

Emprendedores del espacio en Argentina

Organizaciones, redes y proyectos



AUTORIDADES

Presidente de la Nación

Dr. Alberto Fernández

Vicepresidenta de la Nación

Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Ministro de Ciencia, Tecnología
e Innovación

Lic. Daniel Filmus

Secretario de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación

Dr. Diego Hurtado

Subsecretaria de Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación

Mag. María Cecilia Sleiman

RECONOCIMIENTOS

La investigación y redacción de este informe fue realizada por el Lic. Maximiliano Ozono en el marco de la Dirección Nacional de Desarrollo Tecnológico e Innovación perteneciente a la Subsecretaría de Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación.

Agradecemos la colaboración de las personas que participaron de las entrevistas que alimentaron el capítulo local.

Edición

Carla Quattrone

Emiliano Griego

Valeria Griego

Inés Parker

Diseño gráfico

María Mercedes Alvarez

ÍNDICE

Contexto nacional e internacional	7
La industria espacial, la economía del espacio y el <i>New Space</i>	9
El <i>New Space</i> en números	12
El <i>New Space</i> más allá de Estados Unidos y Europa	14
China	14
India	15
Brasil	16
Rusia	16
Tecnologías clave	
Pequeños satélites: arquitecturas CubeSat y PocketQube	19
Vehículos reutilizables y pequeños lanzadores satelitales	20
Internet de las cosas por satélite	21
Manufactura aditiva	22
Inteligencia artificial + ciencia de datos	23
El rol de los movimientos de innovación de base, del ámbito educativo y de comunidades tecnológicas en el desarrollo de tecnología espacial	25
Asociaciones civiles argentinas y desarrollo de tecnología espacial	26
El rol de los movimientos de aficionados a la tecnología y el <i>hardware</i> y <i>software</i> abierto	28
Desarrollos en el ámbito educativo local	28

ÍNDICE

Un análisis exploratorio del ecosistema de emprendedores espaciales argentinos	31
Entrevistas con emprendedores y empresas espaciales: cinco casos	33
DIY-Satellite	33
Fansat	35
Innova Space	37
Lia Aerospace	39
Tlon Space	41
Conclusiones	
Vinculaciones público privadas, derrames, oportunidades históricas y desafíos	45
Glosario	50
Bibliografía	54

Contexto nacional e internacional

Contexto nacional e internacional

La actividad espacial, que en sus inicios tuvo una fuerte impronta militar a causa del carácter dual de las tecnologías desarrolladas, comenzó a tener un lugar más asociado a la exploración, a la investigación científica y al uso pacífico del espacio a partir de la conformación de agencias espaciales gubernamentales que articulaban con otros actores del sistema científico y tecnológico. Durante la Guerra Fría entre los Estados Unidos de América (EUA) y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), la exploración del espacio constituyó una nueva frontera en disputa, siendo estos dos países los principales adversarios durante las primeras décadas de la llamada carrera espacial. En ambos, el Estado tuvo un rol protagónico en la actividad espacial, tanto con fines de investigación como bélicos, involucrando centros de investigación y diversos actores con capacidad productiva, muchos de ellos provenientes de la industria aeronáutica y del ámbito militar. En el caso de la URSS, el desarrollo espacial tuvo una fuerte impronta militar -órbita en la que estuvo, prácticamente, durante toda la Guerra Fría-, y estuvo sujeto a la planificación estatal centralizada. En el caso estadounidense, siguiendo el modelo de la industria aeronáutica, se buscó promover al sector privado con redes de contratistas y proveedores, en especial, empresas del ámbito aeronáutico y de diversas industrias que desarrollaban tecnología en el marco de proyectos estratégicos puntuales gestionados y solventados por el Estado. En esta línea, en 1958 se creó la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados (ARPA, por sus siglas en inglés) como respuesta al lanzamiento, en 1957, del primer satélite artificial ruso, el Sputnik. Su objetivo era mantener el liderazgo tecnológico de Estados Unidos más allá de la esfera militar, incluyendo el ámbito espacial. En 1972, ARPA cambió su nombre a Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (DARPA), resaltando su pertenencia al departamento de Defensa de Estados Unidos. La Agencia ha sido protagonista en el desarrollo de distintas tecnologías con impacto en el ámbito militar y civil, como el sistema de posicionamiento global (GPS) y ARPANET, la antecesora de la Internet. También impulsó importantes avances en otros ámbitos, como la inteligencia artificial y el procesamiento de datos. Gran parte del modelo de innovación de DARPA durante el siglo XX ha girado en torno al financiamiento público de parte de esta agencia a procesos de investigación y etapas posteriores: desarrollo, prototipado, diseño de producto, demostración, pruebas e implementación sirviendo el sector público como mercado inicial de muchos desarrollos financiados la agencia (Bonvillian, 2015). El desarrollo de tecnología espacial con fines civiles fue posteriormente transferido a la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), mientras que DARPA continuó desarrollando proyectos de investigación espacial en el área de Defensa.

Durante las décadas de los cincuenta y sesenta, el desarrollo de tecnología espacial estuvo concentrado en la producción de vehículos capaces de acceder al espacio en lo que se denomina vuelos suborbitales. Luego, la posibilidad teórica de colocar objetos artificiales orbitando la Tierra, e incluso más allá, llevó al desarrollo de vehículos más sofisticados capaces de lograr la llamada inserción orbital y, también, de alcanzar la velocidad de escape necesaria para enviar dispositivos de exploración del espacio profundo y otros cuerpos

celestes. Ejemplos de este tipo de desarrollo fueron los programas de la NASA, Mariner y Apolo. El primero, destinado a explorar Venus, Marte y Mercurio y el segundo con el objetivo de lograr la llegada de seres humanos a la Luna. El desarrollo satelital pronto dio lugar a que empresas de telecomunicaciones, nuevas y preexistentes, produjeran satélites para transmisiones telefónicas, de TV y, posteriormente, de datos en sistemas digitales. Con la complejización y la madurez de las tecnologías utilizadas, el sector satelital fue segmentándose en distintos niveles (diseño, fabricación, seguimiento terreno, operación, procesamiento de la información) con su propia cadena de suministro. A esta emergencia del sector orientado a telecomunicaciones, se sumaron los satélites destinados a brindar información a partir de la observación de la Tierra, así como aquellas tecnologías de seguimiento de activos y de navegación global (GNSS). La producción de sistemas tecnológicos gozaba en estas primeras décadas de un carácter unitario que, en el mejor caso, comprendía la producción de un número reducido de unidades en el marco de un mismo proyecto como, por ejemplo, los cohetes Saturn V enmarcados en el programa Apolo.

A principios de los años setenta, surgieron algunos proyectos privados que buscaban desarrollar integraciones verticales en ciertas tecnologías específicas. Ejemplo de esto fue el caso de la empresa OTRAG¹ en la República Federal de Alemania y de diversas empresas que, además de brindar servicios satelitales, se encargaban de la fabricación y operación. Sin embargo, en las décadas siguientes, la agenda espacial siguió estando traccionada por grandes proyectos espaciales estatales y por el desarrollo del sector de telecomunicaciones satelitales.

A mediados de la primera década del 2000, comenzaron a surgir de forma creciente distintos emprendimientos por fuera del ecosistema espacial tradicional, en gran parte gracias al surgimiento de nuevos estándares y al desarrollo de nuevas tecnologías, dando lugar a lo que posteriormente se conocerá como *New Space* o espacio emprendedor.

En Argentina, el interés del Estado por el desarrollo de tecnología espacial surge casi en paralelo a lo ocurrido en los países vencedores de la Segunda Guerra Mundial. La necesidad de contar con tecnología espacial tuvo su base en el interés del Estado de desarrollar tecnología de carácter militar, pero que también pudiera ser utilizada para la exploración científica. La creación de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE) en 1960 le dio un marco institucional y científico a la tecnología espacial. En ese contexto, se desarrollaron distintas familias de vectores autopropulsados por combustible sólido, algunos de los cuales eran capaces de superar la línea Karman (más allá de los 100 km de altitud), considerada por muchos como el comienzo del espacio exterior. Uno de los principales objetivos de la CNIE era desarrollar capacidades locales para colocar cargas útiles en órbita desde el territorio nacional, actividad que inició con el Programa Cóndor –reconvertido a

1. OTRAG fue una empresa espacial alemana con sede en la ciudad de Stuttgart, fundada en 1975, considerada en ciertos aspectos como pionera en el desarrollo privado de vectores capaces de acceder a la órbita terrestre, fuera de los programas espaciales estatales vigentes hasta ese entonces. A diferencia de la producción unitaria característica de la época, el modelo de OTRAG se enfocaba en la producción de un vehículo capaz de realizar inserción orbital a partir de un diseño modular, lo cual implicaba la posibilidad de estandarizar y producir en serie módulos idénticos y agrupables, incurriendo en economías de escala y por ende bajando el costo de producción del mismo. Gran parte de sus ensayos se realizaron fuera de Alemania, en Zaire y Libia, ambos países gobernados por gobiernos dictatoriales interesados en acceder a esta tecnología. La empresa cesó sus operaciones en 1987, debido a las presiones internacionales y a que no se alcanzaron los resultados esperados.

proyecto de misil balístico por la Fuerza Aérea Argentina (FAA)– y que continuó con la creación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), en 1991, y de la empresa VENG. A partir de la década de los noventa, la CONAE tuvo a su cargo la ejecución de diversos proyectos satelitales –entre ellos, los de la serie SAC y SAOCOM– junto al desarrollo de un nuevo vector con capacidad de inserción orbital en el marco del proyecto Tronador. En el plano satelital también debe sumarse el desarrollo de los satélites geoestacionarios ARSAT y la participación de un entramado de empresas medianas y pequeñas, con INVAP como principal actor, abocadas a la generación de tecnología en el marco del Plan Espacial Nacional. En paralelo a estas actividades, diversas instituciones como la FAA, organizaciones civiles, educativas y múltiples universidades nacionales comenzaron a desarrollar tecnología espacial, especialmente en el ámbito satelital. En años recientes, algunas empresas han comenzado a desarrollar tecnología de forma integrada en el ámbito de vectores, satélites y diversos subsistemas asociados, con el objetivo de proveer servicios de telecomunicaciones y de inserción orbital de pequeñas cargas desde territorio argentino, más allá de los desarrollos del Plan Espacial Nacional.

Este trabajo tiene como objetivo identificar y caracterizar a los actores privados que surgieron en Argentina y que se podrían encuadrar en lo que actualmente se denomina *New Space*. En una primera instancia, se profundizará sobre este nuevo concepto mencionando las características de los emprendimientos y empresas que se ubican en él. En segundo lugar, se hará referencia a las tecnologías clave a partir de las cuales se nutre este fenómeno y que permitieron el surgimiento de nuevas empresas en el país. La sección tres presentará las redes y asociaciones del ámbito educativo, académico y de aficionados que contribuyeron a la conformación de un ecosistema emprendedor espacial en el país. En la cuarta sección, se mencionarán las principales características de los emprendedores del espacio en Argentina a partir de la descripción de cinco casos de estudio. Finalmente, se plantearán algunas reflexiones sobre este conjunto de actores y se esbozarán posibles recomendaciones de políticas para el sector.

La industria espacial, la economía del espacio y el *New Space*

El desarrollo espacial ha cobrado un nuevo impulso a nivel mundial en el marco de lo que se denomina *New Space*. De acuerdo a Rick Tumlinson, cofundador de Space Frontier Foundation y acuñador del término *New Space*, uno de los pilares fundamentales de este espacio es el surgimiento de pequeños equipos de emprendedores que pusieron énfasis en la reducción de costos, el desarrollo de nuevas tecnologías y la integración de otras ya existentes, junto con la aparición de compañías orientadas a mercados de consumo, como el turismo espacial. El *New Space* también está conformado por grandes actores privados, en un número reducido pero con peso considerable, como las empresas SpaceX y Blue Origin, cuyos fundadores también se encuentran detrás de otras empresas de tecnología de vanguardia. Esto constituye una diferencia con la actividad espacial tradicional desarrollada hasta principios de los 2000 –definida como *Old Space*–, prácticamente exclusiva de las agencias espaciales nacionales y sus redes de contratistas y proveedores privados, instituciones tec-

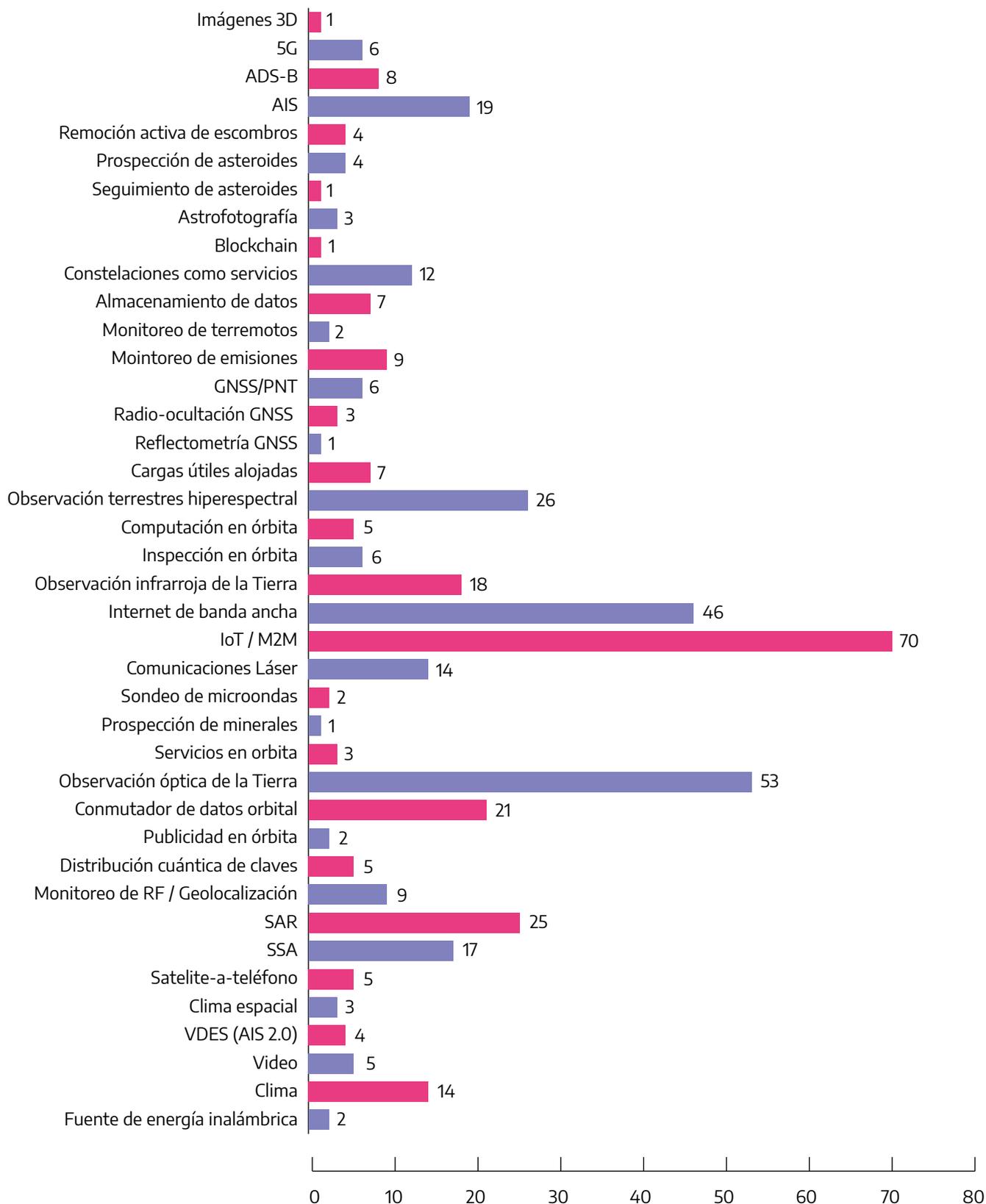
nológicas y de defensa, y grandes empresas de telecomunicaciones. Según la compañía Tracxn, orientada a reunir información de *startups* tecnológicas para inversores, sólo en Estados Unidos existían 473 empresas enmarcadas en el desarrollo espacial asociado al *New Space* en 2023². A partir de información de la misma compañía para el continente europeo, entre España, Francia, Alemania e Italia sumaban aproximadamente 188 firmas enmarcadas en el *New Space*, muchas de ellas incubadas a través de la red de Incubación de Negocios (BIC) de la Agencia Espacial Europea³.

