

CUADERNO DE TRABAJO N°2-2025

EL DILEMA DE LA BASURA ESPACIAL EN LA ANTÁRTICA: LA CONVERGENCIA ESPACIO-ANTÁRTICA, SEGURIDAD HUMANA Y RESPONSABILIDAD INTERNACIONAL



Academia Nacional
de Estudios Políticos
y Estratégicos

www.anepe.cl



CUADERNOS DE TRABAJO es una publicación orientada a abordar temas vinculados a la Seguridad y Defensa a fin de contribuir a la formación de opinión en estas materias.

Los cuadernos están principalmente dirigidos a tomadores de decisiones y asesores del ámbito de la Defensa, altos oficiales de las Fuerzas Armadas, académicos y personas relacionadas con la comunidad de defensa en general.

Estos cuadernos son elaborados por investigadores, académicos y colaboradores del CIEE de la ANEPE, pero sus páginas se encuentran abiertas a todos quienes quieran contribuir al pensamiento y debate de estos temas.

Recordamos a los autores que el Cuaderno de Trabajo está comprometido con la publicación de artículos originales e inéditos que difundan conocimiento actualizado en materias de seguridad, defensa y ciencias sociales afines, con el fin de aportar y transferir, con el propósito fundamental de aportar al debate académico múltiples enfoques que enriquezcan el análisis, la reflexión y la interpretación en torno a los temas disciplinarios propios de la seguridad, la defensa y las ciencias sociales.



Antes de imprimir este Cuaderno, piense en el medio ambiente.

CUADERNO DE TRABAJO DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS ESTRATÉGICOS es una publicación electrónica del Centro de Investigaciones y Estudios Estratégicos de la Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos y está registrada bajo el **ISSN 0719-4110 Cuad. Trab., - Cent. Estud. Estratég.**
Dirección postal: Avda. Eliodoro Yáñez 2760, Providencia, Santiago, Chile.
Sitio Web www.anepe.cl. Teléfonos (+56 2) 2598 1000, correo electrónico cjee@anepe.cl
Todos los artículos son de responsabilidad de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión de la Academia.
Autorizada su reproducción mencionando el Cuaderno de Trabajo y el autor.

CONSEJO EDITORIAL

Editor Ejecutivo:

Fulvio Queirolo Pellerano

Magíster en Ciencia Política, Seguridad y Defensa (ANEPE).

Doctorando en Seguridad Internacional (UNED).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6837-0962>

Comité Editorial:

Ronald Mc Intyre Astorga

Magíster en Ciencias Navales y Marítimas. Doctorando en Historia (PUCV).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5258-9522>

Carolina Sancho Hirane

Doctora en Conflictos, Seguridad y Solidaridad, Universidad de Zaragoza, España.

Magíster en Ciencia Política (UCH).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6577-3130>

Dahir Ahmed Guzmán

Magíster en Ciencias Militares y Profesor de Academia en Historia Militar,

Estrategia e Inteligencia (ACAGUE).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7401-1332>

Juan Manuel Reyes

Magíster en Dirección Gestión de Empresas (UDP). Ingeniero Politécnico Militar (APM).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7800-1988>

Jorge Gatica Bórquez

Doctor en Estudios Americanos (USACH). Magíster en Ciencia Política (PUC).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1596-5588>

Carolina Busco Ramírez

Doctora en Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad de Macerata, Italia.

Socióloga de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2576-1186>

EL DILEMA DE LA BASURA ESPACIAL EN LA ANTÁRTICA: LA CONVERGENCIA ESPACIO-ANTÁRTICA, SEGURIDAD HUMANA Y RESPONSABILIDAD INTERNACIONAL♦

Mg. Victoria Valdivia Cerdá♦♦

RESUMEN

Las actividades espaciales han constituido un motor de innovación y proyección del Poder Nacional, generando al mismo tiempo nuevas dinámicas en espacios estratégicos para la seguridad internacional, como el continente antártico. Este estudio examina los reingresos de desechos espaciales en la Antártica entre 2004 y 2025, evidenciando un incremento sostenido vinculado a la competencia estratégica en el espacio ultraterrestre, analizando el impacto de este fenómeno en la seguridad internacional y la aplicabilidad de los principios de responsabilidad internacional bajo el Tratado del Espacio y el Antártico, destacando la interdependencia entre ambos regímenes y se aportan datos empíricos sobre un fenómeno escasamente explorado. Finalmente, se evalúa el rol de Chile, como país antártico, para liderar la búsqueda de soluciones estructurales en esta materia.

Palabras clave: Basura espacial, antártica, Tratado Antártico, Tratado del Espacio, Seguridad Internacional.

ABSTRACT

Space activities have served as a driving force for innovation and the projection of national power, while simultaneously generating new dynamics in strategic spaces for international security, such as the Antarctic continent. This study examines the reentries of space debris in Antarctica between 2004 and 2025, revealing a sustained increase linked to strategic competition in outer space. It analyzes the impact of this phenomenon on international security and the applicability of international responsibility principles under both the Outer Space Treaty and the Antarctic Treaty, emphasizing the interdependence between these two regimes and providing empirical data on a scarcely explored issue. Finally, the study assesses Chile's role, as an Antarctic state, in leading efforts toward structural solutions in this domain.

-
- ♦ Investigación parte del proyecto “Strategic Horizons” ganador del “Innovative Futures Prize 2024” otorgado por el Geneva Center for Security Policy (GCSP), Suiza.
 - ♦♦ Cientista Político, Magíster en Estudios Internacionales y estudiante de Doctorado en Estudios Americanos por la Universidad de Santiago de Chile. Diplomada en “Función de inteligencia en el Estado Contemporáneo” y en “Conducción Político-Estratégica de la Defensa” por la Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos. Global Fellow del European Space Policy Institute (ESPI), Expert Member de la International Astronautical Federation (IAF), Miembro de AGATHA Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR). Profesor de ANEPE. ORCID: 0000-0001-9860-5099. Mail: victoria.valdivia@espi.global

Keywords: Space debris, Antarctica, Antarctic Treaty, Outer Space Treaty, international security.

1. Introducción

Los orígenes de la gobernanza espacial han vinculado desde un inicio al espacio ultraterrestre con el continente antártico, no tan solo por las evidentes conexiones científicas entre ambos lugares develadas durante el Año Geofísico Internacional, sino también porque el espacio ultraterrestre replicó el modelo de gobernanza antártica para regular el quehacer de los Estados en este nuevo espacio geográfico.

Normalizado a cualquier área en la Tierra, el espacio ultraterrestre ha influido en la forma de producción de la sociedad internacional, por lo cual basado en los principios de “patrimonio común de la humanidad”, “no reclamación territorial” y “preservación del paisaje para futuras generaciones”, el acceso al espacio a través de tecnologías ha permitido, entre otras cosas,

transformar a la actividad espacial en un activo estratégico y un componente de la concepción de poder internacional. De esta manera, la seguridad y acceso seguro y resiliente, se significó en términos de seguridad nacional, estrategia, comercio e inclusive relaciones internacionales.

