincia de Misiones, que se suman al prototipo operativo en la ciudad de Córdoba. Estos radares son los primeros de una serie prevista de diez unidades en la cual se está trabajando actualmente.

¹⁷ Al momento INVAP ha producido y comisionado 22 unidades de este radar que constituyen una cobertura nacional en: San Carlos de Bariloche, Quilmes, Bahía Blanca, Santa Rosa, Neuquén, San Miguel de Tucumán, Córdoba, San Luis, La Rioja, Corrientes, Salta, Comodoro Rivadavia, Río Gallegos, Gobernador Gregores, Ushuaia, Trelew, Esquel, Posadas, Sáenz Peña, Malargüe, Pehuajó y Morteros.

¹⁸ En el trabajo de campo hemos recogido versiones contradictorias acerca de una posible discontinuidad en el flujo de fondos disponible para estas misiones respecto de la planificación original.

seguridad, pesca ilegal y todo lo relacionado con generación de modelos digitales de terreno, cartografía, ordenamiento territorial y estudios urbanos.

- **SIASGE:** Se trata del Sistema Ítalo-Argentino de Satélites para Beneficio de la Sociedad, Gestión de Emergencias y Desarrollo Económico (SIASGE) en el que participan la CONAE y la ASI, para el cual INVAP desarrolla los satélites SAOCOM 1 y 2 de observación de la Tierra. El objetivo de los mismos es prevenir, monitorear, mitigar y evaluar catástrofes naturales o antrópicas, medir la humedad del suelo y aplicaciones en emergencias, tales como la detección de derrames de hidrocarburos en el mar y el seguimiento de la cobertura de agua durante inundaciones. La misión consta de dos constelaciones de satélites, una conformada por satélites SAOCOM argentinos y otra por satélites COSMO SkyMed italianos, que se ubicarán en el espacio de manera tal que, integrando las capacidades de ambas constelaciones, permitirá obtener imágenes de cualquier catástrofe en cualquier punto del globo, actualizadas cada 12 horas.

INVAP desarrolla las constelaciones SAOCOM 1 y SAOCOM 2, cada una de las cuales consta a su vez de dos satélites A y B. Los satélites SAOCOM 1A y 1B se encuentran en etapa de integración y ensayos para ser lanzados a partir del año 2017. Cada uno pesa unas 3 toneladas y mide 4,5 metros de alto por 1,5 metros de diámetro (esto es, se trata de grandes satélites). La antena radar (Radar de Apertura Sintética o SAR) desplegable tiene 10 metros de largo por 3,5 metros de ancho. Ambos satélites comparten los mismos requerimientos de diseño, de funcionalidad y operatividad.

- **SABIA-Mar:** Se trata del Satélite Argentino Brasileño para Información del Mar llevado adelante en un programa de cooperación entre la CONAE argentina y la AEB y el INPE de Brasil. El SABIA-Mar es una misión de observación de la Tierra con aplicaciones prioritarias en el estudio del mar y las costas, siendo una fuente importante para estudios del color del mar a nivel regional y un aporte a nivel internacional. El objetivo principal se logra mediante los datos satelitales obtenidos con dos cámaras multispectrales en el rango visible e infrarrojo y una cámara infrarroja térmica, además de otras, que monitorean los océanos en general, las costas y las aguas interiores del continente sudamericano en particular. Estos datos permiten estimar la concentración de clorofila, turbidez, producción primaria de fitoplancton, monitoreo del cambio de la calidad de agua, monitoreo de explosiones algales en el mar y cuerpos continentales, seguimiento de la dinámica de sedimentos costeros, entre otros parámetros. La información obtenida por la misión constituye un recurso importante para estudios del color del mar y posibilita el manejo racional de los recursos pesqueros, al tiempo que contribuye al estudio del cambio climático.

Al presente, la implementación de este proyecto se ha dividido entre ambos países. La CONAE tomó la responsabilidad completa del satélite SABIA-Mar 1, mientras que la AEB es responsable del SABIA-Mar 2. INVAP es el contratista principal del satélite SABIA-Mar 1 y además del diseño, la producción, la integración y el testeado del mismo, es también responsable de proveer dos de las tres cámaras principales de la misión. El satélite SABIA-Mar 1 será lanzado a fines del año 2020, con un tiempo de vida útil de cinco años. Se ubicará en una zona que permitirá obtener imágenes de un mismo punto del globo cada cuatro días.

En el año 1998, en tanto, se crea la empresa VENG S.A. (las iniciales de Vehículo Espacial de Nueva Generación), la cual está dedicada al desarrollo de medios de acceso al espacio y servicios de

lanzamiento. Luego de varios años de práctica inactividad, la empresa retomó impulso con la firma de los contratos para desarrollar los cohetes Tronador I y II a mediados de la pasada década. En este marco se lanzaron con éxito los cohetes sonda Tronador I y Tronador Ib desde Puerto Belgrano en junio de 2007 y en mayo de 2008 respectivamente (se trataba de prototipos que podían alcanzar bajas alturas y tenían baja capacidad de carga útil, pero permitieron diversos aprendizajes tecnológicos, incluido el desarrollo y ensayo en vuelo de motores cohete de combustible líquido). En tanto, en diciembre de 2007, con carga útil argentina y cohete brasileño, se realizó un ensayo más completo de los elementos de navegación, guiado y control y parte de la aviónica en el cohete sonda VS-30, lanzado desde Barreira do Inferno, Natal, Brasil.

Al término de este trabajo, está en marcha el proyecto Tronador II, el cual se desarrolla mediante una serie de vehículos experimentales suborbitales (denominados VEx) contemplados para demostrar la madurez tecnológica de los componentes de los subsistemas de propulsión, aviónica y estructuras; necesarios para satisfacer los requerimientos del lanzador. En marzo de 2014 se probó el Vex1A que no pudo completar su misión debido a una serie de problemas técnicos. El 15 de agosto de 2014 se probó con éxito el Vex1B.

El vehículo lanzador Tronador II prevé la utilización de combustibles que están siendo desarrollados por la empresa Y-TEC, una asociación entre YPF y el CONICET. Se prevé que el vehículo lanzador Tronador II, que se desarrolla en Falda del Carmen, realice su vuelo inaugural desde Puerto Belgrano a finales de 2020. De funcionar con éxito, se calcula que podrá realizar entre 5 y 10 lanzamientos anuales, lo cual permitirá no solo satisfacer las necesidades del Plan Nacional Espacial, sino también realizar lanzamientos bajo acuerdos de cooperación con otras agencias espaciales internacionales. En este proyecto participan diversas instituciones locales, incluyendo al GEMA (Universidad Nacional de La Plata), la CNEA, la Universidad Nacional de Córdoba, el Centro de Investigaciones Ópticas (CIOP, UNLP), el Instituto Universitario Aeronáutico de Córdoba, el IAR, el PLAPIQUI (Universidad Nacional del Sur) y la UBA, entre otros (Drewes, 2014).

En el ámbito de las telecomunicaciones, en 2006 se creó la empresa ARSAT S.A. cuya composición accionaria originalmente se repartía en un 98% a cargo del Ministerio de Planificación y un 2% en manos del Ministerio de Economía. Luego, en diciembre de 2015, por Resolución 1/2015 del Ministerio de Comunicaciones, ese mismo Ministerio asumió el ejercicio del 98% de la titularidad de las acciones que estaban en poder del ex Ministerio de Planificación.

ARSAT es el otro agente principal del ecosistema de la industria espacial en Argentina. Su estatuto dispone que la empresa tiene como objeto social: a) el diseño, desarrollo, construcción en el país, lanzamiento y/o puesta en servicio de satélites geostacionarios de telecomunicaciones en posiciones orbitales que resulten o que resultaren de los procedimientos de coordinación internacionales ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), y bandas de frecuencias asociadas; y b) la correspondiente explotación, uso, provisión de facilidades satelitales y/o comercialización de servicios satelitales y/o conexos.

Para el desarrollo de estos fines, inicialmente hubo un acuerdo entre el gobierno argentino y los dueños de Nahuelsat S.A.¹⁹ (en ese momento EADS y Finmeccanica) por el cual los activos productivos de esta última se transfirieron al Gobierno y este, por decreto, los transfiere a ARSAT S.A. y en el mismo decreto le otorga los derechos por la posición orbital 72° oeste que era

¹⁹ Nahuelsat S.A. fue un consorcio privado que a comienzos de los '90 se adjudicó la licencia para la operación de dos satélites geostacionarios, de los cuáles lanzó solo el Nahuel 1A en la posición orbital de 72° oeste en 1997 (inicialmente las dos posiciones adjudicadas fueron cubiertas con dos satélites que la empresa compró usados).

explotada con el satélite Nahuel 1A de fabricación extranjera. Puntualmente, ARSAT debía salvaguardar la posición orbital ocupada por Nahuel 1A y desarrollar un satélite para ocupar y preservar la posición 81° oeste también asignada a la Argentina. En 2007 se inició la operación y prestación de servicios sobre satélites alquilados. Sin embargo, como se mencionó antes, dentro de los mandatos de ARSAT, se preveía que ésta contratara la ingeniería y desarrollo de sus satélites con manufactura nacional, los que serían construidos dentro del marco del proyecto Sistema Satelital Geoestacionario Argentino de Telecomunicaciones (SSGAT). En este marco se evidencia la estructura bicéfala de la estrategia satelital argentina a partir de los '90; por un lado Nahuelsat S.A. y luego ARSAT S.A. a cargo de los programas de satélites geoestacionarios de telecomunicaciones hoy dependiendo del Ministerio de Comunicaciones. Por otro lado, la CONAE a cargo del resto de los programas satelitales, dependiendo actualmente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

En 2010 se inició el trabajo para la construcción y ensamblado del satélite ARSAT 1 a cargo de INVAP. El ARSAT 1, principalmente²⁰ con pisada (cobertura de servicios) sobre Argentina, fue lanzado en 2014. En 2015 se lanzó el ARSAT 2, con pisada sobre Argentina, países del corredor andino, una franja en Brasil que llega hasta San Pablo y Río de Janeiro y gran parte de América del Norte. En 2015 el directorio de la empresa aprobó el proyecto para la misión ARSAT 3 que contrataría la ingeniería de desarrollo y construcción a INVAP S.E. y el lanzamiento a Arianespace (a quien previamente se le encargó el lanzamiento del ARSAT 1 y 2). Sin embargo, existe actualmente gran incertidumbre respecto de los tiempos en los cuales esta misión se llevará adelante. Según información recogida en el trabajo de campo, a finales del 2016 la construcción del ARSAT 3 se encontraba detenida y de hecho el personal previsto por INVAP para el desarrollo fue reasignado a otros proyectos.

Las tres bandas de frecuencia más utilizadas por los satélites de telecomunicaciones son las C, Ka y Ku. Mientras el ARSAT 1 posee sistemas para trabajar sobre la banda de frecuencia Ku, el ARSAT 2 incorpora la banda de frecuencia C, que es la más utilizada para el transporte de señales de video y para transmitir datos en zonas donde pueda existir mucha atenuación de la señal (por ejemplo debido a lluvias *-rain fade-*). La banda Ku (utilizada por ARSAT 1) opera con un rango de frecuencias entre los 12 y los 18 GHz, tiene una longitud de onda relativamente corta de señal y ofrece un servicio más robusto, aunque con una relación Mhz/Mbit menos eficiente.

Por su parte, la banda Ka, que opera con un rango de frecuencias entre los 26,5 y los 40 GHz, ofrece (en relación a la banda Ku) mayor concentración de potencia en haces más pequeños (*beams*), hardware más económicos desde el lado del usuario y una relación Mhz/Mbit más eficiente, aunque posee una robustez menor en el servicio.

Mediante banda Ku se configuran productos cuyos principales clientes son corporativos (privados o estatales) que privilegian la calidad, la seguridad y la confiabilidad del servicio (muchas veces utilizado con *back-up* de servicios tradicionales de comunicación que interconectan sus redes internas). La banda Ka se utiliza para configurar productos masivos, pensados para el consumidor final -por ejemplo, hogares usuarios de contenidos OTT (*over the top*), esto es servicios de audio, video y otros medios entregados sin la intermediación de operadores de cable-.

Ambas bandas dan origen a dos tipos de negocios con lógicas distintas desde el punto de vista del proveedor de servicios satelitales. Mientras que banda Ku configura empresas de nicho muy centradas en la calidad de la operación de los servicios, la utilización de banda Ka genera proveedores masivos más concentrados en la cantidad de clientes. La configuración de *beams* para

²⁰ Aunque cubre otras zonas el proyecto fue desarrollado específicamente para el territorio argentino.

ofrecer banda Ka agrega una dimensión adicional, ya que cada haz requiere una masa significativa de consumidores potenciales en el territorio iluminado, que permita el repago de la inversión. Según lo recogido en el trabajo de campo, la distribución territorial de la población argentina limita las áreas rentables de explotación para un servicio de banda Ka básicamente a la zona de la Pampa Húmeda.

Cuando se planeó el desarrollo del satélite ARSAT 2, como se dijo, se decidió optar por utilizar nuevamente banda Ku, sumar capacidad también en banda C²¹ y brindar servicios con una pisada sobre toda América. De las entrevistas realizadas surge que la penetración en nuevos mercados implica una gran cantidad de gestiones vinculadas a la infraestructura necesaria para bajar la señal de video (banda C) del satélite en las nuevas locaciones y la obtención de *landing rights*, además de aquellas vinculadas a la captación de clientes. Según información recogida para este trabajo, a mediados de 2016 la capacidad vendida del ARSAT 2 era de un 35%, y si bien la capacidad no suele venderse por encima del 80%, esto implica un rango amplio de disponibilidad ociosa en el satélite. Vale remarcar, como se ha dicho, que la venta de servicios en banda Ku en Argentina, por sobre la demanda ya abastecida por el ARSAT 1 (que ya tiene vendida gran parte de su capacidad eficiente) y el resto de los operadores, implica encontrar nuevos clientes corporativos.

