



Revista Iberoamericana de Derecho, Cultura y Ambiente



Edición N°8 – Diciembre de 2025

Capítulo de Derecho Antártico, Gestión y Geopolítica del Atlántico Sur

www.aidca.org/revista

ANÁLISIS DE LA POLÍTICA ESPACIAL ARGENTINA EN EL MARCO DEL TRATADO ANTÁRTICO

Por Abelardo Romero

1 Introducción

La Antártida constituye uno de los entornos más desafiantes del planeta. Su clima extremo, las vastas distancias, el aislamiento geográfico y las limitaciones logísticas hacen que la actividades humanas sean limitadas y deban ser cuidadosamente planificadas.

La investigación de los ambientes antárticos requiere de herramientas capaces de operar con limitaciones extremas como condiciones meteorológicas severas, largos períodos de oscuridad invernal, imposibilidad de acceder físicamente a ciertas áreas y abarcar grandes extensiones de territorio. Por un lado la observación directa *in situ* para la investigación científica resulta irremplazable pero, al mismo tiempo, depende de condiciones operativas que restringen muchas veces su continuidad.



Los avances tecnológicos de las últimas décadas han abierto nuevas formas de observación terrestre por medio de sensores remotos y la observación satelital. Estos métodos permiten adquirir información abarcativa de grandes áreas, de forma regular y con alta precisión casi sin necesidad de desplegar infraestructura física en el terreno.

La Argentina es el país con la más larga presencia interrumpida de todos los países que llevan adelante actividades antárticas y un creciente desarrollo espacial que la posiciona dentro de selecto grupo de naciones capaces de diseñar y construir satélites propios. Además, se encuentra en una posición estratégica para integrar ambas dimensiones: la ciencia polar y la tecnología satelital.

Este trabajo tiene como objetivo analizar la evolución de las capacidades satelitales argentinas y su relación y potencialidad con la investigación antártica, dentro del marco jurídico del Sistema del Tratado Antártico y los objetivos de la Política Nacional Antártica. Se busca destacar cómo la soberanía tecnológica y la cooperación internacional pueden converger en un modelo de ciencia al servicio de la paz, el conocimiento y el interés nacional.

2 Marco jurídico de la actividad antártica

El estado Argentino mantiene permanencia oficial ininterrumpida en la Antártida desde 1904 tras el establecimiento del Observatorio Meteorológico de la Isla Laurie en las Orcadas del Sur junto a la primer oficina de correo antártica (Actualmente Base Orcadas), mostrando el estrecho vínculo entre los intereses soberanos y la investigación científica en el continente antártico. Este hito marca el inicio de una presencia permanente que se mantendrá en soledad por los siguientes 40 años.

Entre los años 1957 y 1958 se llevó adelante el denominado Año Geofísico Internacional (AGI) para el que se coordinaron actividades científicas en áreas de geofísica, geología y astronomía como la meteorología, la oceanografía y la glaciología, entre otras, orientadas al estudio de la Tierra y del espacio que la rodea (1). Las exploraciones antárticas estuvieron entre los logros del AGI. Como



consecuencia, en el año 1959 se firma el Tratado Antártico con el objetivo de establecer a la Antártida como un espacio destinado a las investigaciones científica y actividades pacíficas. Argentina fue parte activa en las exploraciones antárticas del AGI (2) y poseriormente parte de los 12 signatarios originales del tratado antártico y reclamante de territorio.

El Sistema del Tratado Antártico comprende los acuerdos y protocolos basados en el Tratado y los diversos órganos que gestionan las actividades que se realizan en el continente antártico (1). Sus principios fundamentales son el uso pacífico del territorio antártico, la libertad de investigación científica, cooperacion internacional y consenso entre las partes consultivas. En ese sentido, la investigación científica se encuentra amparada entre los principios fundamentales del Tratado, el cual promueve la realización actividades destinadas a la búsqueda de conocimiento.