Asimismo, la existencia de una noción de libertad para el acceso y explotación de los beneficios espaciales, devino en el auge exponencial y sostenido de la actividad satelital desde la década de 1990, pasando desde los menos de 10 satélites emplazados en órbita baja hacia finales de la década de los 80, a los más de 22.000 que se encuentran enteros en la actualidad (UNOOSA, 2025a). Esto significa que conforme la participación internacional se intensificó, el espacio ultraterrestre, como lugar, este se volvió cada vez más congestionado,

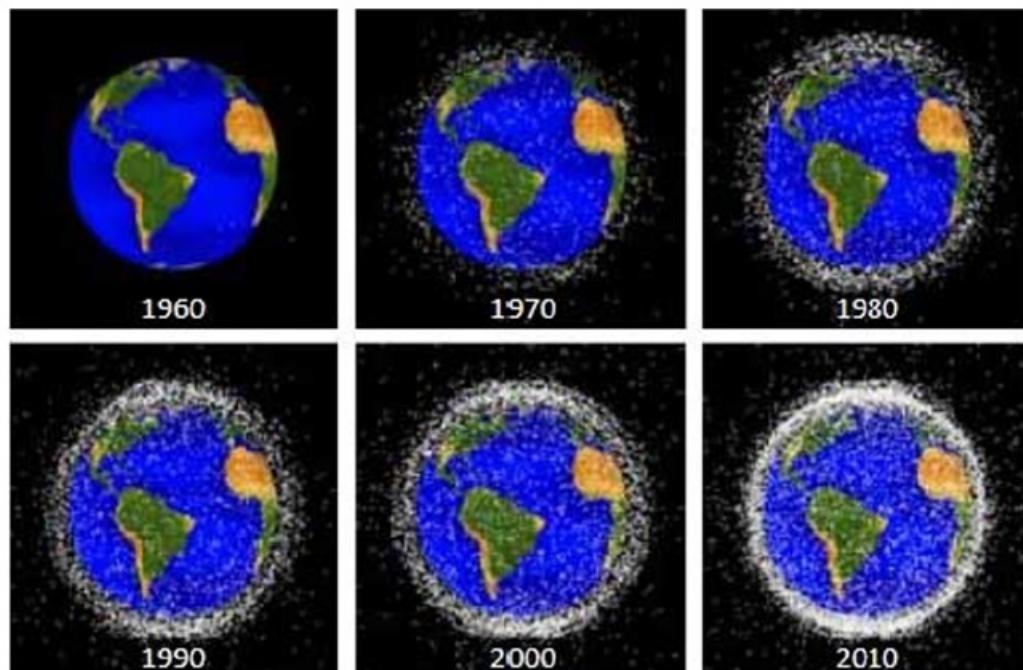


Figura 1: Objetos espaciales en régimen orbital 1969-2010 (Krishna Dana, 2023).

contaminado y competitivo, sobre todo en el área de los regímenes orbitales, que es donde se emplazan los satélites.

Sin embargo, como cualquier producto tecnológico, los satélites sufren cambios o pueden verse afectados en su integridad material (romperse) o funcionalidad, como resultado de una serie de fenómenos naturales y antrópicos, como el impacto de factores medioambientales del espacio ultraterrestre (como el clima espacial), fin de la misión, fallas de componentes y también por otros fenómenos orbitales como son las acciones hostiles e intencionales sobre plataformas satelitales.

Esto significa que, en un determinado período de tiempo, los objetos espaciales pierden su característica principal como plataforma satelital (proveer un servicio o información en una misión espacial), transformándose en basura y, por consecuencias físicas y su cercanía con la Tierra, quedando a la espera de hacer reingreso a la atmósfera en algún momento (DLR, 2025).

En este tenor, el incremento de la actividad espacial ha implicado también el aumento de la basura espacial; lo que por un lado ha aumentado el número de reingresos, tanto los “controlados” como los “no controlados” en la atmósfera terrestre y por el otro, ha hecho más riesgosa la operación de nuevos satélites en un ambiente altamente congestionado, intensificando los costes de la actividad ultraterrestre internacional.

En un determinado período de tiempo, los objetos espaciales pierden su característica principal como plataforma satelital (proveer un servicio o información en una misión espacial), transformándose en basura y, por consecuencias físicas y su cercanía con la Tierra, quedando a la espera de hacer reingreso a la atmósfera en algún momento.

De esta forma, el problema de la basura espacial, trasciende el espacio ultraterrestre, vinculando espacios habitados terrestres, sus ecosistemas y la vida de las personas debido a las probabilidades crecientes de que estos eventos impacten en alguno de estos elementos, configurando un dilema en materias de seguridad internacional.

Particularmente con la basura espacial que hace su reingreso no controlado, la predicción del área de impacto del fragmento se vuelve

particularmente compleja por cuanto esta se encuentra sujeto a una serie de factores medioambientales (como las corrientes de viento) que pueden modificar el punto de impacto estimado, requiriendo una especial capacidad de monitoreo y conciencia situacional. En este tenor, recordando que la superficie de la Tierra se encuentra cubierta en un 70% (aproximadamente) por océanos, por un efecto estadístico, la mayor parte de esta basura espacial se ha ido acumulando en el fondo oceánico en un volumen no calculado y cuyos efectos sobre ecosistemas dependientes del mar aún no se estudian.

En una arista más compleja, se encuentran aquellos fragmentos de basura espacial que caen en el área antártica. Considerando que no existe la capacidad de control sobre el área final de impacto o caída que tendrá el fragmento de basura espacial –cuyo peso y tamaño puede variar desde pequeños fragmentos a componentes casi enteros de plataformas espacia-

les— la Antártica es también un punto en donde la basura espacial puede precipitar, generando impacto en infraestructura crítica, áreas especialmente protegidas, pero más aún, interactuando con la gobernanza antártica y por consiguiente, teniendo efectos en la seguridad internacional.

Resulta, entonces, evidente que en el caso de reingreso de basura espacial sobre el área de aplicación del Tratado Antártico, se producirían efectos —en el largo plazo— sobre el medioambiente y los ecosistemas antárticos tanto por las propiedades de la basura espacial (componentes, radiación cósmica, combustible, entre otros) así como su impacto en el paisaje al tratarse, efectivamente, de elementos de origen humano que no son naturales a la Antártica, aspectos que se encuentran regulados por medio del Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medioambiente (Protocolo de Madrid), el cual establece el concepto de responsabilidad internacional por los daños al paisaje y ecosistema antártico producto de la actividad humana.

A su vez, como se mencionaba, el Sistema del Tratado del Espacio, que se originó en espejo del Sistema del Tratado Antártico, también establece el concepto de responsabilidad internacional por el daño que, en su lanzamiento, operación o reingreso, pudiera causar las operaciones espaciales, para cuyos fines existen instrumentos como el “Registro de objetos lanzados al espacio” que sirve de catálogo sobre las plataformas operando y las que han hecho su reingreso.

