

Evolución del desarrollo tecnológico espacial en Argentina

Resumen: El presente trabajo se propone caracterizar la tecnología espacial de Argentina desde una perspectiva sistémica a través de sus diversos desarrollos en coherencia y satélites, desde 1960 hasta la actualidad. Para ello se subdivide el período analizado en tres etapas tomando en cuenta los aspectos políticos e institucionales de cada una y las experimentaciones y desarrollos llevados a cabo durante las mismas. Asimismo, se utilizan diversas figuras de mérito para caracterizar algunos aspectos de los desarrollos en cada etapa.

Palabras clave: política espacial, interés institucional, coherencia, satélites

Evolution of space technology development in Argentina

Abstract: This paper aims to characterize Argentina's space technology from a systemic perspective through its various developments in rocketry and satellites, from 1960 to the present. For this purpose, the analyzed period is subdivided into three stages, taking into account the political and institutional aspects of each one and the experiments and developments carried out during them. In addition, various figures of merit are used to characterize some aspects of the developments in each stage.

Key words: space policy, institutional interest, rocketry, satellites

Evolução do desenvolvimento tecnológico espacial na Argentina

Resumo: Este trabalho tem como objetivo caracterizar a tecnologia espacial argentina desde uma perspectiva sistêmica através de seus diversos desenvolvimentos em foguetes e satélites, desde 1960 até o presente. Para isso, o período analisado é subdividido em três etapas, levando em consideração os aspectos políticos e institucionais de cada uma, bem como as experimentações e desenvolvimentos realizados. Da mesma forma, diversas figuras de mérito são utilizadas para caracterizar alguns aspectos dos desenvolvimentos em cada etapa.

Palavras-chave: política espacial, interesse institucional, foguetes, satélites

Martín Nahuel Moretti

Magister en Estrategia y Geopolítica
Universidad Abierta
Interamericana (UAI)
martinmoretti@gmail.com

Año 7 N° 12 Mayo 2024

Fecha de recibido: 15/12/23

Fecha de aprobado: 06/05/24

<https://doi.org/10.24215/26183188e118>

<https://revistas.unlp.edu.ar/CTyP>

ISSN 2618-3188



Esta obra está bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es_AR



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Martín Nahuel Moretti

Magíster en Estrategia y Geopolítica.
Universidad Abierta Interamericana (UAI)
martinnmoretti@gmail.com

Evolución del desarrollo tecnológico espacial en Argentina

Resumen: El presente trabajo se propone caracterizar la tecnología espacial de Argentina desde una perspectiva sistémica a través de sus diversos desarrollos en cohetes y satélites, desde 1960 hasta la actualidad. Para ello se subdivide el período analizado en tres etapas tomando en cuenta los aspectos políticos e institucionales de cada una y las experimentaciones y desarrollos llevados a cabo durante las mismas. Asimismo, se utilizan diversas figuras de mérito para caracterizar algunos aspectos de los desarrollos en cada etapa.

Palabras clave: política espacial, interés institucional, cohetes, satélites

Introducción

El desarrollo tecnológico les permite a los países una incorporación de progreso técnico y productividad a través de la articulación de políticas de innovación, ciencia y tecnología (CEPAL, 2023). La tecnología espacial no queda exenta de esto, ya que se considera como una actividad que crea valor y genera beneficios para los seres humanos mediante la exploración, la comprensión, la gestión y el uso del espacio (López *et al.*, 2021). Algunos de los desarrollos de la tecnología espacial están relacionados con los cohetes que permiten el acceso al espacio y la utilización de satélites artificiales para las telecomunicaciones, navegación y observación terrestre. Estos involucran una diversidad de sistemas complejos que funcionan como un componente integrado en la ejecución de una

misión espacial. Las tecnologías espaciales también son consideradas estratégicas, ya que presentan características de uso dual, poseen un valor estratégico por ser rentables y se encuentran vinculadas a sectores de la industria (Blinder, 2019). Por ello, el desarrollo, administración, adquisición y control de estas tecnologías constituye un aspecto vinculado con la soberanía de las naciones.

En la actualidad, la accesibilidad al conocimiento y la disminución de los costos de lanzamiento son algunas de las variables que generaron un incremento de empresas privadas y una mayor presencia de los Estados en el espacio, “tanto para el consumo de los productos derivados (imágenes satelitales, telecomunicaciones, etc.), para la adquisición de tecnología a terceros; o bien para el desarrollo tecnológico propio” (Moretti, 2024, p.83).

Desde comienzos de la era espacial en la década de los sesenta, el desarrollo de estas tecnologías estaba situada en las grandes potencias como Estados Unidos y la Unión Soviética. No obstante, esta situación no impidió que otros

países como Argentina hayan intentado el desarrollo espacial propio.

