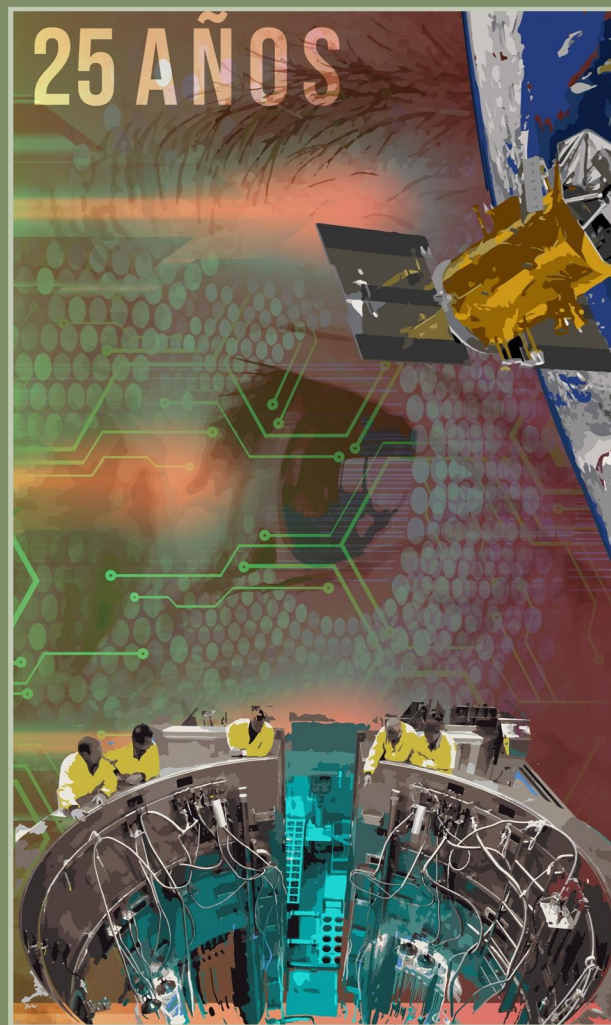


Leonardo Vaccarezza, Mariana Di Bello,  
Dolores Chiappe y María Eugenia Fazio (Compiladores)

---

# *Retratos y problemáticas contemporáneas en el campo de la ciencia, la tecnología y la sociedad*



---

*Retratos y problemáticas contemporáneas  
en el campo de la ciencia, la tecnología y la sociedad*



---

## Universidad Nacional de Quilmes

### *Rector*

Mg. Alfredo Alfonso

### *Vicerrectora*

Dra. María Alejandra Zinni

### *Secretaria de Posgrado*

Mg. Nancy Díaz Larrañaga

## **Maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad**

### *Director*

Dr. Diego Lawler

### *Coordinadora*

Dra. Ornela Carboni

### *Miembros de la Comisión Académica*

Dr. Germán Herrera

Dr. Guillermo Santos

Dr. Diego Hurtado

Dr. Pablo Pellegrini

## **Comité Asesor de la Colección PGD-eBooks**

Dra. Patricia Berrotarán

Dr. Martín Bergel

Dr. Daniel Busdygan

PhD. Cristina Teresa Carballo

Dra. Carolina Cerrudo

Mg. Walter Chiquiar

Mg. María Eugenia Collebechi

Dr. Germán Dabat

Mg. Agustín Espada

Abog. Luciano Gandolla

Dra. Lía Gómez

Mg. Cristina Iglesias

Mg. Mónica Iturburu

Dr. Pablo Lacabana

Dr. Diego Lawler

Dra. Natalia López Castro

Mg. María Teresa Lugo

Mg. Luis Martínez

Prof. Martín Matus

Abog. Hernán Olaeta

Abog. Luis Osler

Dr. Elías Palti

Dr. Alejandro Pardo

Mg. Héctor Paulone

Dr. Pablo Ariel Pellegrini

Mg. Elisa Pérez

Prof. Maximiliano Pérez

Lic. María Soledad Piatis

Dra. Marcela Gabriela Pilloff

Mg. Alejandra Rodríguez

Dra. Eder Romero

Abog. Ana María Saucedo

Prof. Alfredo Martín Scatizza

Dr. Juan Santarcangelo

Dra. Selva Sena

Mg. Patricia Sepúlveda

Dr. Hernán Thomas

Mg. Cristina Wainmaier

Mg. Juana Yasnikowski

Dr. Gustavo Zarrilli



---

# *Retratos y problemáticas contemporáneas en el campo de la ciencia, la tecnología y la sociedad*

Leonardo Vaccarezza,  
Mariana Di Bello,  
Dolores Chiappe y  
María Eugenia Fazio  
  
(Compiladores)



Retratos y problemáticas contemporáneas en el campo de la ciencia, la tecnología y la sociedad / Mariano Anderete Schwal ... [et al.] ; compilación de Leonardo Silvio Vaccarezza ... [et al.]. - 1a ed. - Bernal : Universidad Nacional de Quilmes, 2022.  
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga  
ISBN 978-987-558-772-4

1. Ciencias Tecnológicas. 2. Tecnología Satelital. 3. Tecnología Nuclear. I. Anderete Schwal, Mariano. II. Vaccarezza, Leonardo Silvio, comp.  
CDD 306.46

*División de Comunicación:*

Esp. Alejandra Cajal

*Coordinadora de la colección:*

Lic. Sandra Santilli

*Corrección de estilo:*

Lic. Alicia Lorenzo

*Idea original de diseño:*

Dg. Diana Cricelli

*Maquetación y diseño:*

Lic. María Sol Di Lorenzo

*Imagen de portada:*

Lic. Victoria Maniago  
Composición, 2022



Licencia CC/NC/ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

ISBN 978-987-558-772-4

## Presentación

Leonardo Silvio Vaccarezza,  
Mariana Eva Di Bello y María  
Eugenia Fazio ..... 06

## Capítulos

1. La brecha digital y la segregación  
educativa en el nivel secundario  
durante la pandemia por COVID-19  
**Mariano Anderete Schwal** ..... 13

2. Política y tecnología. Los satélites de  
aplicaciones científicas (1985-2000)  
**Yamila Noely Cáceres** ..... 25

3. El caso de la crotoxina en Argentina  
desde el esquema conceptual de los  
estudios sobre la experticia y la  
experiencia  
**Emilio Fonseca Matera** ..... 41

4. Un satélite para Colombia: entre los  
vaivenes políticos y las fallas de  
mercado. El Conpes 3983  
**Héctor Javier Hernández Moreno** .. 54

5. La relación entre conocimiento y  
creación de riqueza en el discurso de la  
OCDE (1961-2019)

**Claudio Alejandro López** ..... 65

6. Política nuclear y política energética  
en Argentina. El desarrollo del plan  
nucleoeléctrico de la CNEA (1964-  
1985)

**Manuel José Lugones** ..... 72

7. Controversia científica pública  
vinculada a las vacunas de Oxford/  
AstraZeneca y Pfizer/BioNTech contra  
la COVID-19

**Yamila Schmies** ..... 83

8. Alcances y limitaciones en la  
asociatividad público-privada en las TIC

**Fernanda Soca** ..... 89

9. Saberes y sentidos en disputa. La  
controversia sobre el glifosato en  
Argentina

**María Jimena Vera** ..... 103

**Referencias de autores** ..... 120

*Yamila Noely Cáceres*

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas;  
Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología,  
Universidad Nacional de Quilmes, Argentina.

## 2. Política y tecnología. Los satélites de aplicaciones científicas (1985-2000)

### Introducción

En 1960, ante el lanzamiento exitoso del Sputnik I (URSS) y la configuración del espacio ultraterrestre como área estratégica, el Estado argentino impulsó una serie de políticas públicas que permitieron el desarrollo del complejo institucional espacial bajo el dominio de la Fuerza Aérea, la ejecución de proyectos de acceso al espacio, la gestión de puntos orbitales y el diseño de un satélite científico por la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIÉ).