En atención a la existencia de las nociones de responsabilidad internacional que pudieran ser articuladas entre ambos sistemas de gobernanza sobre espacios y actividades que son críticas para la estabilidad del sistema internacional, esta investigación plantea la pregunta de investigación “¿cómo la interacción entre el régimen espacial y antártico configura nuevos riesgos para la seguridad internacional en la Antártica —frente a la proliferación de basura espacial— y cuáles son las implicancias de éste

fenómeno para la responsabilidad internacional y para Chile como país territorial antártico?”. Asiste a esta pregunta de investigación la hipótesis de que la proliferación de la basura espacial, tanto de causa intencional como no intencional, está generando una nueva zona de vulnerabilidad en el continente Antártico, donde confluyen riesgos operacionales, humanos y ambientales que podrían ser detonadores de disputas internacionales. Este fenómeno que evidencia una brecha estructural entre el régimen de gobernanza espacial y el

antártico, se vincula con una baja conciencia situacional sobre el problema de la basura espacial, afectando a la capacidad efectiva de los regímenes en aplicar el concepto de responsabilidad internacional.

Para estos fines, la presente investigación se posiciona en la tensión entre la normativa internacional que compone la gobernanza antártica-espacial en los aspectos de sustentabilidad, uso pacífico y responsabilidad internacional y, la práctica (hechos) devenidos de la actividad

espacial para ambos regímenes. Así, bajo el enfoque de los estudios internacionales, esta investigación es de carácter exploratorio y de estudios de frontera cuyo objetivo general es el analizar cómo la proliferación de basura espacial, impacta el concepto de seguridad internacional en la Antártica, incrementando el riesgo de disputas internacionales e interactuando con nociones como la preservación y continuidad científica de la Antártica, pero también, a nivel local, con la noción de soberanía efectiva y operacional del Territorio Antártico Chileno. Asimismo, se examina cómo los marcos de gobernanza antártico y espacial carecen de mecanismos efectivos de reparación ante el fenómeno de la basura espacial y cómo Chile podría promover su articulación interrégimen, actuando bajo el principio de diligencia debida.

Finalmente, esta investigación aspira a contribuir a la consolidación de la conciencia situacional antártica-espacial nacional, aportando de forma novel a la academia la evidencia empírica respecto a los casos de reingreso de basura espacial sobre el área del Tratado Antártico y proponiendo el debate respecto a la búsqueda de soluciones desde el aspecto de la gobernanza internacional, que contribuyan a mitigar los riesgos y mantener un clima de cooperación internacional en dos áreas que, por su significado, resultan fundamentales para la estabilidad internacional.

2. La gobernanza espacial y Antártica bajo la óptica de la responsabilidad internacional.

El Sistema del Tratado Antártico (STA), entendido como el modelo de gobernanza internacional que se consolida a partir del Tratado Antártico de 1959, surgió bajo la necesidad de

la comunidad internacional de desincentivar la competencia estratégica por este continente (Berkman, 2011), asociada a la transición hegemónica global del siglo XX, cuyos resultados podrían devenir en una Guerra Mundial por el dominio del sexto continente.

De esta manera, basado en la experiencia colaborativa del Año Geofísico Internacional (AGI), por medio del Tratado Antártico, se institucionalizó la colaboración científica y los fines pacíficos en el continente, reconociendo las reclamaciones territoriales de 7 Estados y prohibiendo el surgimiento de nuevas, a la postre de establecer el interés científico global en la Antártica y consagrándola para fines exclusivamente pacíficos (Tratado Antártico, 1959). De esta manera, la codificación posterior de instrumentos conectados del derecho internacional, perfeccionaron la regulación de las actividades humanas en el continente blanco, articulándose con los principios del derecho humanitario en términos de protección de la vida humana –como centro de la colaboración para la paz– y la protección del medioambiente antártico para las futuras generaciones. Su gobernabilidad se institucionalizó en un organismo de naturaleza multilateral.

En paralelo y conectado con el AGI, se desarrollaba la competencia estratégica por el dominio del espacio ultraterrestre, que por sus características físicas y de desarrollo tecnológico asociado, tenía también un correlato en la transición hegemónica, configurando riesgos y amenazas a la seguridad internacional. De esta manera, tras el lanzamiento del primer satélite artificial en 1957¹, el desarrollo de capacidades espaciales se significó en términos de búsqueda de supremacía e influencia inter-

1 SPUTNIK I perteneciente a la URSS.

nacional. Así, adoptando el modelo antártico (Watt, 2023), en 1967 se codificó el “Tratado de Principios gobernando las actividades de los Estados en la exploración y uso del Espacio Ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes (Tratado del Espacio), el cual declara los principios de usos fines pacíficos, preservación del medioambiente espacial para las futuras generaciones y la no reivindicación soberana sobre el espacio ultraterrestre y los cuerpos celestes, catalogados como patrimonio común de la humanidad (Tratado del Espacio, 1967). Este Tratado también originó un modelo de gobernanza internacional sustentado en el “Sistema del Tratado del Espacio” (STE), una serie de regulaciones sobre las actividades espaciales internacionales y la institucionalización de la gobernabilidad espacial en un organismo de Naciones Unidas.

Desde una perspectiva histórica, el concepto de responsabilidad internacional en ambos regímenes, a pesar de su origen común, tienen diferencias. En el caso espacial se señala al respecto que:

“Los Estados Partes en el Tratado serán responsables internacionalmente de las actividades nacionales que realicen en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, los organismos gubernamentales o las entidades no gubernamentales, y deberán asegurar que dichas actividades se efectúen en conformidad con las disposiciones del presente Tratado” (ART. VI).

Posteriormente, la noción de responsabilidad espacial internacional se perfeccionó en materias de regulación de las acciones que derivan en responsabilidad y mecanismos de denuncias en el “Convenio sobre responsabilidad internacional por daño causado por objetos

espaciales” de 1972, el cual conceptualiza el daño como “la pérdida de vidas humanas, las lesiones corporales u otros perjuicios a la salud, así como la pérdida de bienes o los perjuicios causados a bienes de Estados o de personas físicas o morales, o de organizaciones internacionales intergubernamentales” (ART.1). Así, la concepción de responsabilidad internacional espacial se sustenta sobre la noción de daño que un objeto espacial, en el desarrollo de su quehacer, pueda producir sobre las personas, su salud y su propiedad, tanto en ambiente espacial como en superficie terrestre.

Por su parte, el Tratado Antártico de 1959 no señala explícitamente alguna mención al concepto de responsabilidad internacional, el cual aparecería en 1998 por medio del Protocolo de Madrid, quedando contemplado como:

“De conformidad con los objetivos de este Protocolo para la protección global del medio ambiente antártico y de los ecosistemas dependientes y asociados, las Partes se comprometen a elaborar normas y procedimientos relacionados con la responsabilidad derivada de daños provocados por actividades que se desarrollen en el área del Tratado Antártico y cubiertas por este Protocolo” (Art.16).