La provisión de servicios satelitales a consumidores finales pone a la industria satelital de telecomunicaciones en la obligación de proveer un servicio que debe competir en precio y calidad con las alternativas de acceso a Internet más tradicionales, ya sean por cable (fibra, cobre, etc.) o *wireless* (wifi, wimax, radio, celular, etc.). La evolución de este segmento del mercado se puede caracterizar por una creciente cantidad de ancho de banda y una baja sistemática del precio unitario. En este sentido la tendencia global es a la utilización más eficiente entre los MHz entregados por los satélites y los Mbits entregados al consumidor final. Ello ha dado lugar al surgimiento de una nueva generación de satélites llamada HTS (*High Throughput Satellite*) que según el diseño puede hasta quintuplicar la relación MHz/Mbit de los satélites tradicionales. Estos satélites funcionan tanto en Ka como en Ku. Al presente la tecnología HTS Ku se está utilizando a nivel mundial para proveer de servicio de Internet a aviones y se prevé que atienda las necesidades del mercado de transporte o troncalización (*trunking*) de redes celulares 4G (LTE) a precios competitivos. Queda claro que hay una demanda insatisfecha a la que se le suma el consumo militar, el de gobierno (tanto en comunicaciones principales como en servicios de *back-up*) y el de proyectos de inclusión social (por ejemplo la conectividad de miles de escuelas rurales en todo el país). Estos nuevos desarrollos claramente requieren ser tomados en cuenta a la hora de analizar las estrategias futuras de ARSAT.

Al presente, la demanda de capacidad satelital a la que puede abastecer ARSAT en Argentina como proveedor está conformada principalmente por empresas que proveen TV satelital y por empresas que ofrecen servicios de comunicación satelital como Velconet, Tesacom, SES, Level 3, Telefónica, Telecom, Claro, Telespazio y Servicio Satelital. Estas empresas compran capacidad satelital, medida en megahertz, y la transforman en servicios que satisfacen las necesidades de comunicación de los clientes. En este segmento ARSAT se enfrenta a la competencia de otros operadores que poseen satélites con pisada sobre Argentina y que han obtenido *landing rights* (derechos de aterrizaje²²).

²¹ La banda C figura en la asignación de la posición orbital 81° oeste a la Argentina, y dicha asignación podría perderse en caso de no utilizarla por un periodo prolongado.

²² El listado completo de derechos de aterrizaje (*landing rights*) otorgados puede verse en la página del ENACOM: <https://www.enacom.gob.ar/>

La regulación de los *landing rights* en Argentina²³ está a cargo del Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM), que los otorga a los satélites hasta el final de su vida útil y no a las empresas (es decir que una empresa puede tener varios satélites que iluminan la región pero no todos ellos tienen derechos de aterrizaje)²⁴. Los competidores de ARSAT en el segmento de venta de capacidad en Argentina son empresas extranjeras como la española Hispasat, Intelsat (Luxemburgo), la francesa Eutelsat (que compró a la mexicana Satmex en 2014), la canadiense Telesat, SES (Luxemburgo) o StarOne, la rama satelital de la firma brasilera Embratel.

En este sentido, la política de cielos administrados, vinculada a nuevas cesiones de los *landing rights*, que actualmente se encuentra en discusión en Argentina, en teoría incrementaría la competencia en el mercado de operadores satelitales bajando los precios de mercado. Si bien el análisis de las consecuencias de este tipo de políticas se encuentra fuera del alcance del presente trabajo, vale la pena señalar dos cuestiones. Por un lado, la mayor oferta de capacidad satelital, producto del otorgamiento de derechos de aterrizaje a nuevos satélites, sí implicará una mayor competencia, pero lejos estará de llevarnos a un mercado competitivo debido a que, como se explicó antes, el segmento de operadores satelitales está altamente concentrado. Por otro lado, los efectos de una mayor apertura de cielos no se reducen al precio de mercado; las consecuencias de la misma sobre el conjunto del sistema espacial son variadas y algunas de ellas se exploran en este trabajo.

Como señalamos antes, los clientes de ARSAT y de sus competidores utilizan la capacidad satelital para proveer de servicios de telecomunicaciones. A la vez, ARSAT también provee de servicios satelitales de telecomunicación. Entre sus clientes más importantes se encuentran YPF y el gobierno argentino. Por otra parte, ARSAT también vende parte de su capacidad a proveedores de telefonía móvil tales como Telecom, Telefónica o Claro.

A lo largo del tiempo ARSAT fue diversificando sus áreas de negocios (en función fundamentalmente de demandas y planes impulsados desde el Estado nacional). Al término de este trabajo, sus actividades abarcan cinco unidades de negocios, a saber: Televisión Digital Abierta (TDA), Red Federal de Fibra Óptica²⁵, Centro Nacional de Datos, Satélites ARSAT y Odeón²⁶. Según el último balance publicado por la empresa en su página oficial (ARSAT, 2016), al 31 de diciembre de 2014 la empresa contaba con un patrimonio neto de casi \$13.000 millones y el resultado neto para dicho ejercicio había sido de más de \$56,5 millones, con ventas por casi \$590 millones, de las cuales un 98% responden a venta de servicios satelitales²⁷ y/o conexos y el resto a venta de equipamientos y servicios. Los ingresos por ventas, denominados en el balance como “servicios satelitales”, tuvieron un incremento del 85% sobre la facturación del año anterior. Si bien, al momento de escribir este trabajo, no ha habido una publicación oficial de los balances

²³ Por ejemplo, en 2016 el ENACOM otorgó una autorización precaria y experimental a la empresa Directv Argentina S.A. para proveer servicios de Internet de banda ancha satelital con su nave Spaceway2.

²⁴ No obstante, han existido casos (como los de Hispasat e Intelsat), en los cuales a medida que los satélites dejaban de estar operativos y eran reemplazados en las mismas posiciones orbitales, las nuevas naves seguían proveyendo de servicios a sus clientes en el territorio. Esto implica que en la práctica los *landing rights* han funcionado como derechos para las empresas y no para los satélites de las mismas.

²⁵ Este es el proyecto de infraestructura más ambicioso de la empresa. Como parte del plan federal de internet, esta unidad de negocio consta de un proyecto para el tendido de 33.000 kilómetros de fibra óptica en el territorio argentino que pretende conectar 1.200 localidades a un precio de 18-20 USD por mega. En este momento no se dispone de información sobre la evolución del proyecto.

²⁶ Odeón es una plataforma gratuita de contenidos audiovisuales de producción nacional. Ver: <https://www.odeon.com.ar/>

²⁷ Aquí “servicios satelitales” surge de cómo se presentan estos ingresos en el balance, sin hacer distinción entre lo que en este texto hemos separado en servicios satelitales por un lado y venta de capacidad satelital por otro. No obstante, corresponde aclarar estos ingresos son mayoritariamente por venta de capacidad satelital.

de ARSAT para el año 2015, ni un preliminar para el 2016, el 25 de noviembre de 2016 el presidente de la compañía anunció en un medio de comunicación que el resultado neto del año pasado fue de \$314 millones negativo y el de este año de \$22 millones positivo, contabilizando un adelanto de \$72 millones realizado por el Ministerio de Comunicaciones para el plan de conectividad a las escuelas rurales (Alfie, 2016).

En este escenario, surge el interrogante de que si una empresa como ARSAT puede ser competitiva en un segmento (venta de servicios satelitales de telecomunicación) donde disputa el mercado con actores líderes en el mundo, a la vez que posee una diversidad de unidades de negocio (que por ahora aportan una fracción marginal de sus ingresos) que no se observa en ninguno de sus competidores. En todo caso, se trata de un tema a examinar a la luz de una reflexión más amplia acerca del rol de ARSAT en el contexto de la “economía del espacio” en Argentina; así como de su actuación en otras áreas de la economía y en la sociedad del país.

Adicionalmente, señalemos que, como parte de las vinculaciones entre INVAP y ARSAT, en septiembre de 2010 se crea la empresa CEATSA (Centro de Ensayos de Alta Tecnología Sociedad Anónima) con una participación accionaria, al 31 de diciembre del 2014, del 89,5% y 10,5% en manos de ARSAT e INVAP respectivamente. El objetivo de la empresa es brindar servicios de ensayos de alta complejidad a las industrias: satelital, aeronáutica, electrónica, automotriz, de defensa, de energía y de bienes de capital en general. Las operaciones comenzaron en diciembre de 2012 y la inauguración oficial de sus instalaciones de testeo se realizó con el ciclo completo de pruebas ambientales para el ARSAT 1 en septiembre de 2013.

La inversión realizada rondó los USD 40 millones. Con anterioridad a la constitución de esta empresa las pruebas ambientales de los satélites desarrollados en Argentina se realizaban en INPE (Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales) de Brasil. Las instalaciones de CEATSA cuentan con una cámara de termo vacío (*environmental chamber*), sistema de ensayo acústico (*reverberant chamber*), sistema de ensayo de vibración (*shaker*), sistema de medición de propiedades de masa (*mass properties testing equipment*) y un scanner para medición de antena (*near field horizontal scanner*).

Según información recabada para este trabajo, actualmente CEATSA no está prestando servicios a terceros (pese a que ello estaba previsto en su constitución), lo cual implica que seguramente se está subutilizando el capital invertido, con la consiguiente pérdida de recursos potenciales. Si bien se nos ha mencionado que el espectro de clientes es limitado en el caso argentino, y que existen ciertas dificultades logísticas que tienen que ver con la posible “contaminación” de las instalaciones de CEATSA (el testeo de los satélites tiene que ser llevado adelante en “salas limpias”), hemos recogido opiniones que sugieren que habría vías para atender este problema y hacer un uso más intensivo de estas instalaciones promoviendo activamente la búsqueda de clientes.

El hecho de que las instalaciones de CEATSA fueran ubicadas dentro del predio de INVAP y al contiguo de la sala limpia de esta, le genera a INVAP, y por tanto a sus clientes, una reducción de costos vinculados al traslado de los equipos de prueba a otras locaciones. De hecho, la necesidad de trasladar los desarrollos de INVAP a Brasil o Europa para hacer los testeos, más la imposibilidad de probar en Brasil los satélites ARSAT, fueron la motivación principal para la constitución de CEATSA. Así, según hemos recogido de las entrevistas realizadas para el trabajo, la inversión realizada en CEATSA se repagaría con la prueba de cinco satélites. No obstante, la situación de CEATSA parece involucrar un problema de principal-agente. ARSAT, el principal, tal como hemos mencionado, posee casi la totalidad de la participación en el capital de CEATSA; sin embargo las instalaciones se encuentran en el predio de INVAP (agente) y los ensayos son

realizados por personal de esta última, a quien le resulta ventajoso que las instalaciones de CEATSA se encuentren disponibles la mayoría del tiempo. Se trata de un tema que debería ser explorado a futuro, no solo para incrementar los ingresos de CEATSA, sino también porque los servicios que prestan sus instalaciones probablemente podrían contribuir a mejoras de costos, calidad, etc. en otras industrias domésticas.

Para completar el mapa de actores del sector, dentro del sector privado se destaca la empresa Satellogic, fundada en 2010, la cual hasta el momento lanzó cinco satélites, cuenta con más de 60 empleados y tiene presencia en varios países (la I+D se hace en Argentina, la integración en Uruguay, el desarrollo de software en Israel y el desarrollo de negocios en USA, donde además hay equipos de venta, al igual que en Colombia, Canadá e Israel). El primero, el CubeBug-1 “Capitán Beto”, se trató de un nanosatélite de 2 kg lanzado el 26 de abril del 2013 desde China que llevaba a bordo una rueda de inercia para controlar su desempeño en el espacio, un *startacker* para establecer su ubicación y una computadora para dirigir la ubicación. El segundo fue el CubeBug-2 “Manolito” lanzado el 21 de noviembre de 2013 desde Rusia, un nanosatélite de 1.8 kg que llevaba paneles solares y computadoras de a bordo argentinas. Dentro de su carga útil se encontraba una cámara fotográfica con resolución de 20 megapíxeles para tomar imágenes de la Tierra y un sistema de geolocalización desarrollado por Satellogic. El desarrollo de ambos nanosatélites fue financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y concebido, diseñado y producido por Satellogic en colaboración con INVAP (donde de cierto modo se “incubó” Satellogic).

El 19 de junio del 2014 se lanzó desde Rusia el satélite BugSat-1 “Tita”, un microsátélite de 25 kg. con el objetivo de demostración tecnológica, que llevó a bordo una cámara multiespectral para tomar imágenes de alta resolución. El Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA) estuvo a cargo de la asistencia técnica del satélite que fue desarrollado y financiado por Satellogic, con el apoyo de otros proveedores externos nacionales e internacionales. El 30 de mayo de 2016 se lanzaron desde China los ÑuSat 1 y 2, “Fresco y Batata”. Se trató de dos microsátélites de aproximadamente 35 kg. que transportan tres cámaras de un metro de resolución. Según lo expuesto por el fundador de la empresa, estas cámaras pueden ofrecer información sobre diversos aspectos vinculados al seguimiento de cultivos, así como también permiten conocer la composición química de los vertidos de una fábrica, la cantidad de petróleo que carga un barco o la eficiencia energética de un edificio. El objetivo de Fresco y Batata, cuya electrónica se basa totalmente en componentes de consumo, es proveer servicios comerciales para monitoreo diario de campos y cultivos, y de infraestructura crítica para gobiernos y para control de seguridad en la industria petrolera y en el medio ambiente. La empresa ha anunciado en los medios (Bär, 2016) que se habían firmado varias cartas de intención para la compra de servicios y tiene en sus planes el lanzamiento de otros tres satélites en el año 2017.