El Protocolo de Madrid sobre Protección del Medio Ambiente Antártico (1991) reforzó este compromiso, estableciendo que la Antártida es “una reserva natural, consagrada a la paz y la ciencia”. En consecuencia, los medios de observación remota como la teledetección satelital se presentan como una herramienta de cumplimiento normativo: permiten el monitoreo ambiental continuo y la evaluación de impactos casi sin intervención directa sobre el terreno.

El uso de tecnologías espaciales encaja plenamente con los objetivos del sistema, ya que permite producir conocimiento global sin alterar los ecosistemas locales.

3 Historia de la observación remota aplicada a la Antártida

Las primeras técnicas de observación sistemática del continente se desarrollaron a partir de campañas aéreas, entre 1946 y 2000, realizadas principalmente por los Estados Unidos y el Reino Unido. En 2018, el Servicio Geográfico de los Estados Unidos publicó imágenes digitalizadas de esos relevamientos aereos, las cuales permitieron elaborar modelos topográficos históricos de la Antártida, constituyendo una valiosa referencia para comparar cambios ambientales ocurridos desde mediados del siglo XX (3).



Con el desarrollo de tecnología y el comienzo de la era espacial, los satélites Landsat de la Agencia Espacial y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (NASA y USGS), desde 1972 revolucionaron la cartografía polar. Las imágenes ópticas multiespectrales de 30 metros de resolución permitieron medir áreas de hielo, extensión de nieve y cambios estacionales en los glaciares. En 2007, durante el Año Polar Internacional, la NASA y el Servicio Antártico Británico elaboraron el Landsat Image Mosaic of Antarctica (LIMA), el primer mosaico completo de imágenes satelitales de alta resolución del continente y en 2011 se presentó el REMA, el primer modelo digital de alturas de alta resolución ($\pm 2\text{m}$) de casi todo el continente. Estos sensores tienen la característica de ser pasivos, sin emitir, solo captan señales de ambiente, y son incapaces de detectar señales que atraviesen nubosidad, por lo que dependen de las condiciones meteorológicas e iluminación natural. Su uso se limita al verano austral, siendo una de sus mayores restricciones en la región antártica.

En 1978 se la NASA lanzó el Seasat, siniendo el primer satélite con un Radar de Apertura Sintética (SAR, por sus siglas en inglés), pero su uso se expandió recién con las misiones ERS (1 y 2), de la Agencia Espacial Europea (ESA) y la RADARSAT-1 canadiense en 1991, 1992 y 1995 respectivamnete. Estos sensores son de carácter activo, capaces de emitir haces de luz en diferentes frecuencias e “iluminar” la superficie terrestre y operar durante la noche con señales que atraviesan nubes o tormentas y detectan movimientos y características de la superficie que antes eran imperceptibles desde el espacio. Su aplicación permitió estudiar grietas, movimientos glaciares y la dinámica del hielo con mayor precisión y de forma mas regular.

En la década de 1990 se comenzó a usar masivamente de forma civil el uso de la tecnologia de los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS, por sus siglas en inglés), por medio del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), desarrollado en los años 70's para uso militar por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Esta técnología serviría como soporte de navegacion y posicionamiento preciso para operaciones de todo tipo, incluso en la Antártida.

Posteriormente, la tecnología láser dio lugar a determinaciones precisas de altura de la topografía con misiones como ICESat (NASA, 2003 y 2018) y CryoSat-2 (ESA, 2010, Laser + SAR), permitiendo estudiar sus variaciones



verticales. Esto es particularmente útil en regiones glaciares para estimar variaciones de volumen de hielo asociado al derretimiento.

Por último, las misiones GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*, 2002-2017) y GRACE-FollowOn (2018-) hacen uso de la gravimetría satelital, pudiendo determinar pequeñas variaciones en el campo de gravedad terrestre, asociadas a cambios en la distribución de masas vinculados a procesos geodinámicos en el interior de la tierra y redistribuciones hielo y agua en la superficie. Los desarrollos de esta tecnología para futuras misiones (GRACE-C y NGGM) prometen profundizar los alcances de sus exitosos predecesores, con impacto en la medición de las variaciones masas glaciares, agua en ríos, lagos, subterráneas y determinaciones del cambio del nivel del mar.