En este tenor, ambos Sistemas de Tratados reconocen la existencia de la “responsabilidad internacional”, la cual es entendida como la obligación de compensar que tiene un Estado respecto a otro, por cualquier daño causado hacia sus nacionales o su propiedad (Rey Caro, 2009). Sin embargo, la diferenciación se produce sobre los momentos de aplicación (incluyendo mecanismos) y sobre objetos de protección: por el lado espacial, la responsabilidad internacional se vinculará sobre los elementos

que componen la soberanía de un Estado y que pudieran verse dañados por la actividad de un tercero, como es su territorio, infraestructura, ciudadanos o las plataformas nacionales en operación en el Espacio (lógica tierra-espacio y espacio-tierra), mientras que el Sistema del Tratado Antártico, considera como objeto de protección al área del Tratado Antártico y sus ecosistemas, deviniendo como sujeto de protección a la naturaleza misma y, a través de ello, a la infraestructura o personas que se encuentren en el continente y que pudieran verse afectadas por una acción dolosa por parte de un tercero.

Bajo esta lógica, los riesgos y amenazas sobre el objeto de protección, se refieren a amenazas de originadas por actividad humana en el continente; esto implica que –a pesar de orígenes comunes– el STA no consideró las posibles interacciones entre el medioambiente antártico y la actividad espacial.

Surge en este punto una tensión natural; si el Sistema del Tratado del Espacio consideró *ab initio* el principio de responsabilidad internacional denotando la conciencia respecto al daño potencial tanto en la salida del planeta de objetos espaciales, como en su momento de reingreso, esta fórmula incluye indefectiblemente el concepto de soberanía, requiriendo que el daño sea medible y a la vez denunciado por un actor estatal. En este tenor, recordando el régimen especial Antártico, la responsabilidad internacional, por daño que se produjera por actividad espacial en o desde Antártica, podría quedar supeditado a la dificultad de establecer el actor denunciante. Ello crea una “zona gris

jurídica” donde los principios de reparación se diluyen en ausencia de denuncias, notificaciones o activaciones del Convenio de 1971 en el tenor antártico.

2.1 Agendas de sustentabilidad y la noción de seguridad internacional

Comprendiendo la seguridad como una percepción en donde el riesgo se encuentra controlado y existe un nivel bajo de amenazas (Fisher y Walters, 2013) hacia los factores que se determinan como vitales, la seguridad internacional puede ser observada –bajo un enfoque del Estado como si fuera persona– como

la percepción de los atores internacionales de encontrarse en un estadio de baja incertidumbre y conflictividad, en donde las relaciones internacionales se encuadran en un marco compartido, legitimado y donde, principalmente, el conflicto se ha logrado canalizar por medio de procedimientos

institucionalizados.

Bajo esta perspectiva, la seguridad internacional tiene como condición un sistema internacional estable y de valores extendidos, compartidos y aceptados por la mayor parte de los actores que en él interactúan, lo que a su vez compromete la noción del orden internacional y los roles, imaginarios sociales y dinámicas de estos mismos actores. Por ello, la condición de seguridad internacional es una categoría de análisis mutable y conectada con los procesos de transición hegemónicas.

Considerando su capacidad de incentivar la competencia estratégica entre los Estados, los regímenes del espacio y la antártica son parti-

Si el Sistema del Tratado del Espacio consideró *ab initio* el principio de responsabilidad internacional denotando la conciencia respecto al daño potencial tanto en la salida del planeta de objetos espaciales.

cularmente sensibles a los procesos de cambios estructurales del sistema internacional. Debido a la existencia del principio de “libertad de exploración” que observan ambos sistemas de gobernanza, el acceso al lugar, así como la mantención de sus condiciones de laboratorio, resultan relevantes para sostener la colaboración internacional y la estabilidad de los sistemas de gobernanza. Estos aspectos se abordan bajo el concepto de las agendas de sustentabilidad, como puntos del debate internacional y del cual emanan disposiciones respecto al cómo hacer o proceder en las actividades en Antártica o el espacio. Sin embargo, ambas agendas observan alcances diferentes en su relación con la noción de seguridad internacional.

La agenda de sustentabilidad antártica se remota a inicios de la década de 1990 (INACH, 2025), teniendo su eje temático en la protección del medioambiente antártico y sus ecosistemas, agenda institucionalizada en las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico (RCTA) y cuyo foco ha estado en el control sobre las consecuencias de la actividad humana en el continente, a fin de obtener el menor impacto sobre su medioambiente. A fin de esto, los tópicos de la agenda de sustentabilidad del STA, se han concentrado en factores que alterarían la condición de laboratorio natural de la antártica, constriñendo el principio de libertad de exploración por una potencial pérdida de ecosistemas, cambios en el paisaje u otros factores con repercusiones negativas para el desarrollo de la ciencia polar. Es la institucionalización que tiene el STA, la que ha permitido un mayor nivel de consenso internacional, incluyendo la

designación de áreas especialmente protegidas y las elaboraciones de protocolos respecto a temas como son los ingresos de personas, naves y aeronaves, generando mecanismos de transparencia y confianza mutua, intercambio de información y otros, cuyos resultados son un menor grado de conflictividad interestatal en estas materias.

Por su parte, la agenda de sustentabilidad espacial, iniciada en el año 1995 (UNOOSA, 2025b), se ampara en la noción de preservación del medio espacial para futuras generaciones, como por ejemplo en el caso de la congestión de la órbita baja que supera los 24.068 objetos (ESA, 2025), también

ha sido extensiva en abordar las situaciones de riesgo para los ecosistemas terrestres que pudieran verse afectados por el natural incremento de reingresos espaciales sobre la atmósfera terrestre y sus consecuencias en materias medioambientales. En este tenor, la agenda de sustentabilidad espacial ha observado como eje temático la protec-

ción del derecho de libre acceso (*global commons*) del espacio ultraterrestre y a su vez la reducción de riesgo de desastre en el planeta, consecuencia de la proliferación de la basura espacial, ambos factores que podrían ser constitutivos de conflicto internacional.

En este sentido, el fenómeno que se ha observado desde 2005 en el sistema del espacio, con el surgimiento de la competencia estratégica enmarcada en el debate de la transición hegemónica (Clark, 2011), el surgimiento de la agenda de sustentabilidad espacial, se ha vinculado fuertemente con la noción de mantener un adecuado nivel de seguridad internacional y

No existe a nivel del sistema del tratado del espacio una convención específica que permita el mismo grado de institucionalización de las materias de sustentabilidad que se observa en el STA.

prevenir las disputas internacionales asociadas a la intensificación de la actividad espacial y su empleo en conflictos interestatales. No existe a nivel del sistema del tratado del espacio una convención específica que permita el mismo grado de institucionalización de las materias de sustentabilidad que se observa en el STA, lo que ha reducido también el espacio de consenso internacional, supeditándolo a las dinámicas de cambio estructural del propio sistema y, repercutiendo, en la posibilidad efectiva de reducir aspectos como es la proliferación de basura espacial, lo que podría llevar a la generación de un entorno volátil, incierto y potencialmente conflictivo entre los actores del STE.