4. Entorno e impactos sistémicos

Competitividad

Como es bien sabido, no hay una única manera de estimar el nivel de competitividad de una industria a nivel internacional. En el caso espacial, abordar el tema presenta dificultades particulares, considerando tanto las características de la industria como el hecho de que el acceso a la información es limitado, algo aún más notorio en el caso argentino. Notemos, con relación al primer tema, que se trata de un sector cuyos productos tienen o pueden tener en muchos casos un uso dual (civil-militar), que en general fabrica bienes no estandarizados y en el cual las

operaciones de comercio exterior frecuentemente están atadas a negociaciones gubernamentales de más amplio alcance (esto es, no necesariamente reflejan decisiones basadas en criterios “de mercado”). En cuanto al segundo tema, el problema de información en el caso argentino se revela en el hecho de que estamos fuera de los mapas que realiza la OECD cuando construye su informe *The Space Economy at a Glance* (OECD, 2014), donde hay muy pocos datos sobre la Argentina.

Según hemos recogido de nuestras entrevistas, en el área espacial las principales fuentes de información sobre competitividad suelen ser informes de consultoría solicitados por las agencias y empresas del sector o comprados a consultoras y organismos internacionales privados como el *Futron's Space Competitiveness Index* de la empresa Futron Corporation, que fuera adquirida por la empresa estadounidense Avascent²⁸ en 2014. En ese informe en particular se elabora un índice de competitividad ponderando tres dimensiones: (i) Dimensión gubernamental, que mide la habilidad del gobierno para proveer estructura, guía y financiamiento al sector espacial; (ii) Dimensión de capital humano, que mide la habilidad de los recursos humanos para desarrollar y utilizar la tecnología y las aplicaciones espaciales; y (iii) Dimensión industrial, que mide la habilidad de la industria para financiar y desarrollar productos y servicios vinculados al espacio.

Según un informe privado al que tuvimos acceso, en el año 2012 Argentina lograba ubicarse en el puesto 12 de un indicador de competitividad que abarcaba a 15 países (Estados Unidos aparecía en primer lugar y Sudáfrica en el último). En esta posición Argentina era precedida por Brasil y seguida por Ucrania. De acuerdo a esta fuente, INVAP era el fabricante de satélites más avanzado de Sudamérica.

Yendo a la primera dimensión arriba mencionada, la función de guía de la política espacial en el caso argentino se cumple vía el establecimiento de objetivos y metas en los sucesivos planes espaciales de la CONAE, de los cuales ya existieron tres versiones, estando la cuarta en proceso de aprobación. Si bien en estos planes se especifican los objetivos claves para los proyectos satelitales, de lanzadores y de segmentos terrenos en el corto, el mediano y el largo plazo; una carencia de los mismos es que no abarcan el área de telecomunicaciones, que es la más compleja técnicamente y tiene al presente un impacto económico mucho mayor que, por ejemplo, el segmento de observación.

En segundo lugar, el gobierno ocupa un rol central en la provisión de financiamiento para los desarrollos tecnológicos en el ámbito de la “economía del espacio”. Si bien no hay información consolidada de todo el financiamiento del Estado al sector espacial civil en Argentina, una subestimación del mismo contabilizando solamente el presupuesto de la CONAE para el año 2016 (y por tanto sin considerar otras instituciones estatales que son parte del sistema tecnoproductivo de la “economía del espacio”) arroja una participación de alrededor de 0,11% (Stefani, 2016) sobre el presupuesto nacional (en valores absolutos, cerca de \$1900 millones). Según estimaciones de informes de consultoría a los que hemos tenido acceso, esta cifra se encuentra muy por encima del 0,04% observado en Brasil, pero muy lejos de las economías líderes en la actividad como Estados Unidos y Rusia, cuyas participaciones oscilan alrededor del 0,6%. En OECD (2014), en tanto, se presentan datos que muestran que el presupuesto destinado a este sector en Argentina (ahora en términos de participación en el PBI) es significativamente inferior asimismo al de naciones como Japón, Francia, China, Italia o la India, pero no es muy distinto al registrado en Canadá, Israel, Suecia o Corea del Sur.

En tercer lugar, el gobierno tiene también un papel clave como demandante de productos y servicios vinculados al espacio, particularmente mediante la demanda de información

²⁸ <http://www.avascent.com/>

proveniente de aplicaciones que procesan imágenes y datos satelitales, la cual se aplica, por ejemplo, al control de fronteras y de la pesca furtiva, la reacción temprana ante catástrofes, el monitoreo de la producción agrícola, etc. Según hemos recogido de las entrevistas realizadas para el trabajo, en el caso argentino el Estado no ha sido un activo consumidor de este tipo de servicios, a diferencia de lo que ocurre en los países más avanzados. Más allá de los beneficios sociales *per se* que pueden derivarse del uso, procesamiento y análisis de la información provista por los satélites, la demanda estatal por estos servicios ha generado en varias economías la posibilidad del desarrollo de emprendimientos privados con un alto contenido tecnológico, que por cierto también pueden atender demandas provenientes de empresas, organizaciones no gubernamentales, etc. Esto último a su vez genera una presión sobre las capacidades satelitales locales para proveer de insumos (e.g. imágenes e información satelital) con calidad técnica de frontera.

Finalmente, de las entrevistas realizadas surge, como mencionamos antes, un consenso general sobre el rol determinante del Estado a la hora de vender satélites, servicios de lanzamientos y otros productos de la “economía del espacio” en el exterior. Esto se comprende considerando que los gobiernos conforman una parte sustantiva de la demanda de dichos bienes y servicios, los cuales se transan en un mercado con una oferta altamente concentrada, donde las transacciones usualmente involucran valores millonarios, y los productos comerciados son hechos a medida y a menudo tienen una importancia estratégica para los países. Así las cosas, las decisiones de compra casi siempre se terminan definiendo en los niveles más altos del gobierno. En este sentido, la posibilidad de exportar de la industria aeroespacial depende no solamente de los precios, nivel tecnológico y gestiones comerciales de las empresas locales, sino también del esfuerzo llevado adelante por las cancillerías y las presidencias del país oferente²⁹. Por lo que hemos recogido en el trabajo de campo, la efectividad de las relaciones diplomáticas en el caso argentino, si es que las hubo, ha sido muy escasa, ya que el país no ha logrado exportar tecnologías vinculadas a la “economía del espacio” a la fecha del presente trabajo.

En adición a las gestiones diplomáticas recién mencionadas, otro factor condicionante para la exportación es la presencia o ausencia de mecanismos de financiamiento a largo plazo para los compradores. Es así que en el caso de INVAP, durante las entrevistas realizadas, hemos recibido comentarios acerca de la pérdida de posibilidades de venta de satélites debido a la falta de este complemento financiero y la desventaja competitiva al enfrentarse con rivales que poseen un fuerte respaldo financiero por parte de sus gobiernos para promover estas gestiones comerciales.

En cuanto a la competitividad a nivel tecnológico, según se explica luego en el apartado respectivo de la presente sección, de lo recogido en el trabajo de campo y en las publicaciones consultadas, la Argentina posee un potencial competitivo en determinados nichos tanto en satélites como en lanzadores, aunque esto no significa que sea capaz, al menos al presente, de desarrollar productos y servicios similares a los provistos por los oferentes líderes a nivel global. No obstante, mientras que los proyectos vigentes asociados al desarrollo de satélites de observación (SARE y SAOCOM)³⁰ por parte de INVAP y de lanzadores (Tronador) por parte de VENG están en marcha, las demoras y potenciales discontinuidades en los desarrollos de satélites de telecomunicaciones que pudieran

²⁹ Por cierto, muchas veces los países líderes de la frontera tecnológica desarrollan actividades de cooperación con naciones que poseen menores capacidades locales pero quieren avanzar en este sector con misiones propias. Pudiera ocurrir que ésta también sea una vía para luego generar negocios comerciales.

³⁰ Según la información recibida, mientras que los SAOCOM están avanzando según lo estipulado y con el presupuesto previsto, los SARE han tenido una reducción en los fondos disponibles y sufrirán demoras.

surgir de, por ejemplo, los problemas de financiamiento para el proyecto ARSAT 3 generarían efectos negativos a largo plazo sobre las capacidades competitivas en este segmento.

En efecto, como se explica más adelante en el apartado sobre aprendizaje y desarrollo tecnológico, de acuerdo con especialistas de INVAP, los tiempos requeridos para diseñar y fabricar una plataforma satelital competitiva en el mercado de telecomunicaciones en Argentina son cercanos a los cinco años. Las potenciales demoras en el proyecto ARSAT 3 no solo tienen consecuencias negativas en este plano considerando que la frontera tecnológica continúa avanzando. El capital adquirido en los desarrollos de ARSAT 1 y 2, tanto en materia de conocimiento y experiencia como en el propio desarrollo de instrumentos, tiende a desactualizarse. Adicionalmente, también se ve afectada la acumulación de capital humano, ya que, como mencionamos antes, ha habido una reasignación de personal de INVAP fuera del área espacial, con la consiguiente discontinuidad en el proceso de aprendizaje y generación de capacidades.

A modo de conclusión preliminar sobre lo dicho en los párrafos precedentes, la Argentina cuenta con capacidades competitivas a nivel tecnológico en algunos nichos de la “economía del espacio”, parcialmente inhibidos por una falta de acompañamiento por parte del Estado en tres áreas fundamentales: ausencia o debilidad de gestiones diplomáticas eficientes; carencia de respaldo financiero para la venta de productos y servicios en el exterior; y las discontinuidades presupuestarias que afectan el proceso de aprendizaje y desarrollo tecnológico en esta industria.

Pero hay un tema adicional que resulta relevante considerar desde el punto de vista de la dimensión industrial de la competitividad. Los actores de la “economía del espacio” en Argentina poseen relevantes capacidades tecnológicas, pero no siempre operan con una lógica de empresas productivas. Una pregunta pendiente, entonces, sería si resulta posible, dado el limitado tamaño del mercado interno argentino y las dificultades para exportar ya señaladas, pasar de una situación en la cual el país ha conseguido éxitos tecnológicos significativos, a otra en donde se constituya un sistema productivo con características de eficiencia industrial, escalando fuertemente las capacidades existentes.

Finalmente, en cuanto al capital humano, la Argentina ya cuenta desde hace tiempo con instituciones internacionalmente reconocidas que forman personal de alto nivel capaz de desempeñarse en las distintas áreas del conocimiento vinculadas a esta industria. Además de la capacitación de posgrado que parte de este personal recibe en el exterior, en años recientes se adoptaron algunas iniciativas tendientes a complementar esta alternativa con una oferta local de maestrías con competencia en diversas temáticas asociadas al sector aeroespacial. Esta temática se analiza con más detalle en la siguiente subsección y en el anexo II del presente trabajo. En adición a las carreras que se encuentran en vigencia, de nuestras entrevistas surge que actualmente existen tratativas para la creación de un programa doctoral en ingeniería espacial entre la CONAE y la Universidad Nacional de Córdoba.

Capital humano

Como en toda industria de alta tecnología, el capital humano juega un rol central en el sector aeroespacial. Los planteles técnicos de las principales instituciones del área en Argentina están conformados esencialmente por equipos de físicos e ingenieros. La mayoría de estos profesionales proviene de la UBA, la UNLP, el Instituto Balseiro y la UNC, y en general se han incorporado al área aeroespacial al terminar sus estudios (aparentemente son minoría los casos de profesionales que provengan de otras industrias). Una fracción importante de este personal cuenta con maestrías, doctorados y diversas experiencias de investigación y trabajo en el exterior, principalmente en Estados Unidos.

Si bien en Argentina existe, como es bien conocido, un déficit de ingenieros para la industria en general, de las entrevistas realizadas surge que éste no parece ser el caso del sector aeroespacial. Aunque no tenemos una hipótesis clara de este fenómeno, tentativamente podríamos pensar, por ejemplo, en la percepción de que las organizaciones dedicadas al tema tienen un fuerte prestigio, lo cual se podría explorar en futuras investigaciones.

En Argentina existen cuatro maestrías a cargo de la Unidad de Formación Superior de la CONAE que se encuentran orientadas a la capacitación de recursos humanos para satisfacer necesidades de los organismos del sistema científico tecnológico nacional y/o de las empresas participantes en la ejecución del Plan Espacial Nacional. Un resumen de los contenidos y objetivos de estas maestrías se encuentra en el Anexo II: Posgrados en el Área Espacial.

Por otro lado, actualmente existe en la Argentina una carrera de grado específicamente dedicada al área aeroespacial. La carrera en Ingeniería Espacial inició su inscripción en el año 2015, se dicta en la UNSAM y es la única en América Latina y una de las pocas del mundo con tal orientación. Según hemos recogido en las entrevistas realizadas para este trabajo, la razón para que no abunde esta carrera en el mundo es porque el formato más eficiente para incorporar las habilidades necesarias para trabajar en el área espacial parece haber sido el de primero realizar una carrera de ingeniería o física y luego una especialización en el área espacial.

