ASTROPOLÍTICA E HIDROPOLÍTICA: EL PAPEL DEL SATÉLITE SINO-BRASILEÑO EN EL MONITOREO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS AMAZÓNICAS

Marianna de Oliveira Rodrigues[1]
Jaíne Garcia de Souza[2]

Esta investigación explora, mediante análisis documental y bibliográfico de fuentes primarias y secundarias, la interacción entre las dinámicas hidropolíticas brasileñas y el ámbito de la exploración espacial, tomando como referencia el Satélite de Recursos Terrestres China-Brasil (China-Brazil Earth Resources Satellite – CBERS). El CBERS surgió de un acuerdo firmado entre Brasil y China en 1988, con el objetivo de desarrollar satélites de teledetección, reducir la dependencia de satélites extranjeros y fortalecer las capacidades de monitoreo ambiental. Con una flota de seis satélites, esta misión espacial colaborativa es un ejemplo de asociación internacional y de construcción de bases sólidas para la captación y gestión de datos primarios, que brindan apoyo al gobierno brasileño. Así, se busca analizar la integración del CBERS-04A – el sexto satélite sino-brasileño, puesto en órbita en 2019 y dirigido específicamente a la gestión de cuencas hidrográficas y políticas de preservación ambiental – con el Sistema de Vigilancia de la Amazonía (SIVAM) – un proyecto activo desde la década de 1990, enfocado en el monitoreo ambiental, la defensa nacional y la gestión de los recursos naturales. De esta manera, se examina su papel en el control de las cuencas amazónicas que podrían enfrentar estrés hídrico, así como en el establecimiento de políticas de mitigación de emergencias globales y en la integración con inteligencia artificial y *big data* para el análisis y la predicción de impactos ambientales.

Palabras clave: astropolítica; hidropolítica; Brasil; China; CBERS; satélite; tecnología.

ASTROPOLÍTICA E HIDROPOLÍTICA: O PAPEL DO SATÉLITE SINO-BRASILEIRO NO MONITORAMENTO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS AMAZÔNICAS

Esta pesquisa explora, por meio de análise documental e bibliográfica de fontes primárias e secundárias, a interação entre as dinâmicas hidropolíticas brasileiras e o domínio da exploração espacial, a partir do Satélite de Recursos Terrestres China-Brasil (China-Brazil Earth Resources Satellite – CBERS). O CBERS surgiu de um acordo firmado entre Brasil e China em 1988, visando ao desenvolvimento de satélites de sensoriamento remoto, à redução da dependência de satélites estrangeiros e ao fortalecimento de capacidades de monitoramento ambiental. Com uma frota de seis satélites, esta missão espacial colaborativa é um exemplo de parceria internacional e construção de bases sólidas de captação e gestão de dados primários, que conferem suporte ao governo brasileiro. Desta forma, objetiva-se analisar a integração do CBERS-04A – sexto satélite sino-brasileiro, colocado em órbita em 2019, direcionado especificamente à gestão de bacias

1. Profesora de Relaciones Internacionales en la Universidad La Salle (Canoas/RS); estudiante de Doctorado y Máster en Estudios Estratégicos Internacionales en el Programa de Postgrado de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul; y investigadora asociada del Instituto Suramericano de Política y Estrategia (ISAPE). Correo electrónico: marianna.oliveira08@gmail.com. Orcid: https://orcid.org/0000-0002-4282-410X.

2. Máster en Estudios Estratégicos Internacionales por el Programa de Postgrado de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul; y investigadora asociada del Instituto Suramericano de Política y Estrategia (ISAPE). Correo electrónico: jaine.gsouza95@gmail.com. Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6625-2313.

hidrográficas e políticas de preservação ambiental – com o Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM) – projeto ativo desde a década de 1990, voltado ao monitoramento ambiental, à defesa nacional e à gestão dos recursos naturais. Averigua-se, assim, seu papel no controle de bacias amazônicas em possível estresse hídrico, bem como no estabelecimento de políticas de mitigação das emergências globais e na integração com inteligência artificial e *big data* para análise e previsão de impactos ambientais.

Palavras-chave: astropolítica; hidropolítica; Amazônia; Brasil; China; CBERS; satélite; tecnologia; sensoriamento.

ASTROPOLITICS AND HYDROPOLITICS: THE ROLE OF THE SINO-BRAZILIAN SATELLITE IN MONITORING AMAZON RIVER BASINS

This research explores, through documental and bibliographic analysis of primary and secondary sources, the interaction between Brazilian hydropolitical dynamics and the domain of space exploration, focusing on the China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS). CBERS emerged from an agreement between Brazil and China in 1988, aiming to develop remote sensing satellites, reduce dependence on foreign satellites, and strengthen environmental monitoring capabilities. With a fleet of six satellites, this collaborative space mission exemplifies international partnership and the establishment of robust frameworks for acquiring and managing primary data, which support the Brazilian government. Thus, the objective is to analyze the integration of CBERS-04A – the sixth Sino-Brazilian satellite, launched in 2019 and specifically designed for watershed management and environmental preservation policies – with the Amazon Surveillance System (SIVAM) – a project active since the 1990s, focused on environmental monitoring, national defense, and natural resource management. The study investigates its role in monitoring Amazonian basins under potential water stress, as well as in establishing mitigation policies for global emergencies, and its integration with artificial intelligence and big data for environmental impact analysis and forecasting.

Keywords: astropolitics; hydropolitics; Brazil; China; CBERS; satellite; technology.

JEL: Q25; Q54; O33.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm37art9

Data de envio do artigo: 10/4/2025. Data de aceite: 28/7/2025.

1 INTRODUCCIÓN

Con sus dimensiones continentales y su vasta red hidrográfica, Brasil ocupa una posición estratégica en el escenario internacional, concentrando alrededor del 12% de toda el agua dulce superficial del planeta (Rodrigues, 2025). Esta inmensidad se concentra en numerosas cuencas de gran importancia para la dinámica hidropolítica, social, económica y de seguridad del Estado brasileño, como las cuencas del Amazonas, Tocantins-Araguaia, São Francisco y Platina (Brasil, 2020).

Entre las cuencas mencionadas, una de las más importantes en el contexto actual es la cuenca del Amazonas, que no sólo concentra un bioma de inestimable valor ecológico, sino que también es un importante espacio político nacional y

transnacional, ya que en ella se entrecruzan los intereses de explotación sobre los recursos naturales (principalmente el agua) de nueve estados: Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador, Guyana, Guayana Francesa, Perú, Surinam y Venezuela.

Teniendo en cuenta la creciente escasez hídrica,[3] el agua se considera ahora en la escena internacional como un recurso estratégico cuyo uso y control trasciende los límites de la esfera medioambiental y requiere un enfoque analítico multidisciplinar para comprender todas las interacciones que surgen de la dinámica hidropolítica. Dos de las esferas que se han articulado y vinculado fuertemente a las disputas por los recursos hídricos son la geopolítica y la seguridad internacional, tratando de ampliar e instrumentalizar sus mecanismos para afrontar mejor las amenazas medioambientales. Así, la literatura vinculada al área de la Hidropolítica ha planteado numerosos debates sobre el acceso, control y gestión compartida de los recursos hídricos, y cómo las dinámicas cooperativas siguen marcadas por asimetrías técnicas, políticas e institucionales (Ohlsson, 1998; Turton, 2002).

Estas asimetrías son en gran medida responsables de agravar las vulnerabilidades regionales, e incluso pueden actuar como herramientas de poder y coerción entre actores que comparten aguas transnacionales – o incluso actores dentro de un mismo Estado, que reclaman diferentes usos para los recursos hídricos, como los enfrentamientos entre los pueblos indígenas y los mineros del oro que dominan el espacio amazónico. En dinámicas de este tipo, de relativa escasez, la intensificación de las prácticas de explotación, la degradación ambiental y la falta de infraestructuras de distribución equitativas provocan el crecimiento de episodios de estrés hídrico[4] y el aumento de los márgenes conflictivos entre múltiples actores, especialmente en el eje regional de transición entre el Cerrado y la Amazonía, regiones marcadas por una gran expansión agrícola y una intensa actividad minera (Pimenta, 2024).

Ante la necesidad de vigilar recursos fundamentales como el agua, ha surgido un nuevo vector estratégico capaz de posibilitar y agilizar la obtención

3. Como se define en Ribeiro (2018) y Rodrigues (2021), la escasez de agua se define como un fenómeno que surge de la escasez física de agua, es decir, cuando la cantidad de agua que está disponible en un territorio determinado no es suficiente para satisfacer las demandas de sus habitantes, llevando al Estado a un camino de vulnerabilidad. Según la definición de la FAO, existen dos categorías de escasez de agua: i) escasez absoluta o física, que corresponde a una falta total de agua para satisfacer las necesidades de la población y de los ecosistemas, clasificada cuando la disponibilidad de agua es inferior a 500m³/año per cápita; y ii) escasez económica o relativa, que corresponde a un escenario en el que el agua se encuentra en niveles suficientes, pero el Estado no dispone de herramientas eficaces para su distribución equitativa (FAO, [s.d].).