En 1970, la adopción de los principios liberales derivó en el abandono del modelo de acumulación mercadointernista, el disciplinamiento de la mano de obra y el desplazamiento del poder de los grupos que asociaban la producción industrial con el desarrollo nacional y la autonomía tecnológica. Dicho pensamiento es conocido como *tecnonacionalismo* (Picabea y Thomas, 2015). El carácter dual de las tecnologías espaciales favoreció la continuidad de los proyectos de la CNIÉ entre los militares argentinos que asumieron el poder de facto, pero motivó que los países de la OTAN ejercieran presiones para el abandono de dichos proyectos productivos, puesto que estos eran considerados como alteraciones del orden geopolítico mundial.

En 1991, en un contexto de alejamiento del Estado de las esferas productivas y aumento de las presiones internacionales, el gobierno nacional —mediante el Decreto PEN N.º 995/91— generó

paradójicamente la institucionalización de la política espacial y el diseño y producción local de satélites científicos en una empresa pública.

Las preguntas que motivaron esta investigación fueron las siguientes: ¿cómo y por qué se diseñaron y produjeron los primeros satélites artificiales en Argentina?; ¿qué capacidades tecnológicas existían?; ¿cuáles se generaron en dicho proceso? En función de ellas, el objetivo es analizar la trayectoria sociotécnica de la tecnología satelital en Argentina en el período 1985-2000.<sup>1</sup>

### Apartado teórico-metodológico

Para este artículo se construyó un marco teórico a través de la triangulación de herramientas conceptuales provenientes de diferentes enfoques disciplinarios: economía del aprendizaje, sociología de la tecnología y análisis político a partir de su complementación y revisión crítica orientada a la adecuación al contexto local (Thomas, 1999; Thomas y Buch, 2008; Picabea y Thomas, 2015).

La investigación se inició con la identificación de un problema: ¿cómo una agencia espacial recién creada y una empresa pública dedicada a la actividad nuclear lideraron un proceso de diseño y fabricación local de tecnologías satelitales? Para responder dicho interrogante se requirió, en primer término, considerar el conjunto de políticas formuladas

por diferentes grupos sociales y fracciones de clase, desarrolladas en un marco de tensiones en el interior del Estado (Oszlak y O'Donnell, 1995); y, en segundo término, reconstruir la trayectoria de los artefactos satelitales. Ello permitió ordenar de manera diacrónica las relaciones causales entre distintos elementos heterogéneos participantes en secuencias temporales. Una *trayectoria sociotécnica* es un proceso de coconstrucción de productos, procesos productivos y organizaciones, instituciones, relaciones usuario-productor, relaciones problema-solución, procesos de construcción de “funcionamiento” de una tecnología, racionalidades, políticas y estrategias de un actor —firma, institución de I+D, universidades, etc.— (Thomas, 1999).

A lo largo de la trayectoria, se identificaron distintas fases, que se corresponden con la sucesión de diversas dinámicas sociotécnicas en torno a diferentes arreglos institucionales en el área espacial: la CNIE y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (Conae), así como tecnológicos. Una *dinámica sociotécnica* es un conjunto de patrones que organizan la interacción de tecnologías, instituciones, políticas, racionalidades y formas de constitución ideológica de los actores. Este concepto sistémico sincrónico permitió insertar en un mapa de interacciones una forma determinada de cambio sociotécnico (Thomas y Buch, 2008).

El mapeo de interacciones en cada una de las fases posibilitó construir alianzas sociotécnicas. Estas constituyen procesos de construcción de coaliciones de elementos heterogéneos implicados en el proceso de construcción de funcionamiento o no funcionamiento de una tecnología (Maclaine Pont y Thomas, 2009; Picabea y Thomas, 2015). Dichos procesos autoorganizados, aunque pasibles de planificación, permiten resaltar aspectos políticos y estratégicos de las relaciones sociotécnicas y posibilitan incorporar a los artefactos en las dinámicas y trayectorias, en las relaciones problema-solución, y en la materialidad de los procesos de construcción de funcionamiento. Desde la perspectiva de la sociología constructivista, el *funcionamiento* o *no funcionamiento* de un artefacto (Pinch y Bijker, 1987; Bijker, 1995) no es algo intrínseco a sus características, sino que es una contingencia que se construye

social, tecnológica y culturalmente, a partir de procesos de adecuación de respuestas y soluciones tecnológicas a situaciones sociotécnicas históricamente situadas (Thomas, 2008). En los procesos de construcción de funcionamiento o no funcionamiento se analizaron los movimientos de alineamiento y coordinación de artefactos, regulaciones, conocimientos, instituciones, actores sociales, recursos económicos, condiciones ambientales y materiales que viabilizaron o impidieron la adecuación sociotécnica y la asignación de sentido de los satélites científicos diseñados y producidos localmente.

En la reconstrucción de la trayectoria se consideró el estilo sociotécnico, una forma relativamente estabilizada de producir tecnología y de construir su “funcionamiento” y “utilidad”. Esta herramienta heurística permite realizar descripciones en el marco de la concepción constructivista de las trayectorias y dinámicas sociotécnicas. En el artículo se identificó un estilo sociotécnico asociado a la producción endógena de tecnologías.

Hacia el interior de la trayectoria y el estilo sociotécnico identificado se analizaron las capacidades tecnológicas que permitieron la puesta en órbita de los primeros satélites nacionales. Se entiende por capacidades tecnológicas las habilidades, inversiones y conocimiento que realiza una firma para adquirir, usar, adaptar y crear tecnología (Katz, 1978; Lall, 1992; Gutti, 2008). Según los autores, estas pueden clasificarse en capacidades de absorción (Cohen y Levinthal, 1990) —habilidades de las empresas para reconocer conocimientos nuevos y externos, assimilarlos y luego aplicarlos—; de inversión (Lall, 1992) —habilidades que permiten identificar y obtener las tecnologías necesarias para diseñar, construir y equipar una nueva instalación o nuevo proyecto—; capacidades de producción (Lall, 1992) —habilidades que contemplan el control de calidad, la operación y mantenimiento, la adaptación y mejora de una tecnología comprada, la investigación, el diseño y la innovación de tecnologías propias—; y capacidades de vinculación (Lall, 1992) —habilidades para intercambiar información, tecnologías y conocimientos entre empresas, proveedores, consultores, subcontratistas, usuarios, entre otros—. El desarrollo de estas capacidades involucra



distintos procesos de aprendizaje para la generación de conocimiento explícito y tácito.

Se adoptó una metodología cualitativa basada en el análisis documental (legislación, proyectos, notas periodísticas e informes sectoriales) y la realización de entrevistas semiestructuradas a actores involucrados en dicho proceso.

## El complejo científico-tecnológico espacial

En 1958 el gobierno nacional creó la Escuela de Astronáutica mediante el Decreto PEN N.º 11.145/58, un proyecto liderado por la Fuerza Aérea Argentina. El objetivo de la Escuela era fomentar investigaciones que posibilitaran la navegación en el espacio. Este hecho fue trascendente pues representó la primera intervención del Estado en la materia, y constituyó el antecedente inmediato de la primera agencia espacial de América Latina. En simultáneo, distintas instituciones del complejo científico-tecnológico argentino comenzaron a delinear una política específica en materia espacial (De León, 2018).

En 1960, el gobierno nacional creó la CNIE mediante el Decreto PEN N.º 1164/60. Este organismo, dependiente de la Secretaría de Aeronáutica, tenía como función propiciar investigaciones espaciales en el país con apoyo extranjero mediante convenios de colaboración, intercambio de técnicos, becas de capacitación y realización de cursos en el exterior (Decreto PEN N.º 1164/60, Art. 2). Para promover y coordinar los estudios locales de la ciencia y la tecnología espacial, la ex-Escuela de Astronáutica, rebautizada como Instituto Nacional de Astronáutica, quedó bajo la órbita de la CNIE (Decreto PEN N.º 1164/60, Art. 6).