Un dato importante a considerar es que el diseño, fabricación y puesta en órbita de un satélite requiere de una visión sistémica del proceso. La expresión para sintetizar el principal desafío al que se enfrentan los equipos de trabajo involucrados en dichos procesos es la Ingeniería de Sistemas, ya que cada pequeña modificación en el diseño de un satélite interactúa con, y afecta al, sistema. En este sentido, como ilustración del problema, hay que tener en cuenta que un factor fundamental, de un vehículo que es llevado al espacio en un cohete y luego debe permanecer varios años orbitando alrededor de la Tierra, es su punto de gravedad. Luego, cualquier cambio en la ubicación de alguno de los componentes requiere que otros elementos sean cuidadosamente reubicados para no afectar el punto de gravedad. Se trata de una disciplina que los integrantes de los equipos deben aprender con la práctica y la transferencia de conocimiento de los miembros más veteranos.

Finalmente, una característica notable de los organismos vinculados al área aeroespacial en Argentina es la falta de altos cargos con una preparación de grado vinculada a gestión, administración, economía o comercialización. En general estos cargos están ocupados por ingenieros y físicos, que en el mejor de los casos fueron capacitados con un Master en Administración de Negocios. Esto puede constituirse en un obstáculo a la hora de dar una orientación más “comercial” y menos dependiente de las demandas públicas locales a este sector, así como en pos de introducir mayores criterios de eficiencia en la gestión de las instituciones respectivas, tema sobre el cual volvemos más adelante.

Encadenamientos

La creación de una “cadena de valor” en el sector espacial implica generalmente esfuerzos e inversiones sostenidas por varias décadas en el marco de políticas tecnológicas, regulatorias y de infraestructura que converjan hacia el logro de dicho objetivo (Nagendra & Basu, 2016). En el caso de la India, según informan los mencionados autores, este tipo de proceso se ha venido llevado adelante durante más de cuatro décadas, a lo largo de las cuales se han creado numerosas empresas que atienden al programa espacial nacional. Sin embargo, ilustrando la complejidad de estas estrategias, y a pesar de que dicho programa ha sido exitoso en cuanto al logro de sus

objetivos específicos y de los encadenamientos que ha promovido, el país aún no posee una compañía espacial privada de reputación mundial.

Los antes mencionados “actores principales” de la economía del espacio argentina (CONAE, INVAP, ARSAT, VENG) trabajan con un número de proveedores locales públicos y privados acerca de los cuales se dispone de información parcial y fragmentaria, lo cual no habilita a estimar la dimensión del sector en su conjunto en términos de facturación, empleo, o la elaboración de un mapeo tecnológico del mismo, por ejemplo. Sin embargo, vale la pena presentar la información disponible, ya que es un primer paso hacia una caracterización del ecosistema de la industria espacial en el país.

Según un informe interno de CONAE al que hemos tenido acceso, el organismo cuenta con un total de 70 proveedores, de los cuales 10 son instituciones del Sistema Científico y Tecnológico (SCyT). El resto son PyMEs, en general intensivas en tecnología, y de reciente creación. Un 45% de ellas tiene una antigüedad de diez años o menos y cerca del 65% fue creada luego del año 2000.

Respecto de la localización de los proveedores de CONAE, los mismos se concentran en tres regiones, Río Negro y Neuquén (45%), Buenos Aires y Ciudad Autónoma de Buenos Aires (34,5%), y Córdoba (17%). El resto se encuentra en la provincia de Santa Fe. Respecto a las 10 instituciones del SCyT, 6 se encuentran en la provincia de Buenos Aires, 2 en la CABA, 1 en Río Negro y 1 en Córdoba. Esta distribución geográfica evidencia una concentración de proveedores en torno a las instituciones referentes del sector espacial³¹. En la tabla 5 se incluyen los principales proveedores de la CONAE agrupándolos en tres categorías:

- I. Contratistas Principales e Instituciones del SCyT de la Argentina.
- II. “Pymes Tecnológicas” con dedicación intensiva a las actividades del sector espacial.
- III. “Pymes Tecnológicas” con dedicación parcial a las actividades del sector espacial.

A continuación se presenta un resumen sobre las actividades principales de algunas instituciones y empresas proveedoras de CONAE y de otros de los actores del ecosistema espacial argentino.

Instituciones públicas

En este apartado se incluyen organismos pertenecientes al CONICET, la CNEA o algunas universidades, los cuales prestan servicios o desarrollan productos para la industria.

- Dentro del CONICET existen instituciones como el Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp) o el Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR). En el primer caso, con una antigüedad de más de 30 años y una estructura de poco más de 80 empleados, el CIOp se dedica a la investigación científica y tecnológica en el área de la fotónica, la óptica y las tecnologías de la luz y en el ámbito espacial en particular, realiza análisis, diseño y desarrollo de técnicas de caracterización, dispositivos y sistemas ópticos. Los destinatarios de sus desarrollos son CONAE y la empresa VENG S.A. Entre sus antecedentes se encuentran el desarrollo de cámaras multiespectrales para el proyecto SABIA-MAR, aplicaciones de métodos ópticos en el análisis de combustión y el desarrollo de acelerómetros ópticos.

³¹ Estudios para este sector sugieren, sin embargo, que el impacto de la distancia geográfica sobre los procesos de aprendizaje cliente-proveedor no es significativo (Rebolledo & Nollet, 2011).

- En tanto, el IAR realiza desde hace 50 años investigaciones científicas, observaciones y desarrollos en la banda de radio. Sus clientes incluyen a la CONAE, VENG, la CNEA e INVAP. Entre sus participaciones en proyectos espaciales se destacan la contribución a los desarrollos de la antena SAR, la antena de servicio y el transceptor 1275 MHz en el marco del proyecto SAOCOM y las antenas de servicio MWR, NIRST y PAD para el satélite SAC-D. Adicionalmente ha participado en los desarrollos de los proyectos del Tronador 4000 y II, el Cohete CS30, el desarrollo de radares de INVAP, el segmento terreno de la CONAE (estación terrestre en Falda del Carmen, Córdoba), el VEX1 y las antenas *Phase Array* (CNEA).
- En el caso de la CNEA, los organismos involucrados son el Departamento de Tecnología de Materiales Compuestos (DTMC) y el Departamento de Energía Solar (DES). En el primer caso, se trata de una institución recientemente creada (2009), que cuenta con un plantel de alrededor de 24 personas, depende de la Gerencia de Área Investigación y Aplicaciones No Nucleares y se dedica al desarrollo y ensayo de materiales compuestos. Entre los aportes del DTMC al área espacial se encuentra el desarrollo y la fabricación de una estructura de material compuesto tipo “sándwich” para la Antena Radar de Apertura Sintética (ARAS) del Proyecto SAOCOM para la CONAE. Adicionalmente también desarrolla componentes para otras industrias, como las de aplicaciones aeronáuticas y energéticas.

Tabla 5. Principales Empresas e Instituciones del SCyT proveedoras de CONAE – Por categoría ³²

	Proveedor	Año de creación	Provincia	Capacidades Generales	Empleo	Realiza I+D
Contratistas principales (empresas e instituciones del SCyT)	INVAP S.E.	1976	Río Negro	Diseño y producción de satélites	1,200 (500 espacial)	si
	VENG S.A.	1998	CABA y Córdoba	Desarrollo de medios de acceso al espacio y servicios de lanzamiento	404	si
	Centro de Ensayos de Alta Tecnología S.A. (CEATSA)	2010	Río Negro	Servicios de ensayos ambientales.	40	si
	Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp), CONICET-CIC	Década '80 (2001 ámbito espacial)	Buenos Aires	Análisis, diseño y desarrollo de técnicas de caracterización, dispositivos y sistemas ópticos	80	si
	Departamento de Energía Solar de la CNEA (DES)	1976 (1998 ámbito espacial)	Buenos Aires	Integración eléctrica de paneles solares, ensayos.	s/d	si
	Departamento de Tecnología de Materiales Compuestos de la CNEA (DTMC)	2009	Buenos Aires	Diseño y producción de estructuras y componentes en materiales compuestos y aleaciones metálicas	24	si
	Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados (GEMA) de la UNLP	1994	Buenos Aires	Diseño y análisis estructural, mecánico y térmico. Ensayos mecánicos	50 (23 prof. y tec)	si
	Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR)	1966	Buenos Aires	Diseño y desarrollo electrónico de subsistemas para el segmento de vuelo y terreno	s/d	si
Empresas tecnológicas con dedicación intensiva a las actividades del SE	ARSULTRA S.A.	2012	CABA	Diseño de hardware (comput. de misión crítica: concepto, prototipo, modelo de ing. y de vuelo). Análisis térmico y estruct. Asociado	7 (6 ing. y tec.)	-
	ASCENTIO Technologies S.A.	2008	Córdoba	Diseño y desarrollo de segmentos terrenos	77 (76 ing. y tec.)	si
	Desarrollos Tecnológicos Argentina S.A. (DTA)	2006	Córdoba	Diseño y fabricación de componentes electrónicos	31 (20 ing. y tec.)	-
	MECÁNICA 14	1987	Río Negro	Fabricaciones de dispositivos. Mecanizados.	19 (2 ing. y tec.)	si
	NOIETEC S.A.	2013	Buenos Aires	Diseño y análisis mecánico. Diseño, planos, manuales y procedimientos.	s/d	si
	SADE Electromecánica S.A.	2011	CABA	Desarrollo integral de proyectos de ingeniería de alta tecnología con orientación al sector nuclear y espacial	31 (15 ing. y tec.)	-
	Servicios Tecnológicos Integrados (STI) S.R.L.	1991	Córdoba	Tecnología aeroespacial para satélites.	110 (71 ing. y tec.)	si
	SUR Emprendimientos Tecnológicos S.R.L.	2006	CABA	Desarrollo de software de complejidad media/alta	25 (20 ing. y tec.)	si
Pymes tecnológicas destacadas con dedicación parcial al SE	ASEMBLI S.A.	1996	CABA	Placas de circuito impreso.	35	si
	Metalúrgica Bognanno S.A.	1982	Córdoba	Diseño y fabricación de MGSE	s/d	-
	SETEAR S.A.	1993	Buenos Aires	Fabricación de maquinaria metalúrgica y equipos de uso especial. Mecanizados.	9	si
	SIM&TEC S.A.	2007	CABA	Análisis de ensayos ambientales. Análisis y modelado de elementos del satélite.	s/d	si
	Taller Technologies S.A.	2009	Córdoba	Desarrollo de software de complejidad media/alta	s/d	si
	VATES S.A.	1991	Córdoba	Desarrollo de software por producto, factoría y manpower	s/d	si
	Vortex Design Solutions S.R.L.	1999	CABA	Cálculo y simulación numérica. Análisis de ensayos ambientales.	s/d	si

Fuente: Informe interno de CONAE.

³² En el caso de CEATSA la mayor parte del personal es asignado a la empresa pero forma parte de INVAP o ARSAT.

- El DES, creado en el año 1976, dirigió inicialmente sus actividades a la conversión fototérmica mediante la utilización de concentradores de radiación aptos para la producción de fluidos calientes para usos industriales o generación de electricidad. A mediados de los '80 pasó a la I+D sobre conversión fotovoltaica de la energía solar y en 1992 comenzó a centrarse en el diseño, elaboración y caracterización de celdas solares de silicio. A partir de 1995 el DES se enfocó en el desarrollo de celdas y paneles solares para satélites artificiales de la CONAE. Dentro de sus desarrollos se encuentra la participación en los proyectos SAC-A, SAOCOM y SAC-D/Aquarius. Actualmente el DES participa activamente en el establecimiento de normas nacionales para sistemas de aprovechamiento de la energía solar.
- Yendo a las universidades, un actor importante es el Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados (GEMA) perteneciente al Departamento de Aeronáutica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata y creado en el año 1994. El GEMA realiza ensayos e investigaciones y presta servicios especiales, asesoramiento y asistencia técnica al sector industrial y empresario, incluyendo la calificación y/o certificación de productos específicos. Dentro de sus desarrollos se destaca el análisis estructural y térmico de componentes del instrumento NIRST del SAC-D/Aquarius, la determinación y optimización de técnicas y procesos de producción para la fabricación en serie de componentes del avión liviano BA-5 Gurí, la participación en el Cicare CH14 (primer helicóptero a turbina desarrollado en Latinoamérica) y más recientemente el desarrollo de prototipos de vehículos que utilizan baterías de litio.

Empresas privadas

Aquí encontramos principalmente PyMEs jóvenes que muchas veces surgen como *spin offs* de entidades o empresas vinculadas al sector. Más del 50% de los empleados de estas firmas son ingenieros o profesionales técnicos. Algunas de estas empresas sólo se focalizan en el sector espacial, mientras que otras también proveen a otros sectores. Entre sus principales clientes se encuentran: CONAE, VENG, INVAP, CNEA, las FFAA, Tenaris, YPF, la NASA y Scan Terra. A continuación se resumen los casos de siete empresas que participaron del seminario que dio origen al libro de Drewes (2014).

- ARSULTRA S.A.: Se dedica al desarrollo de tecnología aeroespacial e industrial para aplicaciones. Ha participado del proyecto SAC-D/Aquarius. Entre sus desarrollos propios se encuentra el diseño de *enclosures*.
- ASCENTIO Technologies S.A.: Se dedica a ingeniería, desarrollo de software y operación de sistemas de alta disponibilidad. Ha participado de los proyectos SAC-D/Aquarius, SAOCOM, SABIAMAR y Tronador.
- Desarrollos Tecnológicos Argentina S.A. (DTA): Se dedica al desarrollo de equipamientos de alta tecnología para la industria aeroespacial y militar. Ha participado de los proyectos SAC-D/Aquarius y SAOCOM. Sus desarrollos incluyen el controlador del Radar de Apertura Sintética, así como de *splitters* y amplificadores.
- Mecánica 14: Se dedica a la mecanización de alta precisión. Ha participado de los cuatro proyectos SAC, el SAOCOM y ambos ARSAT. Dentro de sus desarrollos propios se encuentran válvulas esféricas, puentes de producción, puentes de inyección, y accesorios especiales para la industria petrolera.