4. El estrés hídrico se refiere a la capacidad -o falta de capacidad- para satisfacer la demanda humana y ecológica de agua. No implica necesariamente escasez física, ya que una región puede tener un gran volumen de agua disponible, pero aun así no disponer de las herramientas necesarias para su distribución equitativa a todas las esferas de su población. Además de los aspectos físicos, también tiene en cuenta la calidad del agua, los caudales ambientales y la accesibilidad a los recursos hídricos. Como métrica, la FAO considera que un estado tiene estrés hídrico cuando el volumen anual está entre 1000 y 1700 m³/per cápita (Schulte, 2014; Conejo *et al*., 2022).

de información y los procesos de toma de decisiones: la Astropolítica. Definida como el campo de análisis encargado de investigar cómo los Estados emplean el uso de las tecnologías espaciales (satélites, sensores y sistemas orbitales) para proyectar poder, la astropolítica se presenta en relación con la cuestión del agua como un soporte esencial para el fortalecimiento de la soberanía y el control de los flujos críticos de información sobre datos ambientales (Johnson-Freese, 2007; Moltz, 2012). En este sentido, el control sobre los activos orbitales se convierte en una condición indispensable para el pleno ejercicio de la soberanía territorial y ambiental, especialmente en lo que se refiere a la vigilancia de las zonas más vulnerables. En el Sur Global,[5] donde la mayoría de las capacidades espaciales están asociadas a la dependencia de acuerdos internacionales asimétricos, este dominio tiene dos caras: como oportunidad de expansión y soberanía informacional, y como desafío para la proyección de poder entre Estados en una carrera espacial e informacional cada vez más dispar.

Dicho esto, esta investigación parte del reconocimiento de que la Astropolítica y la Hidropolítica están cada vez más entrelazadas en la era informacional contemporánea. Esto se entiende principalmente en la medida en que el acceso a los datos hidrológicos en tiempo real, posibilitado por los satélites de teledetección, está demostrando ser capaz de redefinir la forma en que se ejerce la política y la seguridad medioambiental. En este estudio, la articulación del satélite chino-brasileño CBERS-04A con el funcionamiento del Sistema de Vigilancia de la Amazonia (SIVAM) busca entender cómo el espacio orbital es percibido como una extensión del campo hidropolítico, y cómo esta infraestructura técnica puede ser instrumentalizada como herramienta de poder, vigilancia y salvaguarda del agua en territorio brasileño.

Basándose en esta necesidad de vigilar y gestionar de forma autónoma grandes áreas estratégicas del territorio brasileño, Brasil adoptó a mediados de los años ochenta una postura diplomática en busca de asociaciones que pudieran ayudar a desarrollar las tecnologías necesarias para esta vigilancia. Fue en el marco de estas asociaciones que surgió, en 1988, el Acuerdo Marco de Cooperación en Aplicaciones Pacíficas de la Ciencia y la Tecnología del Espacio Exterior, que firmó la cooperación bilateral entre Brasil y China, con el objetivo de asociarse en el área del desarrollo espacial, directamente, sin intermediarios ni la participación de organizaciones internacionales.

5. El término Sur Global, bastante controvertido en el campo de las Relaciones Internacionales, tiene raíces políticas y epistemológicas, no sólo geográficas. Según Dirlik (2007), el término, surgido en la posguerra fría, sustituye al de "Tercer Mundo" y está profundamente relacionado con las desigualdades históricas, especialmente en un contexto poscolonial, político y económico. Además, según Santos (2014) y Quijano (2005), es también un espacio epistemológico, subproducto de la colonialidad, donde resisten múltiples formas alternativas de conocimiento, justicia y política, muchas veces silenciadas por las clasificaciones raciales, económicas y epistémicas que jerarquizan pueblos y saberes.

El Programa CBERS (China-Brasil Earth Resources Satellites – CBERS) fue el principal producto de esta cooperación, centrada en satélites de teledetección para la observación de la Tierra. Desde el lanzamiento del primer satélite fruto de esta asociación en 1999, el CBERS ha desempeñado un papel crucial en la vigilancia del medio ambiente en Brasil, proporcionando datos esenciales para la gestión de los recursos naturales, la prevención de catástrofes y la planificación territorial. Entre las aplicaciones del CBERS se encuentra la gestión de los recursos hídricos (Brasil, 2024).

Frente a los desafíos planteados por el cambio climático y el aumento de la demanda de agua, la vigilancia por satélite se ha convertido en una herramienta indispensable para identificar y predecir los niveles de escasez y estrés hídrico en Brasil. Gracias a su capacidad para cubrir vastas áreas de forma continua y precisa, los satélites proporcionan datos esenciales para el seguimiento de cuencas hidrográficas, embalses y acuíferos, así como para detectar cambios en el uso del suelo y en la cubierta vegetal que repercuten en la disponibilidad de agua. Esta información es fundamental para la gestión sostenible de los recursos hídricos, permitiendo la toma de decisiones estratégicas en sectores como la agricultura, la energía y el abastecimiento urbano, especialmente en regiones críticas como el noreste semiárido y las zonas sometidas a la presión de la expansión agrícola.

Ante este escenario – y con vistas a abrir una nueva área de trabajo en el ámbito estratégico, que se encuentra en la intersección de la astropolítica y la hidropolítica –, esta investigación pretende analizar el papel del programa CBERS como herramienta de soberanía y cooperación internacional, especialmente para el seguimiento del estrés y la escasez de agua en Brasil. Para ello, analiza su contribución al SIVAM, una iniciativa que funciona desde 2002 y que tiene como objetivo vigilar y proteger todo el territorio amazónico y las regiones estratégicas (Sivam, 2007). Para los fines de esta investigación, el análisis se centrará en el CBERS-04A – también conocido como ZY-1 044A – el sexto satélite de la flota sino-brasileña en el ámbito de esta cooperación, puesto en órbita en 2019. Esto se justifica por su enfoque específico en las políticas de gestión de cuencas hidrográficas y preservación del medio ambiente en territorio brasileño, un enfoque que nos permite acercarnos a los ejes de trabajo del SIVAM, lo que conduce a un estudio más profundo de las contribuciones reales de la cooperación espacial sino-brasileña a la hidropolítica.

Esta investigación es especialmente relevante en el contexto de las disputas sobre la orientación de la política ambiental brasileña, marcada por numerosas presiones internas y externas y por períodos de intensas reconfiguraciones en la arquitectura institucional de defensa y seguridad. Al analizar la relación entre la soberanía tecnológica en el espacio orbital y la soberanía del agua,

especialmente en la Amazonia, este artículo hace una importante contribución a los debates sobre la conjunción de la gobernanza del agua y de la información en el Sur Global, profundizando en la comprensión de cómo el dominio sobre las plataformas orbitales impacta en los acuerdos de poder sobre el agua en territorio brasileño. El objetivo no es sólo ampliar el alcance analítico de la Hidropolítica, sino también destacar las nuevas formas de poder que surgen en la era de la gobernanza informacional y de la vigilancia ambiental en tiempo real, esferas cada vez más prominentes en el ámbito de la seguridad internacional y de la soberanía de los Estados.

Así, utilizando el método analítico cualitativo y el análisis documental y bibliográfico de fuentes primarias y secundarias, esta investigación saca a la luz el debate sobre cómo el dominio del espacio exterior y el desarrollo de la tecnología satelital contribuyen al suministro de datos en tiempo real, de gran valor a la hora de la planificación estatal en el ámbito de las políticas públicas medioambientales y la mitigación de las crisis hídricas. Para este estudio, el artículo se estructura en cuatro secciones. La primera sección aborda la cooperación sino-brasileña en el contexto de las políticas dirigidas al entorno del espacio exterior, destacando la contribución de los acuerdos que involucran a CBERS a la diplomacia y estrategia brasileñas. Una segunda sección analiza más específicamente la relación entre el CBERS-04A y el SIVAM, con el fin de comprender su papel conjunto como herramienta de seguimiento y toma de decisiones en el ámbito de la hidropolítica brasileña. Por último, en una tercera sección, se fomenta el debate sobre el papel de la tecnología en la gobernanza global y su impacto en el futuro de la gestión del agua en Brasil.

2 LA COOPERACIÓN SINO-BRASILEÑA EN EL CONTEXTO DE LA ASTROPOLÍTICA: EL PROGRAMA CBERS

La astropolítica estudia la relación entre la política internacional y la exploración del espacio exterior,[6] tratando de entender cómo los países utilizan las ventajas que ofrece la región espacial para alcanzar objetivos estratégicos, como proteger la seguridad nacional, dominar tecnologías avanzadas y aumentar su poder global. Así pues, implica tanto la competencia por los recursos y las posiciones estratégicas en el espacio como la cooperación en ámbitos como la investigación científica y la seguridad espacial (Sheehan, 2007).

6. Se entiende por espacio exterior la región situada más allá de la atmósfera terrestre, a partir de una altitud de 100 kilómetros sobre la superficie del mar (Línea Kármán). Aunque la atmósfera no cesa abruptamente en este punto, se vuelve progresivamente más delgada, imposibilitando, en consecuencia, el sostenimiento de vuelos (Cepik, 2015).

La Segunda Era Espacial (1970-1990)[7] señala el momento histórico en el que cada vez más Estados empezaron a invertir y a depender de los activos espaciales como forma de apoyar cuestiones operativas, tácticas y estratégicas en los conflictos regionales surgidos durante la Guerra Fría. A diferencia de las grandes potencias de la época – los Estados Unidos de América (EE.UU.) y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) – muchos países emergentes no disponían del mismo capital para dar los primeros pasos e invertir en un sólido programa espacial (Souza, 2022; Bowen, 2020).

Inicialmente, la inversión de Brasil en tecnología espacial se produjo de forma gradual, a través de asociaciones internacionales, especialmente con la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (National Aeronautics and Space Administration – NASA). Estas inversiones fueron modestas, condicionadas por la inestabilidad política y las restricciones presupuestarias. Sin embargo, se reconoció la necesidad de adquirir conocimientos técnicos para el desarrollo de bienes espaciales, con el objetivo de reducir progresivamente la dependencia de la cooperación exterior.