Bajo la dirección del ingeniero Teófilo Tabanera, la CNIE estableció convenios con instituciones nacionales para el desarrollo de investigaciones sobre estructuras, motores cohete, sistemas de propulsión, mecánica de fluidos, inyectores, técnicas de telemetría, aerodinámica, electrónica, entre

otros. Estas investigaciones permitieron a los ingenieros acumular conocimientos teórico-prácticos y capacidades tecnológicas para encarar el diseño y la producción local de vectores de lanzamiento y satélites de investigación.

### *La producción local como estilo sociotécnico de la CNIE*

Tanto el gobierno nacional como los funcionarios de la CNIE, alineados con las ideas que asociaban el desarrollo nacional con la producción industrial, promovían el diseño y la fabricación de vectores de lanzamiento en el país, determinando así un estilo sociotécnico endógeno (Picabea y Cáceres, en prensa). En 1961, con el auspicio de la CNIE se reestructuró el Instituto Aerotécnico de Córdoba creado en 1943, y se creó el Instituto de Investigaciones Aeronáuticas y Espaciales (IIAE) como entidad ejecutora de los proyectos tecnológicos locales. Si bien los primeros vectores de lanzamiento no superaron la fase de prototipo, posibilitaron aprendizajes a partir de la interacción entre el personal local y los especialistas europeos y norteamericanos; la incorporación de equipos y componentes importados en las dependencias de la CNIE; y la participación de los equipos argentinos en proyectos internacionales (De León, 2018). La visibilización internacional de la CNIE favoreció un acercamiento con personal de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). En dicho escenario, algunos militares aeronáuticos empezaron a pensar en la puesta en órbita de un satélite artificial con tecnología local.

La producción de lanzadores locales demandó a la CNIE inversión en I+D, apoyo industrial, y el desarrollo de infraestructura terrestre. En 1964, la Fuerza Aérea creó el Centro de Experimentación y Lanzamiento de proyectiles Autopropulsados Atlántico, ubicado en la localidad de Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires. Si bien este emplazamiento cercano al océano Atlántico dificultaba la recuperación de cohetes, favorecía la puesta en órbita de satélites, actividad que el país no dominaba pero que aspiraba a desarrollar (De León, 2017).

En 1969, el comodoro e ingeniero Tasso presentó a la CNIE un informe que tenía como objetivo la

puesta en órbita de satélites locales a partir de la sustitución progresiva de tecnología extranjera. La fase inicial del proyecto comprendía la utilización de instalaciones y tecnología extranjera tanto para el desarrollo del satélite como para la base de lanzamiento y el vehículo lanzador. A partir de la experiencia acumulada se proponía la puesta en órbita de un satélite propio por un vector de lanzamiento local desde una base de lanzamiento argentina. La estrategia explícita en el informe era la adquisición paulatina de conocimientos y capacidades por parte de los ingenieros locales y el involucramiento del Estado nacional en los proyectos espaciales para el desarrollo de un sistema espacial de producción endógena (De León, 2017).

### El proyecto SAC-1

El proyecto de producción de un satélite artificial con fines astronómicos comenzó de manera informal entre un grupo de científicos argentinos que trabajaban en el Centro Espacial Goddard de la NASA. En 1982, Mario Acuña, un ingeniero cordobés dedicado a la exploración espacial desde hacía más de una década en los EE.UU., le propuso al astrónomo platense Marcos Machado hacer un satélite. Machado, quien por ese entonces trabajaba en la *Solar Maximum Mission* de la NASA, aceptó la idea, puesto que la fabricación nacional de un satélite era una aspiración que poseía de niño (Bär, 2018, 23 de septiembre). Al año siguiente, regresó a la Argentina para trabajar en la CNIE y organizó el Grupo de Física Solar del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE). Allí comenzaron los trabajos preliminares del satélite argentino con la participación de Horacio Ghielmetti, luego director del IAFE, la doctora Ana María Hernández, el ingeniero Daniel Caruso, el físico Mario Gulich y la astrofísica Marta Rovira (Sierra, 1989).

La *expertise* científico-tecnológica acumulada por el equipo argentino posibilitó que sus miembros definieran los requerimientos de misión del satélite, los objetivos de la misma y los componentes de la carga útil. Con el objetivo de analizar el espectro solar, el equipo técnico estableció que la carga útil comprendiera: espectrómetro de rayos gamma de resolución intermedia; detector de neutrones solares

rápidos de baja resolución; detector de rayos x duros con resolución temporal y monitor de partículas cargadas para medir el flujo de las partículas atrapadas en los anillos de radiación de la Tierra (Sierra, 1989).

Mario Acuña, que conocía el trabajo que estaban llevando adelante los ingenieros argentinos, propuso la presentación del proyecto argentino SAC-1 en un concurso internacional organizado por la agencia espacial norteamericana. Aunque el SAC-1 no fue seleccionado, la participación en el llamado afianzó los vínculos de colaboración entre la CNIE, el IAFE y la NASA (Giménez de Castro, 2017, 19 de enero).

En 1987, una delegación de la NASA visitó Buenos Aires con el fin de reunirse con personal de la CNIE. En esta reunión se decidió que la NASA proveería el cohete portador y los servicios de lanzamiento, mientras que la CNIE se ocuparía de construir la plataforma satelital. La estrategia detrás de esta decisión era generar nuevos conocimientos en los equipos locales que pudiesen ser reaplicados en otros proyectos satelitales (Sierra, 1989).

La CNIE y el IAFE carecían de los recursos para comenzar la fabricación de la plataforma satelital; por ello resolvieron visitar, junto a ingenieros de la NASA, las instalaciones de Invap S.E. en Bariloche (Bär, 2017, 10 de febrero). Invap S.E. es una empresa del Estado que inició sus actividades en 1976, dedicada al diseño y fabricación de sistemas complejos de alta tecnología. En sus inicios estuvo estrechamente vinculada a la CNEA, por lo que sus actividades se centraban en la producción de reactores nucleares (Versino, 2006). Basándose en los conocimientos acumulados en la gestión de proyectos complejos, Conrado Varotto —gerente general de Invap S. E.— ofreció al equipo de la CNIE hacerse cargo de la fabricación del satélite. Sin embargo, los técnicos de la NASA dudaban de las capacidades de la empresa, particularmente debido a la inadecuación de las instalaciones para ejecutar la fabricación y ensamble del artefacto. Ante ello, Varotto propuso la construcción de una sala limpia, apropiada para construir, ensamblar e integrar el satélite, en los terrenos que la empresa poseía en Villa Golf, Barilo-

che. Los costos de construcción corrieron por cuenta de la empresa, puesto que ni la CNIE, ni el IAFE contaban con presupuesto para ello (Bär, 2017, 10 de febrero).

Mientras Invap S.E. iniciaba la construcción de la sala limpia, los ingenieros norteamericanos revisaron la planificación técnica del SAC-1 y elaboraron dos propuestas de misión con nuevos requerimientos. La primera propuesta tenía un objetivo similar a la ideada por el IAFE, pero con un equipamiento más complejo que implicaba un salto tecnológico para los ingenieros argentinos encargados del diseño y construcción de la plataforma satelital. La segunda ampliaba el objetivo de la misión al análisis de la dinámica de los plasmas de altas temperaturas producidos durante el proceso de erupción solar. Para ello se requerían distintos componentes de carga útil respecto a la propuesta original, pero no se introducían variaciones en cuanto a las condiciones estructurales del satélite (Ghielmetti, 1987). El análisis de la misión y los conocimientos que circulaban entre los ingenieros locales determinaron el diseño de un satélite científico de objetivos múltiples.

