

"LA IMPORTANCIA DE LA INFORMACIÓN GEOESPACIAL PARA LA SOBERANÍA ARGENTINA EN LA ANTÁRTIDA"

"THE IMPORTANCE OF GEOSPATIAL INFORMATION FOR ARGENTINE SOVEREIGNTY IN ANTARCTICA"

F. Casasola^{a,b,c,d}, F Avila^{a,d}, M. Prieto^{a,d}, C. Pereyra^{a,d},

- a. Servicio Geográfico Militar, Instituto Geográfico Nacional, Av. Cabildo 381 (C1426AAA), C.A.B.A., Argentina.
- b. Universidad de la Defensa Nacional, Instituto de Inteligencia de las Fuerzas Armadas – Facultad Militar Conjunta, Av. Cabildo 381 (C1426AAA), C.A.B.A., Argentina.
- c. Universidad de la Defensa Nacional, Facultad de Ingeniería del Ejército, Escuela Superior Técnica Gral. Div. Manuel N. Savio. Av. Cabildo 15 (C1426AAA), C.A.B.A., Argentina.
- d. Dirección General de Investigación y Desarrollo del Ejército Argentino, Azopardo 250 (C1107ADB), C.A.B.A., Argentina.

Recibido: xx/xx/xx; aceptado: xx/xx/xx

El continente Antártico, con su vasto territorio cubierto de hielo y su aislamiento extremo, ha sido un punto focal para la investigación científica. En este contexto, las Bases Antárticas Argentinas juegan un papel crucial. Los vuelos fotogramétricos realizados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) forman parte de un proyecto sostenible y cíclico que abarca el relevamiento de todas las bases antárticas argentinas, tanto permanentes como estacionales. Este proyecto es esencial para obtener información geoespacial detallada, incluyendo la topografía, geomorfología y monitoreo del cambio climático y la biodiversidad.

La obtención y procesamiento de información geoespacial son vitales para la soberanía argentina en la Antártida, asegurando una representación precisa y oficial del territorio. Esto fortalece la capacidad institucional, mejora la administración de recursos y facilita el cumplimiento de marcos legales y estándares internacionales, promoviendo la transparencia y accesibilidad de los datos. Además, la creación de un sistema de información geográfica (SIG) integral y multidisciplinario es fundamental para diversas disciplinas científicas, proporcionando una plataforma para el análisis y la toma de decisiones informadas.

Las actividades que desarrolla el IGN, como la geodesia, cartografía y el uso de sensores remotos, son primordiales para mantener la precisión de la información geoespacial. Estos datos son esenciales no solo para la investigación científica sino también para la defensa de la soberanía argentina en el continente blanco.

Palabras clave: Antártida, información geoespacial, soberanía, vuelos fotogramétricos, Instituto Geográfico Nacional, SIG, bases antárticas, monitoreo climático, biodiversidad.

ABSTRACT

The Antarctic continent, with its vast ice-covered territory and extreme isolation, has been a focal point for scientific research. In this context, the Argentine Antarctic Bases play a crucial role. The photogrammetric flights conducted by the National Geographic Institute (IGN) are part of a sustainable and cyclical project that encompasses the survey of all Argentine Antarctic bases, both permanent and seasonal. This project is essential for obtaining detailed geospatial information, including topography, geomorphology, and the monitoring of climate change and biodiversity.

The acquisition and processing of geospatial information are vital for Argentina's sovereignty in Antarctica, ensuring an accurate and official representation of the territory. This strengthens institutional capacity, improves resource management, and facilitates compliance with legal frameworks and international standards, promoting transparency and data accessibility. Furthermore, the creation of an integrated and multidisciplinary Geographic Information System (GIS) is fundamental for various scientific disciplines, providing a platform for analysis and informed decision-making.

The activities carried out by the IGN, such as geodesy, cartography, and the use of remote sensing, are paramount for maintaining the accuracy of geospatial information. This data is essential not only for scientific research but also for defending Argentina's sovereignty on the white continent.

Keywords: Antarctica, geospatial information, sovereignty, photogrammetric flights, National Geographic Institute, GIS, Antarctic bases, climate monitoring, biodiversity.