En 1971, se creó el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), encargado de coordinar los proyectos de satélites y teledetección. Más tarde, en 1979, se estableció la Misión Espacial Completa Brasileña (MECB), el primer plan estratégico para el desarrollo de satélites nacionales (Satélite de Recogida de Datos 1 – SCD-1) y vehículos de lanzamiento (Vehículo Lanzador de Satélites – VLS). A pesar de estos avances iniciales en la consolidación y estructuración del Programa Espacial Brasileño (PEBR), Brasil se enfrentó a sanciones impuestas por los Estados Unidos,[8] que limitaron el acceso a componentes críticos. Por otro lado, China[9] aumentó sus inversiones en el sector espacial a mediados de la década de 1970, y especialmente tras las políticas nacionales aplicadas por Deng Xiaoping (1978-1990). Como resultado, al igual que en el caso brasileño, los avances chinos en el sector espacial se produjeron inicialmente gracias a asociaciones con potencias espaciales emergentes (Moltz, 2012).

---

7. La división histórica adoptada considera tres épocas: la Primera Era Espacial (1957-1969), caracterizada por las conquistas pioneras en la región espacial; la Segunda Era Espacial (1970-1990), marcada por los avances tecnológicos (como los sistemas de guiado), el uso táctico, operacional y estratégico en conflictos y el surgimiento de potencias espaciales emergentes; y la Tercera Era Espacial (2000-actualidad), definida por los desafíos a las normas internacionales dirigidas a la región espacial y el creciente papel de las empresas privadas en el sector espacial (Souza, 2022).

8. El inicio del desarrollo de los cohetes nacionales brasileños tuvo lugar en paralelo con la imposición de sanciones derivadas de la dualidad de algunos componentes críticos, como los sistemas de control (que garantizan que el cohete siga la trayectoria deseada) y los giroscopios (que detectan cambios en la orientación del cohete y proporcionan datos sobre su rotación alrededor de sus ejes). Por "dualidad" se entiende la capacidad de un sistema espacial para ser utilizado tanto con fines civiles como militares. Estas restricciones tecnológicas fueron establecidas por Estados Unidos debido al Reglamento sobre Tráfico Internacional de Armas (International Traffic in Arms Regulations – ITAR), que controla la exportación de tecnologías de defensa y sistemas espaciales, y clasifica los cohetes y componentes críticos como material de guerra. Las sanciones contra el LIC tuvieron lugar principalmente entre los años 1980 y 2000 (Johnson-Freese, 2007).

9. Este documento no entrará en detalles sobre la evolución de las inversiones chinas en el sector espacial. Para ello, recomendamos la lectura de Handberg y Li (2006).

En este contexto, surgió el proyecto CBERS, en cooperación con China, con el objetivo de reducir costes y disminuir la dependencia de tecnología crítica estadounidense. El 6 de julio de 1988, durante una visita oficial a China, el presidente brasileño José Sarney (1985-1990) firmó el "Protocolo sobre la Aprobación de la Investigación y Producción de Satélites de Recursos Terrestres", sentando las bases para el desarrollo conjunto de satélites de teledetección. El acuerdo designaba al INPE (Brasil) y a la Academia China de Tecnología Espacial (China Academy of Spacy Technology – CAST) como responsables de la ejecución del programa CBERS, con un presupuesto total de 150 millones de dólares, divididos en un 70% para China y un 30% para Brasil (Brasil, 1988; Santana y Coelho, 2009).

El 30 de julio de 1998, mediante el Decreto no 2.698, entró en vigor en Brasilia el "Acuerdo Marco de Cooperación en Aplicaciones Pacíficas de la Ciencia y la Tecnología en el Espacio Exterior", firmado entre el Gobierno de la República Federativa de Brasil y el Gobierno de la República Popular China (Brasil, 1998). El cuadro 1 ilustra una comparación de los seis satélites CBERS (1988-presente), incluyendo datos técnicos y su estado actual.

CUADRO 1
Satélites del Programa CBERS (1988-actualidad)

Nombre del satélite	Lanzamiento	Órbita	Estado función principal	Función principal	Aspectos destacados
CBERS 1 (Zi Yuan 1)	14/10/1999	SSO	Desactivado (2003)	Teledetección para la agricultura, la silvicultura y el agua	1er satélite chino-brasileño; misión de 3 años
CBERS 2 (Ziyuan 1B)	21/10/2003	SSO	Desactivado (2009)	Vigilancia medioambiental y territorial	Mejoras en la cámara del IRMSS
CBERS 2B	19/09/2007	SSO	Desactivada (2010)	Imágenes para la deforestación y la gestión urbana	Incluye cámara HRC (alta resolución)
CBERS 3	09/12/2013	Fallo en el lanzamiento	Pérdido	Previsto sustituir CBERS-2B por nuevas cámaras (MUX, WFI)	Fallo del cohete Long March-4B
CBERS 4	07/12/2014	SSO	Activo (operativo)	Vigilancia de la Amazonia, la agricultura y las catástrofes naturales	Cámaras MUX (20 m) y WFI (64 m)
CBERS-04A (ZY-1 04A)	20/12/2019	SSO	Activa (operativa)	Centrado en los recursos hídricos y la deforestación (alta resolución: WPM 2m, MUX 10m, WFI 55m)	Satélite más avanzado de la serie

Fuente: Cepik *et al*., 2023; Santos, 2023.
Elaboración de las autoras.

El programa CBERS representa un hito en la cooperación espacial entre países del Sur Global. Los seis satélites de la serie se lanzaron desde el Centro Espacial de Taiyuan, situado en la provincia china de Shanxi. Esta base tiene una posición geográfica estratégica para lanzamientos en órbitas polares – trayectorias que cruzan los polos de la Tierra y son ideales para misiones de imagen global. Esta característica es especialmente ventajosa para la vigilancia sistemática de grandes biomas, como la Amazonia brasileña.[10]

CBERS-04A, el objeto central de este estudio, opera en una órbita sincronizada con el Sol (Sun-synchronous orbit – SSO)[11] a una altitud de 778 km. Esta configuración orbital presenta dos ventajas operativas: i) permite que el satélite sobrevuele siempre una región determinada a la misma hora local (una condición conocida como "hora solar local"), garantizando unas condiciones de iluminación uniformes para la obtención de imágenes; y ii) proporciona revisitas frecuentes (cada 3-5 días), esenciales para monitorizar dinámicas medioambientales que cambian rápidamente. Esta capacidad hace que el CBERS-04A sea particularmente eficaz para aplicaciones como el seguimiento de la deforestación, la gestión del suelo y los cambios en las masas de agua (Souza, 2022; Santos, 2023).

El cuadro 2 ilustra las diferentes cargas útiles presentes en el CBERS-04A. Analizando los datos recogidos en este activo espacial, es posible concluir que la Cámara Multiespectral (MUX) – desarrollada por Brasil (INPE) – es la más adecuada para el análisis de tensiones agua, complementada por la Cámara de Barrido Amplio (WFI) para la monitorización a gran escala. Esto se debe a una serie de características técnicas, tales como: i) la resolución espacial de 16 m, que permite detallar los cuerpos de agua y la vegetación ribereña, también conocida como vegetación de ribera; y, ii) las cuatro bandas espectrales (incluyendo el infrarrojo cercano), que son esenciales para identificar la reducción de agua en ríos y suelos (a través del NDWI – Normalised Difference Water Index) y la vegetación bajo estrés hídrico (a través del NDVI – Normalised Difference Vegetation Index) (INPE, 2025).

10. Al mismo tiempo que la asociación sino-brasileña, pero a nivel nacional, el INPE creó el Programa de Cálculo de la Deforestación de la Amazonia (PRODES), responsable de estimar oficialmente la tasa anual de deforestación de la Amazonia Legal brasileña. Históricamente, este proyecto ha utilizado imágenes ópticas de resolución media de los satélites Landsat y, más recientemente, datos de sensores como los de los satélites CBERS-4 y Sentinel-2, para detectar y cuantificar las áreas taladas con una resolución espacial de 30 metros (INPE, 2023). En el ámbito del agua, un proyecto con un enfoque metodológico similar es MapBiomas Água, una iniciativa que, en colaboración con la Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico (ANA), cartografía anualmente la superficie del agua en Brasil desde la década de 1980, utilizando imágenes Landsat y generando series temporales y análisis espaciales de las variaciones en las masas de agua, incluso en la región amazónica. Disponible en: https://mapbiomas.org/agua.

11. Para más explicaciones sobre los diferentes tipos de órbitas y sus características, ver Souza (2022, p. 45).

CUADRO 2
Cargas útiles del CBERS-04A (ZY-1 04A) y sus características

Carga útil	Tipo de carga útil	Resolución espacial	Banda espectral	Aplicaciones principales	Funciones adicionales
WPM (cámara pancromática y multiespectral)	Captador de imágenes de alta resolución	Pancromática: 2 m Multiespectral: 8 m	4 bandas (visible e infrarrojo cercano)	Cartografía urbana, seguimiento agrícola, deforestación	Amplia cobertura (90 km de barrido)
MUX (cámara multiespectral)	Cámara multibanda	16 m	4 bandas (del azul al infrarrojo cercano)	Gestión de recursos hídricos, vegetación, suelos	Diseñado por Brasil (INPE)
WFI (Cámara de Campo Largo)	Captador de imágenes de gran alcance	55 m	4 bandas (visible e infrarroja)	Vigilancia medioambiental a gran escala (por ejemplo, biomas)	Cobertura de 685 km por imagen
DTS (Transmisor de datos)	Transmisor	-	Banda X (8 GHz)	Transmisión de imágenes de las cámaras WPM, MUX y WFI	Velocidad de 305 Mbps
DDR (grabador de datos)	Almacenamiento	-	-	Almacena datos cuando el satélite está fuera de contacto con las estaciones terrestres	32 Gb de capacidad
DCS (Sistema de recogida de datos)	Colector de telemetría	-	-	Recoge datos de plataformas medioambientales remotas	Integrado con el Sistema Brasileño de Recogida de Datos
SEM (Monitor Ambiental Espacial)	Sensor	-	Partículas cargadas y campos magnéticos	Monitoriza la radiación y los efectos del entorno espacial en el satélite	Protege los componentes electrónicos

Fuente: INPE, 2025.
Elaboración de las autoras.