Los funcionarios del gobierno nacional, el personal del IAFE y de la CNIE, compartían el pensamiento de que el país necesitaba desarrollar tecnologías en áreas estratégicas. El gobierno de Raúl Alfonsín representó una ruptura en términos políticos con el último gobierno dictatorial, manifiesta en los Juicios a las Juntas. Sin embargo, mantuvo cierta continuidad en materia espacial, actividad que estaba bajo dominio de la Fuerza Aérea. El Estado nacional, mediante la Resolución N.º 388/86, declaró de interés nacional el desarrollo del vehículo lanzador *Cóndor*, en contraposición a lo que establecía el Tratado de Tlatelolco (1967) y el Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares (1968) de alcance internacional (Blinder, 2018).

## La creación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales

En 1989, en un escenario dominado por la crisis

económica y la hiperinflación, Carlos Menem asumió la presidencia de la Nación tras el retiro anticipado de Raúl Alfonsín. Si bien existían presiones diplomáticas para el desmantelamiento del Proyecto Cóndor, el nuevo gobierno nacional se había mostrado favorable a la continuidad del mismo, que se desarrollaba en Falda del Carmen. Sin embargo, ante las detenciones de técnicos que estuvieron vinculados al proyecto, acusados de traficar armas ilegales a Medio Oriente; la negativa de Gran Bretaña a que Argentina desarrolle un cohete señalado como misil de alcance a las Islas Malvinas; las sospechas del Departamento de Estado norteamericano sobre transferencia tecnológica entre Argentina y países no alineados como Irak o Libia; y la presión del ministro de Economía, el Poder Ejecutivo decretó el inicio de una política de alineación con los EE.UU. en paralelo al abandono de la producción local de tecnologías estratégicas.

En 1991, Menem firmó el Decreto PEN N.º 995/91 que establecía: 1) la creación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (Conae), una agencia espacial civil (Art. 1); 2) la disolución de la CNIE y el traspaso de todos sus activos y obligaciones a la Conae (Art. 8); y 3) la desactivación, desmantelamiento, reconversión e inutilización de todos los componentes del Proyecto Cóndor para su cancelación irreversible (Art. 8).

Las funciones de la nueva Comisión consistían en favorecer la investigación espacial, la capacitación del personal ingenieril, la transferencia de tecnología espacial hacia entidades públicas o privadas nacionales y la coordinación de todas las actividades del Sistema Espacial Nacional (Art. 3). Implícitamente, el objetivo era la deconstrucción de la imagen de “país poco confiable” que la diplomacia norteamericana había construido de la Argentina por el dominio de tecnologías duales. Como agencia espacial de carácter civil, Conae fue la mejor opción que encontró el gobierno nacional para continuar con los emprendimientos espaciales locales, sin que ellos comprometieran las relaciones diplomáticas con los EE.UU. (Blinder, 2018).

Con el Decreto PEN N.º 995/91, el Poder Ejecutivo determinó simultáneamente la resignificación y

destrucción de capacidades científico-tecnológicas espaciales y la institucionalización de la política espacial en la Argentina. Conae se convirtió en la institución espacial referente en Argentina mediante el desarrollo del Plan Nacional Satelital y el establecimiento de alianzas estratégicas con agencias espaciales internacionales. Ello posibilitó la materialización de los satélites de aplicaciones científicas (SAC).

### Los primeros satélites construidos por una empresa pública

En 1991, el Poder Ejecutivo firmó un acuerdo de cooperación espacial con los EE.UU., con el objetivo de establecer proyectos conjuntos de exploración de la Tierra y el espacio con fines pacíficos. El primer proyecto ejecutado fue el SAC-B, cuyos requerimientos se asentaron sobre los definidos por la CNIE y la NASA para el SAC-1 (Rahn, 1991). Si bien técnicamente la Conae continuó con el proyecto satelital de la CNIE, el carácter civil de la agencia generó controversias con las Fuerzas Armadas en general, y con la Fuerza Aérea en particular (Domínguez, entrevista, abril, 2019). Los oficiales de la Fuerza Aérea postulaban que el espacio ultraterrestre era una continuidad del espacio aéreo, por lo que el mismo era jurisdicción de su incumbencia. Estos litigios y la organización de la Conae demoraron la ejecución del proyecto SAC-B, el cual tenía previsto el lanzamiento para abril de 1994 (Varotto, 1994).

Sobre la base del análisis de los requerimientos de la Comisión, Invap S.E. fue responsable del diseño conceptual de la plataforma satelital, el montaje y la integración de los subsistemas y componentes de la carga útil. Para ello, los ingenieros de las distintas áreas contaron con el asesoramiento de personal experimentado de la NASA y de la Agencia Espacial Italiana (ASI) (Varotto, 1994). Tras la fabricación del modelo de vuelo se sometió al artefacto a distintos ensayos ambientales que simulaban las condiciones de lanzamiento y estadía en el espacio ultraterrestre. Debido a que en Argentina no existían las condiciones edilicias y técnicas para tales pruebas, el modelo de vuelo fue trasladado al Laboratorio de Ensayos del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) en Brasil.

La puesta en órbita del SAC-B mediante el lanzador *Pegasus XL* fue fallida, debido a que este no eyectó los satélites al espacio exterior.<sup>2</sup> Si bien el SAC-B no pudo desplegar los paneles, la carga de las baterías permitió enviar comandos al satélite y recibir datos de telemetría, lo cual fue esencial para descubrir la causa de la falla de la misión y la certificación al equipo de ingenieros de Invap S.E. por NASA para el emprendimiento conjunto de otras misiones (Tognetti, entrevista, abril, 2019).

En 1998 fue puesto en órbita el segundo satélite de producción nacional, el SAC-A. La NASA participó en la especificación de requerimientos, en la provisión de componentes, en el cronograma de trabajo y en el servicio de lanzamiento. Entre los

**Cuadro N.º 1. Satélites de aplicaciones científicas de producción nacional**

Satélites	Misión satelital	Altura orbital	Vida útil	Masa del satélite	Lanzador
SAC-B (1996)	Astronómica	550 km	--	191 kg (50 Kg carga útil)	Pegasus
SAC-A (1998)	Validación tecnológica	410 km	10 meses	68 kg	Space Shuttle
SAC-C (2000)	Observación terrestre	705 km	12 años 9 meses	485 kg	Delta II

Fuente: elaboración propia con base en datos de Conae (s/f)

requisitos de la misión, la Conae y la NASA definieron que el satélite orbitaría a 389 km de la Tierra y que el vehículo lanzador sería el Transbordador Espacial *Endeavour*. Estos requerimientos fueron analizados por Invap S.E. para la fabricación de los modelos de prueba y el posterior modelo de vuelo, así como para el montaje e integración de los distintos subsistemas. Invap S.E. estuvo sometida a múltiples presiones. Por un lado, como reconocimiento a Conae por la misión fallida del SAC-B, la NASA facilitó un lugar de lanzamiento en el *Endeavour*, lo cual exigía un cronograma de trabajo de solo 11 meses. Por otro lado, el *Johnson Space Flight Center* desarrollaba un riguroso control de seguridad puesto que el Transbordador es un vehículo tripulado (Tognetti, entrevista, abril, 2019).

El satélite tenía como misión ensayar y calificar sistemas ópticos, de energía, guiado y control y navegación desarrollados localmente para su aplicación en misiones posteriores. Conae y otras instituciones del sector académico-universitario nacional fueron responsables de la provisión de distintos componentes de la carga útil.

El Departamento de Energía Solar de la CNEA desarrolló dos pequeños paneles solares y sensores de posición para estudiar su comportamiento en el ambiente espacial (Godfrin, Martínez Bogado, Tamasi y Durán, 1999). El *know how* desarrollado a partir de la fabricación de los sensores fotovoltaicos permitió no solo calificar componentes para el posicionamiento de un satélite en el espacio, sino para su aplicación terrestre. Entre los aprendizajes prácticos se destacan la soldadura de los interconectores y de los cables e interconectores a los colectores, el pegado del vidrio protector, de los cables, los colectores y sensores a la base de aluminio, la cobertura de la soldadura y el ensayo de tracción de los cables (Bogado, Tamasi, Bolzi y Raggio, 2015).