I. INTRODUCCIÓN.

El cambio climático está transformando de manera acelerada la región antártica, afectando tanto su ecosistema como la geopolítica global. El aumento de la temperatura global ha provocado un rápido deshielo, revelando recursos naturales previamente inaccesibles, como minerales, petróleo y gas, y abriendo nuevas rutas marítimas. Esta transformación ha intensificado la competencia internacional por el control y la explotación de estos recursos, con potencias como China y Rusia incrementando su presencia en el continente blanco.

En este contexto, Argentina, con su histórica y sostenida presencia en la Antártida a través de bases científicas, enfrenta el desafío de reforzar su soberanía y mantener su relevancia en un entorno geopolítico en constante evolución. El reciente descubrimiento de reservas de petróleo en la región, donde Rusia informó al periódico británico *The Telegraph* el descubrimiento de enormes reservas de petróleo y gas que tendrían un valor estimado de 511 mil millones de barriles de petróleo, el pasado 11 de mayo (*National Geographic*, 2024), subraya la importancia estratégica de la Antártida y la necesidad de una respuesta robusta por parte de Argentina.

Asimismo, el análisis del impacto del calentamiento global¹ genera repercusiones en las potenciales alteraciones que sufrirían las instalaciones y edificios en la Antártida ante el aumento del nivel del mar.

II. DESCRIPCIÓN DEL EVENTO.

La evidencia del cambio climático rápido es convincente.

La temperatura promedio de la superficie del planeta ha aumentado aproximadamente 1 grado Celsius desde finales del siglo XIX, un cambio impulsado en gran medida por el aumento de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera y otras actividades humanas. La mayor parte del calentamiento ocurrió en los últimos 40 años, con los siete años más recientes siendo los más cálidos registrados (*NASA*, 2024).

El océano ha absorbido gran parte de este calor adicional, y los 100 metros superiores han mostrado un calentamiento significativo desde 1969. Las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida han disminuido en masa de manera alarmante. Los datos del *Gravity Recovery and Climate Experiment* de la NASA muestran que Groenlandia perdió un promedio de 279.000 millones de toneladas de hielo por año entre 1993 y 2019, mientras que la Antártida perdió alrededor de 148.000 millones de toneladas de hielo por año (*NASA*, 2024).

Los glaciares se están retirando en casi todas partes del mundo, y el nivel global del mar ha subido

aproximadamente 20 centímetros en el último siglo. Esta tasa se ha acelerado en las últimas dos décadas, casi duplicando la del siglo pasado. Además, la acidez de las aguas superficiales del océano ha aumentado aproximadamente un 30 % desde el comienzo de la Revolución Industrial, debido a la absorción de dióxido de carbono emitido por actividades humanas (*NASA*, 2024).

Desafíos Geopolíticos y Científicos.

Las recientes alteraciones climáticas² recientes han convertido a la Antártida en un centro de interés global no solo por sus efectos ambientales, sino también por el potencial económico de los recursos ahora accesibles. China y Rusia han aumentado su presencia en la región, estableciendo nuevas bases y fortaleciendo sus capacidades logísticas, lo que ha generado preocupación entre otros países con intereses en la Antártida. La apertura de la Base QINLING (Figura 1) por parte de China en el Mar de Ross es un claro indicativo de sus ambiciones, que podrían incluir tanto objetivos científicos como militares (*RAND Corporation*, 2024).

Ante lo señalado, Argentina ha adoptado una estrategia que combina la ocupación efectiva de sus bases con la producción de trabajos científicos entre ellos, la generación de cartografía de grandes escalas para legitimar su soberanía y demostrar su capacidad de manejo territorial en la región antártica. Esta cartografía es necesaria como un recurso estratégico clave en las negociaciones internacionales, lo que le permitirá a Argentina fortalecer sus reclamos territoriales mediante la documentación precisa de su ocupación.



Figura 1 - La estación Qinling, la quinta estación de investigación de China en la Antártida comenzó a funcionar el 7 de febrero de 2024. Foto: Cortesía del Ministerio de Recursos Naturales de China.

Es importante señalar las reclamaciones territoriales existentes entre Argentina, Chile, y el Reino Unido que se superponen en gran medida en la Península Antártica (Figura 2), lo que históricamente ha sido una fuente de tensión. Sin embargo, el Tratado Antártico ha jugado un papel crucial en evitar que estas tensiones se conviertan en conflictos al suspender las reclamaciones y promover la cooperación científica, alcanzando que estas naciones

¹ **Calentamiento Global:** Esta es una forma común de referirse a los cambios a largo plazo en los patrones de temperatura y clima a nivel mundial.