En resumen, en la práctica, el MUX ayuda a vigilar las cuencas fluviales, la gestión agrícola y la detección de sequías. El WFI, entonces, actúa como complemento debido a su amplia cobertura (658 km por imagen), siendo útil para el monitoreo de grandes áreas, como toda la cuenca del Amazonas, además de ser útil para análisis regionales, ya que es menos detallado que el MUX. El cuadro 3 aclara las diferencias entre las cámaras presentes en el CBERS-04A.

CUADRO 3
Comparación de MUX vs. WFI para estrés hídrico

Carga útil	Resolución	Banda crítica	Ventaja	Limitación
MUX	16 m	Infrarrojo cercano	Detalles localizados (por ejemplo, ríos estrechos, irrigación)	Cobertura menor (90 km)
WFI	55 m	Infrarrojo (banda 4)	Vista regional (685 km) – ideal para cuencas fluviales	Menor resolución espacial

Fuente: INPE, 2025.
Elaboración de las autoras.

La combinación de todos estos instrumentos hace del CBERS-04A una herramienta estratégica para las políticas públicas ambientales nacionales, contribuyendo en gran medida al combate a la deforestación ilegal y a la mitigación de las crisis hídricas. Se consolida así como un avance tecnológico para el monitoreo ambiental, ofreciendo datos precisos y sistemáticos que fortalecen la capacidad de gestión territorial e hídrica de Brasil. En la próxima sección se analizará la posible integración entre el CBERS-04A y el SIVAM, explorando cómo la sinergia entre la teledetección orbital y los sistemas de vigilancia basados en radares puede aumentar la eficacia en la vigilancia de la Amazonia y la respuesta a las emergencias ambientales.

3 HIDROPOLÍTICA Y VIGILANCIA DE LAS CUENCAS AMAZÓNICAS: SIVAM Y CBERS-04A

La hidropolítica, según la definición de Queiroz (2011), basada en las reflexiones de Turton (2002) y Turton y Ohlsson (1999), es el campo de análisis de las relaciones de poder, cooperación y conflicto entre los estados y otros actores, con el agua como elemento central. Este campo considera el agua no sólo como un recurso natural esencial para la vida y las actividades humanas, sino también como un activo estratégico cuyo acceso y control pueden moldear relaciones interdependientes y dar lugar a disputas intra e interestatales. Estas disputas pueden estallar cuando los recursos hídricos escasean, ya sea por factores físicos y geográficos, que caracterizan la escasez de primer orden, o por factores humanos, barreras políticas, institucionales y de gestión, que caracterizan la escasez de segundo orden (Ohlsson, 1998). Esto se debe a que, dado su carácter indispensable para la vida y la subsistencia humanas, el agua es actualmente uno de los recursos

estratégicos más disputados y una de las preocupaciones más acuciantes de los Estados (Rodrigues, 2021).

En Brasil, por ejemplo, a pesar de su inmensidad en términos de variedad de cuencas hidrográficas, esta abundancia no es homogénea. Se observa un aumento de las crisis hídricas locales y de las fricciones entre actores internos y transfronterizos, ya sea debido a la dinámica de la escasez de agua (causada por los cambios vinculados al cambio climático global, que modifican los caudales pluviales e interfieren en los cursos fluviales naturales) y del estrés hídrico (causado por actividades de producción masiva y la explotación insostenible), o por las dinámicas que giran en torno a la abundancia, que en su nivel más extremo también puede causar preocupaciones políticas, económicas y de seguridad, e incluso ser instrumentalizada como herramienta estratégica, tanto como la escasez (Bordalo, 2017).

Desde este punto de vista, el territorio amazónico es un eje importante a estudiar, tanto por las dinámicas de abundancia de las cuencas hidrográficas como por las dinámicas de escasez que están experimentando. Esto se debe a que los focos de crisis hídrica se observan actualmente en la transición entre el Cerrado y la Amazonía, que abarca estados como Mato Grosso (eje de gran expansión agrícola, principalmente en la producción de soja y maíz, y foco importante del Arco de Deforestación), Pará (principalmente en su región sudeste, que experimenta una gran expansión agrícola y minera en la región estratégica vinculada al Delta del Xingu), Tocantins (particularmente en su parte más septentrional, donde tiene una fuerte actividad de producción de soja, maíz y algodón y hay un gran aumento de la ganadería), Maranhão (en sus porciones sur y suroeste, que se encuentran en la región conocida como MATOPIBA, donde hay una gran expansión del agronegocio) y Rondônia (en su porción oriental, cerca de la frontera con Mato Grosso, que se caracteriza por la fuerte expansión de la ganadería y, en consecuencia, por una fuerte presión y consumo de los recursos hídricos (Leão, 2024; Gambarini, 2024).

Las áreas mencionadas están en consonancia con las áreas estratégicas definidas para la detección en el marco del SIVAM. El sistema se creó en 2002 como parte del Sistema de Protección de la Amazonia (SIPAM), responsable del control medioambiental, el desarrollo regional, el control del tráfico aéreo, la coordinación de emergencias, la supervisión de las condiciones meteorológicas y el control de las actividades de contrabando en toda la Amazonia. El objetivo de la iniciativa es establecer una gran red de recogida y procesamiento de información de diversas organizaciones sobre una amplia gama de áreas estratégicas para la protección del territorio amazónico (Brasil, 2004; SIVAM, 2007). La estructura del SIVAM prioriza el monitoreo de las áreas de mayor impacto ambiental y

amenaza a la soberanía nacional, combinando tecnologías satelitales, radares, sensores y patrullas aéreas (Câmara, 1996; Nogueira, 2023).

A partir de los datos del satélite sino-brasileño - y principalmente del CBERS-04A, el lanzamiento más reciente centrado en las cuestiones medioambientales - el plan de seguimiento del SIVAM se divide en: i) Áreas de Deforestación y Degradación Forestal (conocidas como el Arco de la Deforestación) – cuyo foco está en el sur de Amazonas, noroeste de Mato Grosso, sureste de Pará, norte de Rondônia y sur de Maranhão y Tocantins, donde se concentran las mayores tasas de deforestación e incendios, vinculadas principalmente a la expansión agrícola y a la tala ilegal; ii) Principales Cuencas Hidrográficas de la Amazonia – la atención se centra en las cuencas de los ríos Amazonas, Tocantins-Araguaia y Xingu, debido a los impactos que la explotación comercial y la construcción de presas hidroeléctricas han dejado en términos de calidad del agua y dinámica del estrés hídrico;[12] iii) Fronteras Amazónicas y Áreas de Tráfico Ilegal – donde las regiones más sensibles son Colombia, Venezuela y Perú (donde existen fuertes dinámicas de narcotráfico y minería ilegal), el Valle del Javari – territorio amazónico donde existen tribus indígenas aisladas y fuertes operaciones de narcotráfico – y la Región del Alto Solimões y Tabatinga – también en territorio amazónico, región fuertemente atacada por el narcotráfico (SIVAM, 2007).

También considerado: iv) Regiones de Minería Ilegal y Exploración Mineral – que incluyen las áreas alrededor de los ríos Tapajós (Pará) y Madeira (Rondônia/Amazonas), y las tierras Yanomami en Roraima, regiones marcadas por un gran impacto ambiental debido a las actividades mineras (uso de mercurio, contaminación de ríos, deforestación) y conflictos con las comunidades indígenas; y v) Unidades de Conservación y Tierras Indígenas – que abarcan las principales áreas protegidas y monitoreadas, como el Parque Nacional de Juruena (Mato Grosso/Amazonas), el Parque Nacional de Montanhas do Tumucumaque (Amapá/Pará), la Tierra Indígena Yanomami (Roraima/Amazonas) y la Tierra Indígena Kayapó (Pará), donde se mantiene la protección contra invasiones ilegales y se promueve la conservación de la biodiversidad (Câmara, 1996; Lourenção, 2003; SIVAM, 2007).

En lo que respecta a la hidropolítica brasileña, entre las áreas monitoreadas por el SIVAM, se han identificado seis puntos específicos como focos de crisis hídricas. Empezando por la cuenca del Río Acre – que abarca los estados de Acre, Amazonas y Rondônia y se extiende hasta las fronteras con Perú y Bolivia –, esta cuenca se enfrenta a ciclos recurrentes de crisis hídricas, especialmente durante

12. A diferencia de la escasez de agua, que ocurre en la esfera física, el estrés hídrico ocurre en el ámbito de la gestión de los recursos. En otras palabras, un Estado o región experimenta estrés hídrico cuando su aparato administrativo es incapaz de gestionar eficientemente el uso y distribución de los recursos hidrológicos disponibles en su territorio, sean o no abundantes (Rodrigues, 2021).

las estaciones secas, que afectan tanto a la cantidad como a la calidad del agua disponible. En este caso, el SIVAM, junto con el CBERS-04A, ayuda a vigilar los cambios en los caudales de las precipitaciones y a predecir los impactos de las sequías prolongadas. También puede ser útil para identificar la expansión urbana y las actividades ilegales, que agravan el escenario de estrés hídrico (Silva y Rodrigues, 2001).