Una vez construidos, los sensores fueron sometidos a un ensayo de vibraciones en el Centro Atómico Constituyentes, de termovaciación y radiación en el Departamento de Energía Solar. El primer ensayo sometió las soldaduras de las celdas a pruebas mecánicas para la obtención de valores de resistencia. Dichos valores fueron comparados con

datos de referencia otorgados por *Emcore Photovoltaics*, uno de los fabricantes de celdas solares reconocidos internacionalmente. El segundo ensayo sometió a los instrumentos a variaciones térmicas entre -100°C y 100°C y el tercero permitió simular las condiciones de degradación por radiación existentes en el espacio (Bogado y otros, 2015).

La experiencia acumulada permitió desarrollar paneles y sensores solares locales adecuados a los requerimientos de las distintas misiones satelitales de Conae. Si bien existían en el mercado sensores solares de diseño estabilizado, los de fabricación nacional resultaban adecuados por su adaptabilidad a los requisitos de la misión en tamaño y corriente, su arquitectura circular pegada a una base de aluminio que permitía ampliar el campo de visual de manera simétrica, así como el peso reducido que habilitaba su utilización en pequeños o nanosatélites. También su bajo costo permitía su uso en aplicaciones terrestres.

Durante la vida útil del SAC-A, los técnicos de la CNEA analizaron cada una de las celdas fotovoltaicas, las cuales presentaron un funcionamiento adecuado según las estimaciones teóricas realizadas. Esos procesos permitieron validar los conocimientos teóricos, los artefactos y el *software* desarrollado para el seguimiento y análisis de cada uno de los sensores.

En paralelo a la construcción del SAC-A, Conae e Invap S.E. desarrollaron el SAC-C en cooperación con la NASA, e instituciones de Francia, Dinamarca, Brasil e Italia. El objetivo de la misión era la observación de la Tierra en conjunto con los satélites *Landsat 7*, *EO-1* y *Terra*, una constelación internacional que tiene como finalidad compartir información para el seguimiento de posibles desastres naturales y antropogénicos (Caselles y Rivas, 2001). La estación terrena de Córdoba y la de Falda del Carmen —resignificada luego de su traspaso a Conae— se ocuparon de la recepción, procesamiento, archivo y distribución de los datos enviados por el SAC-C. Para ello, se hicieron desarrollos de *hardware* y *software* que ampliaron los conocimientos disponibles sobre las maniobras de control (De Dicco, 2007).



Cuadro N.º 2. Carga útil de las misiones SAC

Satélites	Componentes / Agencia	
SAC-B (1996)	Espectrómetro de rayos X duros	CONAE (Argentina)
	Experimento de rayos X Goddard	NASA(EE.UU.)
	Detector de rayos X del fondo difuso	NASA(EE.UU.)
	Espectrómetro de átomos neutros de alta energía	ASI (Italia)
SAC-A (1998)	Sistema GPS diferencial	CONAE (Argentina)
	Cámara pancromática de teleobservación	CONAE (Argentina)
	Magnetómetro	CONAE (Argentina)
	Paneles Solares	CNEA (Argentina)
	Sistema de comunicaciones, transmisión y procesamiento de datos	UNLP (Argentina) IAR (Argentina)
SAC-C (2000)	Cámara multiespectral de resolución media	CONAE (Argentina)
	Cámara pancromática de alta resolución	CONAE (Argentina)
	Cámara de alta sensibilidad	CONAE (Argentina)
	Sistema de recolección de datos	CONAE (Argentina)
	Experimento de navegación y actitud	ASI (Italia)
	Instrumento experimental de navegación	ASI (Italia)
	Receptor GPS de posicionamiento global	NASA(EE.UU.)
	Instrumento de medición del campo geomagnético	NASA(EE.UU.) DSRI (Dinamarca)
	Instrumento para determinar el efecto de alta energía en componentes electrónicos	CNES (Francia)

Fuente: elaboración propia con base en datos de Conae (s/f)

La carga útil del satélite estaba constituida por cuatro cámaras de teleobservación de fabricación nacional y cinco instrumentos científicos provistos por agencias espaciales internacionales. A diferencia de las misiones satelitales previas, la carga útil del SAC-C era más compleja por la cantidad de instrumentos integrados y por el mayor grado de productos locales (ver Cuadro N.º2). El equipo de ingenieros de Invap S.E. había acumulado experiencia producto de la fabricación, ensamble e integración de componentes en los proyectos SAC-B y SAC-A. Esas capacidades favorecieron la integración mecánica de una mayor cantidad de instrumentos a la arquitectura del satélite.

En función de los estándares de confiabilidad de la plataforma construida, los responsables de la misión tomaron dos decisiones sociotécnicas. En primer lugar, resolvieron comprar materiales y componentes calificados y estabilizados en el mercado satelital, debido al alto costo y tiempo que insumía su desarrollo local. La participación del sector privado internacional, además de validar y calificar la misión, materializó los conocimientos adquiridos por los actores locales involucrados en torno a sus propias capacidades y limitaciones, así como al funcionamiento del mercado de fabricación satelital. En segundo lugar, para garantizar la confiabilidad de la plataforma, el equipo responsable decidió que las unidades funcionales principales del satélite fuesen redundadas (Tognetti, entrevista, abril, 2019). Conae desarrolló capacidades a partir de la gestión del proyecto, la coordinación de pares internacionales y proveedores privados extranjeros y nacionales, estos últimos con reducida experiencia en el sector espacial.

Un problema sociotécnico persistente desde la primera misión era la dificultad de ensayar localmente los artefactos. Ante la falta de una solución que no fuera la dependencia de centros extranjeros, los ingenieros de Invap S.E. decidieron trasladar el satélite a Brasil. Allí los ingenieros argentinos participaron de manera activa en los ensayos con el consiguiente desarrollo de aprendizajes.

Según las estimaciones, la vida útil del SAC-C era de cuatro años. Sin embargo, la misma fue

superior a doce años (ver cuadro N.º1). Los errores de cálculo respecto a la degradación de los equipos y el agotamiento de los componentes del subsistema de potencia hicieron posible que el satélite esté operativo y triplicara las expectativas. La extensa vida útil del artefacto, además de aportar información sobre la Tierra, materializó las capacidades de diseño y construcción de los profesionales involucrados en su desarrollo.

### *Producción de conocimientos y generación de capacidades en Invap S.E.*

A partir del diseño y producción de reactores nucleares, Invap S.E. dominó distintas capacidades de ingeniería de producto y proceso (Katz, 1978), tales como el diseño, la fabricación y el testeado de las placas de circuitos integrados; los análisis y la tecnología utilizada en la medición de las cargas sobre una estructura y diversas tareas mecánicas —el desarrollo de materiales compuestos, procesos de soldado específicos, control de corrosión, entre otros—. Asimismo, la empresa desarrolló capacidades en la gestión de proyectos complejos (Gaussman, entrevista, octubre, 2019). Si bien estas capacidades se desplegaron en el área nuclear, su carácter genérico permitió que se constituyesen en la base del diseño y producción de artefactos en el sector espacial (Seijo y Cantero, 2012). La estructura matricial de la empresa, organizada por áreas de negocios —nuclear, espacial, industrial, equipamiento médico y nuevos negocios— con una forma de trabajo por proyectos, atravesadas por distintos sectores de servicios —calidad, recursos humanos, administración y finanzas, abastecimiento y sistemas— favoreció la circulación interna de estos conocimientos (Versino, 2006).

Durante la década de 1990, Invap S.E. acumuló nuevas capacidades de producción mediante el diseño, fabricación e integración de tres satélites con fines científicos y de observación de la Tierra operados por Conae. Para tales proyectos, la empresa diseñó y construyó múltiples productos y procesos (Tisot, entrevista, octubre de 2019; Gaussman, entrevista, octubre de 2019; Jauffman, entrevista, octubre de 2019).