En este nuevo contexto, un número creciente de actores de diversa índole, inspirados en nuevos paradigmas tales como la reusabilidad de vectores con capacidad de inserción orbital, el desarrollo de pequeños lanzadores satelitales integrando tecnologías como la manufactura aditiva y arquitecturas para pequeños satélites tales como CubeSat y PocketQube, han comenzado a desarrollar un nuevo enfoque en estas tecnologías que permiten bajar costos, habilitando el acceso a nuevos participantes (Rycroft y Crosby, 2013). Los servicios que ofrecen estos actores incluyen, entre otros, redes de cobertura global a partir de pequeños satélites para el Internet de las cosas –uno de los elementos troncales de la Industria 4.0– hasta plataformas de experimentación y desarrollo asequibles para instituciones de investigación, empresas emergentes y particulares, y sistemas de observación de la Tierra a partir de imágenes de alta resolución.

2. <https://tracxn.com/explore/NewSpace-Startups-in-United-States>

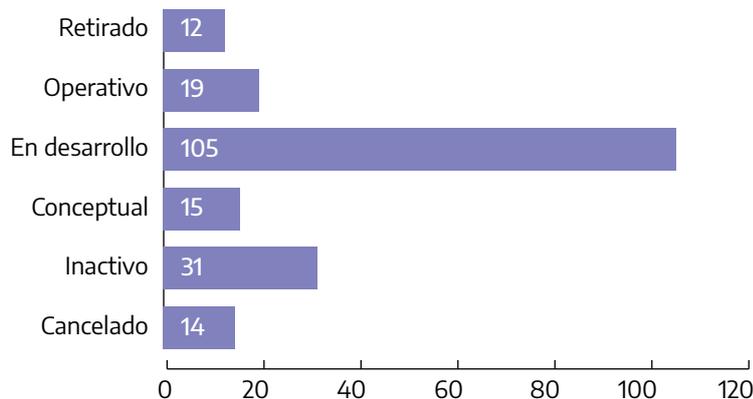
3. <https://commercialisation.esa.int/esa-business-incubation-centres/>

Proyectos de constelaciones basadas en pequeños satélites según su propósito



Fuente: newspace.im basado en Kulu (2021).

Estado de desarrollo de pequeños lanzadores satelitales hasta 2021



Fuente: newspace.im basado en Kulu (2021).

El desarrollo de tecnología espacial cobró una nueva dimensión desde el surgimiento de la denominada economía del espacio. En este sentido, la actividad espacial pasó de estar asociada sólo a las telecomunicaciones, la investigación y la observación a ser objeto de interés de otros sectores, por ejemplo, ciertas industrias manufactureras, el turismo y la explotación de recursos naturales. El hecho de que algunas compañías espaciales también planteen agendas de exploración del espacio que antes solo eran lideradas por pocos gobiernos y que, entre otras cosas, implicaría la llegada de empresas a cuerpos celestes como la Luna⁴, asteroides, y de seres humanos a Marte⁵, supone también el desarrollo de otras iniciativas e integraciones tecnológicas afines a estas agendas, como la manufactura en el espacio (Kulu, 2022) –destinada tanto al uso terrestre como espacial– y la minería espacial. El desarrollo de fábricas en el espacio, aprovechando las condiciones de microgravedad en la órbita baja para realizar ciertos procesos productivos difíciles o costosos de recrear con gravedad terrestre, o extrayendo recursos minerales en asteroides o en la Luna para luego procesarlos, son temas en los que actualmente se encuentran dando pasos tanto gobiernos como actores privados (Kulu, 2021).

El New Space en números

En términos económicos, según un reporte de la consultora especializada en industria y tecnología Bryce⁶, sólo en 2021 las *startups* enmarcadas en el *New Space* recibieron inver-

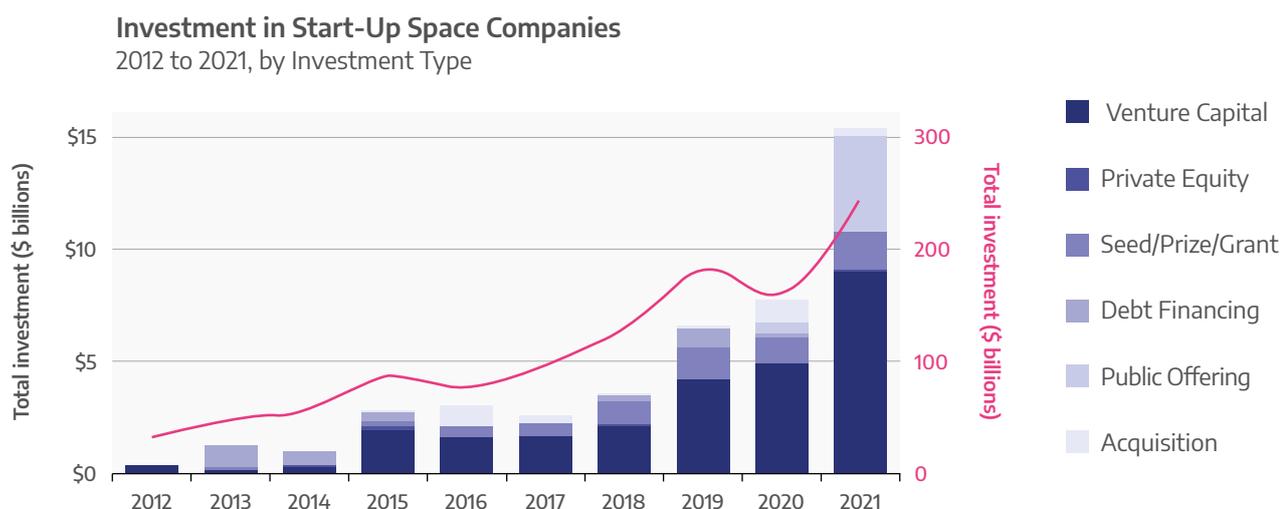
4. Existen diversas iniciativas privadas que ofrecen acceso tanto a la órbita lunar como al descenso controlado en el satélite natural terrestre. Por citar ejemplos, la organización sin fines de lucro israelí SpacelL junto a Israel Space Industries (IAI) intentó aterrizar un pequeño robot en la superficie lunar llamado Beresheet en 2019, llevado como carga secundaria en un cohete de la compañía SpaceX y destruyéndose en el descenso a la superficie lunar. La empresa estadounidense Astrobotic se encuentra colaborando con la NASA para el desarrollo de un módulo de aterrizaje lunar capaz de llevar cargas útiles hasta la superficie de la Luna. Su lanzamiento a bordo de un cohete de la compañía United Launch Alliance (ULA) se prevé para fines de 2023. <https://actualidad aeroespacial.com/astrobotic-presento-peregrine-su-prototipo-de-vuelo-alunizador/> RocketLab, compañía que desarrolló el lanzador orbital Electron, llegó a la órbita lunar con un CubeSat durante junio de 2022 por medios propios, con una versión especial de Electron. <https://www.rocketlabusa.com/missions/lunar/>

5. SpaceX es el caso más emblemático de empresas surgidas en el *New Space* con agendas de exploración del espacio profundo que incluyen, entre otras cosas, llevar humanos a Marte y desarrollar la tecnología para lograrlo <https://www.spacex.com/human-spaceflight/mars/>

6. https://brycetek.com/reports/report-documents/Bryce_Start_Up_Space_2022.pdf

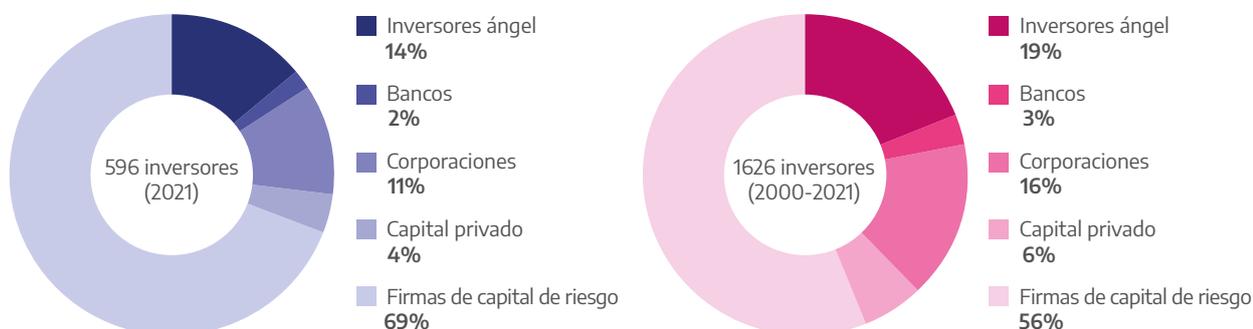
siones por 15 mil millones de dólares. Desde 2019, hubo un crecimiento exponencial en la inversión llegando a un total acumulado de 52 mil millones de dólares desde el año 2000. La principal fuente de este financiamiento son inversores ángeles, empresas especializadas en capital de riesgo y corporaciones. Sólo en 2021, 596 inversores ángeles participaron en el financiamiento de compañías espaciales, sumando un total de 1.626 entre el año 2000 y el 2021.

Volumen de inversión en compañías espaciales según tipo de inversor. Años 2012 - 2021



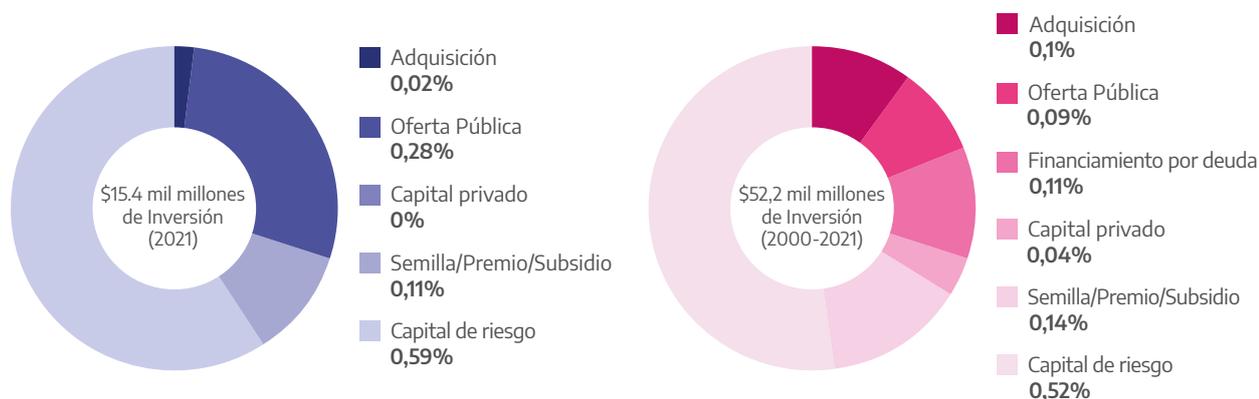
Fuente: BryceTech Startup Space Report 2022

Inversores en empresas del *New Space* según tipo de inversor en 2021 y entre 2000 y 2021 (en cantidad y porcentaje)



Fuente: BryceTech Startup Space Report 2022.

Inversión en empresas del *New Space* según tipo de inversor en 2021 y entre 2000 y 2021 (en miles de millones de dólares y porcentaje)



Fuente: BryceTech Startup Space Report 2022.

El *New Space* más allá de Estados Unidos y Europa

El crecimiento del sector espacial comercial no es un fenómeno exclusivo de los países desarrollados de Occidente como Estados Unidos y los países europeos, con décadas en el sector espacial. Los nuevos sectores que surgen en el marco de la economía del espacio, a partir de la disponibilidad de materiales, tecnologías y conocimientos, facilitan la conformación de actores privados en países que no han sido protagonistas en el desarrollo espacial comercial en el pasado –como China, Rusia e India–, o cuyo papel no ha sido predominante en términos comparativos –como en el caso de Brasil–. Además del carácter emergente, algunos de estos países guardan muchas analogías con el desarrollo tecnológico espacial argentino en el pasado y sus logros actuales guardan ciertas similitudes con los desarrollos del Plan Espacial Nacional.

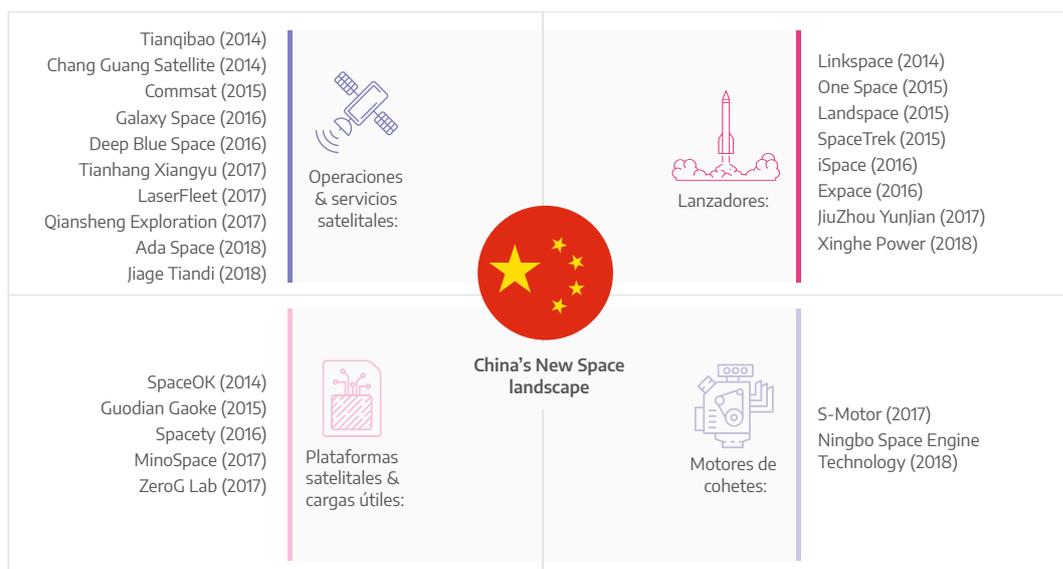
A continuación, se describen las particularidades del *New Space* en estos países y regiones, y la postura que asumió cada Estado respecto a estos actores.