Otro punto de frecuentes crisis hídricas es la cuenca del río São Francisco, la tercera mayor de Brasil, que abarca los estados de Minas Gerais, Bahía, Pernambuco, Alagoas y Sergipe y que, aunque no es exactamente una cuenca del bioma amazónico, se encuentra en una región próxima a la transición entre la Amazonia y el Cerrado. Esta zona también está muy vigilada por el SIVAM debido a las prolongadas sequías de junio a agosto, que afectan directamente a los caudales de agua y a los niveles de los embalses en el nordeste de Brasil. Del mismo modo, la cuenca del Río Tocantins-Araguaia, que se extiende por los territorios de Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato Grosso y el Distrito Federal, sufre un gran estrés hídrico debido a la expansión del agronegocio y a la creciente explotación energética, convertida en proyectos como la Central Hidroeléctrica de Tucuruí. En este caso, el SIVAM también desempeña un papel en la detección del cambio climático y las fluctuaciones de los niveles hidrológicos (Bermann *et al*, 2010).

La Cuenca del Río Xingú, que se extiende por los estados de Mato Grosso y Pará, también se enfrenta a dinámicas de estrés hídrico debido a la intensificación de las actividades agrícolas y a la explotación energética a través de la gran Central Hidroeléctrica de Belo Monte (Bermann, 2007; Bermann *et al*, 2010). En este caso, el papel del SIVAM es supervisar, mediante imágenes de satélite, el progreso de las presas construidas para embalsar el agua captada por Belo Monte para la generación de energía. El quinto enfoque se centra en la región del río Madeira, que abarca los estados de Rondônia y Amazonas y corta la frontera entre Bolivia y Brasil. En esta región, la crisis viene determinada por el uso y la explotación excesivos de los recursos hídricos debido a las actividades industriales y a la deforestación. Aquí, SIVAM está ayudando a vigilar la dinámica de la explotación y cómo repercute en el descenso del nivel de los ríos. El sexto foco de atención se centra en el estado de Rondônia, que, debido a la combinación de la escasez física derivada de las estaciones secas y las actividades depredadoras, ha sufrido una fuerte intensificación de la crisis del agua. En este frente, el programa se centra en el seguimiento de la producción agrícola y en el control de actividades depredadoras como la minería y la deforestación (Silva y Rodrigues, 2001).

Para comprender mejor todos los frentes en los que puede actuar el SIVAM, el cuadro 4 identifica las principales capacidades, usos, beneficios y

contribuciones del SIVAM a la gestión del agua y a la toma de decisiones en el ámbito hidropolítico.

CUADRO 4
Capacidades del SIVAM para el monitoreo de los recursos hídricos

Capacidades del SIVAM	Usos	Beneficios	Contribuciones
Teledetección	Seguimiento del nivel y la calidad del agua en ríos y cuencas hidrográficas.	Acceso a información en tiempo real sobre los niveles de agua y las variaciones climáticas.	Apoyo a la gestión sostenible de los recursos hídricos y a la planificación de políticas públicas.
Imágenes de radar y satélite	Identificación de zonas de escasez de agua, con énfasis en sequías e inundaciones.	Anticipación de crisis hídricas, permitiendo acciones preventivas y mitigación de impactos.	Control de la calidad del agua en zonas con riesgo de polución y contaminación.
Integración con los sistemas de previsión climática	Previsión y seguimiento de precipitaciones y fenómenos meteorológicos extremos.	Mitigación de los impactos causados por fenómenos meteorológicos extremos, como las inundaciones.	Facilitar la toma de decisiones en las políticas de conservación y distribución del agua.
Detección de cambios en las masas de agua	Análisis de las variaciones del volumen de agua en ríos, lagos y embalses.	Reducción del impacto de la escasez de agua en las poblaciones y el ecosistema.	Apoyo a la gestión integrada de las cuencas hidrográficas, especialmente en las zonas agrícolas fronterizas.
Análisis de datos espaciales y geoespaciales	Estudio de zonas de vulnerabilidad hídrica y áreas de riesgo.	Asignación precisa de recursos para la conservación y recuperación del medio ambiente.	Orientación para la creación de zonas protegidas y reservas de agua para la conservación.
Interconexión con organismos e instituciones	Coordinación con organismos ambientales, como IBAMA y ANA, para la gestión de los recursos hídricos.	Optimización de la gestión de los recursos hídricos, permitiendo la actuación integrada entre organismos.	Mayor eficacia en la lucha contra la contaminación del agua y en la gestión de las aguas subterráneas.
Control de actividades ilegales	Identificación de la deforestación ilegal, la minería y otras actividades que afectan a los recursos hídricos.	Reducción de los daños medioambientales, especialmente en la preservación de los manantiales y la calidad del agua.	Creación de políticas de aplicación más eficaces para proteger las fuentes de agua.

Fuente: Câmara (1996), Silva y Rodrigues (2001), ANEEL (1999), Lourenção (2003) y SIVAM (2007).
Elaboración de las autoras.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede observar que el SIVAM es una excelente herramienta tanto para ayudar a proteger las zonas propensas a la escasez de agua como para apoyar la planificación del uso y la gestión del agua en regiones estratégicas para las actividades económicas, como las descritas anteriormente. El sistema ha creado una vasta base de datos de sensores, que es utilizada por una amplia gama de organismos gubernamentales brasileños para gestionar y contener las crisis hídricas.

Por todo ello, la colaboración con el programa CBERS-04A se considera un elemento clave para la cualificación de las capacidades tecnológicas de SIVAM. Esto se debe a que el satélite sino-brasileño, que ofrece imágenes multiespectrales

de alta resolución – esenciales para el seguimiento de los cambios en las masas de agua, la vegetación ribereña y las fluctuaciones hidrológicas – se ha consolidado como una herramienta con mayor autonomía en la captura, procesamiento y análisis de datos de detección primaria (VRABEL *et al.*, 2021). Esto se debe a que, antes del acuerdo Brasil-China, todas estas etapas de captura y procesamiento eran realizadas por fuentes extranjeras, como satélites como Sentinel-1 y Landsat, operados por agencias estadounidenses como Raytheon y ESA (Ferreira *et al.*, 2019; Karaman *et al.*, 2023).

De esta forma, Brasil sólo tenía acceso indirecto a la información ya procesada y no a los datos primarios capturados, lo que podía dejar espacio para distorsiones, además de generar un mayor período de latencia entre la recepción de los datos, los procesos de análisis y las acciones efectivas (Aganaba-Jeanty, 2017; Gu, 2023; Bennet *et al.*, 2024). Así, con el satélite sino-brasileño, Brasil ganó mayor independencia en el pulimento de sus datos, a través del acceso a los datos primarios en su fuente de captura, permitiendo así que las propias agencias brasileñas, como el INPE, asuman el liderazgo en el procesamiento de los datos y en la generación de informes sobre crisis hídricas, que hoy orientan los procesos de toma de decisiones.

Esta integración demuestra que la gestión del agua, en la era de la información en la que vivimos como sociedad, está fuertemente interrelacionada con la gestión de datos – en otras palabras, el espacio orbital se ha convertido en una extensión del campo hidropolítico. Esta unión de control territorial, espacial e informacional define lo que convencionalmente llamamos soberanía hidro-informacional, definida por los autores como la capacidad de vigilar e intervenir estratégicamente sobre el agua a partir de un conocimiento autónomo y soberano, sin la intermediación de terceros.

La idea central de este concepto, que pretende introducirse en los grandes debates sobre seguridad medioambiental y defensa nacional, es que no basta con controlar físicamente los recursos hídricos. También es necesario tener el control de la información que se genera sobre ellos, desde la fase de recogida hasta la de interpretación. Sin la capacidad de ejercer esta autonomía, el Estado está sujeto a la dependencia de los datos,[13] sometiéndose al control informativo extranjero.

13. La dependencia de datos es la vulnerabilidad estratégica que surge cuando un Estado o institución depende de datos recolectados, procesados o interpretados por actores externos, poniendo en riesgo su autonomía en la toma de decisiones y su capacidad de respuesta. Esta condición, en el contexto de la gestión de los recursos naturales, pone de manifiesto los riesgos de distorsión, retraso o manipulación en la cadena de información. En el ámbito de la teledetección, la falta de una infraestructura adecuada de recogida y tratamiento aumenta el desfase entre el fenómeno observado y la acción efectiva, lo que dificulta la formulación de respuestas rápidas a las crisis medioambientales. Gu (2023) sostiene que la superación de la dependencia de los datos requiere una inversión continua en la capacidad nacional de observación terrestre, así como en capital humano especializado, a fin de garantizar la soberanía informativa sobre los datos críticos, incluidos los relacionados con los recursos hídricos.

Sabiendo esto, dicho control y la soberanía de los datos pasan incuestionablemente por la esfera de la astropolítica. Esto se justifica porque la gestión eficaz de las cuencas hidrográficas requiere tres dimensiones indispensables: i) la Dimensión Física: la dimensión clásica de la hidropolítica, que se refiere al control físico de ríos, lagos, acuíferos y cuencas; ii) la Dimensión Informacional, que se refiere a los datos de teledetección, hidrometría y modelización climática, y es esencial para la base factual necesaria para los procesos de toma de decisiones; y iii) la Dimensión Orbital: que se refiere a la infraestructura espacial necesaria para poseer y controlar las fuentes primarias de datos, como los satélites, las redes de procesamiento e incluso las capacidades terrestres de construcción de vehículos orbitales y lanzamiento de cohetes para poner en órbita todos estos aparatos. El desarrollo de estas tres dimensiones confiere al Estado la capacidad de vigilar, interpretar y actuar sobre sus recursos hídricos de forma autónoma, integrando los dominios terrestre y espacial.