Para el diseño y producción de las estructuras, instrumentos y componentes de los satélites SAC, Invap S.E. adecuó sus instalaciones, como también proyectó, construyó y equipó nuevos laboratorios, lo cual dio cuenta de la existencia en la empresa de capacidades de inversión (Lall, 1992). Por otro lado, a partir del trabajo de campo en las instalaciones también se identificaron capacidades de vinculación (Lall, 1992) dentro del área satelital.

*Para nosotros fue una ayuda muy importante la gente de NASA. En esa época no estaba lo del 11 de septiembre y las restricciones, entonces la gente de NASA fue muy abierta a transferirnos conceptos. Si bien ellos no tomaban responsabilidades, nos fueron transfiriendo experiencia o dónde buscar... así que nos poníamos a investigar (Jauffman, entrevista, octubre de 2019; resaltado de la autora).*

*Nos mandaron personal que ya no estaba dentro de los proyectos activos de ese momento, pero que conocían todo. Hoy sería imposible, con todas las regulaciones, tener alguien que esté contando en primera persona detalles de cómo hicieron las cosas y por qué. Los diseños los hicimos nosotros, pero el tiempo que nos acortaron, por el hecho de transmitirnos sus experiencias fue el que nos permitió llegar al diseño en tan poco tiempo (Tisot, entrevista, octubre de 2019; resaltado de la autora).*

La participación de personal de la NASA fue clave en la cadena de valor de los proyectos SAC de la Conae, ya que colaboró activamente en la definición de los requerimientos técnicos, del objetivo de las misiones, el acceso a documentación específica y la provisión de instrumentos y servicios tales como el lanzamiento. También aportaron en la circulación de habilidades, el asesoramiento técnico y bibliográfico y la reducción de los tiempos de diseño. Por otro lado, los centros dependientes de la NASA constituyeron espacios de formación para la mano de obra ingenieril y técnica local.

Si bien la empresa no tiene una política explícita de formación de la mano de obra mediante conve-

nios con universidades u otros centros educativo-tecnológicos, los funcionarios de Invap S.E. apoyaron y promovieron la realización de cursos en el exterior, la participación en eventos científico-tecnológicos, así como la realización de tales eventos en sus instalaciones.

*Italia participó en la misión SAC-C, aportó los paneles solares, puso un par de instrumentos (...) Ahí fue muy rica la interacción porque los italianos tuvieron problemas, y tuvimos nosotros que participar y solucionar los problemas. Problemas técnicos y de distinto tipo. El problema del cronograma. No llegaban con los tiempos, entonces nosotros le mandamos gente para ayudarlos a terminar los paneles a tiempo (Tisot, entrevista, octubre de 2019; resaltado de la autora).*

Tradicionalmente, la circulación de conocimientos entre países con distinto dominio sobre el desarrollo de tecnologías con alto valor agregado se piensa de forma unidireccional, desde los países que dominan los principales eslabones de las cadenas de valor hacia aquellos que mantienen condiciones periféricas. Sin embargo, en el caso objeto de este estudio, la circulación de conocimientos fue bidireccional.

Esta dinámica virtuosa basada en las interacciones bidireccionales, establecidas con instituciones de I+D y proveedores nacionales e internacionales, fue retroalimentada por las interacciones internas. “Fuimos deduciendo los requerimientos a partir de las cosas que nos iban pidiendo los distintos subsistemas. La cuestión fue interactiva” (Tisot, entrevista, octubre de 2019). Si bien cada grupo de trabajo era responsable del diseño y producción de los componentes o subsistemas a su cargo, la toma de decisiones no era aislada, sino que estaba determinada por la dinámica de interacciones entre los actores.

La interacción entre los distintos grupos fue muy fluida. Todos estábamos muy cerca, todos sabíamos lo que hacía el otro. Cuando había un problema, nos juntábamos entre varios, el mecánico, el eléctrico y decíamos “che ¿Acá cómo hacemos? Hagamos tal cosa”. Eso lo



resolvíamos mediante la interacción. (...) *Todos los lunes había una reunión donde todos los subsistemas estábamos alrededor de la misma mesa, y cada uno sabía lo que le pasaba al otro y le ayudábamos a resolver* (Tisot, entrevista, octubre de 2019; el resaltado de la autora).

Fue clave para el desarrollo exitoso del proyecto la interacción entre el jefe de proyecto (responsable de los objetivos del proyecto en sus distintas fases), el jefe de calidad o aseguramiento de producto (responsable de gestionar, dirigir, planificar y supervisar las actividades de cada grupo de trabajo en cada fase del proyecto) y los responsables de cada uno de los subsistemas de la plataforma satelital —estructura; control de actitud; control térmico; propulsión; potencia; telemetría y comando; y administración de datos—. De manera informal, entre los distintos grupos de trabajo del área espacial se generó una sinergia que permitía la acumulación de conocimientos, la toma de decisiones y la resolución de problemas para la materialización de los SAC.

Los proyectos SAC plantearon distintos problemas sociotécnicos a la empresa Invap S.E. en cuanto a organización, estructura, electrónica, materiales, ensayos, entre otros. Si bien las interacciones formales e informales y la participación en espacios de formación constituyeron vías de aprendizaje, la producción de conocimientos no se limitó a ello. El aprendizaje por la práctica y la resolución de problemas constituyeron dos dinámicas de aprendizajes claves en Invap S.E. Los problemas, las anomalías y situaciones de contingencia surgidas en cada fase del proceso productivo de los satélites fueron un núcleo de aprendizaje y experiencia no solo para el personal de la empresa sino para todos los actores involucrados, locales y extranjeros.

### *Grupos sociales relevantes y alianza sociotécnica para la producción local de satélites de órbita baja*

El primer grupo social relevante identificado es el del gobierno nacional. Su objetivo era alinear su política interna, incluso la política científico-tecnológica e

industrial, a los intereses norteamericanos. Si bien no compartía el pensamiento tecnonacionalista, el impulso de políticas públicas espaciales para el fortalecimiento de las relaciones diplomáticas con EE.UU. materializó proyectos satelitales de antaño. En el proceso de alineamiento con la política de EE.UU., el gobierno nacional generó —paradójicamente— las condiciones para el desarrollo y destrucción de capacidades espaciales locales.

El segundo grupo social está conformado por militares aeronáuticos. Estos compartían ideas tecnonacionalistas, por lo que su objetivo era desarrollar tecnologías espaciales en el ámbito local.

El tercer grupo identificado es el de la Conae, cuyos funcionarios estaban interesados en el desarrollo endógeno de capacidades espaciales de índole teórica y práctica.

El cuarto grupo está conformado por Invap S.E., cuyos funcionarios estaban interesados en ampliar la cartera de clientes mediante la exportación de tecnología nuclear y el desarrollo de nuevos negocios. La incursión en el área satelital respondió al convencimiento interno de la empresa acerca de sus capacidades para el desarrollo de proyectos complejos. En el interior de este grupo estaban los ingenieros y técnicos responsables de la fabricación e integración de los artefactos, que negociaban significaciones con los funcionarios.

El quinto grupo es el de las agencias espaciales extranjeras interesadas en los proyectos satelitales argentinos. Estas agencias participaron directamente en el diseño y ejecución de las distintas misiones mediante el aporte de financiamiento, la circulación de tecnología y conocimientos.

El sexto grupo identificado está constituido por empresas extranjeras con prolongada experiencia en el mercado de fabricación satelital. El interés de estas era ampliar su cartera de clientes en un mercado de características reducidas.

El séptimo y último grupo social está integrado por instituciones del complejo científico-tecnológico argentino, interesadas en el desarrollo de proyectos

científico-tecnológicos en general. Este grupo carecía de experiencia en cuestiones espaciales.

En 1960 existían diversos actores sociales interesados en el desarrollo de investigaciones y actividades espaciales nucleados en la CNIE. En 1980, un grupo conformado por militares y especialistas en el espacio cuestionó, por un lado, el rol desempeñado por la CNIE, puesto que consideraban que el espacio era de interés de todo el país y no solo de la Fuerza Aérea —que había realizado múltiples desarrollos endógenos en coherencia y propulsores, pero no había logrado materializar los proyectos satelitales— y, por otro lado, la falta de una política espacial. En dicho contexto, aumentaron las presiones internacionales sobre el gobierno nacional para la cancelación del Proyecto Cóndor, visualizado como un arma de destrucción masiva.