China

La actividad espacial en China estuvo siempre en manos del Estado, en gran medida por su potencial militar y con una fuerte influencia soviética. Actualmente, la actividad espacial está a cargo de la Administración Espacial Nacional China. Asimismo, la Corporación de Ciencia y Tecnología Aeroespacial de China, también propiedad del Estado, se encarga, por medio de diferentes entidades subordinadas, de la producción de vehículos espaciales, sistemas de misiles y equipamiento de tierra, entre otras actividades. Si bien el programa espacial chino rivaliza en logros con los programas estadounidense y ruso (siendo el tercer

país en contar con capacidad de colocar seres humanos en el espacio y enviar robots a la Luna y Marte), el sector comercial espacial es relativamente reciente. Se estima que desde 2014 a la fecha, se crearon al menos 60 *startups* espaciales⁷. Esto ha sido posible gracias a cambios en la política oficial que busca fomentar el desarrollo comercial y las colaboraciones e intercambios internacionales⁸ al observar la proliferación de empresas espaciales en Occidente. Ejemplos de *startups* del ámbito del *New Space* que tienen sede en China son iSpace, ExPace Technology, CAS Space y Chang Guang Satellite.

Startups chinas del ámbito del *New Space*



Fuente: elaboración propia en base a The China Aerospace blog.

India

La actividad espacial en India dio sus primeros pasos en 1962 con el establecimiento del Comité Indio para la Investigación del Espacio (INCOSPAR), dependiente del Departamento de Energía Atómica. Este comité sentaría las bases para la conformación de la Agencia de Investigación del Espacio de la India (ISRO) en 1969. La investigación científica del espacio en este país tuvo sus antecedentes en décadas previas con el establecimiento de observatorios y centros de investigación de la atmósfera. El primer satélite construido por ISRO fue lanzado en 1975 en el marco del programa Interkosmos de la Unión Soviética y en 1980 hizo su primera inserción orbital exitosa el *Satellite Launch Vehicle (SLV)*, primer lanzador satelital de este país, convirtiendo a la India en un miembro del selecto grupo de países en contar con esta capacidad. El programa espacial indio, fuertemente traccionado por la agenda de exploración espacial de este país, contó siempre con conglomerados de contratistas locales siguiendo la lógica de otras naciones. Sin embargo, a partir de 2019, *New Space India Limited*, una compañía pública, se incorporó a ISRO como brazo comercial del progra-

7. <https://www.jstor.org/stable/resrep22872.6?seq=1>

8. http://english.www.gov.cn/archive/white_paper/2016/12/28/content_281475527159496.htm

ma espacial de este país. Esta incorporación tuvo por objetivo incrementar la participación privada en los programas espaciales indios a través de la transferencia de tecnología en el ámbito de pequeños satélites, la producción de un lanzador para órbitas polares (PSLV) y otro para pequeños satélites (SSLV) apalancada por la industria, la producción y la difusión de servicios asociados a la actividad espacial, tales como servicios de lanzamiento, sensado remoto y soporte de misión, entre otros.

Brasil

El desarrollo espacial en Brasil es análogo al argentino en términos históricos. El organismo nacional que nuclea las actividades espaciales oficiales es la Agencia Espacial Brasileira (AEB). La misma cuenta con dos instalaciones para el lanzamiento de vehículos espaciales, beneficiadas por su cercanía al Ecuador terrestre: el Centro Espacial de Alcántara y el Centro de Lanzamiento Barreira do Inferno. Brasil tiene su propio programa de satelización con el desarrollo de los vectores VLM y VLS, junto con un importante desarrollo de cohetes sonda y el desarrollo de la infraestructura necesaria en el segmento terreno. Además de un conjunto de actores privados que se constituyen como proveedores del programa espacial oficial, existen diversas empresas verticalmente integradas en el ámbito del *New Space*, entre las que se destacan PION Labs, Airvants e Innospace⁹. La estrategia utilizada por el Gobierno brasileño ha sido la de atraer empresas extranjeras interesadas en utilizar la infraestructura del Centro Espacial de Alcántara. En este sentido, en 2019 se firmó un acuerdo de salvaguardia tecnológica entre los gobiernos de Estados Unidos y Brasil para que actores privados estadounidenses enmarcados en el *New Space* puedan probar nuevas tecnologías utilizando las instalaciones del centro.

Rusia

La Federación Rusa es la heredera principal del programa espacial soviético, pionero en la exploración espacial y el desarrollo de tecnología para este fin. Con la desintegración de la URSS, gran parte de las capacidades de producción de tecnología espacial y de lanzamiento continuaron presentes a través de la Corporación Espacial Estatal Roscosmos, que actúa de forma análoga a la NASA estadounidense. A pesar de los vaivenes económicos que se produjeron en Rusia durante la primera década tras la desintegración de la URSS, el programa espacial ruso se mantuvo activo, participando, por ejemplo, en el desarrollo de la Estación Espacial Internacional (cuyo primer módulo fue colocado en órbita por Rusia), en misiones en colaboración con otras agencias como la NASA y en el desarrollo de misiones científicas propias. Es necesario destacar que durante el período soviético no existía una única agencia centralizada, sino que el desarrollo espacial se realizaba en múltiples centros que incluían oficinas de diseño de proyectos e institutos de investigación. La conformación de una agencia centralizada suscitó disputas por el control del programa espacial entre algu-

9. Se trata de una empresa surcoreana que utiliza las instalaciones del Centro Espacial Alcántara para llevar a cabo sus lanzamientos.

nas oficinas de diseño de proyectos surgidos durante el período soviético, como la familia de cohetes Energía y la estación espacial Mir. En este período surgió también ISC Kosmotras, un proyecto comercial asociativo lanzado en 1997 entre Rusia, Ucrania y Kazajistán con el objetivo de dar uso comercial a los cohetes Dnepr –usados como misiles balísticos intercontinentales durante la Guerra Fría–, para ofrecer servicios de lanzamiento para satélites de comunicaciones y pequeños satélites¹⁰. Las principales *startups* enmarcadas en el *New Space* en Rusia son parte del clúster espacial perteneciente al Centro de Innovación de Skolkovo, un área creada por el Gobierno para negocios de alta tecnología ubicada en uno de los distritos de Moscú¹¹. Desde este espacio han surgido las empresas Dauria Aerospace, fundada en 2011 y orientada al desarrollo de micro y nanosatélites con fines específicos, y de sus componentes, y Sputnix, orientada a la fabricación de CubeSats y subsistemas pertenecientes a estos. Si bien existen operadores comerciales de tecnología desarrollada en el programa espacial ruso, como en el caso del operador GKLaunch que opera los cohetes Soyuz-2, también existen empresas que buscan desarrollar sus propios lanzadores para pequeños satélites, como Lin Industrial. Otras como Aerospace Capital apuntan a convertirse en intermediarios para fabricantes de satélites, desarrollando sistemas de despliegue y separación. Existen también compañías orientadas a desarrollar tecnologías específicas para telecomunicaciones, propulsión y para el segmento terrestre.

10. Fue desde esta plataforma que la empresa argentina Satellogic pudo lanzar dos de sus satélites, el CubeBug-2 “Manolito” y el BugSat-1 “Tita”, en 2013 y 2014 respectivamente.

11. https://room.eu.com/article/Skolkovo_and_a_new_breed_of_Russian_space_startups

Tecnologías clave

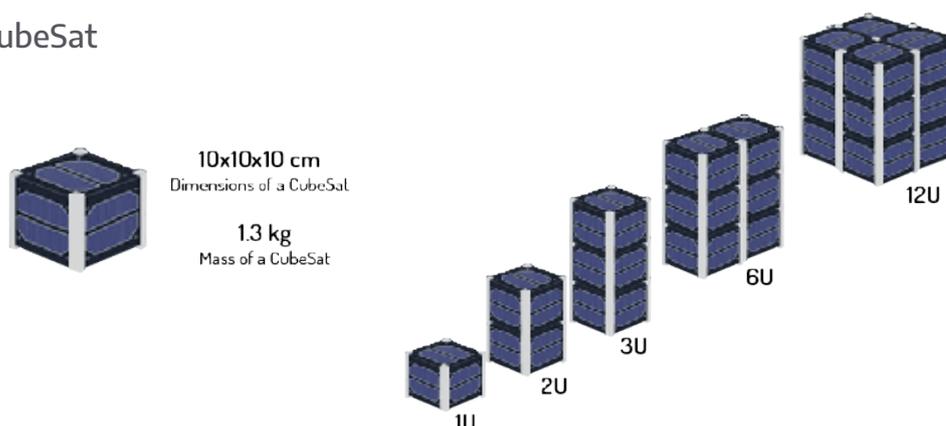
Tecnologías clave

Pequeños satélites: arquitecturas CubeSat y PocketQube

Un factor de cambio importante en el desarrollo de tecnología satelital en el marco del *New Space* ha sido el surgimiento de arquitecturas para la fabricación de satélites pequeños escalables, específicamente nano y picosatélites, que permitieron normalizar subsistemas, protocolos de comunicación y sistemas de eyección. Es así que se crearon las arquitecturas CubeSat y PocketQube, cuyo antecedente es la arquitectura Microsat¹², utilizada ampliamente por satélites de radioaficionados en los ochenta. El estándar CubeSat fue desarrollado en 1999 entre la Universidad de Stanford y el Instituto Tecnológico de California en el marco de proyectos satelitales educativos. Se trata de un formato de satélite pequeño en forma de cubo de 10x10x10 cm escalable en fracciones en cualquiera de sus dimensiones, incluso en fracciones menores a la unidad. Este formato ha permitido el desarrollo no solo de proyectos educativos sino también de satélites que ofrecen servicios concretos, por ejemplo, para comunicaciones, observación de la Tierra y, principalmente, como demostradores tecnológicos. El formato CubeSat se ha popularizado, sobre todo, por el uso de componentes COTS –es decir, componentes que no son específicamente fabricados para uso espacial sino para uso comercial, pero que comienzan a ser probados de forma exitosa y documentada en misiones espaciales– junto con una red de proveedores de subsistemas y sistemas integrados, muchos de ellos validados y con herencia de vuelo. Además, es necesario destacar la proliferación de *brokers*, empresas encargadas de gestionar y ofrecer los servicios de puesta en órbita como cargas secundarias.

El formato PocketQube, con unidades de 5x5x5 cm, surgió en 2009, fruto de la colaboración entre distintas instituciones educativas a nivel mundial. El mismo se ha convertido recientemente en una plataforma para proyectos no solo educativos, de aficionados y para investigación, sino también orientados a redes de Internet de las cosas por satélite y observación de la Tierra.

Estándar CubeSat



12. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2570&context=smallsat>

Vehículos reutilizables y pequeños lanzadores satelitales

El concepto de reusabilidad en los sistemas de lanzamiento ha estado presente desde el desarrollo de sistemas como el transbordador espacial y su homólogo soviético Energía-Burán. Sin embargo, en estos casos, la reutilización de los sistemas fue parcial, con un nivel bajo de control sobre las etapas recuperadas. Actualmente, sistemas como el cohete Falcon 9, desarrollado por la compañía SpaceX, permiten recuperar de forma controlada una mayor parte del sistema, aunque no completamente. Esta tendencia a la reutilización también es compartida por una nueva generación de vehículos pequeños desarrollados por distintas empresas y pensados para la puesta en órbita de pequeños satélites, los cuales tradicionalmente viajaban como cargas secundarias en vehículos de mayor porte. Estos vehículos combinan avances tecnológicos en materiales, procesos de fabricación, motores y sistemas de control con una filosofía orientada al bajo costo de fabricación. Muchos de ellos apuntan a recuperar algunas de sus partes para reutilizarse, generalmente la primera etapa o booster, en tanto otros –debido al tamaño, pero también al costo– están diseñados para desecharse por completo. Ejemplos de compañías que desarrollan pequeños lanzadores satelitales son Rocket Labs, con el cohete Electron; Virgin Orbit, con el Launcher One (lanzable desde un avión en vuelo); Astra Space, con el lanzador de CubeSats Rocket 3.0, y Firefly Aerospace, con el lanzador Alpha. En muchos de estos casos, el desarrollo de los sistemas es integral, es decir, los distintos subsistemas son producidos por estas empresas. A estas compañías se les suma la familia de cohetes S desarrollados por la Agencia Espacial Japonesa (JAXA) desde los años sesenta, en particular los del subtipo SS-520, los cohetes con capacidad de inserción orbital más pequeños del mundo, orientados específicamente a poner en órbita CubeSats de hasta 4 kg. Hasta el momento, solo un lanzamiento en 2018 ha sido exitoso.

Cohete Falcon 9 de Space X



Internet de las cosas por satélite

La expansión del Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) estuvo atada en sus inicios al alcance que podían dar las redes basadas en antenas en tierra y la cobertura de Internet. En años recientes, se ha planteado la posibilidad de brindar cobertura total desde el espacio usando constelaciones de satélites adecuados a este fin. Es necesario destacar que el seguimiento de objetos usando sistemas de posicionamiento global no es algo nuevo. Sin embargo, el enfoque de Internet de las cosas por satélite propone utilizar constelaciones de satélites para generar una cobertura global y continua para redes de sensores en tierra en lugares en donde no es posible darles conectividad a Internet. Algunas de las iniciativas existentes que buscan generar cobertura para IoT por satélite usan ciertas tecnologías empleadas en tierra para el desarrollo del IoT, como es el caso de LoRa y LoraWan. Otras, basadas en lo que se conoce como NB-IoT, plantean redes de cobertura con tecnología similar a la utilizada en las redes de telefonía terrestre, sin necesidad de adaptar las redes de sensores presentes en tierra a la comunicación satelital¹³. En muchos casos, se usan arquitecturas de pequeños satélites de bajo costo como CubeSat y PocketQube para las constelaciones proyectadas para IoT satelital. En tierra, se instalan terminales que se adaptan a sistemas IoT preexistentes, concentrando la información y enviándolas a una constelación de satélites IoT determinada.

A pesar de las ventajas de contar con redes IoT satelitales, existen importantes desafíos al desarrollo de las mismas. Por un lado, el espectro radioeléctrico asignado en tierra a las comunicaciones IoT entre nodos y *gateways* no necesariamente es el mismo en el que operan los satélites que dan cobertura IoT (incluso varía según región). Esto significa que existen potenciales desfasajes entre las frecuencias utilizadas en tierra –pertenecientes a lo que se conoce como las bandas de uso industrial, científico y médico (ISM)– y las frecuencias autorizadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para comunicaciones satelitales. Por este motivo, en general, los sistemas IoT terrestres deben conectarse y reportar la información a una terminal que concentre los datos y los reporte a la red de satélites IoT en una frecuencia autorizada, que suele ser también del tipo ISM, en donde el usuario no requiere licencias adicionales.

Otra de las cuestiones técnicas que supone un desafío al IoT satelital es el ancho de banda requerido, es decir, tanto la tasa de datos enviada como la cantidad de conexiones en paralelo que pueden procesarse desde una constelación de satélites con cobertura global. Esta no es una cuestión menor si se tiene en cuenta que, a diferencia de las tecnologías de los teléfonos satelitales o el seguimiento de activos por sistemas de navegación global por satélite (GNSS), el número de sensores necesarios para reportar a un satélite dedicado a IoT puede ser alto. Finalmente, el *hardware* usado para enlazar ciertas redes IoT terrestres con redes de satélites aún supone un desafío económico y técnico en tanto implica una inversión adicional y una adaptación a los sistemas preexistentes. En este sentido, se han hecho más desarrollos en materia de redes de satélites orientados a IoT, pero relativamente

13. https://www.researchgate.net/publication/351889574_A_Survey_on_Technologies_Standards_and_Open_Challenges_in_Satellite_IoT

poco en lo referente a la adecuación de redes terrestres y a la fiabilidad y escalabilidad del *hardware* existente para realizar el enlace Tierra-satélite¹⁴.