Así, el CBERS-04A y el SIVAM se complementan como instrumentos de soberanía en materia de información sobre el agua, ya que reducen la dependencia de plataformas extranjeras. En este sentido, el control autónomo de la información sobre el agua – que aquí se propone como soberanía informativa sobre el agua – es tan estratégico como el control físico del agua. Al garantizar la operacionalización de la recolección y procesamiento de datos en plataformas propias, como el SIVAM, Brasil amplía su capacidad de acción soberana, reduciendo vulnerabilidades externas y articulando las agendas hidropolítica y astropopolítica de forma inédita.

4 TECNOLOGÍA Y GOBERNANZA GLOBAL: EL FUTURO DE LA GESTIÓN DEL AGUA

El panorama de monitoreo de las cuencas amazónicas presentado anteriormente muestra que, en el escenario contemporáneo, la seguridad hídrica depende no sólo del control físico y territorial de los recursos, sino también de la capacidad de observar, interpretar y actuar a partir de datos precisos y actualizados. Desde esta perspectiva, las tecnologías orbitales y los sistemas integrados de detección se han convertido en elementos clave para transformar la dinámica hidropolítica.

El desarrollo del SIVAM, apoyado en el uso de satélites de la flota chino-brasileña CBERS, demuestra cómo el control del espacio exterior y de los flujos de información se ha convertido en un elemento estratégico para la seguridad y defensa del Estado brasileño. Aunque el debate sobre la soberanía tecnológica es todavía una cuestión bastante reciente en la política nacional e internacional, la captura, procesamiento y utilización de datos de detección generados por satélites es una realidad desde hace muchas décadas, y constituye una de las principales herramientas en el proceso de toma de decisiones del gobierno brasileño.

Algunos ejemplos que podemos enumerar de iniciativas de integración que utilizan los datos generados por el SIVAM (a partir del CBERS-04A) son el Sistema Integrado de Vigilancia de Fronteras (SISFRON), coordinado por el Ejército brasileño, que protege las fronteras terrestres del país y trabaja en integración con el SIVAM para obtener datos actualizados sobre la región amazónica, incluyendo información sobre deforestación, actividades ilegales y cambios en el uso del suelo; el Sistema de Gestión de la Amazonia Azul (SISGAAZ), operado por la Marina de Brasil, que utiliza datos integrados para garantizar la seguridad y la soberanía del Estado, especialmente en la Amazonia Azul, que abarca la zona económica exclusiva (ZEE) de Brasil y sus aguas jurisdiccionales; y las Operaciones Ágata, una iniciativa conjunta de todas las Fuerzas Armadas destinada a combatir la delincuencia transfronteriza y ambiental en la región amazónica, que utiliza los datos del SIVAM en la planificación y ejecución de las operaciones, permitiendo la identificación de áreas críticas y la coordinación efectiva entre los diferentes organismos de seguridad (Rodrigues, 2016; Brasil, 2023).

Todos estos proyectos actúan de acuerdo con la Política Nacional de Defensa (PND) y la Estrategia Nacional de Defensa (END), con el objetivo de preservar la cohesión y la unidad nacional y defender su territorio y los recursos que contiene (Brasil, 2022). Proyectos como estos revelan cómo la capacidad de monitoreo y análisis desempeña un papel central en la construcción de la soberanía informacional del agua, al permitir al Estado brasileño reducir su dependencia de las redes de datos controladas por grandes potencias, construyendo una mayor autonomía en la gestión de sus propios datos estratégicos, con vistas a una mejor gestión de recursos vitales como el agua. Esto pone de relieve el papel de la cooperación sino-brasileña, y del proyecto CBERS en su conjunto, en las políticas globales de mitigación de emergencias. Ello se debe a que, al ganar cierto grado de independencia en materia de información, el Estado brasileño ha alcanzado otro nivel de autonomía en el sistema internacional, que actualmente se rige por grandes redes de información.

La tecnología de teledetección en sí misma ya es un gran avance en términos geopolíticos, pero la posibilidad de combinarla con otras herramientas (como la Inteligencia Artificial – IA – y el *Big Data*) la convierte en una herramienta estratégica aún más deseable, especialmente en el contexto del Sur Global, que sigue siendo, en su mayor parte, extremadamente dependiente de los grandes centros tecnológicos de Estados Unidos y Europa. La integración de la teledetección con la IA y el *Big Data* ha revolucionado la forma en que recopilamos, analizamos e interpretamos los datos espaciales, ofreciendo valiosas *perspectivas* en diversos ámbitos, especialmente en cuestiones que han movilizado a la comunidad internacional, como la gestión medioambiental y las crisis climáticas (Hayachi, 2023).

El lado beneficioso de esta integración de interfaces de información en proyectos como el SIVAM es que, mientras los sensores y satélites recogen datos en tiempo real, transformándolos en imágenes y gráficos y construyendo una base de datos a gran escala (*big data*), la IA analiza rápida y simultáneamente patrones climáticos, niveles de contaminación y deforestación, prediciendo crisis hídricas y optimizando el uso de los recursos (Hayachi, 2023; Big Data…, 2024). Con esto, el gobierno brasileño gana mayor agilidad y asertividad en la construcción de políticas públicas capaces de predecir y gestionar respuestas rápidas a los desastres ambientales.

Los principales beneficios de esta integración de herramientas digitales se observan en la posibilidad de identificar patrones complejos en el comportamiento del clima y de las actividades humanas a gran escala, posibilitando análisis más ágiles que serían difíciles de realizar manualmente, debido al volumen de información a ser pulida y analizada. Esto mejora la precisión en la toma de decisiones y optimiza la creación de soluciones eficientes y específicas para cada crisis y/o cuenca hidrográfica.

Como ejemplo, en el año 2021, en la confluencia de organismos de vigilancia como el Servicio Geológico de Brasil (SGB) y la Compañía de Investigación de Recursos Minerales (CPRM), la inundación de la ciudad de Manaos (la mayor de su historia desde que se iniciaron los registros, en 1902) cruzando datos de teledetección, emitiendo una serie de alertas tempranas y permitiendo que más de 400.000 habitantes de las regiones ribereñas (en Manaos y alrededores) fueran evacuados antes de que el río alcanzara su nivel máximo (Brasil, 2021).

Ya en 2023, fue posible analizar esta integración en la práctica en la cuenca del río Negro, cuando, bajo la coordinación de la Agencia Nacional de Aguas (ANA) y la CPRM, se combinaron las imágenes recogidas por el satélite CBERS-04A con los datos recogidos en tiempo real por el SIVAM, de modo que en un breve espacio de tiempo, alertar a las comunidades ribereñas para que pudieran prepararse ante el periodo de sequía al que se enfrentaría la cuenca (juzgado como el más grave en 121 años de mediciones pluviométricas), afectando al acceso al agua, a los alimentos y al combustible e impidiendo la navegación de muchos tramos en los que sólo es posible viajar por vía fluvial. Esta sinergia ha dado lugar a acciones preventivas que han reducido los impactos de la sequía extrema hasta en un 40% (Brasil, 2023).

Entre los principales retos para llevar a cabo proyectos de esta envergadura se encuentran los elevados costes operativos, especialmente en términos de infraestructura física, así como la necesidad de una cualificación técnica masiva para poder captar y asignar los complejos datos capturados por estos sistemas integrados, con el fin de extraer la información más crucial para cada tipo de

organización implicada. Por otra parte, también vemos cómo la faceta de la ciberseguridad se convierte en una preocupación más estrecha a medida que aumenta la cantidad de datos de gran importancia y confidencialidad para el Estado brasileño, lo que ejerce más presión sobre otra área de la defensa nacional, que deberá actuar en consonancia con los sistemas integrados para analizar y predecir posibles ataques a los grandes flujos de información que manejan iniciativas como el SIVAM.

En consecuencia, la interacción entre la tecnología y la gobernanza mundial resulta cada vez más inseparable de los programas de defensa y soberanía de los Estados en el sistema internacional. En lo que respecta a la gestión del medio ambiente, y en particular de los recursos hídricos, estas herramientas se han vuelto indispensables para el seguimiento continuo de las cuencas fluviales, mejorando cuestiones como la procedencia, la interoperabilidad y la baja latencia de los datos, fundamentales para identificar patrones de escasez y predecir periodos críticos de crisis hídrica. Así, a través de la intersección de las áreas de astropolítica e hidropolítica, es posible prever la futura consolidación de la modelización hidrodinámica, que podrá establecer modelos de actuación previa para cada tipo de amenaza hidrológica que se identifique a partir de los datos satelitales, convirtiéndose así en una herramienta aún más eficaz en el control y protección de los recursos y poblaciones del territorio amazónico. Esto transformará las políticas de gestión y mitigación, permitiendo una ejecución más eficaz de los proyectos de protección de las cuencas y de lucha contra la explotación insostenible y las actividades ilegales.