- SADE Electromecánica S.A.: Se dedica al desarrollo integral de proyectos de ingeniería de alta tecnología con orientación al sector nuclear y espacial. Ha participado del proyecto de acceso al espacio de la CONAE (Proyecto Tronador II). Entre sus desarrollos propios se encuentran las ruedas *mecanum* que permiten realizar plataformas de movimiento omnidireccional y bancos de ensayos para clasificación de componentes mecánicos de uso espacial.
- Servicios Tecnológicos Integrados S.R.L. (STI): Se dedica a prestar servicios de ingeniería. Ha participado en los proyectos SAOCOM, SARE y Tronador. Entre los desarrollos propios se encuentran dos aportes al proyecto SARE, uno vinculado a la configuración computacional distribuida y el otro a las comunicaciones intersatelitales y satelitales-Tierra.
- SUR Emprendimientos Tecnológicos S.R.L.: Se dedica al desarrollo y aplicaciones de tecnologías geoespaciales. Ha participado de los proyectos SAOCOM, SARE y Tronador. Entre sus desarrollos propios se encuentra el desarrollo de software geoespacial Suri.

Como se mencionó antes, varios de estos proveedores privados han nacido como resultado de los propios proyectos espaciales, a través de la formación de personal que en cierto momento pasó a desempeñarse en el sector privado con nuevos emprendimientos. Es el caso de los socios de ARSULTRA tras haber participado en la Misión SAC-D/Aquarius, el del fundador y CEO de la empresa Mecánica 14, quien trabajó previamente varios años para INVAP, y el del CEO de STI, ex jefe de la División Electrónica de INVAP (Drewes, 2014).

En algunos de estos casos el surgimiento de los proveedores se debió a las demandas realizadas por los actores principales de la industria satelital local. Más allá del origen respectivo, varias de estas instituciones atienden demandas de diversos sectores, lo cual seguramente da lugar a externalidades cruzadas de conocimiento relevantes para la operatoria de las firmas respectivas (un tema a profundizar en futuros trabajos). Por el momento, no se conocen casos de proveedores que asistan a demandas de clientes en el extranjero, más allá del caso de Mecánica 14, aunque no poseemos datos sobre la proporción de sus exportaciones correspondientes al área satelital. En tanto, si bien algunas instituciones públicas proveen servicios o hacen desarrollos para el sector privado, previsiblemente sus estructuras no están auto-financiadas, lo cual es lógico considerando que también cumplen tareas que atienden a otros objetivos socialmente deseables.

Por otro lado, parece existir un relativamente alto nivel de integración vertical de los principales actores de la industria nacional, quienes controlan las decisiones de *make o buy* en función de sus propios criterios organizacionales y tecnológicos; esto es, no hay, hasta el momento, una visión de conjunto acerca de las potencialidades que existen en materia de desarrollo de una cadena de proveedores más densa en torno al área aeroespacial. Así, se corre el riesgo de sub-aprovechar este potencial, no sólo en términos de ganancias de especialización y eficiencia, sino también en vistas a eventuales procesos de internacionalización que podrían protagonizar algunos de esos proveedores. Aclaramos que se trata de un razonamiento especulativo, ya que como mencionamos antes no disponemos de información suficiente como para hacer evaluaciones serias acerca del tema. De todos modos, volveremos sobre este punto más abajo en el documento.

Un paso adelante en esta dirección es el programa de Proyectos Estratégicos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva³³, creado para dar servicios de I+D a los ministerios nacionales con el objetivo de potenciar la competitividad y el desarrollo productivo local, así como atender problemas con alto impacto social. Este programa abarca doce áreas productivas en las cuales se financiarán a consorcios público-privados, una de las cuales es la de tecnología aeroespacial con potencial industrial. El rol principal del Ministerio en este marco es, por un lado, conseguir financiamiento externo para que proveedores de instituciones en el área aeroespacial puedan realizar los desarrollos necesarios para fabricar piezas que hoy en día se importan y, por otro lado, buscar clientes en el exterior para estos productos. En el área espacial el crédito provendrá del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la ayuda se dará en carácter de préstamos no reembolsables por un monto total de USD 6 millones (los préstamos son hasta por el 80% del valor de los proyectos, mientras que el restante 20% debe ser provisto por los consorcios). Al momento de realizar este trabajo los pliegos para los proyectos en el área espacial han sido aprobados por el BID y se ha realizado la convocatoria respectiva³⁴. En el marco de este mismo programa se lanzó también la convocatoria para la ejecución del proyecto estratégico sobre tecnologías para la detección temprana de catástrofes, con el Ministerio de Defensa como cliente.

Otra iniciativa gubernamental a mencionar es el Programa de Desarrollo de Proveedores del Ministerio de Producción³⁵, el cual focaliza en sectores “estratégicos” definidos por la autoridad de aplicación. Este programa fue creado en Julio de 2016 y abarca distintas áreas que van desde la industria ferroviaria hasta la nuclear, incluyendo entre otras la aeroespacial. No obstante, al momento no hemos tenido información sobre una aplicación del programa en esta última.

En tanto, queremos detenernos en un caso que ilustra acerca de las dificultades que existen para el desarrollo de proveedores en este sector, el de paneles solares satelitales. El mencionado Departamento de Energía Solar (DES) de la CNEA ha desarrollado en los últimos años las capacidades técnicas para diseñar y fabricar paneles solares satelitales; de hecho ha provisto los paneles del satélite SAC-D y al momento de realizar el presente trabajo se encuentra desarrollando los paneles de los SAOCOM. Para dar una idea del volumen de este negocio, según surge de la entrevista con el Departamento de Energía Solar de la CNEA, los paneles solares que han realizado para el SAC-D tendrían un valor de mercado de alrededor de USD 3 millones. Lo difícil es imaginarse que el DES pueda escalar su producción considerando las limitaciones de espacio y recursos humanos y presupuestarios; su emplazamiento institucional (que implica diferentes trabas burocráticas no existentes en empresas privadas) y la carencia de personal dedicado a los aspectos de gestión empresarial.

Esto nos habla de la necesidad de repensar el rol actual y potencial que juegan algunas instituciones que son parte de la “economía del espacio” en Argentina en un marco más amplio de replanteo de la industria en su conjunto (en las conclusiones volvemos sobre esto). Por otra parte, el tipo de desarrollos realizados por el DES presentan una dificultad adicional para poder ser comercializables, vinculada a los requerimientos de seguros que se necesitan a la hora de lanzar satélites, principalmente los de telecomunicaciones. De las entrevistas con especialistas surge que es prácticamente imposible lograr el aseguramiento de un satélite de telecomunicaciones si

³³ El programa de Proyectos Estratégicos se encuentra a cargo de la Dirección Nacional de Proyectos Estratégicos, perteneciente a la Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

³⁴ Se financiará un solo proyecto en cada una de las cinco áreas temáticas: (i) Gimbal, (ii) Módulo CPU y (iii) Módulo de I/O para computadora de a bordo, (iv) Detonadores y Actuadores piro-mecánicos y (v) Baterías para satélites.

³⁵ Para mayor información ver: <http://www.produccion.gob.ar/prodepro/>

algunas de sus piezas son producidas por una institución sin un récord exitoso de participaciones en misiones satelitales. En ese sentido, es esencial para estas instituciones, con capacidad tecnológica de frontera, tener la oportunidad de probar sus desarrollos en misiones con menores requerimientos de aseguramiento, como fue el caso de la participación de los paneles solares del DES en la misión SAC-D/Aquarius. Asimismo, el Estado podría ayudar a resolver las fallas de mercado presentes en este ámbito para facilitar el ingreso de nuevos proveedores, como es el caso del DES.

Otro ejemplo relevante es el de la producción de baterías de litio para la industria satelital. Argentina ocupa el tercer puesto en el ranking de reservas mundiales, con 7,09 millones de toneladas de litio metálico equivalente, después de Bolivia y Chile. En el año 2015, las exportaciones de carbonato de litio alcanzaron los USD 64 millones. La Minera del Altiplano (subsidiaria de FMC Lithium), que inició sus operaciones de explotación de forma masiva en 1998 en el Salar del Hombre Muerto, provincia de Catamarca³⁶, es la única empresa en plena actividad y produjo en 2015 aproximadamente 17 kt. Pese a que se trata de cifras por ahora pequeñas, se prevé que el volumen de producción se incremente debido a dos grandes proyectos. El primero corresponde a Sales de Jujuy, una asociación entre la minera australiana Orocobre, la japonesa Toyota Tsusho Corporation y la empresa pública provincial Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE), que produjo 1,7 kt en 2015 y proyecta incrementar el volumen a 17,5 kt desde 2017. En segundo lugar, la Minera Exar, que obtuvo derechos de explotación para operar sobre el salar de Cauchari-Olaroz en 2012, tiene previsto en 2024 producir 25 kt anuales, en asociación con la chilena SQM-segundo productor de litio a nivel mundial (Deutsche Bank, 2016).

Las expectativas sobre la futura expansión del mercado internacional de baterías se basan en la difusión de los vehículos eléctricos. Un 40% de las 184 kilo toneladas métricas de litio demandadas en 2015 correspondieron a baterías y se estima que en 2025 ese porcentaje crecerá a un 70% sobre una producción total de 534 kt. El aumento de la demanda de litio, en tanto, impulsó un incremento del precio del metal: el carbonato de litio de pureza 99,5% pasó de alrededor de USD 2.000 por tonelada en 2005, a USD 6.577 por tonelada en 2014 (Marín, Obaya, & del Castillo, 2016). Para el año 2025, se estima que el precio se estabilizará en torno a los USD 12.000 (Deutsche Bank, 2016).

Las baterías de litio que utiliza Argentina en sus satélites son compradas en el exterior ya que, a pesar de poseer una de las reservas más grandes del mundo, en la actualidad las baterías no se fabrican localmente. Esto es resultado de la falta de escala del mercado interno y la ausencia de actores locales que dominen el ciclo de conocimiento necesario para producirlas. En efecto, generar los encadenamientos productivos necesarios para la producción de baterías de litio en Argentina presenta desafíos tecnológicos importantes; ver Marín, Obaya y del Castillo, (2016). Las inversiones en conocimiento y capital físico requeridas a priori, claro está, no se justifican si únicamente consideramos la posibilidad de producir baterías satelitales. Sin embargo, ante las perspectivas que en teoría abrirá el mercado mundial a futuro, como se ha explicado arriba, las potencialidades del negocio parecen más atractivas.

La materialización de estas oportunidades depende de a: (i) un incremento en el ritmo de extracción del mineral, (ii) la generación del conocimiento necesario para la producción de baterías de litio y (iii) la efectiva instalación de la capacidad de producción respectiva. En este sentido se están llevando adelante dos iniciativas potencialmente importantes. Por un lado, el desarrollo de líneas de trabajo conjuntas entre grupos de investigación de Córdoba, Jujuy,

³⁶ Según Marín, Obaya y del Castillo (2016), Minera del Altiplano exporta el litio a sus plantas de procesamiento en Estados Unidos, China, India y Europa.

Catamarca y La Plata coordinadas por la empresa Y-TEC³⁷ con el objetivo de avanzar hacia el dominio de la tecnología de fabricación de baterías. Por otro, la misma empresa Y-TEC ha anunciado este año una inversión de USD 60 millones para instalar en el país la primera fábrica de celdas de ion-litio, un negocio orientado a abastecer a los mercados de almacenamiento de energía y movilidad para vehículos eléctricos y dispositivos móviles. La proyección es que la planta esté en funcionamiento a mediados de 2018 (El Cronista, 2016). De materializarse estos desarrollos, según especialistas consultados, se produciría una reducción significativa en la brecha tecnológica para poder producir localmente baterías satelitales.

Si ahora vamos aguas abajo en la cadena de valor, nos encontramos con el segmento de aplicaciones, encargado de procesar imágenes y datos satelitales. Como se dijo antes, usualmente, en otras partes del mundo, es el Estado el principal demandante de esta información. Sin embargo, esta última también es utilizada por el sector privado, por ejemplo en el sector agropecuario, donde se la emplea, entre otros fines, para el desarrollo de la llamada “agricultura de precisión”. Este sistema permite que las empresas puedan generar “mapas de ambientes”, que básicamente consisten en la identificación de diferentes zonas en los lotes que por sus características son más productivas para algunos cultivos en particular. La información satelital (junto con el uso de maquinaria que puede recibir órdenes y realizar determinadas tareas basadas en dicha información) permite a las empresas identificar rápidamente estas zonas y habilita a los productores a realizar un manejo diferencial que potencia la productividad de los lotes. De las entrevistas realizadas surge que la utilización de esta tecnología puede incrementar los resultados operativos entre un 20 y un 30%, principalmente mediante la reducción del costo por tonelada producida.