Manufactura aditiva

Otro conjunto de tecnologías clave que busca introducir cambios radicales en el desarrollo espacial es la manufactura aditiva, también conocida como impresión 3D. La manufactura aditiva comprende diversas técnicas orientadas a trabajar sobre materiales extruidos, curados o sintetizados con el objetivo de generar piezas tridimensionales difícilmente reproducibles con otros procesos de fabricación. La desventaja de la manufactura aditiva es que no está pensada para la producción de grandes volúmenes –a diferencia de otros procesos de fabricación que pueden implicar operaciones de transformación de materiales en piezas finales en cuestión de segundos– sino de pequeñas series de piezas unitarias replicables. Sin embargo, la impresión 3D permite en muchos casos hacer un uso eficiente del material, tanto por las características del proceso como por la posibilidad de definir atributos como el patrón de relleno de una pieza y su forma con el objetivo de lograr un equilibrio entre la funcionalidad deseada, el material empleado y el tiempo de fabricación.

Entre las tecnologías más relevantes se encuentran el modelado por deposición fundida (FDM), el sinterizado láser selectivo (SLS) y la estereolitografía (SLA), existiendo variantes en cada una de ellas. En el desarrollo del *New Space*, la manufactura aditiva se emplea en etapas de prototipado y de desarrollo final, tanto en el caso de componentes de motores para lanzadores satelitales como en estructuras para pequeños satélites. Compañías como Relativity Space realizan sus lanzadores satelitales utilizando impresión 3D en metales en gran parte del proceso, buscando optimizar los tiempos de fabricación. En lo que refiere a estructuras de vehículos pequeños y satélites, tecnologías como el FDM y el SLA en termoplásticos y resinas industriales permiten desarrollar estructuras con máquinas industriales y de escritorio. Casos como el proyecto del CubeSat Makersat¹⁵ han demostrado que es posible recurrir a la impresión 3D en termoplásticos de uso industrial de mediano rendimiento para fabricar las estructuras principales de pequeños satélites¹⁶, a pesar de los potenciales problemas de degradación por exposición a la radiación solar que suelen presentarse en el ambiente espacial en la órbita baja. Diversas misiones de pequeños satélites usan tecnologías de impresión 3D en materiales industriales de medio y alto rendimiento para estructuras secundarias.

14. Al respecto, uno de los principales desafíos sigue siendo la posibilidad de enviar datos desde sensores autónomos, con energía limitada, directamente hacia una red de satélites -es decir sin estar conectados en tierra a Internet o a la red eléctrica-, en tanto la potencia requerida y el tamaño de las antenas en función de la tecnología empleada sigue siendo un desafío de ingeniería. Empresas como Lacuna Space (<https://lacuna.space/>) han planteado soluciones a este problema para el caso de la tecnología LoRa.

15. El proyecto MakerSat estuvo conformado por dos satélites de tipo CubeSat, diseñados para ser fabricados por manufactura aditiva en órbita. Ambos satélites llevaban un experimento para estudiar el nivel de degradación de distintos materiales plásticos de impresión 3D de uso masivo. <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2020/all2020/45/>

16. La NASA ha recolectado diversas experiencias en el uso de materiales de impresión 3D en tecnologías FDM y SLA en pequeños satélites, las cuales pueden conocerse en este enlace: <https://www.nasa.gov/smallsat-institute/sst-soa/structures-materials-and-mechanisms#6.3.2>

Inteligencia artificial + ciencia de datos

El uso de algoritmos de inteligencia artificial en el ámbito espacial se remonta al procesamiento de grandes volúmenes de datos geoespaciales en tierra generados por satélites y misiones espaciales tanto por las agencias gubernamentales como por operadores privados. Anteriormente, la tecnología que accedía a órbita solía contar con sistemas de navegación autónoma o basados en algoritmos simples de inteligencia artificial. Sin embargo, entre los desarrollos enmarcados en el *New Space*, tanto satelitales como vehículos lanzadores y de exploración, y gracias a los avances en materia de *hardware*, se presenta la oportunidad de incluir de forma embebida algoritmos de aprendizaje de máquina y aprendizaje profundo en distintos dispositivos que acceden al espacio¹⁷. Esto cobra relevancia, por ejemplo, a la hora de definir la posición y el flujo de las comunicaciones entre satélites de una misma constelación, evadir obstáculos y ejecutar ciertos comportamientos de forma autónoma ante cambios en el ambiente espacial. Por otra parte, uno de los usos más extendidos de la inteligencia artificial en el *New Space* se da en los sistemas de observación terrestre y en el propio *hardware* incluido en los satélites orientados a tal fin.

17. Ver por ejemplo, el siguiente trabajo que profundiza en el tema https://www.researchgate.net/publication/342377395_Artificial_intelligence_in_space

**El rol de los movimientos
de innovación de base,
del ámbito educativo y de
comunidades tecnológicas
en el desarrollo de tecnología
espacial**

El rol de los movimientos de innovación de base, del ámbito educativo y de comunidades tecnológicas en el desarrollo de tecnología espacial

Los primeros programas espaciales contaron en mayor o menor medida con participación ciudadana, de grupos de investigación y de especialistas pertenecientes a instituciones educativas¹⁸, ya sea por necesidad de tener reportes de un objeto lanzado al espacio o bien porque distintos grupos se encontraban interesados en participar en el desarrollo de tecnología espacial¹⁹. Estas iniciativas, surgidas principalmente en el seno de la comunidad de radioaficionados y en círculos de estudiantes y aficionados a la astronomía, prontamente encontraron vinculación con instituciones de diverso orden y particulares interesados en la temática. La aparición de los primeros satélites aficionados se remonta a los inicios de la exploración espacial con el proyecto OSCAR (*Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio*), cuyo objetivo era desarrollar satélites que brindaran servicios de comunicaciones para la radioafición o la integración de cargas útiles que sirvieran a este fin. Este proyecto, que comenzó en 1960, pasó a manos de la organización AMSAT (*The Radio Amateur Satellite Corporation*) en 1969, adquiriendo desde entonces la denominación OSCAR todo satélite que brinde servicios para radioaficionados. Muchos de estos satélites permitieron, también, que distintos centros de investigación pudieran realizar experimentos allí donde no era posible acceder al espacio en el marco de misiones espaciales de las agencias espaciales o comerciales. A esto deben sumarse asociaciones civiles interesadas en otros aspectos de la tecnología espacial, como aquellas que nuclean a entusiastas de la cohetería. La novedad del *New Space* no recae solo en el sector productivo y en nuevas formas de integración tecnológica, sino también en los marcos institucionales y de acceso al conocimiento que se dieron a partir de asociaciones e instituciones civiles en décadas pasadas y su actual vinculación con proyectos con y sin fines de lucro. A esto se suma la proliferación de proyectos basados en la filosofía de código abierto que permitieron compartir conocimiento sobre esta temática a través de medios digitales a una escala mayor que en décadas pasadas. Todo este fenómeno ha favorecido el surgimiento de proyectos aficionados con potencial de desarrollo productivo²⁰.

18. Este fenómeno no ha sido exclusivo de países con cierto nivel de libertad de la ciudadanía para organizarse en torno al interés de desarrollar o experimentar con ciertas tecnologías consideradas de frontera en su momento. Ver, por ejemplo, el papel de los radioaficionados en la ex Unión Soviética instruidos por el Estado para el seguimiento del satélite Sputnik-1. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07341519908581957>

19. El primer satélite aficionado, el OSCAR-1, fue desarrollado por radioaficionados de un club de California y lanzado al espacio en 1961, apenas 4 años después del primer satélite artificial de la humanidad por parte de la Unión Soviética, lo cual implicó articulaciones entre la USAF, organizaciones de radioaficionados, la NASA y la posterior creación de la organización AMSAT orientada al desarrollo de satélites para servicios de radioaficionados y experimentación.

20. Ver por ejemplo, el proyecto Universitwin hecho por estudiantes universitarios, que propone el desarrollo de un gemelo digital para uso satelital, con datos

Asociaciones civiles argentinas y desarrollo de tecnología espacial

En Argentina, las organizaciones AMSAT Argentina, la Asociación Argentina de Tecnología Espacial (AATE) y el Instituto Civil de Tecnología Espacial (ICTE) han trabajado incluso desde antes de los noventa en desarrollos de tecnología espacial con distintos niveles de vinculación con la actividad espacial dirigida por el Estado.

El ICTE fue creado en 1963 por técnicos y estudiantes con el objetivo de realizar una labor principalmente educativa y de investigación. Se llevaron a cabo programas de lanzamientos de cohetes pequeños destinados a la investigación atmosférica orientados a la formación, aprendizaje y adiestramiento del personal. Entre otras iniciativas se destaca el Programa Espacial Pampa Cielo, vigente actualmente, cuyo objetivo es el desarrollo de vectores educativos y de investigación para la formación de recursos humanos para la industria aeroespacial nacional. Entre los vectores desarrollados se encuentran los de la familia antigranizo, conocidos como Huayra, acreedor del premio INNOVAR 2014 en la categoría Agroindustria.

Vector Huayra antigranizo, desarrollado por el ICTE y ganador del concurso INNOVAR 2014



Fuente: <https://icte.com.ar/>

Otro proyecto en el cual intervinieron activamente las organizaciones y comunidades locales fue el del microsatélite LU-SAT. Este fue el primer objeto lanzado a la órbita baja con participación argentina y estuvo orientado a dar servicios a la comunidad de radioaficionados, adquiriendo la denominación OSCAR-17. Una parte importante de su desarrollo contó con el apoyo de CITEFA²¹—en particular en la fabricación de su radiobaliza—, de las filiales

en tiempo real, ganador en 2020 de la iniciativa Open Space, y que viajó en un satélite de la firma Satellogic en mayo de 2022. <https://radiopalabras.com.ar/website/estudiantes-argentinos-lanzaran-por-primera-vez-un-proyecto-propio-al-espacio/>

21. <http://amsat.org.ar/BOLETINES/balizacw.html>

locales de empresas como IBM y Aluar, y de miembros de la organización AMSAT Argentina, la filial local de la organización de desarrollo de satélites por parte de la comunidad de radioaficionados, creada en 1987 por personas que contaban con experiencia diversa en telecomunicaciones e incluso en comunicaciones satelitales. Si bien se trató de un proyecto enteramente privado que se inició en 1990 –previo a la creación del Registro Nacional de Objetos lanzados al Espacio Ultraterrestre y de la CONAE– LU-SAT sentó las bases para futuras interacciones entre organizaciones que actúan en la periferia del sistema nacional de ciencia y tecnología.

Las colaboraciones y la influencia de la comunidad de radioaficionados dieron lugar a que proyectos como ARISS²² –cuyo objetivo es contar con una radio aficionada permanente en la Estación Espacial Internacional– acerquen la actividad espacial a ámbitos educativos y faciliten el desarrollo de actividades científicas y de divulgación con participación ciudadana. Pero más importante aún, el punto de partida necesario para desarrollar tecnología espacial por parte de privados emergentes se ha dado, en muchos casos, a partir de este tipo de proyectos. Dan cuenta de ello la cantidad de empresas emergentes que cuentan con apoyo de comunidades de radioaficionados al momento de diseñar los sistemas de comunicaciones y gestionar la coordinación de frecuencias de sus primeros satélites, adquiriendo muchos de estos la denominación OSCAR.

En el plano local, los CubeSats demostradores de tecnología “Capitán Beto” y “Manolito” (OSCAR-74) de la empresa Satellogic, lanzados en 2013, contaron con el apoyo de AMSAT, del Radio Club Bariloche, de INVAP y del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, entre otros²³. AMSAT Argentina desarrolló posteriormente un proyecto de transpondedor lineal conocido como LUSEX que viajó en uno de los primeros satélites de la constelación de observación de la Tierra de Satellogic. El lanzamiento en 2021 del primer Pocketcube argentino, el DIY-1 (DIY OSCAR-111), fue realizado por uno de los fundadores de AMSAT Argentina, Gustavo Carpignano.

Otra de las instituciones referentes es la Asociación Argentina de Tecnología Espacial (AATE), fundada por el ingeniero aeroespacial, Pablo de León, en 1987, y cuyo objetivo fue reunir a distintos interesados en experimentar con tecnología espacial, especialmente en el área de la coherencia. Desde esta organización, se gestionan y promueven vinculaciones con otras instituciones de investigación, como en el caso del PehuenSat (OSCAR-63), un satélite educativo desarrollado en colaboración con la Universidad del Comahue y AMSAT Argentina, en 2007²⁴, y lanzado gracias a la coordinación de la AATE en un cohete de la agencia espacial de la India (ISRO). También, en un nivel internacional, desde la AATE se logró colocar una carga útil de experimentos en el programa del transbordador espacial de la NASA en el año 2001, proyecto conocido como Paquete Argentino de Experimentos (PADE)²⁵, que contó con experimentos de distintas universidades nacionales como la del Comahue y la Univer-

22. <https://www.ariss.org/>

23. <http://www.amsat.org.ar/satcube1.htm>
<https://www.oetec.org/nota.php?id=%20625&area=%2011>

24. <http://investigadores.uncoma.edu.ar/AplicacionesEspaciales/reunion.htm>

25. <https://aate.org/proy-pade.htm>

sidad Tecnológica Nacional, así como del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Actualmente, la actividad más relevante de esta institución es la organización del Congreso Argentino de Tecnología Espacial, que reúne tanto a expertos como aficionados a nivel regional.

El rol de los movimientos de aficionados a la tecnología y el *hardware* y *software* abierto

El uso de componentes COTS y el surgimiento de proyectos basados en equipos pequeños emparentados con movimientos culturales y tecnológicos, como el conjunto de *hobbyistas* y aficionados a ciertas tecnologías conocidos como *makers*²⁶, se funden con prácticas fuera del ámbito empresarial y estatal, como es el caso de las instituciones y comunidades de radioaficionados satelitales e instituciones y asociaciones privadas orientadas a la divulgación y la experimentación. El desarrollo de la electrónica de prototipado bajo licencias abiertas ha permitido que muchos proyectos se desarrollen en sus etapas iniciales como proyectos colaborativos de baja complejidad, existiendo de hecho herencia de vuelo documentada de sistemas espaciales basados en *hardware* de bajo costo comúnmente usado por aficionados²⁷. En este sentido, un número considerable de personas se ha sumado a proyectos como Satnogs²⁸ y TinyGs, ambos dedicados al desarrollo de estaciones terrenas –*hardware* y *software* incluido– para el seguimiento de satélites que operan en bandas de radioaficionados y bajo tecnologías de radiofrecuencia como LoRa en bandas de uso no licenciado (ISM), lo que facilita el seguimiento de satélites mediante redes descentralizadas de estaciones terrenas, al igual que el libre acceso a la información recolectada. Fenómenos como el *crowdfunding* facilitan el desarrollo de proyectos espaciales en escalas antes no realizables por parte de grupos de ciudadanos, como sucedió con el proyecto Copenhagen Suborbitals²⁹.