El caso argentino constituye una historia de valor científico y tecnológico que comienza a mediados de 1940 con las primeras experimentaciones del motor cohete Tabano y el despertar del interés científico en la temática con Teófilo Tabanera¹ como uno de sus impulsores estandarte. En este marco, la tecnología espacial argentina tuvo períodos donde se acrecentaron los desarrollos propios y otras etapas que se caracterizaron por la asociación con otros países, disminuyendo el grado de autonomía tecnológica (Sabando *et al.*, 2019).

La tecnología espacial argentina estuvo influenciada a lo largo de su historia por los cambios en el direccionamiento político e intereses institucionales (Blinder, 2017), principalmente abocadas a la búsqueda del acceso al espacio y la presencia orbital para la adquisición de productos satelitales y telecomunicaciones. Estos cambios generaron afectaciones en la continuidad de proyectos, y en algunas ocasiones, limitaciones en la madurez tecnológica.

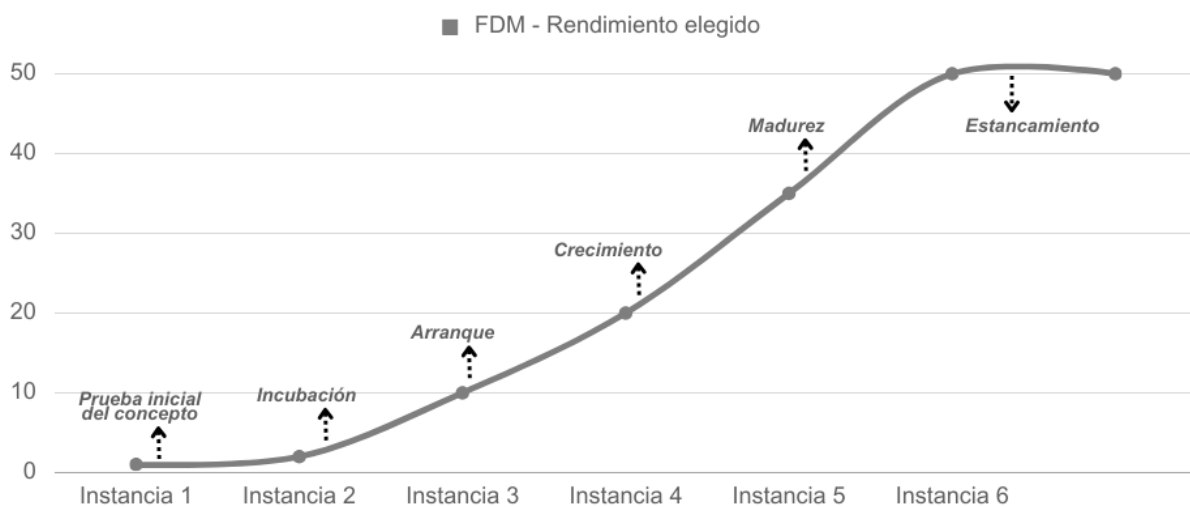


Figura 1. Modelo de curva S y progresión tecnológica. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Weck (2022).

¹ Dedicado a impulsar las actividades espaciales en Argentina, fue vicepresidente de la Federación Internacional de Astronáutica (IAF) y presidente de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE).

Según De Weck (2022), el promedio del progreso tecnológico no es lineal a lo largo del ciclo de vida de una tecnología, ya que, en algún momento, el ritmo de mejora tecnológica aumenta y luego se estanca. Esta configuración posee varias etapas: prueba inicial del concepto, incubación, arranque, crecimiento, madurez, y estancamiento. La Figura 1 grafica el comportamiento de una trayectoria tecnológica mediante una figura de mérito², en este caso el rendimiento de una tecnología en función del tiempo llamada curva S. Usualmente, existe un proceso de estancamiento, dando lugar a otras tecnologías, por ende, a otra curva S (De Weck, 2022).

El presente trabajo se propone caracterizar la tecnología espacial de Argentina desde una perspectiva sistémica a través de sus diversos desarrollos en cohetes y satélites, desde 1960 hasta la actualidad. Para ello se subdivide el período analizado en tres etapas tomando en cuenta los aspectos políticos e institucionales de cada una y las experimentaciones y desarrollos llevados a cabo durante las mismas. Se utilizarán curvas tipo S para caracterizar el rendimiento de la tecnología espacial desarrollada en el país en cada uno de los tres periodos analizados.