3. La basura espacial, un dilema de seguridad

La basura espacial es un fenómeno que se vincula con la noción de la seguridad internacional, operacional y humana tanto a nivel del espacio ultraterrestre como locus, pero también de las poblaciones en la Tierra, por los riesgos que supone su reingreso sobre áreas pobladas y/o infraestructura crítica. En el caso de reingresos “no controlados”, estos podrían seguir patrones similares en relación con los meteoritos, diferenciándose en el tipo de trayectoria de vuelo (más horizontal) y velocidad (más lenta), pero tendiendo potencialmente a acumularse en sitios cercanos a donde se encuentran los meteoritos (Aerospace, 2023). En este sentido, los tres primeros lugares de mayor cantidad de hallazgos de meteoritos, a escala global, son: la Antártica, el desierto de Atacama y el desierto del Sahara (GFS, 2022). Estos lugares, por sus condiciones geográficas

particulares (ambientes altamente secos) permiten la preservación de las rocas espaciales y con ello, su hallazgo.

Desde un punto de vista de actividades espaciales, la proliferación de basura espacial ha tendido a complejizar la operación de satélites, los cuales deben maniobrar una mayor cantidad de veces a fin de esquivar los fragmentos o plataformas que se encuentran en esta categoría y que supone un riesgo de colisión. Este aspecto, que involucra un mayor gasto de energía o combustible para materializar la maniobra, ha tendido a encarecer los costos

operacionales en la Low Earth Orbit –órbita terrestre baja– (LEO) segmento intensamente utilizada por su cercanía con la Tierra. Al respecto, el riesgo de colisión incrementado en LEO ha elevado el riesgo operacional para todos los medios emplazados en esta órbita, debido a la probabilidad de producirse el Síndrome de Kessler (Ballesteros, 2018), es decir la generación en cadena de nuevos fragmentos de basura espacial por un

evento del tipo colisión, afectando a todos los objetos espaciales activos en órbita.

La integración de los servicios de origen espacial para el desarrollo de capacidades estatales es de naturaleza intersectorial, impactando todos los factores de poder de un Estado. En este sentido, para Bowen (2011), el régimen orbital se ha ido transformando para algunos actores en una extensión del campo de batalla terrestre (*orbital warfare*), por lo cual la negación, destrucción o interferencia sobre el acceso a los servicios espaciales del adversario, podría

La proliferación de basura espacial ha tendido a complejizar la operación de satélites, los cuales deben maniobrar una mayor cantidad de veces a fin de esquivar los fragmentos o plataformas que se encuentran en esta categoría y que supone un riesgo de colisión.

ser un elemento integrado en el desarrollo de la estrategia militar. Esta situación plantea la posibilidad de explotar la generación de basura espacial como una maniobra orientada a generar ventaja estratégica en el desarrollo del conflicto; lo que podría acontecer tanto por la propia ocupación o búsqueda de saturación del régimen orbital de interés (supremacía desde la presencia) o bien, por la creación dolosa de basura espacial.

En esta sintonía, el desarrollo de capacidades contraespaciales de categoría de “armas de ascenso directo” (ASAT), cuya finalidad es la destrucción de un objetivo satelital, ha añadido una nueva perspectiva en el asunto de la basura espacial. En el año 2007 China condujo una prueba de este tipo de armamento, produciendo 3.000 fragmentos de basura espacial (Hines, 2025). Este evento no ha sido el único, sino que, en los últimos 10 años, se ha observado un incremento de desarrollo y pruebas de este tipo de capacidades generando incertidumbre dentro del STE, toda vez que el Tratado del Espacio no prohíbe explícitamente el emplazamiento de armas tierra-espacio o de otra categoría distinta a las armas nucleares o de destrucción masiva. Asimismo, el desarrollo de capacidades contraespaciales incluye otros tipos de tecnologías tales como las armas del espectro electromagnético, de energía directa y ciberarmas; todas ellas operadas desde superficie terrestre principalmente.

Por la relevancia de la materia, sobre todo para evitar situaciones de disputas internacionales vinculadas al concepto de daño, en los últimos años se ha observado la búsqueda de mecanismos de colaboración internacional permitiendo la generación de alertas ante caídas o reingresos de basura espacial, tal como es la iniciativa “*Inter-Agency Space Debris Coordination Committee*” (COPUOS, 2025).

No obstante, estas notificaciones de reingreso, que se consensuan entre Estados, usualmente se materializan sobre el riesgo de reingreso o impacto en áreas pertenecientes al territorio nacional del país potencialmente afectado, es decir, sobre las porciones que se le reconocen como soberano.

Asimismo, se ha asociado el desarrollo de la capacidad de monitoreo de reingresos de Objetos de órbita cercana *Near-Earth Objects* (NEOs) entre los que entraría la basura espacial, existiendo softwares, programas y servicios empresariales que proveen este tipo de información y que permiten establecer un monitoreo histórico respecto a los eventos de reingreso. Esta capacidad es componente de la denominada “consciencia situacional espacial” (Space Situational Awareness/ SSA).

4. Basura espacial en Antártica: un fenómeno vigente

Considerando que las iniciativas de monitoreo de eventos de reingresos se da entre Estados, surge la pregunta de cuál es la situación de reingreso de basura espacial en el área de protección del Tratado Antártico, asumiendo como posible la hipótesis de que símil al fenómeno de reingresos de meteoritos, Antártica pudiera estar acumulando basura espacial que ha reingresado de forma no controlada y cuyos impactos no se han evaluado; eventos que no siempre llevarían a una desintegración completa del objeto espacial, si no que como se ha documentado en casos como el de Chaco, Argentina (Ingrassia, 2025) y Uganda (Mwaura, 2025), pudiese caer en un volumen mayor, impactando infraestructura crítica antártica.

Para estos fines, es necesario denotar que el continente completo y sus espacios marítimos circundantes se encuentran contemplados como un espacio natural especialmente prote-

gido. En este sentido, la infraestructura crítica antártica no solo incluye las bases científicas o de asentamiento humano, sino que además debiese reconocer aquellos sitios de especial interés investigativo, coincidente con la definición de las Zonas Antárticas Especialmente Protegidas (ZAEP). Bajo esta visión sistémica de la Antártica, el reingreso de basura espacial sobre la atmósfera de espacios antárticos ya sería una primera afectación al ecosistema, puesto que en su reingreso la basura espacial ocasiona contaminación atmosférica, contribuyendo con aluminio y otros contaminantes, los que preliminarmente “reaccionarían con el ozono estratosférico décadas después del evento de reingreso, lo que potencialmente haría pasar desapercibido este fenómeno” (Ferreira, Wang y Nomura, 2023).