Desarrollos en el ámbito educativo local

En el plano local existen propuestas como *Open Space*, un concurso organizado por la empresa Satellogic y la iniciativa Academia Exponencial que busca favorecer la participación de estudiantes de carreras técnicas en el desarrollo concreto de tecnología espacial capaz de llegar al espacio. Otras iniciativas interesantes son el Proyecto Satélite Universitario encabezado por el Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) de la Universidad Nacional de La Plata, destinado al desarrollo de pequeños satélites con fines educativos y que permitirá

26. El surgimiento de equipos pequeños de aficionados al desarrollo de *software* y *hardware*, autodidactas y expertos en campos tangenciales a la ingeniería espacial, desarrollando innovaciones en tecnología espacial, es una de las tendencias señaladas por la consultora especializada Bryce respecto al desarrollo del *New Space*, como se desprende de un informe publicado en 2017 https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/start_up_space_supply_chain_20170803.pdf

27. Al respecto, pueden citarse casos como el de los CubeSats ArduSat, lanzados en 2013 y el aún operacional pocketqube DIY-1 (ArduiQube), lanzado por la *startup* argentina DIYSatellite en 2021, como satélites que contienen similar electrónica a la utilizada para prototipado electrónico. La NASA también ha realizado pruebas de comunicación inalámbrica con la plataforma de prototipado electrónico de código abierto Arduino en el marco de vuelos suborbitales de forma exitosa. <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-successfully-conducts-wallops-rocket-launch-with-technology-experiments/>
<https://blog.arduino.cc/2015/07/31/xbec-and-arduino-sent-to-space-by-nasa/>

28. <https://libre.space/projects/satnogs/>

29. <https://copenhagensuborbitals.com/about-us/>

realizar estudios atmosféricos y de suelo; y el proyecto de Laboratorio Espacial Universitario que emerge de la colaboración entre universidades públicas y privadas, como la Universidad Nacional de Moreno (UNM), la Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV), la Universidad Tecnológica Nacional, la Universidad de Palermo (UP) y distintos actores privados, como el Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC)³⁰. A las iniciativas educativas mencionadas anteriormente debe sumarse la reciente creación del Proyecto Universitario de Lanzadores Espaciales (PULE), impulsado en el año 2022 desde la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria (FCAI) de la Universidad de Cuyo (UNCuyo) en colaboración con el Ministerio de Defensa de la Nación, con el objetivo de crear un lanzador espacial de acceso rápido al espacio y de bajo costo para satélites de tipo CubeSat³¹. Otra iniciativa reciente fue la convocatoria CANSAT Argentina lanzada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación y la CONAE en el año 2022. La convocatoria apuntó a que estudiantes construyeran cargas útiles educativas, cuyo tamaño no supere al de una lata de gaseosa, y que puedan ser alojadas y lanzadas en pequeños cohetes hasta una altitud aproximada de un kilómetro³². En esta iniciativa se registraron más de 800 equipos, compuestos por un total de 4.500 alumnos y alumnas que pasaron por etapas que incluyeron una capacitación virtual obligatoria, la presentación de un proyecto escrito, la selección de equipos y el envío de un kit para el desarrollo. Finalmente, los grupos seleccionados lanzaron sus cargas útiles en cohetes provistos por la empresa SkyTec³³ desde el Centro Espacial Teófilo Tabanera en la provincia de Córdoba³⁴.

Los ejemplos anteriores dan cuenta del stock de conocimiento presente en instituciones civiles, comunidades de aficionados y proyectos educativos, y la relevancia que tanto el sector público como el privado le han dado al mismo. La participación de radioaficionados en proyectos educativos y comerciales, el surgimiento de proyectos comerciales a partir de la experiencia obtenida en proyectos aficionados y la importancia que adquieren los proyectos educativos con amplia participación estudiantil para empresas y para el Estado sugieren que la construcción de capacidades en tecnología espacial es un asunto en el cual no solo se encuentran presentes empresas y el Estado, sino también individuos y comunidades de práctica, interactuando entre sí y en vinculación con distintos niveles públicos y con el sector privado.

30. <http://www.unm.edu.ar/index.php/noticias/1514-la-unm-integrara-un-laboratorio-espacial-para-la-fabricacion-de-nanosatelites>
<http://coninformacion.undav.edu.ar/1092.html>
<https://www.palermo.edu/ingenieria/2021/junio/laboratorio-espacial-universitario.html>
<https://www.infobae.com/america/ciencia-america/2022/05/21/avanza-la-construccion-de-un-innovador-satelite-argentino-de-comunicaciones/>

31. <https://fcai.uncuyo.edu.ar/mindef-pule>

32. <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/sact/cansat-argentina>

33. <https://www.skytec.com.ar/>

34. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-acerca-el-lanzamiento-de-cansat-argentina>

Un análisis exploratorio del ecosistema de emprendedores espaciales argentinos

Un análisis exploratorio del ecosistema de emprendedores espaciales argentinos

En esta sección se comentarán brevemente las principales características del ecosistema emprendedor espacial (*New Space*) en Argentina. Se presentará primero una breve descripción de los actores privados que fueron identificados como empresas y emprendedores espaciales argentinos que hayan surgido en los últimos veinte años y se encuentren enfocados en el desarrollo y producción de pequeños satélites o vehículos con capacidad de inserción orbital. Luego, se mencionarán más profundamente las actividades que realizan cinco emprendimientos que fueron seleccionados como casos de estudio para este trabajo, apuntando a indagar sobre el surgimiento de los proyectos, la trayectoria de sus creadores, las capacidades con las que cuentan y las articulaciones público-privadas.

Se identificaron un total de ocho emprendimientos:

Satelloptic: de todo el ecosistema *New Space*, Satelloptic es la empresa que más avanzada está y, de hecho, la única que está verticalmente integrada: desarrolla y opera sus satélites y brinda servicios a partir de la información recolectada (López et al, 2021). Fue fundada en 2010 por Emiliano Kargieman y Gerardo Richarte y, actualmente, cuenta con una constelación de treinta microsátélites de observación terrestre, los cuales permiten obtener imágenes de alta resolución y monitorear activos de interés a nivel global a un precio competitivo. Si bien la empresa nació en Argentina, se ha internacionalizado con el correr de los años y actualmente tiene presencia en Uruguay, donde cuenta con una planta de montaje e integración de satélites, Estados Unidos, Israel y España. En sus inicios, la empresa contó con apoyo del Ministerio de Ciencia de la Nación, así como de INVAP y aportes privados, así como vinculaciones con la organización AMSAT Argentina para el desarrollo de los primeros satélites de demostración tecnológica.

Lia Aerospace: empresa creada en el año 2014 por Dan Etenberg y Federico Brito, y que inicialmente se constituyó con un total de seis personas. Si bien parte de la empresa se ha relocalizado en el Reino Unido, durante el periodo 2014-2021 fabricaron en el país un motor de cohete a base de biocombustible, pionero en la temática, el cual fue probado en su cohete Zonda 1.0. Su objetivo fue alcanzar la madurez tecnológica necesaria para producir un lanzador orbital llamado Procyon, el cual permitiría colocar cargas de entre 100 y 200 kg en la órbita baja a 500 km de altitud. Recientemente, la empresa ha redefinido sus actividades en torno al desarrollo exclusivo de motores de cohete.

Tlon Space: empresa fundada en el año 2005 por el economista Pablo Vic y el ingeniero Gerardo Natale que actualmente cuenta con aproximadamente quince empleados. El objetivo

de esta empresa es crear un microlanzador satelital nacional orientado a la puesta en órbita de nanosatélites, denominado Aventura I, capaz de colocar cargas de hasta 25 kg en órbitas sincrónicas al Sol (SSO). La empresa también desarrolló un motor de propulsión híbrida (sólida y líquida) y cuenta con instalaciones en la provincia de Buenos Aires para realizar los ensayos que requieren este tipo de desarrollos.

Epic Aerospace: empresa con sede en Argentina y EE.UU. orientada a ofrecer servicios de transporte en el espacio a partir de remolcadores satelitales que logren colocar a pequeños satélites en la posición orbital correcta, es decir, transportar satélites (que no llevan motores o combustible) de órbita en órbita. Para este fin, se desarrolló Chimera LEO-1, un sistema conocido como *space tug*, que fue lanzado al espacio en enero de 2023. La compañía, fundada por Ignacio Montero, también se encarga de diseñar y fabricar los sistemas de propulsión del sistema remolcador.

DIY-Satellite: empresa orientada al desarrollo satelital que colocó el primer satélite de tipo PocketQube argentino en órbita de forma exitosa en marzo de 2021, el DIY-1, a través de la empresa italiana GAUSS SRL. El proyecto implicó un desembolso de 50 mil dólares tanto para la realización del satélite como para su puesta en órbita. DIY-Satellite fue fundada por Gustavo Carpignano, miembro fundador de AMSAT Argentina. Actualmente, la empresa está registrada en Estados Unidos con la intención de desarrollar a futuro servicios de lanzamiento para satélites de tipo PocketQube a bajo costo a través de un convenio con UARX Space Solutions, empresa europea que provee servicios de lanzamiento.

Innova Space: empresa orientada al desarrollo de constelaciones de picosatélites para dar cobertura para redes de sensores que utilicen tecnologías de radiofrecuencia específicas de IoT, tales como aquellas basadas en la modulación LoRa. Surgida a partir del proyecto educativo SatDuino, fue incubada por la aceleradora Neutron en Mar del Plata, provincia de Buenos Aires, y puso en órbita un picosatélite en enero de 2022.

Arsultra: compañía radicada en Buenos Aires que se dedica al desarrollo de computadoras de misión especializadas para el espacio y sistemas industriales para ambientes hostiles, y a la fabricación de subsistemas para CubeSats (OBC, EPS, etc.). Ha desarrollado una plataforma modular satelital conocida como FREEDOM F1 y proyectos para CONAE, YPF-Tecnología y Tenaris SIDERCA. En 2019, la empresa firmó una carta de intención con Oakman Aerospace Inc. con el objetivo de investigar posibilidades de asociación comercial e investigación en plataformas modulares³⁵. Recientemente firmaron un convenio con la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) para el desarrollo de una computadora modular para la gestión de cargas útiles satelitales³⁶.

FANIoT: consorcio público-privado radicado en la provincia de Misiones y orientado a la fabricación de sensores para IoT. Uno de sus proyectos recientes es FANSAT, a través del cual desarrollan una serie de nanosatélites para brindar cobertura a dispositivos IoT. El proyecto

35. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-acerca-el-lanzamiento-de-cansat-argentina>

36. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-acerca-el-lanzamiento-de-cansat-argentina>

está dividido en tres etapas: construcción de una estación terrena para el seguimiento de las misiones satelitales que llevarán a cabo, fabricación de nanosatélites y la ejecución del control de misión y lanzamiento, con una previsión de puesta en órbita para 2023³⁷. El proyecto contó con dos aportes no reembolsables (ANR), uno del Consejo Federal de Ciencia y Tecnología (COFECyT) y otro asociativo de la Agencia I+D+i³⁸.

Entrevistas con emprendedores y empresas espaciales: cinco casos

En el marco de este análisis exploratorio, se llevaron a cabo entrevistas con emprendedores y representantes de empresas espaciales verticalmente integradas orientadas al desarrollo de pequeños lanzadores espaciales y pequeños satélites. En estas entrevistas se buscó indagar sobre el surgimiento de los proyectos, la trayectoria de sus creadores, las potenciales demandas y capacidades que presentan y las articulaciones público-privadas. Al respecto, se entrevistó a los representantes de DIY Satellite, del proyecto FANSat perteneciente al consorcio público-privado FanIoT, de la *startup* InnovaSpace, de Lia Aerospace y de Tlon Space.

DIY-Satellite

Su fundador, el radioaficionado satelital Gustavo Carpignano, participó en proyectos de AM-SAT Argentina tales como el VoxSat³⁹ en 1992. Con experiencia en el área de telemetría en el ex CITEFA, hoy CITEDEF, estuvo involucrado en el lanzamiento de distintos misiles de producción nacional. A propósito de la relevancia de la comunidad de radioaficionados en los proyectos espaciales, menciona:

“En los centros de investigación espacial hay muchos radioaficionados, o gente que se dedica a esa actividad, entonces es más fácil contactarse con alguien...es una llave que abre muchas puertas en este tipo de actividad”.

Después de transitar por el sector privado en áreas técnicas en las que pudo adquirir y aplicar conocimientos asociados a la electrónica y la programación, regresó al ahora llamado CITEDEF y, en paralelo, comenzó a interesarse en el desarrollo de nuevas plataformas satelitales con fines educativos, tales como los CubeSat y los PocketQubes. Tras el lanzamiento de los primeros PocketQubes en 2013 por parte de la compañía italiana GAUSS SRL, y a partir de sus conocimientos sobre la plataforma de prototipado rápido electrónico Arduino, Carpignano se abocó al desarrollo de un satélite bajo este formato, simple y de bajo costo. En 2014, fue invitado a exponer sus experiencias en el primer encuentro sobre satélites PocketQube organizado por Robert Twiggs, ingeniero y profesor de astronáutica de la Universidad Estatal de Morehead (Kentucky, EE.UU.), quien previamente había ideado el formato CubeSat. Durante el evento se presentó un satélite hecho a muy bajo costo deno-

37. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-acerca-el-lanzamiento-de-cansat-argentina>

38. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-acerca-el-lanzamiento-de-cansat-argentina>

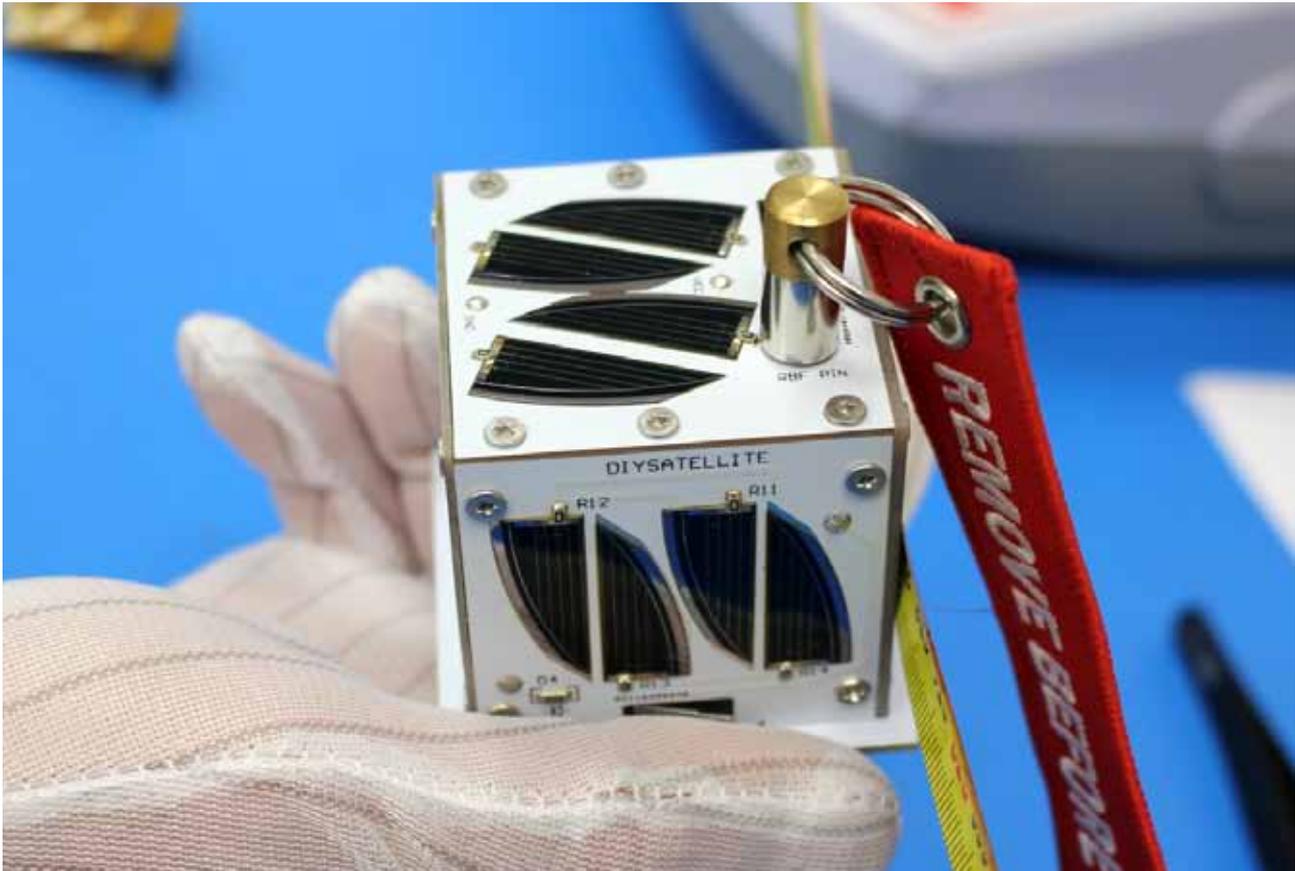
39. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-acerca-el-lanzamiento-de-cansat-argentina>