Debido a su aislamiento y a las actividades que allí se realizan, la Antártida es una de las regiones donde las observaciones satelitales cobran especial protagonismo. La información satelital es de vital importancia para contar con pronósticos meteorológicos certeros en un clima extremo e inestable. El paisaje se encuentra dominado por la presencia de la capa de hielo la cual, a diferencia de las regiones polares del norte donde el hielo flota sobre el océano, la capa de hielo Antártico está apoyada sobre corteza continental. Existe un complejo juego entre las dinámicas glaciares de la superficie y la respuesta de la corteza y las capas subyacentes. Este tipo de fenómenos, aunque presentan una distribución heterogénea, se manifiestan a escalas continentales, prácticamente imposibles de abordar únicamente mediante estudios desde el terreno. Por ello, resulta ideal para la aplicación de técnicas de observación satelital, las cuales se complementan con las investigaciones *in situ* a través de la verificación y validación de las mediciones remotas. El uso de las tecnologías ópticas, radar, gravimétricas y GNSS es esencialmente complementario, ya que la integración de datos espaciales y observaciones de campo permite obtener resultados precisos y confiables. Además, estas herramientas contribuyen al apoyo logístico de las operaciones antárticas, optimizando rutas, posicionamiento y planificación de tareas en un entorno donde las condiciones extremas limitan la observación directa.

4 El desarrollo espacial argentino y su vínculo con la Antártida



Argentina inició su trayectoria espacial en la década de 1940 con proyectos de cohetería, institucionalizandola en 1960 con la creación de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE), dependiente de la Fuerza Aérea. En 1965, la “Operación Matienzo” significó un hito histórico en el vínculo del uso de tecnologias aeroespaciales para la investigación antartica: se lanzaron cohetes de fabricacion nacional desde la Base Antártica Matienzo para medir radiación cósmica en la alta atmósfera (4), convirtiendo a Argentina en pionera en el uso de tecnología espacial en la Antártida.

La fundación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en 1991 marcó un cambio estructural cambiando la dependencia de la politica espacial al ámbito civil. Desde entonces, la CONAE tiene la misión de proponer y ejecutar un Plan Espacial Nacional (5), que tiene el carácter de Plan Estratégico para las actividades espaciales con tres objetivos principales: La observación de la Tierra, Exploración y utilización pacifica del espacio ultraterrestre y el desarrollo tecnológico para uso espacial.

En 2006 se creó la Empresa de Soluciones Satelitales, ARSAT, con el objetivo de diseñar y fabricar y poner en servicio satélites geoestacionarios de comunicaciones para proteger las posiciones orbitales argentinas asignadas, dandoles uso, y proveer facilidades y servicios satelitales. En 2020 se aprobó el Plan Satelital Argentino que pervé la promocion de la industria satelital y su articulacion con el sistema educativo para la formacion de recursos humanos en vistas al enriquecimiento del sistema y a la continuidad de los servicios ofrecidos por ARSAT.

Algunas de las principales misiones y programas llevados adelante y planificados en la Argentina son:

⑩ Satéltes de Aplicaciones Científicas (SAC) :

La serie de satélites SAC es una historia de aprendizaje. La planificación de satélites científicos fue previa a la existencia de la CONAE. Originalmente, tras una invitacion de la NASA, se ideó el proyecto SAC-1 en 1981, el cual no llegó a concretarse pero estableció cooperaciones internacionales que se concretarían en 1996 con el SAC-B. Diseñado para realizar observaciones astronómicas, tampoco logró completar su mision debido a una falla en el lanzador pero



permitió comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas del satélite. En 1998, se realizó el lanzamiento de la misión SAC-A. Dado que se contaba con solo 11 meses de preparación previo al lanzamiento, se concibió principalmente para poner a prueba instrumentos de telemetría, infraestructura de telecomando y control, así como la preparación de recursos humanos en vistas a la misión SAC-C, desarrollada en paralelo.