Primera etapa (1960-1991): experimentaciones en cohetes e institucionalización

La primera etapa del desarrollo espacial argentino comienza luego que las actividades espaciales se institucionalizaran en 1960 con la creación de la Comisión Nacional de Investiga-

ciones Espaciales (CNIE) en el marco de la Secretaría Aeronáutica³, a cargo de Teófilo Tabanera, que al año de su creación ya contaba con presupuesto para proyectos sobre estudios de la atmósfera. Esto significó un cambio fundacional para la política espacial argentina, ya que, si bien desde hacía diez años se venían realizando investigaciones experimentales, desde hacía más de una década estas no tenían un direccionamiento político.

En el marco del gobierno de Arturo Frondizi (1958-1962), esta primera etapa estuvo delineada en “el desarrollo de cohetes de complejidad creciente para investigaciones científicas” (Blinder, 2017) y concentrada en el desarrollo propio con objetivos de acceso al espacio, utilizando una estrategia incremental para lograr autonomía (Sabando *et al.*, 2019). Esta estrategia comenzó a plasmarse en el Instituto Aerotécnico de la FAA a cargo de Aldo Zeoli, denominado el padre de la cohetes argentina. Como jefe de todos los proyectos dentro del instituto entre 1959-1963, dirigió los primeros lanzamientos del cohete Centauro en sus diversas generaciones. El primero de ellos fue el Alfa Centauro en febrero de 1961, que alcanzó 13-15 km de altura (De León, 2018). En octubre de ese año se realizó el envío de un cohete con mejores prestaciones denominado Beta Centauro, que contaba con dos etapas de combustible bivalente y alcanzó los 25 km de altura (De León, 2018). El primer cohete sonda operativo del país fue el Gamma Centauro (con sus versiones I y II). La versión I alcanzó los 30 km de altura en 1962, y luego de algunas modificaciones, tanto en el propulsante como en la estructura del cohete, el segundo

² Una figura de mérito es un parámetro que se utiliza para caracterizar el desempeño de un dispositivo, sistema o método en relación con sus alternativas. Permite una comparación de valores asociados a atributos que posibilitan ver como mejora, se estanca o decrece esa característica para el objeto de análisis.

³ Dependiente de la Fuerza Aérea Argentina (FAA) luego del golpe de Estado a Frondizi en 1962.

alcanzó los 59 km de altura. En la curva S de la Figura 2, que grafica el rendimiento en base a la altura alcanzada, se puede observar el desarrollo tecnológico alcanzado con los cohetes Centauro.

En 1963⁴, la CNIE solicitó al Instituto de Investigaciones Aeronáuticas y Espaciales la creación de dos vehículos lanzadores, dando comienzo al “proyecto Orión”. Hasta 1968 se hicieron diferentes desarrollos de este cohete con sus versiones Orión I y II, alcanzando este último los 112 km de altura (el primero fue un prototipo) y convirtiéndose en el primer cohete argentino de combustible compuesto (De León, 2018). Estos resultados incentivaron la búsqueda de una mayor altura en el rendimiento de los cohetes. Entre 1966 y 1971 se desarrolló el cohete Canopus en sus versiones I y II. Como ocurrió con el Orión I, la primera generación fue utilizada como prueba y se intensificó en el estudio del modelo II, que como cohete independiente en 1969 logró elevar 50 kg a 100 km de altura (De León, 2018). Para ese entonces, la FAA contaba con experiencia previa que resultó funcional al proyecto.

En base a estos desarrollos se dio inicio al proyecto Rigel, un cohete de dos etapas que en la primera de ellas tenía un motor del Canopus y en la segunda el de un Orión. Esto permitió que en 1967 alcanzara los 295 km de altura (De León, 2018). El paso siguiente fue la fabricación de cohetes con motores múltiples, proyectándose para fines de los setenta la utilización de un total de cinco motores Canopus II. Este cohete fue el último de esta generación denominado Castor, alcanzando en 1973 en su primer vuelo operativo los 480 km de altura (De León, 2018). En 1973, en base al Plan Patagonia I, se comenzó a desarrollar el cohete Tauro, de dos etapas, que a diferencia del resto poseía un motor de Canopus pero con propulsante nacional (antes era de origen francés) (De León, 2018). Con varias generaciones, alcanzó una altura de 500 km y estuvo operativo hasta 1981 (Biagi, 2022).