En vista de la creciente eficacia de la cooperación espacial sino-brasileña, también hay un mayor espacio para discusiones sobre proyectos que podrían llegar a buen puerto, basados en la búsqueda de una mayor autonomía tecnológica, que comenzó con el CBERS y se amplió con la iniciativa CBERS-04A. Proyectos como el Sistema Brasileño de Geolocalización (SGB), destinado a implantar un sistema de navegación por satélite (que reduciría la dependencia de Brasil de sistemas como el GPS (EE.UU.), el Glonass (Rusia) y el BeiDou (China), que acabaron dejándose de lado debido a los elevados costes y a la complejidad tecnológica de la que Brasil no disponía a principios de la década de 2000, cuando se debatió la iniciativa (Scorsim, 2020). Hasta la fecha, los satélites de la iniciativa CBERS no tienen capacidad para operar en proyectos de navegación, ya que operan en órbitas bajas (~778 km). Sin embargo, los satélites CBERS-06, ya en discusión entre los gobiernos brasileño y chino, y futuros satélites, podrían ser considerados para que nuevos proyectos puedan ir aún más lejos, hasta órbitas medias (~20.000 km) donde operan los satélites más precisos utilizados en los sistemas de navegación (Brasil, 2025).

5 CONCLUSIÓN

Este artículo investigó cómo la integración entre el satélite CBERS-04A, lanzado en 2019, y el SIVAM puede contribuir a la gestión sostenible de las cuencas hidrográficas amazónicas, la formulación de políticas públicas ambientales más eficaces y los avances tecnológicos en la vigilancia territorial. El CBERS-04A ha demostrado ser una herramienta indispensable, proporcionando datos precisos para identificar áreas bajo estrés hídrico, ayudar a combatir la deforestación ilegal y apoyar la respuesta a emergencias climáticas. Esta asociación espacial tiene sus raíces en la década de 1980, cuando Brasil y China, superando diferencias políticas y tecnológicas, establecieron una de las cooperaciones más duraderas y exitosas entre los países del Sur Global. Esta iniciativa pionera no sólo redujo la dependencia tecnológica de Brasil, sino que también se convirtió en un modelo inspirador para otras naciones emergentes, demostrando cómo la colaboración internacional puede generar soluciones a retos medioambientales globales, redefiniendo la dinámica de poder en la exploración espacial entre potencias espaciales del Sur Global.

A pesar de los beneficios mutuos generados por la cooperación espacial sino-brasileña, existe una clara asimetría entre los niveles de desarrollo tecnológico e inversión espacial de China y Brasil. Aunque el programa CBERS ha alcanzado el éxito con múltiples lanzamientos de satélites, la limitada transferencia de conocimientos ha impedido a Brasil dominar etapas tecnológicas críticas, como el desarrollo autónomo de VLS. Además de depender de las bases de lanzamiento chinas, lo que limita su influencia geopolítica y demuestra la falta de poder de negociación de Brasil para garantizar la transferencia efectiva de conocimientos de tecnología espacial. Esta disparidad se deriva principalmente de la histórica falta de priorización estratégica de Brasil y de la insuficiente inversión en su programa espacial, en contraste con los avances chinos en el sector.

Como se ha analizado, la integración entre el CBERS y el SIVAM representa una solución estratégica para la vigilancia de la Amazonia, combinando las ventajas de la teledetección orbital con la vigilancia por radar en tiempo real. Mientras que el CBERS-04A calcula los índices NDWI (agua) y NDVI (vegetación), el SIVAM tiene la función de vigilar las precipitaciones y los caudales de los ríos en tiempo real. En resumen, es posible definir las ventajas de esta integración en tres puntos: i) cobertura continua: el radar (SIVAM) suple las lagunas de la imagen óptica (CBERS-04A) durante los periodos lluviosos; ii) precisión: la combinación de datos reduce las falsas alertas; y iii) soberanía: elimina la dependencia de satélites extranjeros para la vigilancia crítica.

Sin embargo, también hay que señalar que este estudio encontró algunos retos para esta integración en tres puntos críticos: i) latencia: los datos de CBERS-04A

pueden tardar horas o incluso días en procesarse, mientras que SIVAM opera en tiempo real; ii) interoperabilidad: estos sistemas utilizan formatos diferentes, lo que requiere plataformas de análisis integradas; y iii) formación técnica: falta de mano de obra formada para explotar todo el potencial de los datos.

En resumen, el CBERS-04A representa tanto los logros como los dilemas del PEBR: una herramienta poderosa para proteger la Amazonia, pero todavía dependiente, en ciertos casos, de alianzas asimétricas. Su mayor legado puede ser precisamente revelar que, sin dominar toda la cadena tecnológica, desde los sensores hasta los cohetes, Brasil seguirá siendo un actor secundario en la Tercera Era Espacial (2000-Presente). En este sentido, al invertir en la consolidación de su soberanía hidro-informacional, el Estado brasileño no sólo está reforzando su autonomía estratégica sobre el espacio amazónico, sino también mejorando su proyección como líder informativo en el Sur Global, adquiriendo la capacidad de integrar el poder de los datos satelitales con las necesidades de la gobernanza del agua de una forma sin precedentes, uniendo las esferas de la información y la cooperación para obtener una ventaja geopolítica.

REFERENCIAS

AGANABA-JEANTY, T. **Satellites, Remote Sensing and Big Data**: legal implications for measuring emissions. Waterloo: CIGI, 2017. (CIGI Paper, n. 151). Disponible en: https://www.cigionline.org/static/documents/documents/Paper%20no.%20151web.pdf.

BENNETT, M. M. *et al*. Bringing satellites down to Earth: six steps to more ethical remote sensing. **Global Environmental Change Advances**, v. 2, art. 100003, 2024. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2950138523000037.

BERMANN, C. *et al*. Usinas hidrelétricas na Amazônia: o futuro sob as águas. *In*: SEMINÁRIO POLÍTICAS PÚBLICAS E OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA NA AMAZÔNIA, 2010, Brasília, Distrito Federal. **Anales**… Brasília: Inesc, 2010.

BERMANN, C. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 139-153, 2007.

BIG DATA: entenda o que é, para que serve e exemplos de uso. **Fia Business School**, 12 jun. 2024. Disponible en: https://fia.com.br/blog/big-data/. Acceso en: 31 mar. 2025.

BORDALO, C. A. O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia brasileira. **Geousp – Espaço e Tempo**, v. 21, n. 1, p. 120-137, 2017.

BOWEN, B. **War in Space**: strategy, spacepower, geopolitics. Edinburgh: Edinburgh University Press, 2020.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. **Acordo de Cooperação entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Popular da China sobre Pesquisa e Produção Conjunta de Satélites de Recursos Terrestres**. Brasília, DF: AEB, 1988. Disponible en: https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/cooperacao-internacional/documentos-china/acordochina1988.pdf.

BRASIL. Decreto nº 2.698, de 30 de março de 1998. Aprova o regulamento do Tratado de Cooperação Econômica, Científica e Tecnológica entre a República Federativa do Brasil e a República Popular da China. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 mar. 1998. Disponible en: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2698.htm#:~:text=D2698&text=DECRETO%20N%C2%BA%202.698%2C%20DE%2030,da%20Rep%C3%BAblica%20Popular%20da%20China.

BRASIL. Câmara dos Deputados. O que é o Sivam? **Câmara dos Deputados**, 12 nov. 2004. Disponible en: https://www.camara.leg.br/noticias/55929-o-que-e-o-sivam/.

BRASIL. Marinha do Brasil. SisGAAz: proteção e monitoramento das águas jurisdicionais brasileiras. **Gov.br**, 2016. Disponible en: https://www.marinha.mil.br/sisgaaz-protecao-e-monitoramento-das-aguas-jurisdicionais-brasileiras.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Livro Branco de Defesa Nacional**: Brasil 2020. Brasília: MD, 2020. Disponible en: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/livro_branco_congresso_nacional.pdf.

BRASIL. **Relatório SAH Amazonas 2021**: monitoramento hidrológico da bacia amazônica. Manaus: CPRM, 2021. Disponible en: https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/22533/4/relatorio_SAH_Amazonas_%202021.pdf.

BRASIL. **Política Nacional de Defesa**: Estratégia Nacional de Defesa. Brasília: MD, 2022. Disponible en: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acceso en: 31 mar. 2025.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). **Boletim Hidrometeorológico do Estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2023a. Disponible en: 20230929_17-20230929-174701.pdf.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. **INPE.com**, 2023b. Disponible en: http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Câmeras imageadoras do CBERS-04A. **Gov.br**, 29 abr. 2024a. Disponible en: https://www.gov.br/inpe/pt-br/programas/cbers/sobre-o-cbers-1/cbers-04a/cameras-imageadoras#:~:text=As%20cargas%20%C3%BAteis%20do%20CBERS,de%20Campo%20Largo%20(WFI)%3B.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. CBERS-04A: cinco anos de contribuições à ciência e ao monitoramento ambiental. **Gov.br**, 20 dec. 2024b. Disponible en: https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/cbers-04a-cinco-anos-de-contribuicoes-a-ciencia-e-ao-monitoramento-ambiental.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. CBERS-6: novo satélite de parceria entre Brasil e China terá nova tecnologia. **Gov.br**, 17 jun. 2025. Disponible en: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2025/06/cbers-6-novo-satelite-de-parceria-entre-brasil-e-china-tera-nova-tecnologia/#:~:text=Programa%20CBERS,%2D1%20e%20CBERS%2D2.

CÂMARA, G. O projeto SIVAM e a biodiversidade amazônica: há espaço para a ciência nacional? *In*: 48ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 48., 1996, São Paulo. **Anales**... São José dos Campos: INPE, 1996. Disponible en: https://www.dpi.inpe.br/gilberto/present/sbpc.html. Acceso en: 31 mar. 2025.

CEPIK, M. (Org.). **Espaço e relações internacionais**. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2015. Disponible en: http://professor.ufrgs.br/marcocepik/files/cepik_et_al_-_2015_-_curso_espaco_ri_caderno_estudos.pdf.