El SAC-C, lanzado en 2000, fue el primer satélite argentino de observación de la Tierra. Sus instrumentos ópticos permitieron observar diferentes coberturas terrestres y brindar apoyo a la Prefectura Naval y la Armada Argentinas para sus tareas de vigilancia en el mar. Con 13 años de servicio, superando su vida útil prevista, sirvió de fuente de datos para proyectos de investigación en áreas de hidrología, estudios costeros, geología, salud y gestión de emergencias, además de aportes para material educativo (5).

El satélite SAC-D/AQUARIUS, lanzado en 2011 para la observación de los océanos, permitió medir variaciones de temperatura en el mar, mejorar pronósticos climáticos regionales. Además, para esta misión se ubicaron plataformas transmisoras del Sistema de Colección de Datos en varios puntos del país, incluyendo la Antártida. Su cámara de alta sensibilidad permitió captar imágenes del territorio Antártico, incluso durante el invierno, para hacer seguimiento de la dinámica glaciar. En 2015 terminó su servicio luego de los 4 años previstos de duración.

⑩ ARSAT

Lanzados en 2014 y 2015, los satélites ARSAT 1 y 2 fueron los primeros satélites de comunicaciones geoestacionarios de fabricación argentina, es decir que mantienen una posición relativa fija respecto de la superficie de la Tierra que les permite una cobertura casi constante sobre el territorio nacional. Estas misiones han significado una importante mejora en la cobertura de internet y televisión satelital en regiones aisladas de la Argentina, incluyendo el Atlántico sur y el norte de la Península Antártica.

⑩ Constelación SAOCOM (Satélite Argentino de Observación con radar de Microondas)



La experiencia y la capacidad técnica ganada con las misiones previas dió lugar al desarrollo de las misiones SAOCOM. La constelación está compuesta por dos satélites gemelos (SAOCOM 1A y 1B), lanzados en 2018 y 2019 respectivamente. Pesan al rededor de 3000 kilogramos cada uno y cargan con un Radar de Apertura Sintética (SAR, por sus siglas en inglés) en banda L. Su objetivo es generar información útil para la prevención, el monitoreo y mitigación de catástrofes naturales o antrópicas y, además, sobre la humedad del suelo con enfoque en las actividades productivas principalmente (5).

La constelación forma parte del Sistema Ítalo-argentino de Satélites para la Gestión de Catástrofes (SIASGE), donde se complementa con otros 4 satélites italianos de tecnología SAC pero en bandas complementarias. La ventaja de contar con una constelación radica en reducir la frecuencia toma de datos sobre un mismo punto, ya que no es sólo un satélite cubriendo la superficie observada, sino varios. Su cobertura es global pero con especial enfoque en las necesidades para el monitoreo del territorio nacional.

Su productos principales son el Pronóstico de Inundaciones y los Mapas de Humedad del Suelo, los cuales brindan información útil para la toma de decisiones en el ámbito agropecuario y la optimización y uso sustentable de recursos. Sus datos, mediante el monitoreo de los hielos australes desde 2023, sirven de apoyo al Servicio de Hidrografía Naval en el guiado del rompehielos Almirante Irizar durante la Campaña Antártica de Verano y tienen utilidad el el monitoreo de volcanes y seguimiento de flujo glaciar (6)(7).

⑩ Proyectos futuros

ARSAT-SG1: Tercer satélite geoestacionario de comunicaciones. De alto rendimiento y con el objetivo de brindar cobertura de internet de banda ancha sobre el territorio argentino. Su lanzamiento estaba previsto para el año 2023, reprogramado para octubre de 2027.