Bajo esta consideración, se procedió a explorar la cantidad de reingresos de basura espacial

sobre el área de protección del Tratado Antártico, considerando para ello la construcción de una base de datos documentando eventos de reingresos no controlados, de fuentes abiertas, la información sobre el objeto espacial provista por el Registro de Objetos espaciales de Naciones Unidas, las coordenadas de las ZAEP y su catalogación (motivo de conservación) y las coordenadas de las estaciones científicas (bases) antárticas, tanto permanentes como estivales. Se determinó como horizonte de estudio los años 2004 y 2025 (septiembre); el primero por permitir dos años de anticipación al fenómeno de irrupción de capacidades ASAT y el segundo por representar la fecha de datos más próxima disponible, integrando eventos como los que pudieran ocurrir relacionados con los teatros de conflictos vigentes.

De esta información, se logró obtener que desde el año 2004 a septiembre del 2025 se han

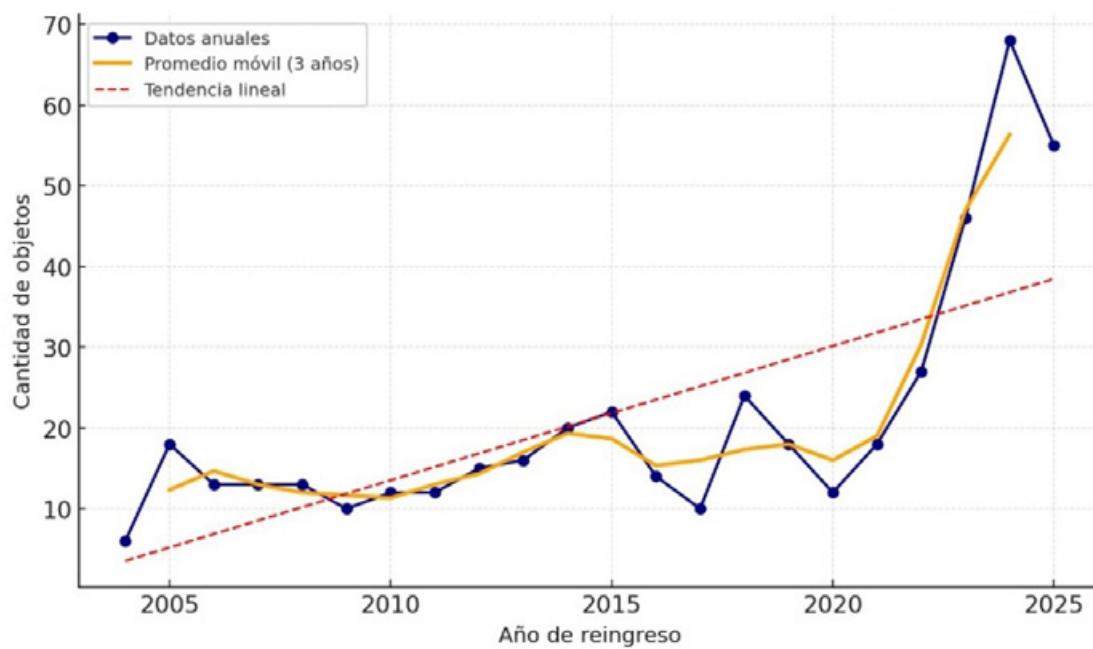


FIGURA 2: Evolución anual de reingresos sobre el área antártica 2004-2025².

2 Gráfico de elaboración propia en base a data set construido como parte del proyecto “Strategic Horizons” ganador del Innovative Futures Prize, GCSP, 2024.

registrado 463 eventos de reingreso de los cuales el 44,3% corresponde a partes de cohetes, 42,7% corresponde a carga útil (satélites), 8.9% a basura propiamente tal (partes) y un 3.9% correspondiente a partes desconocidas de plataformas espaciales. En cuanto a la distribución de los eventos, se observó que en la década 2004-2013 existía un intervalo de entre 9 a 15 eventos por año, en la década siguiente (2014-2023) esta cifra se incrementó con 25 a 30 eventos por año y que, en bienio 2024 –primer semestre 2025– se habría alcanzado ya 52 eventos, lo que describe la transformación de los reingresos de fenómeno ocasional a una situación estructural que tiende al alza sostenida en sintonía con la intensificación de la actividad espacial internacional.

En términos de tamaño, utilizando la taxonomía del *National Research Council, Division on Engineering and Physical Sciences* (1995), de

la totalidad de eventos registrados en Antártica en los últimos 21 años, el 88% corresponde a objetos “grandes” (>10 cm), 9% correspondería a objetos “medianos” (1 mm- <10 cm) y el 2% correspondería a objetos “pequeños” (<1 mm). Esto significa que la mayor parte de los eventos de basura espacial sobre Antártica pudieron haber reingresado sin llegar a consumirse completamente, aportando no tan solo contaminación atmosférica, sino que también incrementando el riesgo de impacto sobre infraestructura crítica.

Respecto al análisis de distancia de los posibles puntos de impacto, considerando la información de reingreso, se estimó que estos presentan una mediana de 736 km respecto de las ZAEP y de 514 km respecto de las bases científicas, de los cuales 9 eventos han sido a menos de 100 km de una ZAEP y 22 eventos han sido registrados a menos de 100 km respecto a una

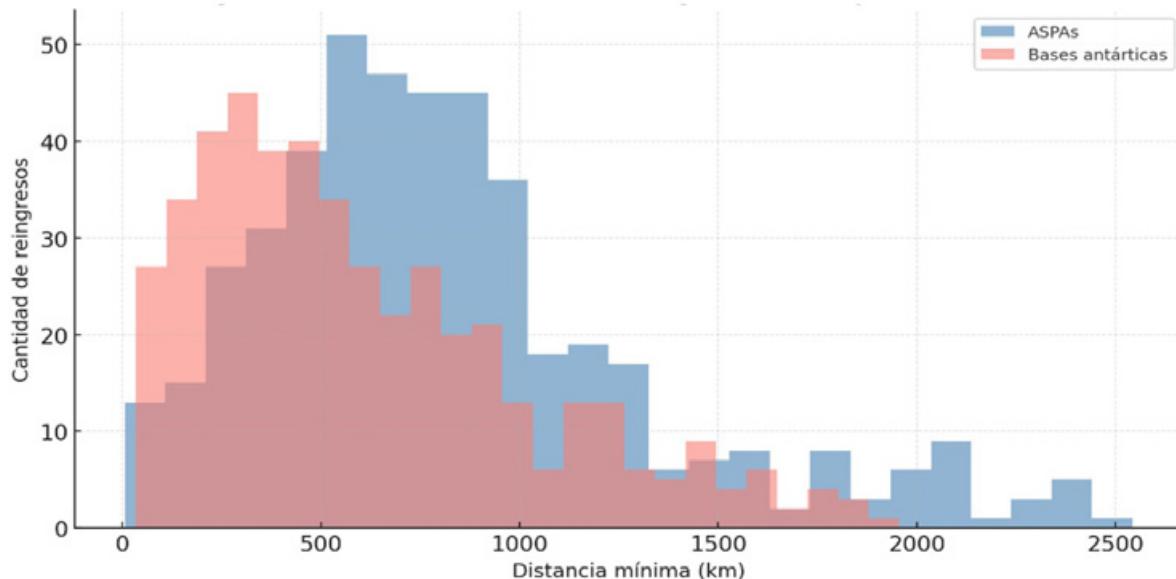


FIGURA 3: Distribución de distancias entre el punto de reingreso de basura espacial en relación a ZAEP (azul) y Bases Antárticas (rojo)³.