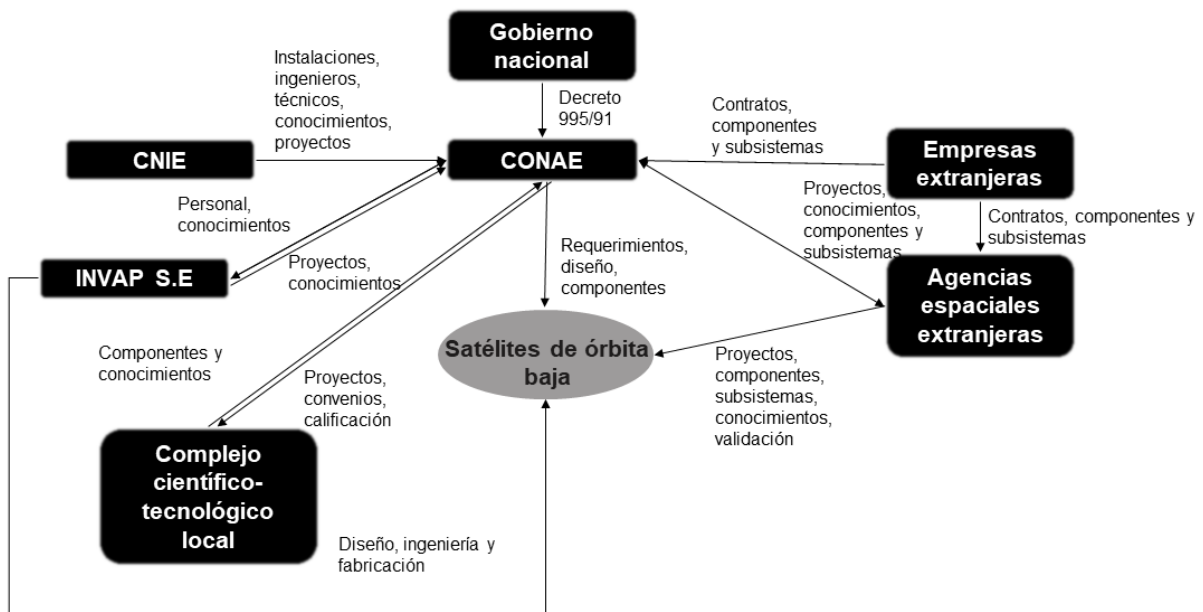
El gobierno nacional quería deconstruir la imagen de Argentina como país no confiable para las potencias extranjeras, y por ello decidió promover una política espacial alineada a sus intereses diplomáticos. Mediante el Decreto PEN N.º 995/91 creó una agencia espacial de carácter civil, la Conae, y desmanteló la CNIE y sus proyectos de coherencia.

En dicho proceso, Conae logró articular todas las instalaciones productivas, ingenieros, técnicos, conocimientos, capacidades y proyectos de la CNIE, y las capacidades científico-tecnológicas y de gestión de Conrado Varotto. Ello la posicionó como un actor con capacidad para alinear y coordinar los intereses de otros actores sociales (ver gráfico N.º1).

La primera estrategia de Conae fue afianzar los vínculos con la NASA mediante la definición conjunta de misiones satelitales. Ello posibilitó que entre ambas agencias circulase capital, componentes, subsistemas y conocimientos que calificaron los satélites de observación terrestre producidos en el ámbito local. La certificación de los productos y procesos generó el alineamiento de otras agencias espaciales, como la ASI y el Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES) de Francia.

La segunda estrategia de Conae fue afianzar los vínculos con Invap S.E. mediante la designación de Varotto como director de la Agencia. Ello permitió que esta última materializara los proyectos tecnoproductivos y que Invap S.E. incursionara en el sector satelital.

**Gráfico N.º 1. Alianza sociotécnica de la producción local de satélites de órbita baja**



Fuente: elaboración propia

La tercera estrategia desarrollada por Conae fue el establecimiento de convenios con organismos del complejo científico-tecnológico local. Si bien la política económica del gobierno nacional no promovía el desarrollo de la ciencia y la tecnología, y la política sectorial era desalentadora, diversos institutos y universidades nacionales fueron incorporados a la alianza. Éstos desarrollaron instrumentos, *software* y componentes que fueron probados en órbita, con la consecuente generación de capacidades.

Debido a la ausencia en el mercado argentino de proveedores con calidad y experiencia en la fabricación de instrumentos espaciales, Conae decidió comprar algunos componentes y subsistemas a empresas extranjeras, las cuales fortalecieron la alianza, ya que eran el único actor privado con amplias capacidades acumuladas en la materia.

En suma, a excepción de los ingenieros y técnicos vinculados al Proyecto Cóndor, los cuales fueron retirados o trasladados a tareas que no comprometerían las relaciones diplomáticas del gobierno argentino con su par norteamericano, Conae logró alinear y coordinar a los otros actores en torno a la producción local de satélites de observación terrestre.

## Conclusiones

En las primeras décadas del siglo xx se registró en el seno de la Fuerza Aérea Argentina un pensamiento que promovía la producción nacional de tecnologías estratégicas. Si bien dicho pensamiento rebasó la esfera militar, los desarrollos locales de aviones, automóviles, embarcaciones, reactores nucleares, vectores y satélites artificiales estuvieron próximos en sus orígenes al accionar de las Fuerzas Armadas. Setenta años después de los primeros discursos tecnonacionalistas, la Argentina desarrolló con recursos locales los primeros satélites de observación terrestre. El análisis de las capacidades tecnológicas generadas en el área espacial permite observar que, si bien el proceso de producción de conocimientos es acumulativo, no tiene carácter lineal.

Las políticas públicas ejercen influencia en las dinámicas de acumulación y desacumulación de capacidades tecnológicas y conocimientos, principalmente en aquellas áreas cuyo desarrollo requiere la promoción directa del Estado. Dicho proceso puede ser explícito o implícito. El gobierno nacional, mediante la sanción de una política pública —la creación de Conae y la aprobación del Plan Espacial “Argentina en el espacio 1995-2006”— ejerció una influencia contradictoria en las curvas de aprendizaje del sector espacial. Por un lado, llevó al cierre de la planta industrial de Falda del Carmen. Este hecho derivó en la pérdida de múltiples capacidades tecnológicas, no solo por la destrucción física de maquinarias y componentes, sino por la persecución y el hostigamiento hacia el personal especializado. Por otro lado, si bien el programa económico del gobierno nacional favorecía la importación tecnológica, los acuerdos de cooperación establecidos con la NASA y otras agencias espaciales favorecieron el diseño y producción local de satélites.

La experiencia analizada visibiliza que las trayectorias institucionales, si bien condicionan la dirección del cambio tecnológico, no constituyen un factor determinante, puesto que la acción de elementos externos, como una política pública, puede acelerar, estacionar o interrumpir el mismo.

Si bien este artículo dio cuenta de la creación y acumulación de capacidades en Invap S.E. y otras instituciones del sector científico-tecnológico argentino, también puede visualizarse la destrucción simultánea de capacidades tecnológicas mediante la discontinuación de proyectos tecnoproductivos, ya sea por su significación como elementos de alteración del orden geopolítico —el Proyecto Cóndor— o inadecuados respecto a la política económica implementada desde inicios de la década de 1990. En función de ello, podría afirmarse que las políticas públicas que favorecieron el diseño y la fabricación local de satélites científicos fueron más el reflejo del alineamiento de la política exterior argentina con la posición norteamericana sobre el discurso de no proliferación de armas de destrucción masiva, que una política de impulso industrial.