minado \$50Sat. El momento decisivo llegó más tarde ese mismo año en el primer *Workshop Latinoamericano de CubeSats* en Brasilia. Allí presentó un trabajo sobre su PocketQube y conoció a Chantal Cappelletti, investigadora y socia fundadora de GAUSS SRL quien le ofreció lanzar su satélite en la plataforma UNISAT 7, un satélite pequeño desarrollado por esta empresa que contaba, además, con desplegados satelitales para CubeSats y PocketQubes. La decisión de crear una empresa tomó forma una vez iniciado el proceso de lanzamiento. La idea era demostrar que era posible desarrollar y dominar esta tecnología de forma exitosa, previo a cualquier aspecto comercial. El proyecto comenzó en 2015 y fue financiado por Carpignano y otros colaboradores. Se desarrolló un satélite PocketQube de una unidad cuyo objetivo era probar tecnologías, transmitiendo telemetría en modulaciones y frecuencias para satélites de radioaficionados. El lanzamiento de la plataforma UNISAT 7, previsto originalmente para fines de 2016, se pospuso por diversos motivos –entre ellos la pandemia por coronavirus–, y finalmente ocurrió en marzo de 2021. El DIY-1/Arduiqube se convirtió así en el primer PocketQube argentino en orbitar la Tierra de forma exitosa. La telemetría del satélite fue recibida y decodificada a través de la red de estaciones terrenas del proyecto SatNogs, perteneciente a la fundación Libre Space, conformada por cientos de estaciones terrenas de individuos en todo el mundo que reportan la información obtenida de forma automática a una base de datos común y de libre acceso⁴⁰ utilizando *hardware* de fácil adquisición. Sin embargo, a diferencia de otros proyectos del ámbito satelital, el fundador de DIY Satellite apunta a competir en el mercado de *brokers* para esta plataforma –que son pocos–, es decir, intermediarios que ofrecen servicios de lanzamiento. A estos fines, se encuentra desarrollando un dispensador satelital para este formato de satélites y brindando servicios de asesoramiento en lo que refiere al registro, coordinación de frecuencias y cuestiones operativas de los proyectos. Gran parte de sus vinculaciones se dan con privados extranjeros, pequeñas empresas del sector espacial que son propietarias de plataformas donde se alojan desplegados para otras plataformas similares al de DIY Satellite. Estas empresas, a su vez, son las que dialogan con las empresas propietarias de los vehículos espaciales, para incluirlos como cargas secundarias en campañas de lanzamiento.

En relación a las lecciones aprendidas, Carpignano destaca lo fundamental de contar con desarrollos concretos a nivel nacional en el ámbito del *New Space*, teniendo en cuenta que la experiencia de haber realizado una producción artefactual satisfactoria (crear un satélite, lanzarlo y controlarlo de forma exitosa) genera nuevos conocimientos y capacidades locales en este campo. Particularmente, menciona la importancia de conocer los tiempos que se manejan entre la integración y el lanzamiento de un satélite de este tipo (con demoras entre 12 a 18 meses en algunos casos).

40. <https://db.satnogs.org/satellite/47963>

Satélite DIY-1 desarrollado por DIY Satellite



Fuente: Gustavo Carpignano (DIY Satellite)

Fansat

La empresa surgió a partir de la iniciativa privada SmartCultiva, compañía fundada por Martín Bueno y Ayelén Ebene en 2016, orientada a la fabricación de sensores para cultivos urbanos. Posteriormente, adoptaron el enfoque de IoT a la producción de sensores. En 2019 se generó una vinculación con el Gobierno de la provincia de Misiones, transfiriéndose algunos conocimientos al consorcio público-privado FanIoT, a través de la empresa de transferencia de tecnología Marandú S.E. Inicialmente, el proyecto tenía un perfil educativo produciendo kits de prototipado electrónico para sustituir importaciones. Con la pandemia por coronavirus en 2020, las actividades se orientaron a la producción de termómetros sin contacto y sensores de CO₂, entre otros dispositivos y se creó la unidad de movilidad sustentable, orientada a vehículos eléctricos. En 2022, se incorporó Pablo Reimonte a la unidad FANSat, como responsable de la Unidad de Negocio. Él y Ayelén Ebene, directora de Innovación de FanIoT coincidieron en afirmar que la decisión de incursionar en el ámbito espacial se trató de una *“evolución natural del segmento IoT”*. Por otra parte, destacaron la existencia de demandas locales en torno a componentes satelitales, algo que planean satisfacer. También influyó el interés de acceder al espacio por parte de la provincia de Misiones utilizando plataformas de pequeños satélites de bajo costo destinados a la órbita baja, como suelen ser los CubeSats.

El proyecto FANSat comenzó en febrero de 2022 y se compone de tres fases: desarrollo de antenas para seguimiento, un CubeSat 2U y el control de misión. Al proyecto se dedican plenamente cuatro personas, pero cuentan con colaboración de otras unidades de negocio de FanIoT, como Hamelbot. Para la primera etapa, destinada al desarrollo de una estación terrena de seguimiento, cuentan con el apoyo financiero del COFECYT. También obtuvieron un ANR Asociativo Fase 2 del FONTAR de la Agencia I+D+i, que incluye al Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (UNAM). A esto se suma la participación de FanIoT en la Red Federal de Pymes Innovadoras, iniciativa sostenida por la Subsecretaría de Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación del Ministerio de Ciencia y la Agencia I+D+i, que les ha brindado oportunidades de vinculación y apoyo institucional. FANSat también se encuentra vinculado al Centro Tecnológico Aeroespacial de la Universidad Nacional de La Plata, donde lleva adelante ensayos, y a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), con quienes colabora en el desarrollo de paneles solares para el CubeSat. Para otros componentes internos, la empresa utilizará piezas de ISIS Space, un proveedor internacional con herencia de vuelo especializado en CubeSats⁴¹. El satélite de 2U tendrá dos sistemas autónomos, uno nacional y otro con componentes comprados, con un sistema de control de actitud pasivo basado en un imán en el medio. A julio de 2022, la empresa se encontraba armando el modelo P1, un prototipo completo del CubeSat final, para pasar al sistema de vuelo. El objetivo de esta etapa es tener una plataforma en la cual hacer pruebas y “volcar” la programación para ver si se debe modificar algún aspecto.

Modelo tridimensional del satélite Cubesat Melchora



Fuente: FanIoT

41. Información obtenida en base a información suministrada por Ayelén Ebene, Directora de Innovación de FanIoT.

Al ser consultados respecto a cómo ven el sector espacial argentino, destacaron la calidad de los recursos humanos formados en el país y la experiencia histórica acumulada, existiendo una oportunidad sin precedentes en materia de tecnología espacial. El desarrollo de *hardware* local en este ámbito, afirmaron, da capacidad y permite hacer “*el puente para hacer convenios internacionales en otros temas*”. Por último, en el corto y mediano plazo buscan también explotar todas las posibilidades de desarrollo (por ejemplo, mencionaron la posibilidad de producir un kit educativo), el crecimiento importante del sector espacial en el país y la consecuente rotación local de recursos humanos en el sector. En lo que se refiere a demandas puntuales de servicios tecnológicos, manifestaron la búsqueda de socios para el lanzamiento, proceso que también los ha llevado a vincularse con actores extranjeros.

Innova Space

Su fundador es Alejandro Cordero, técnico electrónico, profesor en disciplinas técnicas y licenciado en Educación, con una maestría en Educación y Negocios y un posgrado en IoT. La *startup* surgió en el año 2019 en el marco del proyecto educativo SatDuino –orientado al desarrollo de un pequeño satélite– entre dos escuelas técnicas de la ciudad de Mar del Plata y de la localidad bonaerense de Grand Bourg⁴². La iniciativa recibió acompañamiento de Neutrón, una aceleradora marplatense de empresas tecnológicas. Al inicio, el proyecto estaba conformado por tres personas sin formación en el ámbito espacial, pero progresivamente fueron sumándose distintos especialistas técnicos. Cabe destacar que tanto Neutrón como Innova Space surgen casi al mismo tiempo, en tanto Cordero llegó a ser CTO de la aceleradora, evaluando proyectos de base tecnológica.

“La aceleradora puso los contactos y profesionales para facilitar la creación de la startup. Nos dio un lugar, también, para poder tener un laboratorio a requerimiento. Hoy compartimos espacio con otras diez empresas. Y los sueldos también son aportados por la aceleradora”, sostuvo Cordero durante la entrevista.

Actualmente, trabajan en Innova Space unas veinte personas y el modelo de negocio se encuentra definido en torno a la venta de servicios de comunicación satelital para Internet de las cosas. También están incursionando en el ámbito de los dispensadores satelitales, desarrollando su propio dispositivo capaz de lanzar varios satélites en órbita. En relación al proceso de fabricación de los satélites, Cordero comenta que desarrollan todo, excepto la carga útil, y que para ello se vinculan con proveedores nacionales en áreas como la fabricación de circuitos impresos de dos capas y, en el ámbito internacional, con empresas encargadas de desarrollar servicios de colocación en órbita de “última milla” a través de plataformas capaces de albergar satélites o dispensadores satelitales⁴³. Ciertos componentes, como semiconductores y celdas solares, también son adquiridos en el exterior. Si bien mantienen vínculos con la agencia espacial nacional, CONAE, no se constituyen actualmente como proveedores de la misma. También realizaron un vuelo de prueba suborbital en un cohete de la empresa Tlon Space⁴⁴.

42. <https://www.lacapitalmdp.com/alumnos-marplatenses-crearon-el-nano-satelite-sat-duino/>

43. <https://www.lacapitalmdp.com/iinnova-space-firmo-contrato-para-lanzar-dos-nuevos-satelites/>

44. <https://www.infobae.com/sociedad/2021/06/18/el-picosatelite-argentino-el-sueno-que-nacio-en-una-escuela-y-logro-un-hito-historico-en-la-industria-aeroespacial/>

Modelo tridimensional del satélite Cubesat Melchora



Además de haber obtenido financiamiento tras participar en distintos certámenes privados y ferias que le permitieron definir mejor el modelo de negocio, Innova Space recibió en el año 2020 un ANR por 14,5 millones de pesos del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, en el marco del Programa Soluciona, para el desarrollo del MDQubeSat-1⁴⁵. En 2021, recibió financiamiento por 17 millones de pesos en el marco del programa Potenciar Satelital y Aeroespacial del mismo Ministerio, destinado a fortalecer a empresas del rubro espacial⁴⁶.

El desarrollo del MDQubeSat-1, el primer picosatélite de tipo PocketQube hecho por la compañía, contó con paneles solares desarrollados en conjunto con la CNEA, en el marco de un contrato de tecnología y servicios⁴⁷. Asimismo, desarrollaron un banco de ensayos para evaluar el sistema de control de actitud de picosatélites simulando el campo magnético

45. FALTA

46. <https://datos.produccion.gob.ar/dataset/programa-potenciar-satelital/archivo/5c192150-317a-4f1b-b474-08f3e1eb6bae>

47. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/nueva-colaboracion-entre-la-cnea-y-la-startup-innova-space-para-fabricar-paneles-solares>

terrestre⁴⁸, en colaboración con el Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR). En abril de 2022, la *startup* firmó un convenio con la provincia de Catamarca bajo el cual se desarrolló un telepuerto satelital⁴⁹ orientado a brindar la infraestructura de enlace entre redes de IoT terrestres en sectores como minería, agropecuario y forestal, y la constelación de satélites para IoT que la empresa pretende desarrollar. También mantienen vinculaciones con el Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados (GEMA) de la UNLP, con la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y mantienen un programa de pasantías con la Universidad Nacional de Mar del Plata. Si bien su primer satélite se desarrolló bajo el formato PocketQube, Cordero afirma que se trata de un formato con un alto costo de lanzamiento y menor disponibilidad de proveedores. En este sentido comenta que *“por 3/4 del costo de lanzamiento de un PocketQube, lanzamos cuatro del formato CubeSat”*. En este sentido, los nuevos satélites que lanzarán se desarrollarán bajo este último estándar, mucho más difundido y con mayor disponibilidad de empresas que ofrecen servicios de lanzamiento.

Lia Aerospace

Su fundador, Dan Etenberg, es ingeniero mecánico por el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA). Su interés en el ámbito de la cohetaría inició a temprana edad, habiendo desarrollado su primera turbina a los 16 años. Su formación le dio una mirada de distintas disciplinas técnicas que luego le serían útiles en el desarrollo de los proyectos en los que participó. En 2011, desde el ITBA, desarrolló un propulsor para la empresa Satellogic. Fue miembro del ICTE, en donde participó en el proyecto de cohetes antigranizo, tanto en la parte técnica como en el armado de planes de negocio. Parte de su experiencia también incluye el área de vacíos fluidodinámicos y automatización industrial.

El proyecto de Lia Aerospace, orientado al desarrollo de un lanzador satelital nacional, comienza a tomar forma en 2016, con un pequeño grupo de personas. Tras haber sido incubado por la Universidad de San Andrés (UdeSA) en 2018 y por el programa Incubate de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el proyecto adquiere, en 2019, la forma de una sociedad anónima. Al hablar sobre el proceso de aprendizaje al constituir la empresa, Etemberg comenta: *“haber arrancado en Argentina con un ecosistema tan adverso en capital, tecnología y apoyo hace que si sobrevivís a eso, adquieras un blindaje importante”*. Al mismo tiempo, destaca la importancia de las instituciones civiles orientadas a la actividad espacial como espacios para adquirir conocimientos al afirmar que *“si no pasaste por ahí, no estás en el camino correcto”*.

Desde su perspectiva, la academia y el mundo espacial tienen que estar vinculados, como en el caso de la carrera de Ingeniería Aeronáutica y el desarrollo aeronáutico en la provincia de Córdoba, y el de la CONAE con el CTA de la UNLP.

Etemberg sostiene que el Estado debería destinar recursos a empresas y emprendedores verticalmente integrados del ámbito espacial: *“el costo monetario de ponerlos en marcha no es tan grande como el costo humano”*, comenta.

48. <https://www.iar.unlp.edu.ar/boletin-radioastronomico/septiembre2021/>

49. <https://www.telam.com.ar/notas/202204/590101-innova-space-catamarca.html>

En 2021, el proyecto fue adjudicado con un ANR del programa Potenciar Satelital y Aeroespacial por 12,5 millones de pesos. Actualmente, dado que parte de las operaciones de la empresa se realizan en el exterior –contando con una oficina en Reino Unido pero manteniendo gran parte de la I+D en Argentina–, se encuentran buscando financiamiento fuera del país. Ya fueron incubados por la Agencia Espacial Europea (ESA) a partir de su programa de incubación (ESA Business Incubation Centres) y por la agencia espacial del Reino Unido, y recibieron financiamiento a partir de convocatorias llevadas a cabo por el Gobierno británico.