A pesar de las fluctuaciones políticas, esta etapa logró consolidar más de dos décadas de desarrollo tecnológico de forma incremental e ininterrumpido, que vinculó a componentes de industrialización y autonomía, permitiendo así

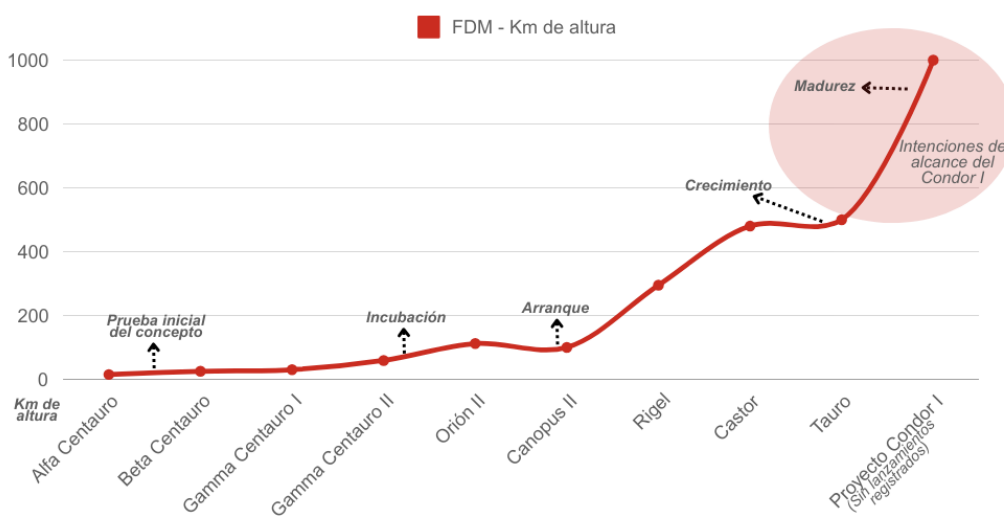


Figura 2. Curva S y progresión tecnológica de coherencia en la primera etapa. **Fuente:** Elaboración propia a partir de De León (2018) y De Weck (2022).

⁴ También el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA) desarrolló el cohete Prosón M1.

que el desarrollo de cohetes se mantuviera en una curva más o menos ascendente hasta mediados de la década del setenta (Sabando *et al.*, 2019). Cabe resaltar que en 1975 se dejaron de producir nuevos desarrollos, debido a la complicada situación política del país (De León, 2018).

No obstante, la propuesta más ambiciosa tuvo lugar varios años después y fue el Proyecto Cóndor. Sus orígenes datan de 1979 con el Cóndor I. Tras el detenimiento del desarrollo incremental, el objetivo principal fue fabricar cohetes de propulsante sólido con estándares internacionales a través de transferencia tecnológica para alcanzar los 1000 km de altura y colocar satélites en órbita baja hacia 1990. Para ello se creó el Plan de Satelización en el ámbito de la FAA y se realizaron acuerdos con empresas extranjeras, principalmente con la italiana *Società Navigazione Industriale Applicazione*, que fue encargada del propulsante, y la alemana *Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB)*, a cargo del control del proyecto (De León, 2017).

La Figura 2 muestra la curva S obtenida tomando como figura de mérito el rendimiento en función de la altura alcanzada en toda la primera etapa de desarrollo de coherería.

La modificación del entramado político a partir de la guerra de Malvinas en 1982 generó un cambio de paradigma al plasmado en las décadas de desarrollo incremental, adquiriendo tecnología extranjera y modificando en parte la línea de coherería con objetivos científicos, hacia una de carácter dual con intereses militares (Sabando *et al.*, 2019). Ejemplo de ello fue el misil Alacrán. En este contexto, durante 1983 se reconvirtió el proyecto original del Cóndor I (sin pruebas de lanzamiento) en una propuesta técnica de un misil balístico, que contempló la

incorporación de una tobera flexible con control de vector y sistemas de motor de combustible sólido, dando lugar así al Cóndor II (De León, 2017).

Con el retorno a la democracia, el proyecto mantuvo el apoyo del presidente Raúl Alfonsín con un carácter de uso dual (De León, 2018), pero el desfinanciamiento a las Fuerzas Armadas y disputas internas entre civiles y militares, particularmente por las compras de “cajas negras” tecnológicas, afectaron negativamente al proyecto (Sabando *et al.*, 2019).

La llegada de Carlos Menem al gobierno generó un giro en la política exterior que impactó directamente en el interés institucional espacial. Tanto por presuntas presiones internacionales (vinculaciones de transferencia tecnológica con Egipto e Irak) y cambios estructurales de gobierno⁵, se dio por finalizado el proyecto misilístico en 1991 (Blinder, 2015; De León, 2017).