3 Gráfico de elaboración propia en base a Data Set elaborado en el proyecto “Strategic Horizons” ganador del Innovative Futures Prize del GCSP, 2024 e información provista por COMNAP y la Secretaría del Tratado Antártico (2025).

base. Esto confirma la existencia de un potencial de riesgo ambiental y operativo que sería vinculante con el principio de responsabilidad internacional bajo los términos del Protocolo de Madrid, particularmente desde la perspectiva de que, a pesar de tener un riesgo de impacto directo bajo, la dispersión de fragmentos y partículas metálicas podría generar –de sostenerse el escenario– un impacto medioambiental real dentro de las próximas décadas.

Así, la ausencia del tópico de basura espacial en la agenda de sustentabilidad antártica en conjunto con la observación del incremento empírico de reingresos no controlados sobre el área de protección del Tratado Antártico –ya no como fenómeno accidental sino que como un proceso estructural social a la competencia estratégica de la actividad espacial internacional– está generando un riesgo difuso, transnacional y no regulado en relación a la actividad antártica y la preservación de las condiciones de su medioambiente; es decir, que estos riesgos se consolidan sobre los principios fundacionales y arquitectónicos del STA. Ello implica que, ya sea por la afectación medioambiental medible en el largo plazo o por la incidencia directa de un impacto de basura espacial sobre infraestructura crítica (efecto inmediato), existe el riesgo latente de que el sistema de gobernanza antártica no posea los mecanismos suficientes para poder responder y gestionar este tipo de eventos, impactando en términos de seguridad internacional sobre todo en el caso de ocurrencia de que alguno de esos objetos reingresados sean producto de conflictos interestatales en dominio espacial. Esta situación podría estar describiendo el dilema de la securitización ambiental, debido a la proyección material de las tensiones vinculadas a la transición hegemónica hacia aspectos medioambientales que se conectan con factores de seguridad humana,

operacional e internacional, teniendo la potencialidad de incentivar el conflicto interestatal.

A su vez, desde la perspectiva del STE, la no institucionalización de la agenda de sustentabilidad ha repercutido en la ausencia de incentivos para observar una conducta política responsable en el espacio ultraterrestre, como por ejemplo en la no proliferación de basura espacial o, inclusive, la extensión del concepto de responsabilidad internacional por daños que se producen en espacios geográficos especialmente regulados, como Antártica, en donde por factores operativos (como la baja densidad poblacional) pero también por las disposiciones emitidas por el Tratado Antártico en materias de soberanía, el proceso de denuncia ante organismos *ad hoc* resulta bajamente practicable.

4.1. El rol de Chile en el asunto de la basura espacial antártica

El sistema internacional transita una etapa de debilitamiento del multilateralismo, esto no significa que el STA se extinga, sino que, similar a lo que ocurre en otras instituciones internacionales, existe una menor tendencia hacia el consenso para incluir regulaciones sobre situaciones que, aun impactando el interés global sobre la Antártica, pudieran conducir a reducciones o regulaciones sobre áreas de interés estratégico de los Estados, como es por ejemplo la actividad espacial o la adopción de normas respecto a la producción dolosa de basura espacial. Aun así, dada la materialidad del fenómeno es indiscutible que el tema seguirá intensificándose en la esfera global, cuya discusión debería ser algo observado en el corto plazo por el STA.

Frente a esta intersección inédita entre el espacio y la antártica, pareciera evidente que la búsqueda de una solución al problema de la basura espacial en el continente blanco, debe

recaer en las instituciones internacionales ad hoc, como las RCTA, incentivada por el rol de actores medios que, por cuyo conocimiento, vinculación, proximidad e interés en lo antártico, pudieran buscar reducir los riesgos que generan estos eventos de reingresos no controlados, como es el caso de Chile.

Desde una perspectiva geográfica, la Región Austral-Antártica chilena, le otorga al país una posición privilegiada para la observación, monitoreo y registro de estos eventos, sobre todo bajo la lógica de su experiencia logística y operacional en el continente antártico, que podría ser de interés para establecer una red de observación de reingresos de NEOs en el Territorio Chileno Antártico, pero también debido a que en su condición de Miembro Consultivo del STA, el país podría proponer el punto de agenda enfocado en la mitigación, respuesta y reparación frente al daño que la basura espacial esté produciendo en el continente blanco.

Si bien es cierto Chile, en el segmento de la actividad espacial, no posee autonomía tecnológica que pudiera brindarle capacidades SSA orientadas al segmento de la basura espacial, sí posee una rica tradición en política y derecho espacial en foros internacionales, que le permitiría posicionar el asunto de la basura espacial antártica en estas instancias, orientando la búsqueda de consensos mínimos para mitigar sus efectos, riesgos y amenazas; estableciendo también el proceso de alerta bajo el amparo del concepto de responsabilidad internacional

en temas espaciales.

En este sentido, Chile podría configurarse en un actor puente entre los regímenes del STA y el STE, articulando iniciativas y mecanismos de intercambio de información que consoliden respuestas globales a un problema de seguridad internacional cuyas consecuencias son mundialmente compartidas por la potencialidad de afectación al sistema planetario y por medio de ello a la seguridad de las personas.

Chile podría configurarse en un actor puente entre los regímenes del STA y el STE, articulando iniciativas y mecanismos de intercambio de información que consoliden respuestas globales a un problema de seguridad internacional cuyas consecuencias son mundialmente compartidas por la potencialidad de afectación al sistema planetario y por medio de ello a la seguridad de las personas.

alza de reingresos de basura espacial, sobre esta parte del país, lo que se da de la mano con el cero aporte de reingresos no controlados de Chile sobre la Antártica.

5. Conclusiones

La seguridad internacional es un fenómeno complejo, que por su característica de mutable tenderá a incorporar las tendencias emergentes del sistema internacional, incluyendo aquellas propias de la transformación estructural vinculada a la redistribución del poder internacional.

Como parte *sine qua non* de este proceso de transformación, la incertidumbre y alta volatilidad de las relaciones internacionales, deviene en procesos de competencia estratégica sobre todos los factores que están significados como elementos del poder. De esta manera, los procesos de actividad humana en dimensiones como tierra, mar, aire y espacio son volátiles y, por medio de la tecnología, tenderán a sofisticarse y volverse cada vez más centrales para los procesos globales, incluida la paz y la colaboración.