² **Alteraciones climáticas:** Hace referencia a las variaciones en los patrones climáticos normales que pueden incluir temperaturas extremas, cambios en la precipitación, y más.

coexistan pacíficamente en la región. Un punto clave es el Protocolo de Madrid, firmado en 1991 y en vigor desde 1998, con una vigencia inicial de 50 años, lo que significa que en 2048 podría ser revisado o modificado, y los países podrían discutir cuestiones como la prohibición de la minería.

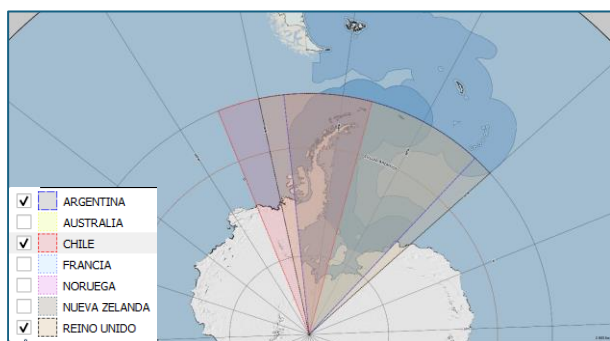


Figura 2 - Mapa de las Zonas de Reclamación en Argentina, Chile y Reino Unido. Fuente: Ing Facundo Casasola.

Desafíos en la Gestión de Infraestructuras.

El aumento del nivel del mar, resultado del calentamiento global, representa un riesgo significativo para las bases argentinas situadas en zonas costeras bajas. Según la NOAA (2022), el nivel del mar podría aumentar entre 30 y 130 cm para finales del siglo XXI, lo que plantea una amenaza directa para las Bases Antárticas Argentinas Orcadas y Decepción (Figuras 3 y 4), ubicadas cerca del mar y expuestas a fenómenos como inundaciones y erosión costera.

La Base Antártica Orcadas, una de las más antiguas en operación continua en la Antártida, está situada en una isla baja y pequeña en las Islas Orcadas del Sur, lo que la hace vulnerable a los efectos del cambio climático, particularmente al aumento del nivel del mar y a tormentas más frecuentes y severas. De manera similar, la base Decepción, en la isla volcánica de Decepción en las Shetland del Sur, también enfrenta riesgos debido a su ubicación geográfica y la actividad volcánica potencialmente exacerbada por el cambio climático (Turner et al., 2023).



Figura 3 - Fotografía Aérea de Base Antártica Decepción, Fuente: COCOANTAR.



Figura 4 - Fotografía Aérea de Base Antártica Orcada, Fuente: COCOANTAR.

Innovación en Cartografía y Uso de Drones.

El calentamiento global ha generado la aparición de nuevos afloramientos rocosos en la Antártida, que requieren una urgente necesidad de desarrollar cartografía de gran escala para documentar estos cambios. Estos afloramientos, que aún **no tienen nombres geográficos establecidos**, representan una oportunidad clave para reafirmar la soberanía argentina en la región. La creación de esta cartografía no solo permitirá registrar y nombrar estos nuevos rasgos geográficos, sino que también proporcionará el sustento descriptivo geoespacial necesario para su incorporación en publicaciones científicas, consolidando así la posición de Argentina en la comunidad internacional.

Para llevar a cabo esta tarea, varias instituciones argentinas han colaborado estrechamente. El Servicio de Hidrografía Naval (SHN), el Instituto Geográfico Nacional (IGN), la Dirección Nacional del Antártico (DNA), el Instituto Antártico Argentino (IAA) y el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) han trabajado conjuntamente para construir una cartografía detallada, esencial para documentar los nuevos afloramientos rocosos y fortalecer la soberanía argentina en la Antártida.

La innovación tecnológica ha permitido que esta colaboración se fortalezca aún más con la incorporación de drones en la cartografía antártica. Estos drones han facilitado la creación de modelos tridimensionales del paisaje antártico, cruciales para la planificación y gestión territorial. La capacidad de capturar datos geoespaciales precisos y actualizados refuerza la posición de Argentina en las negociaciones internacionales, demostrando un firme compromiso con la gestión responsable de sus territorios antárticos y asegurando que sus reclamos

territoriales sean reconocidos y respetados a nivel global (El Diario, 2024).