Su primer desarrollo fue el Zonda, lanzado el 23 de enero de 2021. Se trató del primer cohete de combustible líquido hecho en Sudamérica por una empresa privada que opera con biocombustible. Tanto el cohete Zonda como su motor, banco de ensayos, rampa, computadora de vuelo, paracaídas y distintos subsistemas y componentes estructurales fueron fabricados por la empresa. Se utilizó aluminio de producción nacional para algunas piezas. Toda la compra de materiales rondó los 60 mil dólares. El proyecto evolucionó para terminar enfocándose en el desarrollo específico de motores, abandonándose en un principio la idea de producir un vehículo completo. Para este y otros desafíos se vincularon con instituciones del SNCTI como el CENTEC Rafaela (centro tecnológico especializado en manufactura e industria digital) que realizó la producción de piezas impresas en metal para los motores.

Desarrollo de motor de LIA Aerospace



Fuente: Dan Etemberg (Lia Aerospace).

Respecto al futuro de la industria espacial nacional y regional, Etemberg considera que la colaboración y complementariedad entre países de la región es clave para un desarrollo tecnológico con peso internacional. Al respecto, desde su perspectiva *“sería fundamental que Argentina y Brasil se junten, Brasil tiene una industria espacial enorme y una industria potente,*

hay cosas que nosotros no tenemos y ellos sí, y viceversa". Por otra parte, destaca la relevancia del programa espacial nacional má allá de los objetivos de satelización y los tiempos y costos de desarrollo, en tanto permite contar con capacidad técnica y conocimientos que de otra forma no estarían presentes en el país. Finalmente, afirma que *"la colaboración es esencial"* entre el sector público y los privados verticalmente integrados en la industria espacial, en materia de acceso a infraestructura y financiamiento, señalando el caso de la NASA y distintas empresas espaciales con las que dicha agencia se vincula.

En abril de 2023, Lia Aerospace anunció la creación de instalaciones en el Parque Industrial Tecnológico Aeronáutico de Morón (PITAM) con el objetivo de desarrollar sistemas de posicionamiento para satélites, utilizando biocombustibles como propelentes⁵⁰.

Tlon Space

Tlon Space fue fundada por el economista Pablo Vic y el ingeniero en sistemas Gerardo Natale. Vic había participado del desarrollo de cohetes antigranizo en la secundaria y la lectura de un trabajo académico⁵¹ que trataba sobre la factibilidad de acceder al espacio con la menor masa posible despertó su motivación. Tras conocer a Natale en una empresa de tecnología internacional decidieron, en 2005, incursionar en el ámbito espacial con la fabricación de un cohete con capacidad de satelización con la menor masa posible. Luego de una validación de arquitectura de sus diseños de motores con la CONAE, concluyeron que con esa arquitectura era posible acceder al espacio. Esto se concretó en el desarrollo del Aventura-1, un lanzador satelital basado en combustible líquido capaz de colocar hasta 25 kg de carga útil en órbitas solares sincrónicas (SSO) entre 500 y 800 km de altitud.

En 2019, se fundó Tlon Space con el aporte de 15 inversores, en su mayoría ingenieros colegas, constituyéndose como una empresa de clase B⁵². Se definen como outsiders, comparados con el origen de otros proyectos alrededor del mundo ya que ninguno de sus fundadores inició sus actividades dentro del ámbito espacial o aeroespacial.

A lo largo del proyecto Aventura-1 desarrollaron 18 innovaciones y 35 pruebas de motor, junto con vuelos suborbitales de prueba, encontrándose durante 2023 en las últimas etapas de testeo del vehículo. Su desarrollo está prácticamente integrado por Tlon Space en lo referente a motores, aviónica, estructura, telemetría y plataforma de lanzamiento o puerto espacial. Produjeron, también, el peróxido aeroespacial que actúa como combustible del sistema. En este sentido, Luis Monsegur, director de Operaciones de la compañía, y Pablo Orsei, director de la empresa y responsable de la comunicación y las relaciones institucionales, afirman *"el Aventura-1 es un sistema de lanzamiento, es más que un vehículo. Estamos*

50. https://www.castelar-digital.com.ar/nota/1682_construiran-motores-para-cohetes-espaciales-en-la-base-de-moron/

51. El trabajo en concreto fue publicado en 2005 por J. C. Whitehead del Lawrence Livermore National Laboratory (USA), titulado "How Small Can a Launch Vehicle Be?"

52. La certificación clase B es otorgada por B Lab, una entidad sin fines de lucro de Estados Unidos e implica una evaluación integral en cinco áreas relevantes: gobierno, trabajadores, clientes, comunidad y medioambiente. De acuerdo al análisis al interior de cada una de estas áreas, se identifican los posibles puntos de mejora y las oportunidades para generar un impacto positivo en la economía potenciando el triple impacto: perspectiva social, cuidado medioambiental y beneficio económico.

integrados verticalmente". De esta forma, ubican el desarrollo del proyecto en el marco de un proceso de democratización de acceso al espacio por parte de actores privados.

Aventura-1 en vuelo, desarrollado por Tlon Space



Fuente: Tlon Space.

En relación a las vinculaciones entre la empresa y el sector público, la empresa hasta el momento no ha recibido aportes del Estado. *"Por ahora nuestra intención ha sido salir al mercado privado a buscar fondos"*, sostuvieron Orsei y Monsegur durante la entrevista. En cambio, sí han tenido vinculaciones con la CONAE, la empresa VENG –a quien identifican como proveedora– y con distintas universidades como la UTN y la UBA, aunque no han tercerizado desarrollos. También se han vinculado con el Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC) y con la *startup* Innova Space, con quienes llevaron a cabo un vuelo de prueba suborbital llevando un modelo simplificado de uno de los satélites de dicha empresa emergente a los fines de probar ciertos sistemas.

Al conversar sobre el rol del Estado y el desarrollo espacial privado, sostienen que el Estado *"debería ser facilitador en términos de tecnologías"*. Destacan el carácter instrumental de VENG para el diseño de algunos elementos del sistema Aventura-1 y comparten su mirada respecto a los resultados para el resto del sistema científico tecnológico, productivo y educativo:

“Cuanto mayor equipadas están la CONAE, VENG y las empresas del Estado como para dar servicios a los privados, se produce una situación ganar-ganar, que empieza a crear un derrame sobre empresas más chicas que comienzan a hacer desarrollos y eso te crea un efecto sobre distintos ingenieros aeroespaciales en las universidades, que luego se convierte en una necesidad de tener mejores laboratorios en esas instituciones”.

Finalmente, destacan que estarían listos para brindar servicios comerciales durante el año 2023.

Conclusiones

Conclusiones

Vinculaciones público privadas, derrames, oportunidades históricas y desafíos

A lo largo del presente trabajo se ha revisado el desarrollo histórico del sector conocido como *New Space*, apalancado en la proliferación de nuevos grupos de tecnologías transversales como la manufactura aditiva y la inteligencia artificial, de plataformas y arquitecturas como los CubeSats, PocketQubes y lanzadores satelitales de mínima masa que permitieron que emprendedores y empresas desarrollen proyectos destinados a acceder al espacio, que otrora eran dominio exclusivo de organismos públicos.

El reciente surgimiento de servicios ofrecidos a nivel internacional a través de pequeños satélites fabricados a bajo costo –desde observación de la Tierra hasta redes de comunicaciones para Internet de las cosas–, ha traccionado tanto el surgimiento de nuevas empresas como de articulaciones entre éstas y el Estado, instituciones educativas y actores privados.

Al analizar el naciente ecosistema emprendedor en torno a la actividad espacial verticalmente integrada en Argentina, y en particular a partir de las entrevistas exploratorias llevadas a cabo con algunos de los protagonistas de dicho ecosistema, surgen reflexiones respecto a las oportunidades, beneficios y desafíos del fomento de la actividad espacial enmarcada localmente en el *New Space*. Adicionalmente, es posible enunciar elementos a tener en cuenta al momento de generar recomendaciones de política para este sector en particular.

La actividad espacial verticalmente integrada, por la complejidad inherente a los objetivos que persigue, implica el desarrollo de procesos de innovación tecnológica y organizacional y se diferencia fundamentalmente de la lógica perseguida por los proyectos del enmarcados en el Plan Espacial Nacional en tanto se ocupa de un nicho específico –en general, el acceso al espacio a partir de pequeñas cargas útiles– y con fines comerciales particulares. Sin embargo, también existen vasos comunicantes entre ambas lógicas, dado que el ecosistema emprendedor espacial tracciona y se vincula con las industrias metalmeccánica, electrónica, de materiales compuestos y química, entre otras, al igual que los proyectos del programa espacial nacional. Este ecosistema demanda, a su vez, conocimientos, recursos humanos capacitados, financiamiento y, en distintos niveles, se han generado vinculaciones intermitentes con el SNCTI, instituciones educativas y asociaciones civiles. Se observó que la vinculación tecnológica tuvo como objetivos, principalmente, el acceso a pruebas y ensayos, servicios tecnológicos, infraestructura y asesoramiento técnico. En este sentido, una primera cuestión a considerar es que el ecosistema *New Space* se constituye como un fenómeno complementario a los objetivos del programa espacial oficial.

En relación a las articulaciones público-privadas en el marco de los nuevos actores del *New Space* local, si se las compara con lo que sucede en otros sectores puede decirse que

muchas de estas iniciativas interactúan de forma ocasional con actores públicos pertenecientes al SNCTI entre otras causas por su reciente surgimiento (López et al 2017; López et al 2021). En un contexto en el que el desarrollo de vehículos y satélites más pequeños se configura internacionalmente como un nuevo sector dentro de la denominada economía espacial, la importancia de estos actores y su articulación en el marco de una estrategia de desarrollo nacional cobra relevancia. Al respecto, se observó que las interacciones entre el Estado y las empresas se dan por dos vías principales: acceso a financiamiento y vinculación con el SNCTI. Por un lado, algunos de los emprendimientos espaciales recibieron financiamiento público para llevar a cabo distintas etapas de los proyectos. Se destaca el Programa Potenciar Satelital y Aeroespacial, de la Secretaría de Economía del Conocimiento del Ministerio de Economía, que en 2021 brindó financiamiento por un total de 314 millones de pesos y que prevé destinar 950 millones de pesos en la convocatoria 2023. Por otro lado, la vinculación con instituciones del SNCTI con el objetivo de acceder a servicios tecnológicos complejos, recursos humanos calificados e infraestructura científica y tecnológica demuestra que las actividades enmarcadas en el *New Space* se nutren de las capacidades instaladas en el sistema. Existe, entonces, una oportunidad de vincular a estos emprendimientos con organismos públicos e instituciones de investigación a partir de la demanda de servicios tecnológicos e infraestructura que poseen. Uno de los casos emblemáticos del sector, con una gran interacción con el sistema científico y tecnológico, es el de la compañía Satellogic, una de las primeras empresas espaciales verticalmente integradas del país.

Los primeros satélites desarrollados por la compañía en formato CubeSat, el Cubebug-1 y Cubebug-2 (denominados informalmente Capitán Beto y Manolito), fueron desarrollados a partir de un financiamiento de 6,3 millones de pesos otorgado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva en 2010, en colaboración con INVAP que facilitó parte del expertise y la infraestructura para su fabricación (Pascuini y Lopez, 2022), y otros organismos del SNCTI. Un tercer satélite, conocido como BugSat-1, si bien fue enteramente financiado por la empresa, contó con la colaboración de la CNEA para el desarrollo de los paneles solares, en tanto que el INTI desarrolló cargas útiles para el mismo. Otro de los proyectos de vinculación entre el SNCTI y Satellogic fue el proyecto LabOSat, que consistió en interfaces para realizar experimentos a bordo de los primeros satélites comerciales de la empresa. El proyecto se inició bajo el nombre MeMOSat-1 a bordo del BugSat-1 en 2014, con la idea de evaluar el deterioro de memorias no volátiles en ambientes hostiles. Luego tomó otra dimensión, haciendo viajar módulos de prueba en misiones subsiguientes de Satellogic y abriendo la posibilidad de realizar experimentos de resistencia a la radiación y experimentos personalizados. Es destacable el hecho de que que LabOSat fue fruto de la vinculación entre la CNEA, el INTI, la UNSAM, la UBA y el CONICET, si bien no se consolidó como un esfuerzo sostenido en el tiempo.

En este sentido, muchas de las instituciones y organismos del SNCTI cuentan con experiencia en el marco del programa espacial oficial y son capaces de brindar servicios a nuevos actores del ámbito espacial para que puedan validar tecnologías o acceder a ensayos de laboratorio. Por otra parte, existe potencial para articular a otros niveles con los emprendedores del *New Space*, convirtiéndolos en potenciales proveedores para el programa espacial oficial.

A lo largo de este análisis, y en particular a partir de las entrevistas realizadas, es posible enunciar una serie de desafíos que presenta el ecosistema *New Space* local para su desarrollo exitoso y capitalizable. Uno de estos desafíos es satisfacer la demanda de divisas que este sector requiere, ya sea para pagar costos de lanzamiento en el exterior, en el caso de los emprendedores y empresas satelitales, o para la adquisición de componentes y realización de ensayos técnicos. En el primer caso, destinar recursos al desarrollo de capacidad de satelización nacional –tanto desde el programa espacial oficial como de actores privados– debería ser prioritario a los fines de reducir la demanda de divisas. La dependencia de insumos y servicios en el exterior requeriría un análisis e identificación de los mismos y potenciales caminos de articulación con actores del SNCTI local, favoreciendo sinergias o eventualmente analizando la posibilidad de agilizar la capacidad de adquisición de insumos por parte de este sector con legislación o normativa específica para tal fin.

Existen otros aspectos que también suscitan desafíos, por ejemplo, los relativos a la gestión de la propiedad intelectual y la transferencia tecnológica, en los casos de vinculaciones público-privadas. Al respecto, algunas preguntas para pensar el futuro de los desarrollos tecnológicos en estos proyectos podrían ser: ¿cuál sería el rol del Estado en relación a los procesos de desarrollo tecnológico que atraviesan algunos de los proyectos? ¿Debería acompañar este proceso asegurando un marco legal específico, asesoría, financiamiento y eventual acceso a capacidades de ciencia y tecnología o debería tomar un rol más activo? ¿Cuán dispuestos estarían los emprendedores del *New Space* a que el Estado intervenga en los procesos de innovación tecnológica que lleven a cabo o a transferir tecnología? ¿Sería propicio crear un espacio de interacción para estos actores? ¿Debería fomentarse su surgimiento, como ha hecho, por ejemplo, la Agencia Espacial Europea con su red de centros de incubadoras para empresas espaciales? En este caso, sería útil profundizar en la caracterización y necesidades de los actores y proyectos que se encuadrarían en el *New Space* local.