CEPIK, M. A. C.; SOUZA, J. G. de; DAL-BERTO, V. R. The consolidation of the Brazilian space program: changes and challenges in the third space age. **Brazilian Journal of Strategy & International Relations**, v. 12, n. 23, 2023. Disponible en: https://seer.ufrgs.br/index.php/austral/article/view/131982. Acceso en: 5 feb. 2025.

CONEJO, J. G. L. *et al*. Sobre um índice de disponibilidade hídrica aplicável à gestão dos recursos hídricos. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 25., 2022, Bento Gonçalves. **Anales**... Bento Gonçalves: ABRHidro, 2022. Disponible en: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/86d54c77ce6b54ec0e65aa3cfeae4825_c36373eaae96149566fd59126b7e2f24.pdf. Acceso en: 4 ago. 2025.

DIRLIK, A. Global South: predicament and promise. **The Global South**, v. 1, n. 1, p. 12-23, 2007.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Water scarcity. **Fao.org**, [s.d.]. Disponible en: https://www.fao.org/land-water/water/water-scarcity/en/. Acceso en: 19 jul. 2025.

FERREIRA, K. R. *et al*. **Brazilian Earth Observation Data Cube using**: AWS for Land Use and Cover Change. São Paulo: INPE, 2019. Disponible en: https://old.earthobservations.org/documents/aws/brazil_2019_data_cube_land_use_aws_proposal.pdf?utm_source=chatgpt.com.

GAMBARINI, A. Seca impõe escassez hídrica em cinco grandes bacias hidrográficas no Brasil. **Climainfo**, 8 dez. 2024. Disponible en: https://climainfo.org.br/2024/12/08/seca-impoe-escassez-hidrica-em-cinco-grandes-bacias-hidrograficas-no-brasil/.

GU, H. Data, Big Tech, and the New Concept of Sovereignty. **Journal of Chinese Political Science**, v. 29, p. 591-612, 2024. DOI: 10.1007/s11366-023-09855-1. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.1007/s11366-023-09855-1?utm_source=chatgpt.com"https://link.springer.com/article/10.1007/s11366-023-09855-1.

HANDBERG, R.; LI, Z. **Chinese space policy**: a study in domestic and international politics. 1. ed. London: Routledge, 2006. Disponible en: https://doi.org/10.4324/9780203018347.

HAYACHI, V. Y. **Utilização do big data para questões ambientais**: uma análise de viabilidade. 2023. Monografía – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2023. Disponible en: https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/7599c8b5-d2e4-412d-89f1-9873bc1876db/content. Acceso en: 31 mar. 2025.

JOHNSON-FREESE, J. **Space as a strategic asset**. New York: Columbia University Press, 2007.

KARAMAN, K.; SAINTE FARE GARNOT, V.; WEGNER, J. D. Deforestation detection in the Amazon with Sentinel-1 SAR image time series. *In*: ISPRS Geospatioal Week, X-1/W1-2023, 2-7 septiembre, Cairo. **Anales**… Cairo: Copernicus Publications, 2023. Disponible en: https://isprs-annals.copernicus.org/articles/X-1-W1-2023/835/2023/isprs-annals-X-1-W1-2023-835-2023.pdf.

LEÃO, L. Disponibilidade de água no Brasil pode ser reduzida em 40% até 2040, diz relatório da ANA. **CNN Brasil**, 31 jan. 2024. Disponible en: https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/disponibilidade-de-agua-no-brasil-pode-ser-reduzida-em-40-ate-2040-diz-relatorio-da-ana/.

LOURENÇÃO, H. **O Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM)**. 2003. Tesis (Maestría) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponible en: https://cpdoc.fgv.br/sites/default/files/militares-amazonia/txt_Lourencao.pdf.

MATTOS, C. M. **Uma geopolítica pan-amazônica**. Rio de Janeiro: BIBLIEX, 1980. p. 159-175.

MOLTZ, J. C. **Asia's space race**: national motivations, regional rivalries, and international risks. New York: Columbia University Press, 2012.

NOGUEIRA, E. M. de. Atuação do Censipam na proteção, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal e Amazônia Azul. **Diálogos Soberania e Clima**, v. 2, n. 8, 2023. Disponible en: https://soberaniaeclima.org.br/wp-content/uploads/2023/08/06-Atuacao-do-Censipam-na-protecao-conservacao-e-desenvolvimento-sustentavel-%E2%80%94-Edileuza-de-Melo-Nogueira.pdf.

OHLSSON, L. **Water conflitcts and social resource scarcity**: an issue paper commissioned by FAO/AGLW. Roma: FAO, 1998. (Texto para Discusión, WATSCAR 2).

PIMENTA, P. Berço das águas, Cerrado tem recursos hídricos pressionados pelo desmatamento. **Agência Senado**, 15 mar. 2024. Disponible en: https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2024/03/berco-das-aguas-cerrado-tem-recursos-hidricos-pressionados-pelo-desmatamento.

PROJETO SIVAM: Sistema de Vigilância da Amazônia. **Sivam Soberania**, 21 oct. 2007. Disponible en: https://sivamsoberania.blogspot.com/2007/10/projeto-sivam-sistema-de-vigilncia-da.html.

QUEIROZ, F. A. de. **Hidropolítica e segurança**: as bacias Platina e Amazônica em perspectiva comparada. 2011. Tesis (Doctorado) – Instituto de Relações Internacionais, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

QUIJANO, A. Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. *In*: LANDER, E. (Org.). **A colonialidade do saber**: eurocentrismo e ciências sociais – perspectivas latino-americanas. Buenos Aires: CLACSO, 2005. p. 117-142.

RODRIGUES, L. N. Dia Mundial da Água: uma breve reflexão. **Embrapa**, 21 mar. 2025. Disponible en: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/99203307/artigo---dia-mundial-da-agua-uma-breve-reflexao.

RODRIGUES, M. O. de. **Segurança hídrica na Bacia do Lago Chade**: a água como ferramenta de poder, coerção e conflito. Tesis (Maestría) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos Internacionais, Porto Alegre, 2021. Disponible en: http://hdl.handle.net/10183/222011.

RODRIGUES, G. O. *et al*. **A porosidade das fronteiras norte do Brasil e os mecanismos de vigilância**: SIPAM, SIVAM, SISFRON e Operações Ágata. Rio de Janeiro: [s.n.], 2016. Disponible en: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ajuste-01/ensino_e_pesquisa/defesa_academia/cadn/artigos/XIII_cadn/a_porosidade_das_fronteiras_norte_do_brasil_e_os_mecanismos_de_vigilancia_sipam_sivam_sisfron_e_operacoes_agata.pdf.

SANTANA, C. E.; COELHO, J. R. **O projeto CBERS de satélites de observação da Terra**. [s.l.]: [s.n.], 2009. Disponible en: https://www.semanticscholar.org/paper/O-projeto-CBERS-de-sat%C3%A9lites-de-observa%C3%A7%C3%A3o-da-Terra-Santana-Coelho/5118db7e756f390950a1052c50dc7f489eaafc3e.

SANTOS, B. S. de. **Epistemologies of the South**: Justice Against Epistemicide. Boulder; Londres: Paradigm Publishers, 2014. 240 p.

SANTOS, M. **O programa CBERS e a busca por autonomia espacial**. 2023. Tesis (Maestría) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023. Disponible en: http://www.bdtd.uerj.br/handle/1/20063.

SCHULTE, P. Defining water scarcity, water stress, and water risk. **Pacific Institute**, 2014. Disponible en: https://pacinst.org/water-definitions/. Acceso en: 19 jul. 2025.

SCORSIM, E. Dependência do Brasil do sistema de GPS (Global Positioning Satellite) dos Estados Unidos: análise dos riscos geopolíticos. **Portal Direito da Comunicação**, 30 nov. 2020. Disponible en: https://direitodacomunicacao.com/br/dependencia-do-brasil-do-sistema-de-gps-global-positioning-satellite-dos-estados-unidos-analise-dos-riscos-geopoliticos/.

SHEEHAN, M. **The international politics of space**. New York: Routledge, 2007.

SILVA, L. L. da; RODRIGUES, M. S. A experiência da ANEEL na implantação do sistema de monitoramento hidrológico da Amazônia dentro do projeto SIVAM. *In*: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, **Anales**... Aracaju: ABRHidro, 2001. Disponible en: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/155/46.pdf.

SOUZA, J. G. de. **Desenvolvimento do Programa Espacial Indiano (1957-2021)**: do uso civil à aplicação dual. Tesis (Maestría) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos Internacionais, Porto Alegre, 2022. Disponible en: http://hdl.handle.net/10183/246462.

TURTON, A. R. WDM 'Natural Resource Reconstruction' and 'Adaptive Capacity': a synopsis of some key findings. *In*: WATERNET/WARFSA SYMPOSIUM, 3., 2002, Tanzania. **Anales**... Tanzania: University of Dar es Salaam, 2002.

TURTON, A. R.; OHLSSON, L. Water Scarcity and Social Stability: Towards a deeper understanding of the key concepts needed to manage water scarcity in developing countries. *In*: STOCKHOLM WATER SYMPOSIUM, 9., 1999, Sweden. **Anales**... Sweden: [s.n.]:, 1999.

VRABEL, J. C. *et al*. System characterization report on the China-Brazil Earth Resources Satellite-4A (CBERS–4A). *In*: RAMASERI CHANDRA, S. N. (Org.). **System characterization of Earth observation sensors**. Reston: U.S. Geological Survey; U.S Departament of the Interior, 2021. cap. J, 35. Disponible en: https://doi.org/10.3133/ofr20211030J.