Si bien es un tema que se debería profundizar en futuras investigaciones, del trabajo de campo realizado surge que el Estado argentino, en sus diversos niveles, aún hace muy escaso uso de información satelital a la hora de planificar, diseñar, ejecutar y monitorear políticas públicas. En tanto, ya existen algunos emprendimientos que apuntan a proveer información basada en datos e imágenes satelitales al sector privado. Dentro de este segmento se destaca la empresa Solapa 4 (Agrimax S.A.), que nace en el año 2010 como consultora de negocios agrícolas y en 2013 se transforma en una plataforma web que releva información de cultivos. La firma utiliza distintas fuentes satelitales que procesa a fin de prestar distintos servicios a los productores. Por ejemplo, puede generar a pedido de un cliente un historial de un cultivo en particular en su establecimiento y compararlo con el de productores vecinos.

Otra firma argentina que se desempeña en este segmento es Frontec, formada por INVAP y el grupo Los Grobo hace menos de tres años. Un antecedente de este emprendimiento fue Agronegocios del Plata (propiedad de Los Grobo, luego comprada por un empresario uruguayo), la cual utilizaba drones para captura de imágenes de cultivos que se utilizaban para contribuir a la agricultura de precisión. En esa experiencia la empresa vislumbró la imposibilidad de re-escalar su actividad debido a los altos costos operativos del sistema de drones, lo cual llevó a considerar la posibilidad de migrar hacia la utilización de imágenes satelitales. Frontec actualmente se define como una plataforma tecnológica que combina la ciencia aeroespacial, la informática y la agronómica para brindar soluciones a la cadena de valor en la producción de alimentos. La empresa desarrolla software propio para, por ejemplo, almacenar y automatizar el procesamiento de imágenes. Entre las distintas fuentes de imágenes satelitales que utiliza Frontec se encuentran las provistas por la empresa estadounidense Planet Labs. Al presente no disponemos de datos que

³⁷ Esta empresa fue constituida por YPF (51%) y Conicet (49%) en 2012 con el propósito de brindar soluciones científicas y tecnológicas al sector energético y también formar especialistas para el desarrollo de la industria en Latinoamérica.

permitan conocer la magnitud del mercado actual o potencial para emprendimientos del tipo de Frontec o Solapa 4.

Desarrollo y aprendizaje tecnológico

De acuerdo a datos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT, 2015), la inversión en I+D realizada en Argentina en “exploración y explotación del espacio” estuvo en torno a los USD 150 millones³⁸ (\$805.340.000) en 2013, involucrando cerca de 1000 investigadores y becarios y alrededor de 300 proyectos (casi el doble de los llevados adelante en 2009). Si bien, como vimos antes, esta cifra obviamente está muy lejos de los presupuestos que destinan al área las naciones líderes (que además, en muchos casos, también realizan gastos con objetivos no civiles, no incluidos en los números previamente expuestos con fuente OECD), de todos modos no resulta marginal en la comparación internacional. Así, no sorprende que el país haya alcanzado una posición de destaque en este sector.

En efecto, aunque el trazado de un “mapa tecnológico global” del sector aeroespacial se encuentra fuera de los alcances de este trabajo, de las entrevistas realizadas surge que el nivel de desarrollo tecnológico de la industria satelital argentina no está lejos de la “frontera”, aunque veremos que en esta industria se trata de un término algo esquivo.

Dado el uso dual (militar-civil) que tienen gran parte de los desarrollos tecnológicos de aplicación espacial, la frontera es desplazada constantemente y en la mayor parte de los casos los desarrollos respectivos son secretos, por lo cual desde ese punto de vista es literalmente imposible establecer la lejanía que tiene la tecnología nacional con la frontera. No obstante, sí se puede pensar en una “frontera industrial” en términos de los productos satelitales que se comercian internacionalmente; en este sentido nos resulta un buen parámetro pensar en la tecnología necesaria para producir satélites de observación, de telecomunicaciones y lanzadores que se comercializan en el mercado.

Uno de los parámetros a considerar es la relación peso/carga útil. Los satélites poseen un peso “en seco” y un peso “en húmedo”. La diferencia entre estos dos se debe principalmente al combustible que lleva el satélite. En la medida que se pueda incorporar un mecanismo de propulsión eléctrica, se reduce el peso del combustible que transporta el satélite, dando lugar a la posibilidad de llevar más carga útil. Por otro lado, en los satélites de telecomunicaciones un parámetro relevante es la potencia del mismo, medida en kilowatts, que de alguna forma nos dice la intensidad con la cual el satélite puede transmitir su señal. Cuanto mayor es la potencia del satélite, se reducen los costos del segmento terreno debido a la utilización de antenas más pequeñas. Un indicador de eficiencia de los satélites de telecomunicaciones es, entonces, la relación entre cantidad de kilowatts de potencia del satélite por tonelada. En los ARSAT 1 y 2 esa relación es de aproximadamente 1 watt por kilo del satélite. Según especialistas de INVAP, de haber una demanda activa para producir un nuevo satélite de telecomunicaciones, tomaría unos cinco años desarrollar una versión con una relación cercana a los 4 kilowatts de potencia por tonelada de peso del satélite -que son, según los datos recogidos para este trabajo, los valores cercanos a los que se encuentra hoy la frontera en el mercado-.

No obstante, en el anexo de la antes mencionada Ley de Desarrollo de la Industria Satelital, se preveía un programa de fabricación de satélites de dos unidades de plataforma (ARSAT 3K) análoga a la de ARSAT 2, es decir con una relación de potencia 1 a 1, más adelante la producción

³⁸ Calculado al valor promedio del dólar de dicho año. Vale aclarar que, a diferencia de este valor, los datos expresados en la tabla 3 corresponden a USD 2010 PPA.

de cuatro unidades con una plataforma (ARSAT 3H) de propulsión híbrida que arrojaría una relación levemente superior a los 2 watts por kilo, y recién luego la producción de dos unidades con propulsión completamente eléctrica³⁹, para remplazar a los ARSAT 1 y 2 al finalizar su vida útil, es decir que se prevería su lanzamiento para fechas cercanas al 2029.

Por otra parte, con el actual proyecto SARE, según surge de las entrevistas con especialistas de INVAP, Argentina se encuentra a cinco años de desarrollar satélites livianos de observación de la Tierra con una carga útil y plataforma internacionales competitivas (se trata de plataformas de 250 kilogramos con cámaras de una resolución de un metro por un metro). En el caso de los lanzadores, si el proyecto Tronador II evoluciona según los términos previstos, en 2020 se estaría en condiciones de prestar servicios de lanzamiento a agencias de otros países, lo cual sugiere que también en este caso se estarían acumulando capacidades tecnológicas competitivas a escala internacional.

En una mirada de largo plazo, vemos que la industria argentina pasó en 26 años de posicionar el LUSAT-I, un satélite desarrollado por una asociación de satélites de radioaficionados, a construir satélites con fines científicos, de observación de la Tierra, de telecomunicaciones y a estar cerca de finalizar el proceso de construcción de su propio lanzador. En el caso de los satélites de observación y con fines científicos, como se ha explicado previamente, ya son muchos los países que dominan dicha tecnología (de hecho, algunas naciones de Sudamérica han construido sus propios satélites de observación, aunque los mismos generalmente son menos sofisticados que los producidos en Argentina). En cambio, en el caso de los satélites de telecomunicaciones, de los cuales Argentina posee dos en órbita (ARSAT 1 y 2), y de lanzadores, los países que poseen esas capacidades no son más de once (ocho en telecomunicaciones de hecho) y ninguno de ellos es latinoamericano. Si bien los desarrollos locales siempre han contado con la colaboración científica y tecnológica de empresas o agencias de otros países, está claro que la Argentina ha ido acumulando capacidades significativas en esta área, incluyendo adicionalmente la posibilidad de desarrollar sus propios paneles solares, entre otros ejemplos. Por cierto, en un contexto donde, como mencionamos antes, la frontera se mueve de forma continua, la discontinuidad de estos esfuerzos puede implicar daños potencialmente irreversibles que hagan perder valor a este proceso. Sobre esto volvemos en la sección siguiente.

5. Conclusiones, sugerencias de política y agenda de investigación

La Argentina forma parte del exclusivo grupo de países en el mundo que es capaz de desarrollar tecnologías propias en la industria satelital (y del aún más exclusivo grupo que puede hacerlo en el segmento de telecomunicaciones de esa industria, aunque con un *gap* respecto de la frontera en este mercado), y está pronta a ingresar a otro grupo pequeño de naciones, aquellas que dominan la tecnología de lanzadores espaciales (aunque el tema no fue explorado para esta investigación y también aquí seguramente hay una brecha con la frontera global).

El país ha sido capaz de poner en órbita varios satélites, tanto de observación y científicos como de telecomunicaciones, generando evidencia e información útil para fines de investigación y toma de decisiones, así como dando conexión a lugares en donde no es factible llegar con canales tradicionales. En tanto, se prevé que en el año 2020 se complete el proyecto que permitirá disponer de capacidad propia en materia de servicios de lanzamiento.

³⁹ Si bien en la ley no hay nombre ni especificación técnica sobre la plataforma de propulsión completamente eléctrica, donde se defina su relación potencia sobre peso, sería esperable que esta plataforma sea superadora de la ARSAT-3H.

Se trata de una de las pocas áreas de alta tecnología en donde la Argentina cuenta con capacidades internacionalmente reconocidas, fruto de un proceso de aprendizaje y construcción de competencias que lleva décadas. Si bien los desarrollos en el campo satelital comenzaron de forma independiente en los años '40, los avances producidos desde los '90 hasta hoy son en gran medida tributarios de un proceso similar de aprendizaje previo ocurrido en el área nuclear y protagonizado por INVAP, la CNEA y el Instituto Balseiro. Los satélites lanzados hasta el momento no se encuentran en la frontera tecnológica global, ni son todavía aptos para competir en el mercado internacional. Sin embargo, existen, según lo recogido durante el trabajo de campo, capacidades y proyectos concretos que permitirían aproximarse a dichos objetivos. Se trata, como dijimos antes, de activos poco comunes en el mundo emergente.

Por lo tanto, las políticas públicas que impactan sobre ellas deberían ser examinadas cuidadosamente, ya que hablamos de decisiones que pueden tener efectos de muy largo plazo, potencialmente irreversibles, contra inversiones hundidas que vinieron concretándose durante décadas en el país. Adicionalmente, se debe tomar nota de que la acumulación de capacidades en tecnologías de "sistemas complejos" da lugar a la generación de potenciales externalidades que ya se dieron no solo al momento de pasar de lo nuclear a lo espacial, sino también en el pasaje de lo espacial al área de radares. Preservar y promover estas capacidades es entonces importante si pensamos a futuro y en la emergencia de otras oportunidades y desafíos en áreas similares.

Al momento de escribir este trabajo, la continuidad a futuro de esta trayectoria está teóricamente garantizada por la existencia de planes concretos de desarrollo ya definidos por las autoridades respectivas, tanto en lo que hace al lanzamiento de satélites de comunicaciones y de observación, como en el área de lanzadores. Sin embargo, en la práctica, la misma se ve afectada, en ciertos casos, por la falta de asignación efectiva de los recursos requeridos para llevar adelante las misiones respectivas. Esto quizás resulta comprensible en un contexto de restricción presupuestaria (aunque en el caso de telecomunicaciones se trata de invertir dinero en una actividad que luego genera retornos económicos concretos por la venta de servicios, cuando la política comercial es bien gestionada), pero las consecuencias de esa decisión deberían ser evaluadas desde un punto de vista sistémico, incluyendo aspectos tales como: encadenamientos productivos, derrames de conocimiento, potencial exportador, etc. Lo mismo vale para las decisiones referidas a la política de otorgamiento de *landing rights* a nuevos operadores satelitales, que en teoría apuntan a una mayor competencia en este mercado y la consiguiente baja de precios para los consumidores, aunque la evidencia por ejemplo en Chile, según lo recogido en nuestro trabajo de campo, nos muestra que esto no es necesariamente así. Aquí no presentamos evidencia concluyente al respecto de si esas medidas son acertadas o no; lo que queremos es llamar la atención sobre la necesidad de evaluar con más profundidad los impactos en las distintas dimensiones involucradas en las mismas con una mirada de largo plazo y que haga foco en la contribución que esta industria puede generar al desarrollo económico local tanto de forma directa como indirecta, vía generación de vinculaciones y derrames tecnológicos de diferente naturaleza.

En este trabajo hemos intentado realizar una contribución a la toma de decisiones en esta materia, aunque limitada por la carencia de información respecto de algunos aspectos clave para analizar el potencial impacto sistémico de esta actividad. En este sentido, futuros trabajos sobre el tema deberían incorporar cuestiones tales como las siguientes: a) una evaluación más precisa del rezago tecnológico de la industria, así como de la situación en materia de costos y otras dimensiones clave para la competitividad; b) una estimación del potencial mercado (interno y externo), para las actividades derivadas de la disponibilidad de servicios satelitales; c) una discusión sobre los beneficios sociales que genera disponer de capacidades tecno-productivas

propias en esta materia; d) una estimación sobre las externalidades y encadenamientos actuales y potenciales derivados del desarrollo del sector; e) un análisis sobre experiencias internacionales relevantes en materia de iniciativas exitosas de organización y políticas de desarrollo; f) una perspectiva más clara respecto de las futuras trayectorias tecnológicas, productivas y comerciales en la industria, y sus potenciales impactos en términos de barreras a la entrada, actores y dinámica de la competencia.

Durante el curso de esta investigación exploratoria no hemos podido obtener ni generar información concluyente sobre estos temas centrales. Podemos, sin embargo, pese a esta limitación, sugerir algunas líneas de acción que, en tanto se van construyendo los indicadores y generando los datos necesarios para atender la agenda de conocimiento pendiente, resultaría a nuestro juicio útil seguir. Los objetivos de esta agenda deberían apuntar no solo a preservar y potenciar las capacidades acumuladas, sino también a incorporar en mayor medida consideraciones de eficiencia, competitividad e impactos sistémicos.