Segunda etapa (1991-2007): comienzos del Plan Espacial Nacional y el desarrollo satelital

Después de la cancelación del proyecto Cóndor, en 1991 se creó la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), convirtiéndose en el único organismo civil con la función de ejecutar, controlar, gestionar y administrar proyectos y emprendimientos vinculados con la actividad espacial (CONAE, 2021) que dependió, en primera instancia, de la Presidencia de la Nación. A partir de 1994, la CONAE tuvo un giro fundamental a nivel institucional con la creación del primer Plan Espacial Nacional (1995-2006) a cargo de Conrado Varotto. Estos hechos constituyeron el comienzo de la se-

⁵ Liberalización de la política económica, modificaciones constitucionales, nuevas asociaciones internacionales, entre otros.

gunda etapa del desarrollo espacial en el país. Esta etapa estuvo enfocada primeramente en los sistemas satelitales con el objetivo de lograr darle valor agregado a esta actividad, para que hubiera una tasa de retorno socioeconómico, y no solamente experimentaciones para alcanzar el acceso al espacio (CONAE, 2021).

Durante los noventa se comenzó con el diseño, la construcción y la puesta en órbita de los primeros satélites argentinos denominados Satélites de Aplicaciones Científicas (SAC). En noviembre de 1996 se realizó la colocación del SAC-B, construido en Argentina en vinculación con la NASA (de vital importancia para esta etapa) y las agencias espaciales de Brasil e Italia (CONAE, 2021). El satélite pesaba 191 kg en seco⁶ (s) y tuvo cuatro instrumentos científicos. En diciembre de 1998 se puso en órbita el segundo de la serie, el SAC-A, que, si bien tuvo cuatro instrumentos, fue un demostrador tecnológico, por ello era más pequeño y pesaba 68 kg (s). También se creó VENG S.A., una sociedad anónima estatal (como principal contratista a la CONAE) con la intención de desarrollar un cohete lanzador a largo plazo (CONAE, 2021). El último satélite de esta etapa fue lanzado en el 2000, denominado SAC-C. Fue el primer satélite de observación terrestre. Contó con nueve instrumentos y su peso fue de 485 kg (s) (CONAE, 2021). Paralelamente a las actividades de CONAE, en el 2004 se creó la Empresa Argentina de Soluciones Satelitales S.A. (ARSAT) con el objetivo de diseñar, desarrollar y explotar comercialmente satélites geoestacionarios de telecomunicaciones.

Tercera etapa (2007-actualidad): acceso al espacio y tecnología satelital

Esta etapa se caracteriza por el objetivo de lograr el ciclo completo de la tecnología espacial (desarrollo de satélites de diferente peso, órbita y funciones; y sistema de lanzamiento). Para ello la CONAE inició el programa Inyector Satelital de Cargas Útiles Livianas (ISCUL) con el fin de colocar satélites en órbitas bajas. El primer ensayo del programa tuvo lugar en julio del 2007 con el lanzamiento de un cohete sonda denominado Tronador I, con un empuje de 550 kilogramos fuerza⁷. Al año siguiente, en mayo del 2008, fue el turno del Tronador IB, un cohete de 1,5 toneladas (Tn) de empuje (CONAE, 2021). A su vez, en las esferas del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) se comenzaron a realizar lanzamientos de los cohetes Gradicom de combustible sólido y de proyección de uso dual (Blinder, 2015). El primero de ellos fue el Gradicom I, lanzado en diciembre del 2009. El Gradicom II se lanzó en 2011 y alcanzó una altura aproximada de 100 km (Lukin, 2011). Luego de estas pruebas, el proyecto no continuó (Blinder, 2015).

En junio del 2011, desde la base de Vandenberg en California, Estados Unidos, se realizó el lanzamiento del último satélite de la serie SAC, el SAC-D Aquarius, que tuvo ocho instrumentos a bordo y pesó 1600 kg (s) (López *et al.*, 2021). En diciembre del mismo año se intentó realizar una prueba del lanzamiento del Tronador 4000, un cohete sonda de 4 Tn de empuje que no logró concretarse (CONAE, 2021). En la búsqueda del acceso al espacio, en 2013 la FAA y CITEDEF realizaron un lanzamiento del cohete sonda Experiencia Centenario de combustible sólido, que

⁶ Sin contar el combustible o propelente.

⁷ El empuje es la fuerza que propulsa el motor cohete a partir de eyectar una determinada masa hacia una dirección a través de su tobera. Mide la fuerza que proporcionaría el cohete para elevarse en altura. Se suele medir en Kg/Tn fuerza o en newtons.

alcanzó los 49 km de altura (Infoespacial, 2013). Al año siguiente, VENG comenzó a ensayar con vehículos experimentales de ascenso vertical y con sistema de control y guiado para alcanzar un prototipo ideal del Tronador II (CONAE, 2021). Tal es así que en febrero del 2014 se lanzó el Tronador Vex1A, pero no logró despegar exitosamente. En agosto del mismo año se probó el Tronador Vex1B y con un empuje de 4 Tn fuerza, alcanzó los 2,2 km de altura. El último intento experimental fue el Tronador VEx5A, lanzando en 2017, cohete de dos etapas que tuvo un propulsor que alcanzaba las 11 Tn fuerza, pero que falló por un aparente problema con el suministro de propelente (CONAE, 2021).