## Notas

<sup>1</sup> Este trabajo se realizó en el marco del PICT 2017-3176 “Tecnologías conocimiento-intensivas en Argentina. Análisis sociotécnico de experiencias locales de investigación y desarrollo: el caso INVAP-ARSAT para la explotación de la órbita geoestacionaria y las bandas de frecuencia (2004-2017)”; Programa del IESCT-UNQ y beca Conicet. Agradezco especialmente a mis directores, Facundo Picabea y Andrés Rodríguez, así como a mis compañeros de equipo.

<sup>2</sup> Junto al SAC-B estaba el satélite norteamericano HETE-1.

---

## Referencias bibliográficas

- Bär, N. (2017, 10 de febrero). Satélites científicos: un programa que ya cumplió 30 años y se plantea más logros. *La Nación*. Recuperado de: <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/satelites-cientificos-un-programa-que-ya-cumplo-30-anos-y-se-plantea-mas-logros-nid1983363>
- Bär, N. (2018, 23 de septiembre). Murió el astrónomo Marcos Machado, uno de los pioneros de la actividad satelital. *La Nación*. Recuperado de: <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/murio-astronomo-marcos-machado-uno-pioneros-actividad-nid2174927>
- Bijker, W. (1995). *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge.MIT Press
- Blinder, D. (2018). Política espacial argentina: rupturas y continuidades (1989-2012). En Lugones, M.; Aguiar, D. (comp.). *Políticas de ciencia, tecnología e innovación en la Argentina de la posdictadura* (pp. 105-126). Río Negro, Argentina: UNRN.
- Bogado, M.; Tamasi, M.; Bolzi, C. y Raggio, D. (2015). Desarrollo de sensores solares en Argentina para aplicaciones terrestres y espaciales. *Revista Brasileira de Energía Solar*; VI(1), 57-67.
- Caselles, V. y Rivas, R. (2001). El SAC-C: Primer Satélite Argentino de Observación de la Tierra. *Revista de Teledetección*; 15, 1-2.
- Cohen, W. y Levinthal, D. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Special Issue: Technology, Organizations and Innovation*; 35(1), 128-152.
- CONAE (s/f). Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/misiones-espaciales/misiones-cumplidas> (2 de marzo de 2018)
- Decreto PEN n.º 11.145/58. Creación de la Escuela de Astronáutica. Boletín Aeronáutico Público. Secretaría de Aeronáutica. Buenos Aires, 11 de diciembre de 1958.
- Decreto PEN n.º 1164/60. Créase la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales. INFOLEG. Ministerio de Economía de la Nación. Buenos Aires, Argentina, 28 de enero de 1960.
- Decreto PEN n.º 995/91. Créase la Comisión Nacional de Actividades Espaciales. INFOLEG. Ministerio de Economía de la Nación. Buenos Aires, Argentina, 3 de junio de 1991.
- De Dicco, R. (2007). Satélites Argentinos serie SAC. *Ciencia y Energía*; 1-28.
- De León, P. (2017). *El Proyecto del Misil Cóndor. Su origen, desarrollo y cancelación*. Carapachay: Lenguaje Claro.
- De León, P. (2018). *Historia de la Actividad Espacial en Argentina*. Carapachay: Lenguaje Claro.

- Domínguez, N. (abril, 2019). Entrevista personal al teniente e ingeniero Néstor Domínguez.
- Gaussman, R. (octubre, 2019). Entrevista personal al licenciado Ricardo Gaussman, manager de la División Aseguramiento de Producto de INVAP S.E.
- Ghielmetti, H. (1987). Los científicos de la NASA interesados en un proyecto argentino. *Astrofísica* II(5).
- Giménez de Castro, G. (2017, 19 de enero). Historia de la ciencia y la tecnología. [Publicación de blog] Recuperado de: <http://historia-ciencia-tecnologia.blogspot.com/2017/01/una-historia-de-los-satelites.html#more>
- Godfrin, E.; Martínez Bogado, M.; Tamasi, M. y Durán, J. (1999). *Primera experiencia de celdas solares argentinas en el espacio. Análisis preliminar de los resultados*. Buenos Aires: Grupo de Energía Solar, Dpto. de Física. CAC. CNEA.
- Gutti, P., (2008). *Características del proceso de absorción tecnológica de las empresas con baja inversión en I+D: un análisis de la industria manufacturera argentina*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de General Sarmiento. Los Polvorines.
- Jauffman, H. (octubre de 2019). Entrevista personal al ingeniero mecánico Hugo Jauffman, delInvap S.E.
- Katz, J. (1978). Cambio tecnológico, desarrollo económico y las relaciones intra y extra regionales de la América Latina. Monografía de trabajo N.º30. Programa BID-CEPAL sobre Investigación en Temas de Ciencia y Tecnología.
- Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. *World Development*; 20(2), 165-186.
- Maclaine Pont, P. y Thomas, H. (2009). How wine functions: the socio-technical alliance of Mendocino quality wine. En *4S Congress, Theories and Methods in Latin American STS*. Washington D.C., EE.UU.
- Oszlack, O. y O'Donnell, G. (1995). Estado y políticas estatales en América Latina: hacia una estrategia de investigación. *REDES*; 2(4), 99-128.
- Picabea, F. y Cáceres, Y. (en prensa). De Nahuelsat a ARSAT: análisis de la producción de satélites de telecomunicaciones en Argentina. En D. Aguiar y M. Lugones (Eds.). *Políticas y desarrollo de tecnologías intensivas en conocimiento en la Argentina (1983-2015)*. San Carlos de Bariloche: UNRN.
- Picabea, F. y Thomas, H. (2015). *Autonomía tecnológica y Desarrollo Nacional. Historia del diseño y producción del Rastrojero y la moto Puma*. Buenos Aires: Cara o Ceca.
- Pinch, T. y Bijker, W. (1987). La construcción social de hechos y de artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología pueden beneficiarse mutuamente. En Thomas, H. y Buch, A. (Comp.) (2008). *Actos, actores y artefactos*. Bernal: Editorial UNQ.
- Rahn, D. (1991). Release 91-126 US and Argentina Sing Space Cooperation Agreements. Headquarters, Washington DC, EE.UU.
- Seijo, G. y Cantero, H. (2012). ¿Cómo hacer un satélite espacial a partir de un reactor nuclear? Elogio de las tecnologías de investigación en INVAP. *REDES*, 18(35), 13-44.
- Sierra, C. (1989). Planificación de la definición técnica de una espacionave. *Revista de la Escuela Superior de Guerra Aérea*, 160/161.
- Tisot, C. (octubre de 2019). Entrevista personal al ingeniero Christian Tisot, ingeniero de Sistema en Invap S.E.
- Thomas, H. (2008). Estructuras cerradas versus procesos dinámicos: trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico. En Thomas, H. y Buch, A. (Comp.) (2008). *Actos, actores y artefactos*. Bernal: Editorial UNQ.
- Thomas, H. (1999). *Dinâmicas de inovação na Argentina (1970-1995). Abertura comercial, crise sistêmica e rearticulação*. Tesis de doctorado, Departamento de Política Científica e Tecnológica –UNICAMP, Campinas.
- Thomas, H. y Buch, A. (Comp.) (2008). *Actos, actores y artefactos*. Bernal: Editorial UNQ.

- Tognetti, E. (abril de 2019). Entrevista personal al ingeniero Pablo Tognetti. Presidente de Arsat s.a.
- Varotto, C. (1994). Welcome Addresses. *Second Eurc-Latin American Space Days*, Proceedings of the conference held CONAE. Buenos Aires, Argentina: Norman Longdon. European Spacial Agency. Recuperado de: <http://adsbit.harvard.edu/full/1994ESASP.363....3V/0000003.000.html>
- Versino, M. (2006). *Análise sócio-técnica de processos de produção de tecnologias intensivas em conhecimento em países subdesenvolvidos. A trajetória de uma empresa nuclear e espacial Argentina (197C-2005)*. Tesis de doctorado. Universidad de Campinas, Campinas.