En este sentido, a diferencia del proceso de la Guerra Fría, que devino en la generación del STA y del STE, la competencia estratégica vigente difiere en términos y significados de la acción, pero también en la masividad del impacto que esta puede llegar a tener. Un ejemplo de ello es que, si en 1957 el satélite SPUTNIK I resultaba dañado, los efectos serían contenidos y no vinculantes a la seguridad humana. Sin embargo, la propia estabilidad y términos del orden liberal internacional, permitió la masificación de servicios de base espacial, la participación de los Estados y consecuentemente el aumento de basura espacial generada, la cual tarde o temprano debería hacer su reingreso, impactando en diferentes áreas del planeta, incluida la Antártica.

Debido a la dificultad de predecir la trayectoria de reingreso de la basura espacial, en tanto el espacio estuvo menos congestionado, se observó una menor actividad de reingreso sobre antártica, no obstante, ello ha cambiado, consolidando un fenómeno de naturaleza estructural y tendiente al alza, que genera amenazas sobre sus ecosistemas y también la infraestructura que sostiene la vida humana en el continente.

La interacción entre el dilema de la basura espacial, que para el STE consolida un tópico polisémico que transita entre la seguridad interna-

cional hasta el ambientalismo, y el continente blanco, ha generado a su vez la necesidad de que el STA pueda incluir nuevos temas de agenda orientados a estas materias que, cuyo impacto, podría tensionar los principios fundamentales del propio sistema. Es necesario en esta perspectiva reconocer la interdependencia de la seguridad de las operaciones espaciales y la protección del medio ambiente polar. Abordar esta realidad demanda enfoques creativos que requiere acciones coordinadas a nivel de lo multilateral, tanto en el STE como en el STA.

Así, la necesidad de reforzar la conducta responsable espacial debe ir acompañada de propuestas de mecanismos de transparencia y confianza mutua, la generación de capacidades de monitoreo de reingresos en Antártica y de protocolos de alerta de reingresos que puedan ser canalizados a través de organismos *ad hoc*, orientado a la mitigación del riesgo del reingreso y la generación de conocimiento empírico que adopte la toma de decisiones globales, con el único objetivo de proteger al corazón del planeta: la antártica.

Para estos fines, Chile goza de una posición privilegiada que conjuga su rol tanto como nación espacial emergente, como país antártico y actor consolidado en el STA. Esta posición, que además se fundamenta en proximidad geográfica y presencia permanente en la Antártica, le permitiría ser el agente articulador interrégiimen, permitiendo a la comunidad internacional el transformar el tópico de la basura espacial desde el elemento de disputa en oportunidad de cooperación que podría ser un hito para la seguridad internacional en el proceso del interregno hegemónico global.

6. Referencias

- Aerospace. (2023). Did I See a Meteor or a Reentry? A guide to telling if you saw a meteor or the reentry of a human-made object. Aerospace.org. <https://aerospace.org/article/what-does-reentry-look-like>
- Ballesteros, F. (2018). El síndrome de Kessler. Métode, 111.
- Berkman, P. (2011). President Eisenhower, the antarctic treaty, and the origin of international spaces. <https://doi.org/10.5479/SI.9781935623069.17>
- Biblioteca del Congreso Nacional. (s/f). Biblioteca del Congreso Nacional. www.bcn.cl/leychile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1149631>
- Bowen, B. (2011). War in Space: Strategy, Spacepower, Geopolitics. Edinburgh University Press.
- Clark, I. (2011). China and the United States: a succession of hegemonies? International Affairs (Royal Institute of International Affairs 1944-), 87(1), 13–28. <https://www.jstor.org/stable/20869608>
- Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. (2025). IADC Space Debris Mitigation Guidelines. Unoosa.org.https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2025/aac_105c_12025crp/aac_105c_12025crp_9_0_html/AC105_C1_2025_CRP09E.pdf
- Dana, I. G. N. (2023, marzo 10). World security challenges: Space debris as multilateral threat. Modern Diplomacy. <https://moderndiplomacy.eu/2023/03/10/world-security-challenges-space-debris-as-multilateral-threat/>
- European Space Agency. (2025). Space environment statistics. Esa.int. <https://sdup.esoc.esa.int/discosweb/statistics/>
- Ferreira, J. P., Wang, J., & Nomura, K. (2023). Preliminary assessment of the environmental impact of space debris demise during atmospheric reentry. Proceedings of the Advanced Maui Optical and Space Surveillance (AMOS) Technologies Conference, 97. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023amos.conf...97F/abstract?>
- Fisher, R. y Walters,D. (2013).Introduction to Security. Butterworth-Heinemann ed.Londres. ISBN 9780123850577
- German Space Agency (DLR). (2025). Space debris. German Space Agency. <https://www.dlr.de/en/ar/topics-missions/space-safety/space-debris>
- GSF. (2022). Why are Most Meteorites Found in Antarctica? Geosemfronteiras.org. <https://geosemfronteiras.org/why-are-most-meteorites-found-in-antarctica/>
- Instituto Antártico Chileno (INACH). (2025). Protocolo de Medio Ambiente. Instituto Antártico Chileno. <https://www.inach.cl/ciencia-antartica/tratado-antartico/protocolo-de-medio-ambiente/>
- Ingrassia, V. (2025, septiembre 26). El extraño objeto metálico hallado en un campo de Chaco podría pertenecer a un cohete espacial. infobae. <https://www.infobae.com/america/ciencia-ame->

rica/2025/09/26/el-extrano-objeto-metalico-hallado-en-un-campo-de-chaco-podria-pertener-a-un-cohete-de-spacex/

Mwaura, W. (2025). Space junk metal ring baffles residents and sparks concern in Kenya village. BBC. <https://www.bbc.com/news/articles/clyn9dgdwe3o>

National Research Council, Division on Engineering and Physical Sciences, Commission on Engineering and Technical Systems, & Committee on Space Debris. (1995). Orbital debris: A technical assessment. National Academies Press.

Rey Caro, E. (2009). La Responsabilidad Internacional. Reflexiones sobre su evolución. Corte Internacional de Derechos Humanos. <https://www.corteidh.or.cr/tablas/r26910.pdf>

Secretaría del Tratado Antártico. (2025). El Comité para la Protección del Medio Ambiente. Secretaría del Tratado Antártico. <https://www.ats.aq/s/committee.html>

Tratado Antártico. (1959). Secretaría del Tratado Antártico. https://documents.ats.aq/keydocs/vol_1/vol1_2_at_antarctic_treaty_s.pdf

UNOOSA. (2025). Outer Space Objects Index. UNOOSA. https://www.unoosa.org/oosa/osoindex/search-ng.jspx?if_id=

UNOOSA. (2025b). Documents and Resolutions. (s/f). Unoosa.org. https://www.unoosa.org/oosa/documents-and-resolutions/search.jspx?view=documents&match=SUSTAINABILITY&f=oosaDocument.year_s1%3A1995&f=oosaDocument.subjects.subject_s%3AScientific%5C+and%5C+Technical%5C+Subcommittee%5C+%5C%28STSC%5C%29

Watt, D. A. (2023). Outer Space Treaty takes effect. EBSCO. <https://www.ebsco.com/research-starters/history/outer-space-treaty-takes-effect>