La Figura 3 muestra una curva S que representa las toneladas de empuje alcanzadas en función del tipo de cohete Tronador, que puede ser tomada como un indicador de la progresión tecnológica del proyecto⁸.

Otro de los éxitos fue el desarrollo de los satélites de telecomunicaciones realizados por ARSAT (de forma paralela al Plan Espacial). El

primero fue el ARSAT-1, lanzado en 2014 con un peso de 1286 kg (s) y 24 transportadores de banda *Ku*. El segundo fue el ARSAT-2 lanzado en 2015, que transportaba 26 transportadores de banda *Ku* y *C* con un peso similar al anterior de 1304 kg (s) (López *et al.*, 2021).

Dentro del Plan Espacial, los últimos desarrollos satelitales concretados fueron los SAOCOM 1A y 1B a partir de un trabajo mancomunado entre empresas argentinas y la agencia espacial italiana. Desde Cabo Cañaveral, Estados Unidos, en 2018 se colocó en órbita el SAOCOM 1A y luego en 2020 se lanzó el SAOCOM 1B. Ambos contaban con un peso de 3000 kg (s) y poseían como instrumento un Radar de Apertura Sintética (SAR) (CONAE, 2021).

Cabe resaltar que a mayor peso, existe un aumento en la complejidad asociada al diseño y fabricación de la infraestructura. Esto también se vincula con la cantidad y complejidad de los instrumentos transportados (López *et al.*, 2021). En la Figura 4 se presenta la curva S que utiliza como figura de mérito el peso del satélite

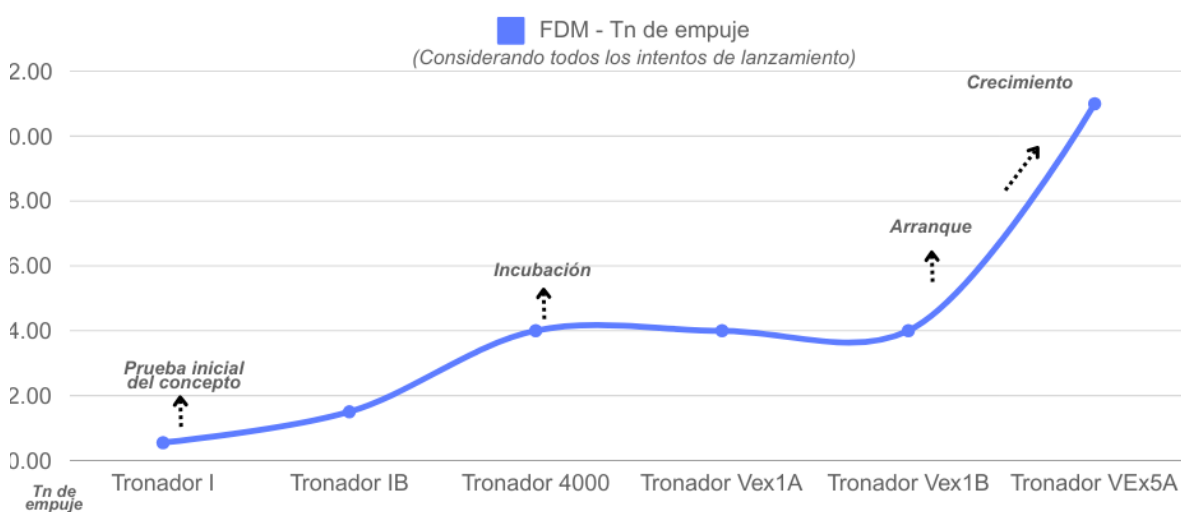


Figura 3. Curva S y progresión tecnológica del proyecto Tronador. **Fuente:** Elaboración propia a partir de CONAE (2021) y De Weck (2022).

⁸ La progresión tecnológica podría variar dependiendo qué figura de mérito se considere, como por ejemplo la evolución de los motores.