SAC-E/SABIA-Mar: El Satélite de Aplicaciones Basadas en la Información Ambiental del Mar (SABIA-Mar) es una misión de observación terrestre con principal enfoque en el estudio del mar y las costas por medio de instrumentos ópticos multifrecuencia. Su objetivo principal es brindar datos y productos para el estudio de la productividad primaria del mar, los ecosistemas marinos, el ciclo



del carbono, la dinámica de las aguas costeras, el manejo de recursos costeros y la calidad del agua en costas y estuarios. De desarrollo y fabricación argentinos, su lanzamiento está previsto para la primera mitad del 2026 y será el primer satélite de una nueva constelación junto con un satélite desarrollado por el Instituto Nacional de Estudios Espaciales de Brasil (INPE).

Vehículos Lanzadores: A pesar de las actividades aeroespaciales pioneras de la Argentina y de las capacidades reconocidas en el ámbito de las tecnologías satelitales, el país aun no tiene capacidad de poner sus satélites en órbita, lo que permitiría completar el ciclo de diseño, fabricación y lanzamiento de forma independiente. Esta tarea le fue encargada a la CONAE bajo el plan de “Acceso al Espacio”. Para cumplir con ese objetivo, se lleva adelante el proyecto de Vehículos Lanzadores. Actualmente en la etapa de desarrollo de vehículos experimentales (VEx) previos a los lanzadores Tronador II, II-A y III con proyección de cargas útiles de 250, 500 y 750 kilogramos a 600 Km de altura.

Arquitectura Segmentada: Con el objetivo de dar respuestas rápidas a las demandas de los usuarios de datos de observación de la Tierra, CONAE planifica este programa de desarrollo de satélites e instrumentos en “segmentos” que puedan ser operados de forma coordinada para proporcionar respuestas equivalentes o mejores a las plataformas únicas tradicionales. Las cargas más livianas están contempladas como carga útil de los lanzadores Tronador.

SARE: En la misma línea, la serie SARE se compone de satélites livianos de tecnología óptica y SAR de alta resolución. Con principal énfasis en aspectos urbanos, cartografía, transporte y seguridad, aunque con aplicación en áreas como agricultura hidrología y emergencias.

Actualmente la CONAE cuenta con la Estación Terrena de Córdoba y la Estación Terrena de Tierra del Fuego con el doble propósito de ser soporte de las misiones satelitales y de los futuros lanzadores. Se está llevando adelante la instalación de una tercera estación en la Base Antártica Belgrano II, la cual podrá ser operada en forma remota y servirá de soporte no solo para las misiones argentinas, sino también brindar servicios a otras instituciones públicas o privadas de todo el mundo aprovechando su ubicación geográfica.



Cada misión significó profundizar la cooperación con agencias extranjeras como la NASA, ASI (Italia), IMPE, CNES (Francia), DSRI (Dinamarca), entre otras. Además exigió la formación y cooperación con diversas instituciones y empresas del sistema científico tecnológico del ámbito nacional, principalmente CONAE e INVAP, pero también la CNEA, INTI, INTA, VENG, CNEA, junto a otros institutos, universidades y proveedores indirectos. Esto, sumado al desarrollo de infraestructura terrestre, es capacidad instalada para el desarrollo de futuras misiones a disposición del interés nacional.

5 Conclusión

El origen del desarrollo satelital para la observación terrestre, tanto a nivel global como nacional, ha sido motivado por intereses estratégicos y militares. Sin embargo, con el paso del tiempo, estos objetivos se complementaron con un creciente interés científico, impulsado por la cooperación internacional y el intercambio abierto de datos.

El uso masivo de la información satelital de las grandes agencias espaciales del hemisferio norte responde no solo a la calidad de las observaciones, sino también a un proceso de retroalimentación: las misiones se diseñan para entender las demandas de la comunidad científica, mientras que sus estructuras institucionales promueven y amplifican su uso, generando necesidad de datos y productos.

En Argentina, el aprovechamiento de los datos satelitales se orienta principalmente a la toma de decisiones vinculadas a actividades socioeconómicas y gestión de riesgos. En relación a la Antártida, este potencial se expresa en apoyo que las misiones SAOCOM brindan a las Campañas Antárticas de Verano, contribuyendo a la planificación logística. El componente científico de los planes espaciales nacionales continúa centrado más en el desarrollo tecnológico que en el uso sistemático de sus productos, especialmente dentro del ámbito de las ciencias polares. El empleo de datos satelitales argentinos con fines estrictamente científicos y su presencia en foros internacionales especializados aún es incipiente.