En primer lugar, creemos que resulta necesario abordar la cuestión de la organización institucional del sector. En un país con una industria satelital pequeña e incipiente, resulta quizás ineficiente que exista más de un organismo con competencias en la definición de políticas sobre el tema. Hasta el momento, ninguna de las entidades públicas involucradas en la exploración del espacio ha tenido el mandato de definir una visión abarcativa y de largo plazo (consideremos, por ejemplo, que el Plan Espacial no incluye el área de telecomunicaciones). En consecuencia, una primera sugerencia sería que los actores centrales del sistema tecno-productivo asociado a la “economía del espacio” en Argentina se sienten, bajo una coordinación establecida al máximo nivel político, a repensar la división de tareas y responsabilidades, así como un nuevo esquema de gobierno del sector. Esto es importante especialmente de cara a que los distintos campos de aplicación, ya sean de observación, con fines científicos o de telecomunicaciones, sean concebidos bajo una mirada común (que abarque además el rol, potencialmente creciente, de los agentes privados en algunos de esos segmentos).

En segundo lugar y en línea con el comentario previo, se debe pensar a la “economía del espacio” a través de una visión sistémica, que incluya la consideración de los impactos potenciales, a lo largo de la cadena productiva, que puede generar el desarrollo de satélites, lanzadores y tecnologías afines. Esto implica empezar a analizar al sector no sólo en términos de la generación de innovaciones “*mission-oriented*” exitosas (algo que el país ya ha probado que puede alcanzar), sino también en función de sus externalidades (monetarias y no pecuniarias) hacia el resto de la economía y la sociedad. Para ello, los roles de los actores de la economía del espacio deben ser pensados no sólo en función de sus propios intereses y agendas, sino en vistas a mejorar la eficiencia y competitividad de conjunto. Asimismo, estas reflexiones deben incluir necesariamente el viraje observado en el mercado internacional, en donde: i) hay una influencia creciente y significativa del sector privado (Hiriart & Saleh, 2010); ii) emergen nuevas tecnologías, actores y modelos productivos; y iii) parecen existir cada vez más atractivas oportunidades de generar negocios rentables (OECD, 2014).

Uno de los temas relevantes en este sentido es avanzar hacia un mapeo de actores, con foco en los proveedores, actuales o potenciales, que pueden potenciarse a partir de las distintas misiones orientadas a satélites o lanzadores. Un aspecto importante es analizar cuál es el grado eficiente de integración vertical en esta actividad y las posibilidades de tercerización existentes.

Apuntando incluso a que eventualmente los proveedores domésticos puedan abastecer demandas de otros sectores locales, así como también de clientes del extranjero (sean o no pertenecientes a la “economía del espacio”). El lanzamiento reciente por parte del MINCYT de un programa de

estímulo a la formación de consorcios público-privados que apunten, entre otros objetivos, al desarrollo de proveedores locales (en el cual el área espacial es una de las prioritarias), es un paso adelante en este sentido. Sin embargo, como vimos antes para el caso de la India, el éxito de estas iniciativas depende de su continuidad en el tiempo y de la complementariedad con las decisiones tomadas en otros planos de la política espacial (e incluso así, crear proveedores de “clase mundial” es un proceso de resultados inciertos y de largo aliento). Como contrapartida, recientes estudios sugieren que en este sector los procesos de aprendizaje cliente-proveedor no dependen de la duración de las relaciones, lo cual implica que los proyectos de desarrollos conjuntos pueden dar lugar a resultados positivos de forma relativamente rápida (Rebolledo & Nollet, 2011).

Simétricamente, hay un amplio mercado de usuarios potenciales, tanto públicos como privados, de imágenes e información satelital. Como se mencionó a lo largo del trabajo, los potenciales usos de estos servicios son diversos y crecientes, e incluyen tanto beneficios apropiables privadamente (e.g. agricultura), como otros que se verifican fundamentalmente en el plano social (e.g. prevención y monitoreo de catástrofes, control de frontera, manejo de recursos naturales, etc.). Pese a que, en principio, existen capacidades domésticas para abastecer estas demandas, las mismas parecen materializarse a ritmo lento. Iniciativas que tiendan a promover desarrollos tecnológicos o comerciales conjuntos, generen acciones de *match-making* y/o impulsen la expansión de estos mercados (incluyendo un mayor uso por parte del Estado de servicios de procesamiento de imágenes a la hora de tomar decisiones de política pública) tendrían impactos positivos para potenciar la expansión de una oferta local que claramente tiene también potencial exportable.

En tercer lugar se debe analizar la factibilidad de que al menos ciertos segmentos y actores de la “economía del espacio” en la Argentina pasen a incorporar con mayor fuerza criterios “industriales” en su lógica operativa. Dada la escala limitada con la cual ha venido operando el sistema hasta el momento, y el hecho de que el comprador ha sido siempre el Estado (que usualmente tiene mayor tolerancia a problemas de sobrecostos, extensión de plazos, etc.), este tema todavía no ha sido considerado como un problema para el desarrollo del sector. Sin embargo, si se quiere avanzar hacia la introducción de mayores elementos de eficiencia en el desempeño de los actores de la industria, parece ineludible que se revisen los modelos de toma de decisiones, así como las prácticas de gestión y organización hoy imperantes. Algunos ejemplos citados en este trabajo ilustran sobre los desafíos en esta área (e.g. los referidos a la división de la CNEA que fabrica paneles solares, la situación de CEATSA, etc.).

En cuarto lugar, tal como hemos mencionado en el documento repetidamente, estamos analizando una industria que provee bienes y servicios de aplicación dual (civil-militar). Esta es una de las razones que hacen difícil penetrar en mercados extranjeros, pese a que ésta parece ser la única vía para que el sistema funcione con escalas mayores. En el caso de lanzadores, es quizás factible que, de completarse exitosamente los proyectos en marcha, el país pueda comenzar a prestar servicios de lanzamiento a clientes del exterior. En satélites, en cambio, se requiere no sólo de capacidades tecnológicas y productivas eficientes, sino también de gestiones bilaterales o multilaterales que generalmente se realizan al mayor nivel de gobierno. En este sentido el mercado latinoamericano es claramente aquel donde la Argentina tiene posibilidades de penetración, dónde un claro antecedente son las mencionadas vinculaciones entre las agencias espaciales argentina y brasilera. A la vez, las gestiones de cooperación a nivel estatal (incluso con naciones más avanzadas en el área espacial) pueden también ayudar a generar mercados para proveedores locales, ya sea de equipos, sistemas o componentes.

Quinto, considerando que, pese a los significativos logros tecnológicos alcanzados, la Argentina, como se señaló antes, exhibe un rezago frente a la frontera industrial global, y que hay una brecha

muy importante en términos de recursos humanos y monetarios frente a las empresas y países líderes en esta área, es importante considerar de manera cuidadosa las opciones más prometedoras para avanzar en nuevos desarrollos. Asimismo, hay que tener en cuenta las transformaciones que están teniendo lugar en las tecnologías de producto y proceso y los mencionados cambios en la dinámica de competencia en el mercado. En este sentido, la cooperación con actores públicos o privados extranjeros podría ayudar a una mejor identificación y aprovechamiento de estas opciones.

Finalmente, está claro que si se mantiene, aún con modificaciones en la línea de lo aquí sugerido o en otras a definir, el actual sistema sobre el que se sustenta la “economía del espacio” en Argentina, se debe clarificar la política de subsidios y precios, así como los esquemas de costos, para el conjunto de los actores estatales que operan en las distintas etapas de la cadena de valor. Si aquí proponemos incorporar los beneficios económicos y sociales que derivan de la acumulación de capacidades en esta área, ello no exime de llevar adelante estimaciones de tasa de retorno y externalidades asociadas a los proyectos en esta área, como guía básica para que la toma de decisiones de política pública responda a consideraciones no sólo de desarrollo tecnológico y productivo, sino también de eficiencia en el uso de recursos.

En cuanto a la agenda de investigación, como mencionamos antes, hay una nutrida serie de temas en donde sería importante avanzar hacia la producción de evidencia más detallada y rigurosa. Un primer paso en este sentido sería promover la generación de información que permita una más precisa caracterización de la economía del espacio en Argentina, desde la confección de un mapa de todos los actores involucrados hasta la cuantificación de los impactos económicos y sociales de las diferentes actividades realizadas en los distintos eslabones de la cadena productiva.

Adicionalmente, a nuestro juicio hay dos temas que merecen particular atención. En primer lugar, debido a su importancia económica actual y futura, una posible línea de investigación sería llevar adelante un análisis riguroso sobre el sector de telecomunicaciones satelitales con el objetivo de caracterizarlo, evaluar las capacidades, estrategias y desempeño de los actores que operan en sus distintos segmentos, examinar el marco de políticas vigente y sugerir vías para mejorar sus niveles de eficiencia estática y dinámica. En segundo lugar, debido principalmente a sus potenciales impactos económicos, pero también sociales, y al incipiente desarrollo del mismo en Argentina, el mercado de imágenes sería otro de los sectores clave a incluir en la agenda de investigación. Un análisis de la cadena productiva de este sector incluiría las etapas que van desde la generación de tecnología asociada a la producción de satélites de observación, hasta el desarrollo de aplicaciones para el procesamiento de imágenes aguas abajo y el rol del Estado y de las políticas públicas tanto del lado de la oferta como de la demanda, en los distintos niveles de la cadena.

6. Bibliografía

- Alfie, A. (25 de noviembre de 2016). *Clarín: Anuncian ganancias en Arsat, que venía de perder \$314 millones*. Recuperado el 6 de noviembre de 2016, de Sitio web de Clarin: http://www.clarin.com/politica/Anuncian-ganancias-Arsat-perder-millones_0_1693630818.html
- ARSAT. (2016). *ARSAT*. Recuperado el 6 de diciembre de 2016, de Sitio web de ARSAT: <http://www.arsat.com.ar/>
- Avascent. (2016). *Avascent*. Recuperado el 6 de diciembre de 2016, de Sitio web de Avascent: <http://www.avascent.com/>
- Bär, N. (30 de mayo de 2016). *Fresco y Batata los dos primeros nanosatélites comerciales argentinos*. Recuperado el 6 de diciembre de 2016, de Sitio web de La Nación: <http://www.lanacion.com.ar/1903815-fresco-y-batata-los-dos-primeros-nanosatelites-comerciales-argentinos>
- Bava, J. A., & Sanz, A. J. (2007). *Microondas y Recepción Satelital*. La Plata: CEILP.
- Blinder, D. (2011). Tecnología misilística y sus usos duales: aproximaciones políticas entre la ciencia y las Relaciones Internacionales en el caso del V2 alemán y el Cóndor II argentino. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, Agosto.
- Blinder, D. (2015). Hacia una política espacial en la Argentina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, Mayo, 65-89. .
- Bromberg, J. L. (1999). *NASA and the Space Industry*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Clarke, A. C. (1945). Extra-Terrestrial Relays. *Wireless World*, October 305-308.
- CONAE. (2016). *Comision Nacional de Actividades Espaciales*. Recuperado el 6 de diciembre de 2016, de Sitio web de la Comision Nacional de Actividades Espaciales: <http://www.conae.gov.ar/>
- Deutsche Bank. (2016). *Welcome to the Lithium-ion Age*. FITT Research.
- Drewes, L. (2014). *El sector espacial argentino: Instituciones referentes, proveedores y desafíos*. Benavides: ARSAT - Empresa Argentina de Soluciones Satelitales.
- El Cronista. (21 de junio de 2016). *Millonaria inversión de YPF para construir una planta de baterías de litio*. Recuperado el 15 de diciembre de 2016, de Sitio web de El Cronista: <http://www.cronista.com/negocios/Millonaria-inversion-de-YPF-para-construir-una-planta-de-baterias-de-litio-20160621-0031.html>
- ENACOM. (2016). *Ente Nacional de Comunicaciones*. Recuperado el 6 de diciembre de 2016, de Sitio web de Ente Nacional de Comunicaciones: <https://www.enacom.gob.ar/>
- Ganesan, S., Malter, A. J., & Rindfleisch, A. (2005). Does distance still matter? Geographic proximity and new product development. *Journal of Marketing* 69 , 44-60.
- Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *proceedings of the national academy of sciences*, 106 (26), 10570-10575.
- Hiriart, T., & Saleh, J. H. (2010). Observations on the evolution of satellite launch volume and cyclicity in the space industry. *Space Policy*, 26(1), 53-60.