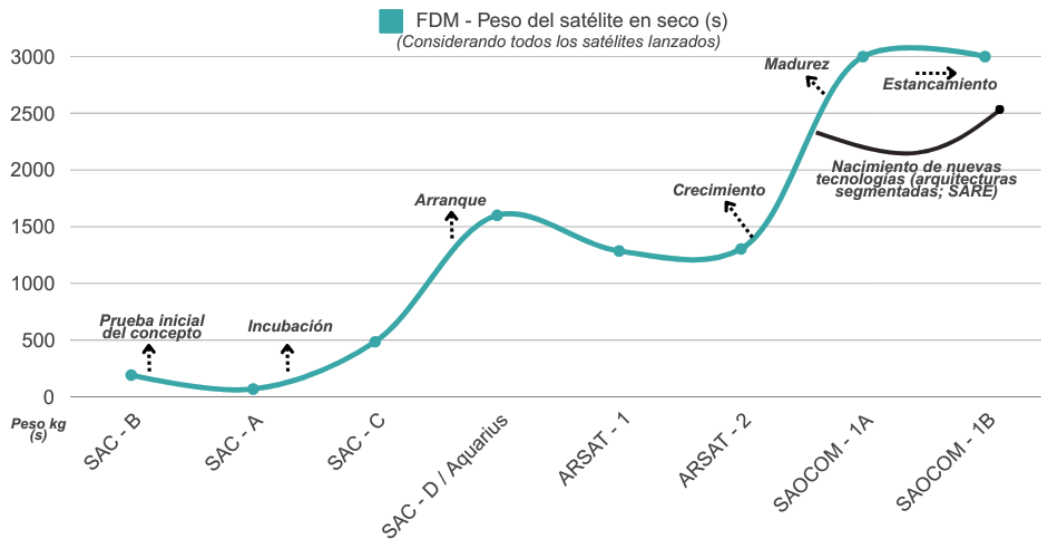


Figura 4. Curva S y progresión tecnológica de satélites de la segunda y tercera etapa. **Fuente:** Elaboración propia a partir de CONAE (2021), López Pascuini y Alvarez (2021) y De Weck (2022),(2022).

en función de los satélites desarrollados en la segunda y tercera etapa.

Esta tercera etapa tuvo procesos de desarrollo que fueron variando su intensidad y grados de financiamiento en los proyectos, particularmente entre 2018-2019 en materia de coherencia, donde existieron consultas sobre el suministro de motores a una empresa rusa (Sabando *et al.*, 2019). Si bien no se alcanzó el tipo de desarrollo incremental e ininterrumpido de la primera etapa, se mantuvo el interés institucional de dominar el ciclo tecnológico espacial (sea por autonomía, adquisición tecnológica o asociaciones

con terceros).

Al momento de escribir este artículo, la CONAE se encuentra desarrollando el satélite Sabia-Mar; nuevos diseños de satélites más pequeños (SARE) que trabajarían de forma conjunta en un formato de arquitectura segmentada; y el cohete Tronador II (en sus versiones T-70; T-150; T-250) (Kulichevsky, 2023). Por lo tanto, como se observa en la siguiente línea de tiempo en la Figura 5, las tres etapas (y una posible cuarta) poseen particularidades que determinan el comienzo y la finalización de cada una ellas.



Figura 5. Desarrollos de tecnología espacial en Argentina en las tres etapas. **Fuente:** Elaboración propia a partir de De León (2018), CONAE (2021).

Conclusiones

En este trabajo se propone que el desarrollo de la tecnología espacial en Argentina se puede dividir en tres etapas, desde sus inicios en 1960 hasta la actualidad. La primera etapa, entre 1960-1991, estuvo caracterizada por la institucionalización, en el ámbito de la Fuerza Aérea Argentina, y por el empeño científico para desarrollar cohetes que permitieran el acceso al espacio. En este período se comprobaron cuatro instancias de desarrollo de cohetes (Centaur, Orión, Canopus-Tauro y Cóndor) que fueron aumentando su capacidad tecnológica de forma progresiva, principalmente en las primeras tres, alcanzando los 500 km de altura en los últimos lanzamientos experimentados (y los 1000 km que se tenían proyectados con el proyecto Cóndor). En este periodo se puede constatar un desarrollo incremental, asociado a la búsqueda de autonomía tecnológica. Una figura de mérito apropiada para caracterizar esta etapa es la altura alcanzada por los cohetes, que indica que con el proyecto Cóndor I se podría haber logrado la madurez de la tecnología.