A nivel global, el uso de observaciones satelitales en la investigación polar está ampliamente consolidado, dado que constituye una herramienta eficiente por su



alta calidad, su bajo costo logístico y su prácticamente nulo impacto ambiental. En este contexto, la experiencia acumulada y la infraestructura existente en Argentina representan una ventaja para asegurar la continuidad y expansión de los programas espaciales, mientras que proporcionan una base sólida para promover el uso de los productos satelitales nacionales en la investigación antártica.

El acceso a datos provenientes de misiones internacionales mediante acuerdos de cooperación, junto con la formación de investigadores y personal en teledetección, geodesia, geofísica y ciencias polares, será esencial para aprovechar plenamente estas capacidades y consolidar la Argentina como productor relevante de información científica basada en datos satelitales.

Una participación activa del componente de investigación satelital dentro de la Política Nacional Antártica, en cooperación entre la CONAE, el Instituto Antártico Argentino, el Instituto Gulich, especializado en el procesamiento de datos satelitales, y el sistema universitario, cuenta una base firme para profundizar de forma eficiente el conocimiento del ambiente y los recursos de la Antártida. De esta forma, se contribuirá tanto a los principios de paz, ciencia y cooperación del Tratado Antártico, como al fortalecimiento de la posición argentina en su legítimo reclamo soberano en el continente blanco.

Bibliografía

- (1) Ferro, Mariano Damián; Sistema del Tratado Antártico y Régimen de Protección Ambiental; Asociación Iberoamericana de Derecho, Cultura y Ambiente; Revista Iberoamericana de Derecho, Cultura y Ambiente; 1; 6-2022; 1-27
- (2) Gershnik, Simón (1957) La Argentina en el Año Geofísico Internacional, Revista de la Universidad; no. 1, páginas 79-94. ISSN: 0041-8625
- (3) Felix Dahle, Roderik Lindenbergh, Bert Wouters (2023), 5th Virtual Geoscience Conference. Dresden, 21. - 22. September 2023. Unlocking the Potential of Historical Aerial Imagery for the Antarctic Peninsula. DOI:10.25368/2025.173
- (4) Miguel Sánchez-Peña (2000), Scientific experiences using Argentinean sounding rockets in Antarctica, Acta Astronautica, Volume 47, Issues 2–9, July–November 2000, Pages 301-307.DOI:10.1016/S0094-5765(00)00071-0
- (5) Mirar la Tierra desde el Espacio: 30 años de la Agencia Espacial Argentina, Leandro Groetzner et al. 1^a edición. Ciudad Autónoma de



Buenos Aires, Comisión Nacional de Actividades Espaciales, 2021,
Libro digital, ISBN 978-987-96864-2-3

- (6) Salvó Constanza S. , Gomez Saez Ludmila , Arce Julieta C. (2023)
“Multi- band SAR intercomparison study in the Antarctic Peninsula for
sea ice and iceberg detection”, Frontiers in Marine Science, Volume 10 –
2023. DOI: 10.3389/fmars.2023.1255425
- (7) F. Delgado, T. Shreve, S. Borgstrom, P. León-Ibáñez, J. Castillo and M.
Poland, "A Global Assessment of SAOCOM-1 L-Band Stripmap Data for
InSAR Characterization of Volcanic, Tectonic, Cryospheric, and
Anthropogenic Deformation.", *IEEE Transactions on Geoscience and
Remote Sensing*, vol. 62, pp. 1-21, 2024, Art no. 5216821, doi:
10.1109/TGRS.2024.3423792

Sitios web consultados:

NASA: www.earthdata.nasa.gov

REMA: <https://www.pgc.umn.edu/data/rema/>

ESA: www.esa.int

CONAE: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae>

ARSAT: www.arsat.com.ar