- ICTE. (s.f.). *Instituto Civil de Tecnología Espacial*. Recuperado el 6 de diciembre de 2016, de Sitio web del Instituto Civil de Tecnología Espacial: <http://www.ictc.com.ar/>
- INVAP. (2016). *INVAP*. Recuperado el 6 de diciembre de 2016, de Sitio web de INVAP S.E.: <http://www.invap.com.ar/>
- Marin, A., Obaya, M., & del Castillo, M. (2016). *Industrias extractivas siglo XXI, desafíos y posibilidades de transformación: los casos del litio en Argentina y el cobre en Chile*. Buenos Aires: CENIT.
- MinCyT. (30 de julio de 2015). *Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva*. Recuperado el 26 de enero de 2017, de Indicadores de Ciencia y Tecnología Argentina 2013: <http://www.mincyt.gov.ar/indicadores/indicadores-de-ciencia-y-tecnologia-argentina-2013-11318>
- Nagendra, N. P., & Basu, P. (2016). Demystifying space business in India and issues for the development of a globally competitive private space industry. *Space Policy*, 36, 1-11.
- Nooteboom, B. (2000). Learning by interaction: absorptive capacity, cognitive distance and governance. *Journal of Management and Governance* 4 (1-2), 69-92.
- OECD. (2007). *The Space Economy at a Glance 2007*. París: OECD Publishing.
- OECD. (2012). *OECD Handbook on Measuring the Space Economy*. París: OECD Publishing.
- OECD. (2014). *The Space Economy at a Glance 2014*. París: OECD Publishing.
- OECD.Stats. (2017). *OECD.Stats*. Recuperado el 27 de 01 de 2017, de Government budget appropriations or outlays for RD: <http://stats.oecd.org/>
- Potočník, H. (1928). *Das Problem der Befahrung des Weltraums*. Berlin: RC Schmidt.
- Rebolledo, C., & Nollet, J. (2011). Learning from suppliers in the aerospace industry. *International Journal of Production Economics*, 129(2), 328-337.
- Simonin, B. L. (1999). Ambiguity and the process of knowledge transfer in strategic alliances. *Strategic Management Journal* 20 (7), 595-623.
- Stefani, F. D. (3 de octubre de 2016). *Grupo de nanoFísica Aplicada del Departamento de Física de la Universidad de Buenos Aires*. Recuperado el 6 de diciembre de 2016, de Sitio web del Grupo de nanoFísica Aplicada: <http://www.nano.df.uba.ar/wordpress/wp-content/uploads/Informe-evolucion-presupuesto-MINCYT.pdf>
- UFS CONAE. (2016). *Unidad de Formación Superior de la CONAE*. Recuperado el 6 de diciembre de 2016, de Sitio web de la Unidad de Formación Superior de la CONAE: <http://ufs.conae.gov.ar/>
- Universidad Nacional de Córdoba. (10 de marzo de 2016). *Novedades: universidad Nacional de Córdoba*. Recuperado el 7 de diciembre de 2016, de Sitio web de la Universidad Nacional de Córdoba: <http://www.unc.edu.ar/novedades/2016/marzo/argentina-ante-el-desafio-tecnologico-de-producir-baterias-de-litio>
- Weiss, S., & Ami, A. (17 de diciembre de 2014). *The Aerospace Industry*. Recuperado el 6 de diciembre de 2016, de Encyclopædia Britannica: <https://www.britannica.com/topic/aerospace-industry>

Anexos

Anexo I: Entrevistas realizadas

ARSAT S.A.

- Dr. Rodrigo De Loredo, Presidente.
- Ing. Mariano Goldschmidt, Gerente de Desarrollo Tecnológico e Innovación.
- Guillermo Rus, ex Vicepresidente.

CEATSA

- Dr. Marcelo Famá, ex Gerente General.

CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales)

- Dr. Conrado Varotto, Director Ejecutivo.
- Ing. Fernando Hisas, Gerente de Proyectos.
- Dr. Raúl Espiño, Gerencia de Proyectos, Planificación CONAE.
- Ing. Oscar López, responsable de la formulación y seguimiento de proyectos espaciales cofinanciados por organismos internacionales de crédito.
- Ing. Rafael Riva, Jefe de la Unidad de Planificación de la CONAE.
- Dr. Roberto Perazzo, ex-consultor de la Presidencia de CONAE.

CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica)

- Ing. José Di Santo, Jefe Proyecto Paneles Solares Misión Satelital SAOCOM.
- Claudio G. Bolzi, Jefe de Departamento Energía Solar y Subjefe de Proyecto Paneles Solares Misión Satelital SAOCOM.

Frontec S.A.

- Ing. Gabriel Bisio, CEO.

INVAP S.E.

- Dr. Pablo Tognetti, Director. (ex Presidente de ARSAT)
- Lic. Sebastián Clasen, Gerente de Planeamiento y Control del Área Aeroespacial y de Gobierno.
- Ing. Ignacio Grossi, Gerente de Abastecimiento.
- Ing. Tulio Calderón, VP de Desarrollo Estratégico de Negocios.
- Dr. Vicente Campenni, Subgerente General.
- Lic. Dalila Grinkraut, Responsable del Área de Responsabilidad Social Empresaria.
- Ing. Luis Genovese, Gerente de Proyecto Área Aeroespacial (Jefe del proyecto ARSAT-2).
- Ing. Eduardo Rodríguez Lubary, Responsable del Área de Relaciones Públicas.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

- Lic. Agustín Campero, Secretario de Articulación Científico Tecnológica.
- Ing. Fernando Ocampo, Gerente de Proyectos en Dirección Nacional de Políticas en Ciencia.

Ministerio de Producción

- Lic. Sergio Drucaroff, Subsecretario de Gestión Productiva.

Servicio Satelital S.A.

- Lic. Gonzalo Berra, Presidente.
- Eduardo Lema, Director de Operaciones.

Telespazio Argentina S.A.

- Dr. Nicolás de Gracia, CEO.

U.I.D. - Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados (UNLP)

- Ing. Guillermo Garaventa, Investigador independiente de la CIC.
- Ing. Pablo Ringegni, Coordinador de UID - G.E.M.A.

Anexo II: Posgrados en el área espacial

La Unidad de Formación Superior (UFS) de la CONAE tiene como objetivo promover la capacitación de recursos humanos para satisfacer las necesidades de los organismos del sistema científico tecnológico nacional y/o de las empresas participantes en la ejecución del Plan Espacial Nacional. Este objetivo se ha materializado con la sociedad entre esta unidad de la CONAE y diversas universidades nacionales implementando hasta el momento 4 carreras de posgrado que se describen a continuación.

Maestría en Aplicaciones de Información Espacial

La MAIE, Maestría en Aplicaciones de Información Espacial (ex MAEARTE⁴⁰), es implementada en sociedad entre el Instituto Gulich (CONAE - UNC) y la FaMAF (Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación) de la Universidad Nacional de Córdoba. Según la información oficial de la institución, forma egresados con la capacidad técnica y científica requerida para satisfacer las diversas necesidades en el campo de las aplicaciones de la información espacial. Las temáticas incluyen: gestión de recursos agrícolas y forestales, meteorología y oceanografía, emergencias ambientales, monitoreo y gestión ambiental, cartografía y estudios geológicos y salud humana. Para los estudiantes argentinos se contempla la posibilidad de realizar una tutoría de investigación en una institución italiana con financiamiento del gobierno y coordinación de la agencia espacial de dicho país.

Este programa dura 2 años y se dictó anualmente entre 2009 y 2014, pasando a dictarse cada 2 años a partir de 2016. Según información provista por la UFS, hasta el momento la cantidad total de alumnos que ha ingresado al programa fue de 81 (incluyendo MAEARTE y su continuación como MAIE), de los cuales al momento han egresado 41. Según una encuesta realizada por la UFS a los graduados, de todos los consultados, el 56% declaró ejercer su profesión totalmente y el 60% trabajar en el Estado. El área principal en la que se desempeñan los graduados consultados es investigación, seguida por docencia.

Maestría en Desarrollos Informáticos de Aplicación Espacial

La Maestría en Desarrollos Informáticos de Aplicación Espacial (en sociedad con la Universidad Nacional de La Matanza) aborda temas de desarrollo informático aplicados al segmento de vuelo y al segmento terreno de las misiones satelitales. Para el segmento de vuelo se trabaja en el diseño, desarrollo e implementación de todos los sistemas informáticos para el funcionamiento del satélite y su carga útil en forma autónoma y telecomandada. Para el segmento terreno se trabaja en los sistemas informáticos que posibilitan la operación del satélite desde Tierra, y la provisión de productos y servicios útiles para los usuarios. Este programa comenzó a dictarse en 2015 y según informa la UFS tiene 11 alumnos.

Maestría en Tecnología Satelital

La Maestría en Tecnología Satelital (en asociación con la Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional) fue creada con el objetivo de proveer recursos humanos especializados en el área espacial, formando graduados universitarios en ingeniería o áreas afines. En esta carrera los estudiantes se capacitan específicamente en la concepción, desarrollo, análisis, diseño, especificación, construcción, integración, ensayos y operación de sistemas espaciales. La

⁴⁰ Maestría en Aplicaciones Espaciales de Alerta y Respuesta Temprana a Emergencias.

carrera cuenta con dos orientaciones que dan origen a las menciones denominadas "Sistemas Mecánicos" y "Sistemas de Aviónica". Este programa comenzó a dictarse en 2015 y según informa la UFS cuenta con 12 alumnos.

Maestría en Instrumentos Satelitales

La Maestría en Instrumentos Satelitales (en asociación con la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza), ésta orientada al diseño, desarrollo, fabricación y prueba de instrumentos satelitales de teleobservación tanto de la Tierra como del ambiente espacial. Una de las características distintivas de la Maestría es su fuerte impronta aplicada que promueve desde el primer momento el trabajo con instrumentos a ser potencialmente incluidos en misiones satelitales. De ahí la incorporación de Laboratorios de Desarrollo y Enseñanza en Óptica, Electrónica, Mecánica, Ensayos Ambientales y Software/Hardware para que los estudiantes desarrollen sus actividades prácticas. Este programa comenzó a dictarse en 2015 y según informa la UFS cuenta con 12 alumnos.

Fuente: Sitio web e información suministrada por la Unidad de Formación Superior de la CONAE (2016).

Anexo III: Desarrollos espaciales en el resto de Sudamérica

Satélites de telecomunicación con construcción de terceros:

- Venezuela lanzó en 2008 el satélite de telecomunicaciones VENESAT-1 (Simón Bolívar), cuya construcción estuvo a cargo de CGWIC (China).
- Bolivia lanzó en 2013 el satélite de telecomunicaciones Tupac Katari 1 cuya construcción estuvo a cargo de CGWIC (China).

Satélites de observación de la Tierra con construcción de terceros:

- Venezuela lanzó en 2012 el satélite de observación de la Tierra VRSS-1 (Miranda), cuya construcción estuvo a cargo de CGWIC.
- Chile lanzó en 2011 el satélite de observación de la Tierra FASat-Charlie, cuyo desarrollo estuvo a cargo de EADS Astrium.
- Perú Lanzó en 2016 el satélite de observación de la Tierra PeruSat-1, cuya construcción estuvo a cargo de Airbus Defence & Space.

Satélites de observación con construcción propia (con o sin colaboración externa):

- Chile lanzó fallidamente en 1995 el micro-satélite de observación de la Tierra FASat-Alfa construido bajo un programa de transferencia tecnológica entre la Fuerza Aérea Chilena y la empresa británica Surrey Satellite Technology Ltd. En 1998 se lanzó el FASat-Bravo bajo la misma modalidad.
- Colombia lanzó en 2007 el satélite cubesat⁴¹ Libertad-1, cuya construcción estuvo a cargo de la Universidad Sergio Arboleda con asesoramiento de Estados Unidos.
- Ecuador lanzó dos satélites cubesat cuyo desarrollo fue llevado adelante por la Agencia Espacial Civil Ecuatoriana. Se lanzó el NEE-01 Pegaso en abril de 2013 que colisionó en mayo del mismo año con partículas de un cohete soviético Tsyklon-3, y luego se lanzó su gemelo NEE-02 Krysaor en noviembre del mismo año.
- Uruguay lanzó en 2014 el satélite cubesat ANTEL-SAT, cuyo desarrollo estuvo a cargo del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de la República en colaboración con la empresa estatal ANTEL.
- Perú lanzó en 2014 el satélite cubesat Chasqui 1, cuyo desarrollo se realizó conjuntamente entre la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú y la CONIDA.
- Brasil lanzó los siguientes satélites: CBERS-1 (1998), CBERS-2 (2003), CBERS-2B (2007), CBERS-3 (2013, falló el lanzamiento) y CBERS-4 (2014). Los desarrollos fueron realizados conjuntamente por el INPE brasileiro y la CAST (Academia China de Tecnología Espacial) y tienen como propósito conformar una constelación que apunta, entre otros objetivos, a la vigilancia de los recursos naturales en Brasil y China.

Lanzadores

Además de Argentina, Brasil es el otro país sudamericano que ha apuntado al desarrollo de lanzadores. Entre las iniciativas adoptadas en esta área podemos mencionar las siguientes:

- VLS: tienen por objetivo colocar en órbita baja minisatélites.

⁴¹ Los cubesats son satélites que usualmente pesan alrededor de un 1 kg y muchas veces son fabricados con componentes electrónicos ya disponibles en el mercado.

- VLS1: El proyecto fue cancelado el 16 de febrero de 2016. Esta decisión se debió a que varias de las pruebas terminaron con la destrucción de los prototipos por problemas técnicos, siendo el caso más grave el que provocó la muerte de 21 personas en la explosión del 22/08/03 durante el lanzamiento del VSL1- V03.
 - VLS-Alfa: Se prevé lanzamiento en 2018.
 - VLS-Beta: Se prevé lanzamiento en 2020.
- VLM: tienen por objetivo colocar en órbita baja microsátélites. Es una versión simplificada del VLS-1, que se esperaba fuera usado en la misión SHEFEX III del centro aeroespacial alemán en 2016, pero el 12/06/15 se anunció que el primer vuelo no será antes de 2018.
- Cyclone 4: Pertenece a un programa de cooperación entre Brasil y Ucrania para la realización de lanzamientos de satélites a órbita baja. En 2015 se decidió cancelar este acuerdo de cooperación argumentando preocupaciones sobre los costos del mismo, y teniendo en cuenta la situación económica de ambos países y la incertidumbre sobre la futura viabilidad comercial del lanzador en el mercado.