El proyecto Cóndor II fue el principal quiebre que inició la segunda etapa que abarcó entre 1991-2007. Estuvo delineada por una institucionalización civil de las actividades espaciales, proyectada mediante un Plan Espacial Nacional con visión a largo plazo, y acentuada en la tecnología satelital. Aquí existió una diferencia notoria en el proceso de desarrollo, ya que momentáneamente se cambió el interés institucional del acceso al espacio por la presencia espacial a partir de la construcción y colocación de los tres primeros satélites de la serie SAC con un grado de dependencia en los vínculos con otras agencias espaciales internacionales. Por último, la tercera etapa que contempla des-

de 2007 hasta la actualidad recuperó el interés institucional de alcanzar el acceso al espacio con el fin de dominar el ciclo completo de la tecnología espacial. Esto se vio reflejado en las seis experimentaciones de lanzamiento del proyecto Tronador (y tres realizadas por la FAA-CITEDEF), que tomando la Tn de empuje como figura de mérito, mostraría que aún se encuentra en proceso de crecimiento tecnológico. Por otro lado, teniendo en cuenta que en esa etapa se construyeron cinco nuevos satélites (de observación y telecomunicaciones), si se utiliza como figura de mérito el peso en seco de los mismos el desarrollo satelital se encontraría en un período de madurez y estancamiento de la tecnología (De Weck, 2022). Esto se ve reforzado por el hecho de que, en la actualidad, se están desarrollando proyectos de innovación más pequeños como los de arquitectura segmentada.

La evolución del desarrollo tecnológico espacial en Argentina fue cambiando sus prioridades a lo largo de la historia, pero no así el interés de asentarse como un actor de relevancia en la temática. En este contexto, en el escenario que se logre la madurez tecnológica del acceso al espacio se podría hablar del comienzo de una cuarta etapa espacial (siempre y cuando se mantuviera el sostenimiento de políticas que impulsen el desarrollo tecnológico satelital). Esto podría brindarle al país la capacidad de administrar los flujos de lanzamiento de vectores con carga útil en órbita por motu propia, generando la posibilidad de apertura de nuevos nichos de negocio y oportunidades.

Bibliografía

Biagi, J. (2022). Argentina espacial. Parte II. *Cápsula Espacial. Revista digital de astronáu-*

- tica y espacio*, (73). <https://archive.org/details/capsula-espacial-n-73-argentina-espacial-par-te-ii/page/6/mode/2up>
- Blinder, D. (2015). Hacia una política espacial en la Argentina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 10(29), 65-89.
- Blinder, D. (2017). Argentina en el espacio: política internacional en relación a la política tecnológica y el desarrollo industrial. *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, 12(1), 159-183.
- Blinder, D. (2019). Geopolítica de las tecnologías estratégicas y no estratégicas. *Revista Estudios Internacionales*, 7(2), 42-57. <https://doi.org/10.5752/P.2317-773X.2019v7.n2.p42-57>
- CEPAL (2023). Innovación, ciencia y tecnología. Página web oficial. <https://www.cepal.org/es/subtemas/innovacion-ciencia-tecnologia#>
- Comisión Nacional de Actividades Espaciales (2021). *Mirar la tierra desde el espacio: 30 años de la Agencia Espacial Argentina*. CONAE; Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Argentina.
- De León, P. (2017). *El proyecto del misil Cóndor. Su origen, desarrollo y cancelación*. Lenguaje Claro Editora.
- De León, P. (2018). *Historia de la actividad espacial en Argentina*. Lenguaje Claro Editora.
- De Weck, O. (2022). *Technology Roadmapping and Development. A Quantitative Approach to the Management of Technology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-88346-1>
- Infoespacial (2013, 27 diciembre). Argentina lanza con éxito el cohete sonda Experiencia Centenario. *Infoespacial*. <https://www.infoespacial.com/texto-diario/mostrar/3570323/argentina-lanza-exito-cohete-sonda-experiencia-cen-tenario>
- López, A., Pascuini, P., y Álvarez, V. (2021). *Integración local y derrames tecnológicos en el sector espacial argentino: Situación y potencialidades* (Documento de trabajo 8; Documentos para el Cambio Estructural). Consejo para el Cambio Estructural, Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.
- Lukin, T. (2011, julio 12). Lanzamiento exitoso del Gradicom. *Página 12*. <https://www.pagina12.com.ar/diario/elpais/1-172070-2011-07-12.html>
- Moretti, M. (2024). La tercera era espacial: en camino a la nueva era de los descubrimientos. *Boletín Observatorio Jurídico Aeroespacial*, 14, 82-86.
- Kulichevsky, R. (2023, septiembre 6). CONAE: desarrollo del sector espacial en la Argentina y planes futuros. <https://www.youtube.com/watch?v=DnccoDnQmB8>
- Sabando, J., Sarmiento, R., y Hough, T (2019). Un análisis de la tecnopolítica aeroespacial argentina. *Revista Ciencia, Tecnología y Política*, 2(2), 022. <https://doi.org/10.24215/26183188e022>