Finalmente, es posible enunciar una serie de elementos que podrían ser tenidos en cuenta a la hora de pensar políticas en este sector destinadas a los actores pertenecientes al *New Space* local. En este sentido, la articulación con el Estado es fundamental en todas las etapas de su desarrollo. Por ejemplo, contar con un espacio específico de vinculación entre el programa espacial oficial y otros actores del ámbito educativo, asociaciones civiles y privados serviría tanto para visibilizar como para acompañar y fortalecer al ecosistema. En aquellos proyectos en los que se ha alcanzado la suficiente madurez y escala, el Estado puede acompañar su desarrollo teniendo participación accionaria, como se ha dado en otros casos (por ejemplo, INVAP e YPF). Por último, sería imprescindible contar con herramientas de articulación adecuadas entre estos actores y la infraestructura presente en organismos del sistema de ciencia y tecnología con capacidad de certificación o validación. Al respecto, articular con el ecosistema de instituciones orientadas a la investigación (CONICET, IAR y distintos grupos de investigación en universidades) debería implicar también mecanismos y espacios para que los actores emergentes del *New Space* puedan acceder a servicios y asesoramiento de forma eficaz acorde a su nivel de desarrollo. Asimismo, sería posible pensar instrumentos mediante los cuales los organismos de ciencia y tecnología que se vinculan con estos actores se beneficiarían en el proceso. Esto podría incluir, por ejemplo,

generar las condiciones necesarias para que exista la oportunidad de incluir cargas útiles científicas hechas por universidades y centros de investigación en misiones espaciales desarrolladas por estos actores a cambio de acceso a infraestructura o servicios tecnológicos y la participación temporal de especialistas en formación en los desarrollos espaciales hechos por emprendedores, entre otros posibles cursos de acción.

En el caso argentino, se debe destacar la existencia de conocimiento acumulado históricamente por organismos de CyT incluyendo la CONAE, la Fuerza Aérea Argentina, asociaciones civiles y actores privados a partir de un buen número de proyectos militares y civiles orientados al espacio desde hace más de sesenta años. Al respecto, contar con capacidad de satelización para pequeñas cargas permitiría, por ejemplo, el posicionamiento del país a nivel regional y mundial dentro del selecto grupo de países que cuentan con esta tecnología; el ingreso de divisas producto del uso comercial de dicha capacidad; y aseguraría la presencia argentina en el espacio sin depender de servicios ofrecidos por otros países, con los consecuentes riesgos que esto implica. En este sentido, existe una oportunidad histórica en el marco del incipiente crecimiento del sector espacial bajo la lógica del *New Space*, al ser Argentina uno de los pocos países del mundo en el que surgieron proyectos privados destinados a crear vehículos espaciales para pequeñas cargas y que se encuentran en niveles avanzados de desarrollo, junto a una promisoriosa industria de pequeños satélites.

Es necesario recordar que, como se ha visto previamente, el desarrollo emprendedor en materia de pequeños satélites y lanzadores satelitales de masa reducida ha venido creciendo vertiginosamente a nivel mundial. En el país han comenzado a realizarse acciones concretas por parte del Estado orientadas a este tipo de actores, en particular aquellas destinadas a brindar financiamiento por parte de la actual Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo para la industria satelital y aeroespacial, así como iniciativas que buscan fomentar las vocaciones técnicas y científicas entre estudiantes, como en el caso del concurso CANSAT Argentina. Estas acciones deberían sostenerse en el tiempo si se desea dar relevancia a estos actores dentro del sector espacial argentino. Adicionalmente, existe la oportunidad de articular a muchos de los emprendedores enmarcados en el *New Space*, tanto con el programa espacial oficial como con otras industrias y sectores, así como con instituciones educativas y organismos del SNCTI, facilitando sinergias de todo tipo, a partir de, por ejemplo, una red o espacio concreto destinado fortalecer el surgimiento de este tipo de actores que ya presentan relevancia significativa a nivel mundial. El reciente anuncio de la creación del Centro Interdisciplinario de Estudios Espaciales de Latinoamérica (CIEE) entre CONAE y la UNLP, con el objetivo de fomentar la investigación en ciencia y tecnología y la formación de recursos humanos en ingeniería, derecho, política y economía espaciales⁵³, da cuenta de la relevancia y potencialidad del sector espacial y sus transformaciones para el Estado, de la necesidad de generar conocimiento sistematizado sobre el sector y los actores que lo componen, y de contribuir a la articulación público-privada dentro del mismo.

53. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-creo-el-primer-centro-interdisciplinario-de-estudios-espaciales-de-latinoamerica>

Glosario

Glosario

- Cubesat: satélite con forma de cubo, escalable en sus ejes, cuya unidad (1U) es de 10 x 10 x 10 cm, y cuyo peso es menor a 1 kg en 1U.
- Pocketcube: satélite con forma de cubo, escalable en sus ejes, cuya unidad (1U) es de 5 x 5 x 5 cm y su peso es menor a 250 gramos en 1U.
- Pequeño lanzador: vehículo autopropulsado orientado a colocar uno o varios satélites pequeños en órbita, buscando reducir la masa y los costos de producción.
- Desplegador/dispensador satelital: dispositivo que permite la eyección de uno o más satélites desde el compartimento de carga útil de un lanzador satelital.
- Carga secundaria (*rideshare*): en las misiones espaciales satelitales, lugar secundario asignado a un satélite o conjunto de satélites dentro de un vehículo lanzador.
- COTS: *commercial off-the-shelf* o componentes de estantería, término popularizado para hacer referencia al uso de componentes que no son de grado espacial/militar para la fabricación de tecnología espacial.
- Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés): se refiere a la interconexión de objetos físicos a Internet más allá de computadoras y teléfonos móviles, incluyendo sistemas embebidos de todo tipo.
- GNSS: sistema global de navegación por satélite.
- ISM: del inglés *industrial, scientific and medic* (industrial, científica y médica), parte del espectro de radiofrecuencia reservado para fines industriales, científicos y médicos.
- UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- FDM (del inglés *fused deposition modeling*): modelado por deposición fundida, técnica de manufactura aditiva, ampliamente usada para trabajar con termoplásticos.
- SLS (del inglés *selective laser sintering*): sinterizado láser selectivo. Técnica de manufactura aditiva ampliamente utilizada para fabricar piezas en termoplásticos y metales.
- SLA (del inglés *stereolithography*): estereolitografía. Técnica de manufactura aditiva ampliamente utilizada para fabricar piezas en resinas plásticas, entre otras.
- AMSAT: también conocida como AMateur SATellite, organización surgida en EE.UU. orientada a la construcción y lanzamiento de satélites para radioaficionados, con sedes en distintas partes del mundo, incluida Argentina.

- AATE: Asociación Argentina de Tecnología Espacial.
- ICTE: Instituto Civil de Tecnología Espacial.
- OSCAR: siglas en inglés de *Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio* (Satélite Orbitante Portando Radio Amateur). Son satélites que operan en frecuencias de radioaficionados para facilitar la comunicación entre miembros de esta comunidad.
- ARISS: siglas en inglés de *Amateur Radio of the International Space Station* o Radio Amateur de la Estación Espacial Internacional. Proyecto creado en 1996 para dotar a la Estación Espacial Internacional de una radio aficionada, capaz de establecer comunicaciones entre radioaficionados terrestres y astronautas/cosmonautas con licencias de radioaficionado a bordo de la Estación Espacial Internacional.
- ISRO: siglas en inglés de Indian Space Research Organisation u Organización India de Investigación Espacial.
- NASA: siglas en inglés de National Aeronautics and Space Administration, Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, agencia espacial de EE.UU.
- CONAE: Comisión Nacional de Actividades Espaciales, agencia espacial de Argentina.
- ESA: siglas en Inglés de European Space Agency, Agencia Espacial Europea.
- PADE: Paquete Argentino de Experimentos, conjunto de experimentos argentinos que voló como carga útil en el Transbordador Espacial Endeavour en 2001.
- *Crowdfunding*: técnica de financiamiento colectivo.
- PULE: Proyecto Universitario de Lanzadores Espaciales.
- CanSat: dispositivo -generalmente autónomo- con forma de lata de refresco cuya misión es recoger datos, efectuar retornos controlados o cumplir misiones específicas, principalmente con fines educativos, dentro de la atmósfera terrestre.
- Vuelo suborbital: tipo de vuelo espacial en el cual no se llega a circunvalar la Tierra en su totalidad.
- Vuelo espacial orbital: tipo de vuelo espacial en el cual se llega a circunvalar la Tierra al menos una vez.
- LoRa: tecnología de modulación por radiofrecuencia de larga distancia, baja potencia y de alta tolerancia a interferencias.
- OBC: del inglés *on board computer* o computadora de a bordo. Subsistema presente en una misión satelital.

- EPS: del inglés *electrical power system* o sistema eléctrico de potencia. Subsistema presente en misiones satelitales.
- Telemetría: técnica de medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información, mediante comunicación inalámbrica en muchos casos.
- Arduino: plataforma de prototipado electrónico de código abierto.
- Estación terrena: sistema de recepción y envío de información satelital.
- Órbita baja (LEO por sus siglas en inglés): tipo de órbita alrededor de la Tierra entre los 150 y 2.000 kilómetros de altitud aproximadamente.
- Órbita geosincrónica (GSO, *geosynchronous orbit*): tipo de órbita de un objeto que tiene el mismo período orbital que el período de rotación del cuerpo celeste al cual orbita. Los satélites con órbitas circulares y ecuatoriales geosíncronas se dice que tienen órbitas geoestacionarias, es decir, tienden a conservar una posición casi fija a la altura del ecuador terrestre, rotando sincronizadamente con la Tierra y, por lo tanto, casi inmóviles para un observador en ella.
- Órbita heliosíncrona (SSO): una órbita heliosíncrona, sincrónica al sol o SSO (acrónimo del inglés *sun-synchronous orbit*) es una órbita geocéntrica que combina altitud e inclinación para lograr que un objeto en esa órbita pase sobre una determinada latitud terrestre a un mismo tiempo solar local. La oblicuidad de la eclíptica (o ángulo de iluminación) superficial será aproximadamente la mismo cada vez. Esta iluminación consistente es una característica útil para satélites que toman imágenes de la superficie de la Tierra en longitudes de onda visibles y/o infrarrojas (por ejemplo, meteorología, espionaje, sensores remotos).

Bibliografía

Bibliografía

Bonvillian, W. B. (2015). *All that DARPA can be*. American Interest, 11(1).

Drewes, Lorena. El sector espacial argentino: Instituciones referentes, proveedores y desafíos. - 1a ed. - Benavidez: ARSAT - Empresa Argentina de Soluciones Satelitales, 2014.

Erik Kulu. "In-Space Manufacturing: 2022 Industry Survey and Commercial Landscape." 73rd International Astronautical Congress (IAC 2022). Sep 21, 2022.

Kulu, E. (2021, October). *In-space economy in 2021—statistical overview and classification of commercial entities*. In 72nd International Astronautical Congress (IAC 2021), Dubai, United Arab Emirates (pp. 25-29).

López, A.; Pascuini, P.; y Alvarez, V. (2021). Integración local y derrames tecnológicos en el sector espacial argentino: situación y potencialidades. Documentos de Trabajo del CCE N° 8, mayo de 2021, Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.

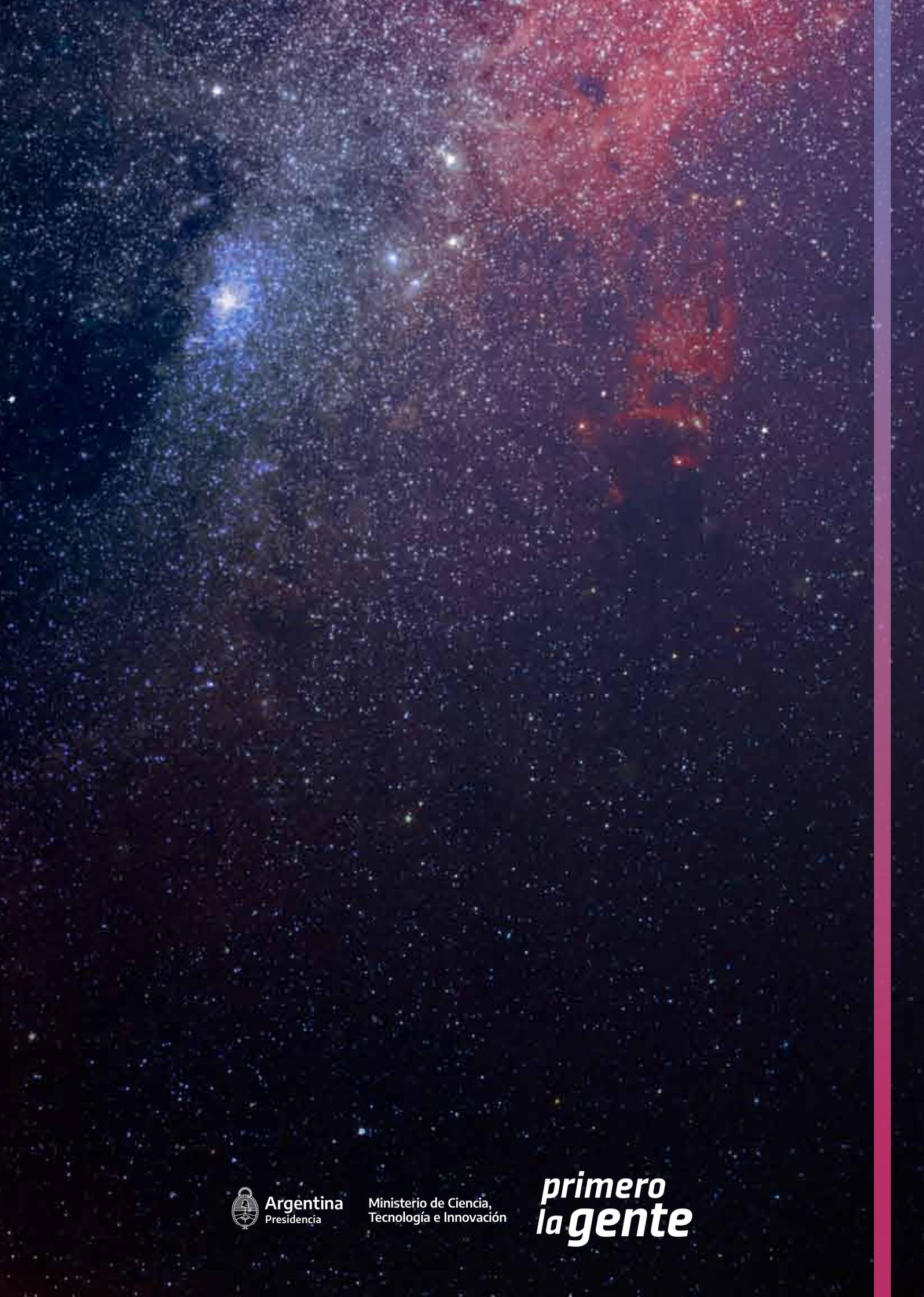
Lopez, A. F., Pascuini, P. D., & Ramos, A. H. (2017). Al infinito y más allá: una exploración sobre la economía del espacio en Argentina.

Pascuini, P y López, A (2022). Tendencias en la economía del espacio y potencial argentino. Serie Documentos de Trabajo del IIEP, 70, 1-58. http://iiep-baires.econ.uba.ar/documentos_de_trabajo

Rycroft, M. J., & Crosby, N. (Eds.). (2013). *Smaller Satellites: Bigger Business?: Concepts, Applications and Markets for Micro/Nanosatellites in a New Information World (Vol. 6)*. Springer Science & Business Media.

Smith, P. M., Dolgoplov, A., & Doom, T. (2017). New Kids on the Block: *The Impact of New Start-up Space Companies on the US Space Industry Supply Chain*. In AIAA SPACE and Astronautics Forum and Exposition (p. 5354).

https://www.factoriesinspace.com/graphs/In-Space-Manufacturing_2022_Erik-Kulu_IAC2022.pdf



Argentina
Presidencia

Ministerio de Ciencia,
Tecnología e Innovación

*primero
la gente*