Figura 5 - Imagen Aerofotogramétrica de vuelo de drone Base Antártica Esperanza– Fuente: Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina.



Figura 4 - Imagen Aerofotogramétrica de vuelo de drone Base Antártica Petrel – Fuente: Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina.

Actividades realizadas por Instituto Geográfico Nacional.

Durante la última quincena de febrero y los primeros días de marzo de 2024, un equipo técnico especialista en geomática del Instituto Geográfico Nacional (IGN) llevó a cabo una serie de vuelos fotogramétricos sobre la Base Antártica Petrel (Figura 6). Las labores se realizaron en colaboración con la Dirección Nacional del Antártico (DNA) y el Comando Conjunto Antártico (COCOANTAR), reforzando la presencia argentina en la región.

El proceso de estos vuelos fotogramétricos incluyó varias etapas clave:

Planificación de la misión: Se definieron los objetivos específicos de los vuelos, determinando las zonas de estudio y la extensión de las áreas a cubrir. También se establecieron los parámetros de adquisición de datos, como la altitud de vuelo, la cobertura solapada entre imágenes y la resolución espacial requerida. Durante toda la planificación, se consideraron las condiciones meteorológicas y las restricciones operativas para garantizar la seguridad y calidad de los datos recopilados.

Preparación del equipo y la tecnología: Se seleccionó la plataforma de vuelo adecuada, valorando la carga útil y la autonomía de los equipos, factores críticos en las bajas temperaturas de la Antártida. Además, se configuraron los dispositivos de apoyo geodésico, como los receptores GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite), para proporcionar correcciones de posición y orientación durante el vuelo.

Ejecución de la misión: Previo al vuelo, se realizó una inspección exhaustiva de la aeronave y los equipos para garantizar su correcto funcionamiento. Durante la ejecución, se siguió estrictamente el plan de vuelo, cubriendo sistemáticamente toda el área de interés con la altitud, velocidad y trayectoria establecidas. Se capturaron imágenes aéreas de alta calidad, manteniendo una cobertura solapada adecuada para asegurar la precisión en la reconstrucción tridimensional y así obtener un Modelo Digital de Elevación de muy alta precisión. Los primeros productos de procesamiento rápido revelaron imágenes de altísima resolución espacial, con un píxel de 5 cm.

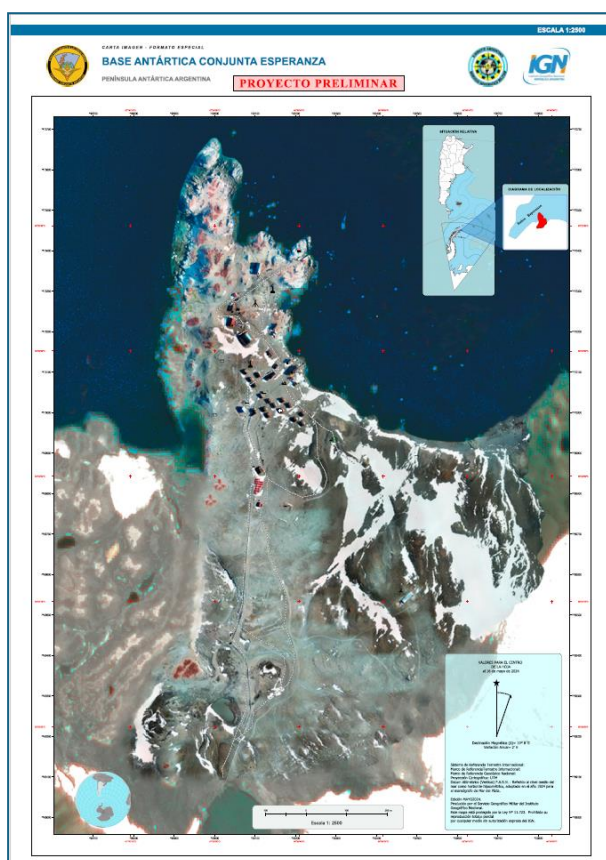


Figura 6 – Producto Cartográfico Preliminar realizado con los vuelos aerofotogramétrico de Base Antártica Esperanza - Servicio Geográfico Militar – IGN.

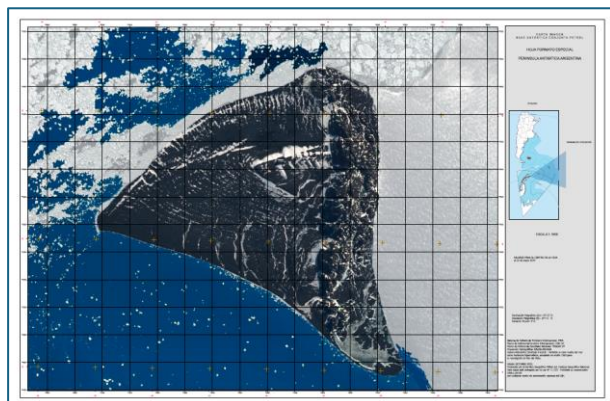


Figura 3- Producto Cartográfico Preliminar realizado con los vuelos aerofotogramétrico de Base Antártica Petrel - Servicio Geográfico Militar – IGN.

IV. CONCLUSIONES.

El cambio climático está redefiniendo la Antártida como un escenario estratégico central para la seguridad internacional y la competencia geopolítica. La acelerada pérdida de hielo y el acceso a recursos previamente inaccesibles, como el petróleo y los minerales, han convertido a la región en un área de interés crítico para varias potencias mundiales. Argentina, con su presencia histórica en la región, debía enfrentar estos desafíos adoptando una estrategia integral que garantice su soberanía y liderazgo en la Antártida.

Por tal motivo se infiere que el estado Argentino debería abordar estratégicamente las siguientes consideraciones:

Modernización y Reubicación de Infraestructuras:

Las bases Orcadas y Decepción, ubicadas en áreas altamente vulnerables al cambio climático, requieren medidas inminentes de modernización o reubicación. El aumento del nivel del mar y las condiciones climáticas extremas presentan amenazas directas que podrían comprometer su operatividad. Se debe evaluar la posibilidad de trasladar estas instalaciones a ubicaciones más seguras, o invertir en infraestructura de protección, como diques, para mitigar los riesgos.

Implementación de Tecnologías Avanzadas: La adopción de tecnologías avanzadas, como el uso de drones para cartografía de alta resolución, proporciona a Argentina una ventaja estratégica en la gestión de sus territorios antárticos. Estas herramientas permiten una vigilancia constante y precisa de los cambios geográficos, facilitando la planificación y la respuesta rápida ante nuevas amenazas. La capacidad de documentar y comunicar de manera efectiva su presencia y sus actividades en la Antártida refuerza su posición en negociaciones internacionales.

Gestión Integral de Amenazas Emergentes: Además del cambio climático, Argentina debe abordar de manera proactiva otras amenazas emergentes, como la pesca no regulada y el turismo masivo, que están desestabilizando los ecosistemas antárticos. La implementación de políticas de conservación estrictas y la cooperación internacional serán clave para mitigar estos impactos y preservar el equilibrio ecológico en la región.

Refuerzo de su Posición en la Gobernanza Internacional:

Con la posible revisión del Tratado Antártico en 2048, es crucial que Argentina consolide su posición mediante una ocupación efectiva y documentada de sus territorios. Esto incluye no solo la presencia física a través de sus bases, sino también la producción de cartografía detallada y la participación en foros internacionales que determinen el futuro de la soberanía en la Antártida.

V. REFERENCIAS.

1. Antarctica Cruises. (08 de 2024). Obtenido de <https://www.antarcticacruises.com/es/guide/threats-to-antarctica-climate-change-fishing-and-tourism>
2. El Diario. (02 de 2024). El diario web. Obtenido de <https://www.eldiarioweb.com/2024/02/como-se-usan-los-drones-para-cartografiar-la-antartida/>
3. NASA. (2024). ¿Como sabemos que el cambio climático es real? Obtenido de <https://ciencia.nasa.gov/cambio-climatico/evidencia/>
4. National Geographic. (10 de Agosto de 2024). National Geographic. Obtenido de <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2024/05/hay-petroleo-en-la-antartida#:~:text=de%20yacimientos%20petrol%C3%ADferos,-,Recientemente%2C%20Rusia%20comunic%C3%B3%20el%20descubrimiento%20de%20enormes%20reservas%20de%20petr%C3%B3leo,el%20pasa>
5. NOAA. (2022). Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States. National Oceanic and Atmospheric Administration.