

## Capítulo 4

# Capacidades espaciales y cibernéticas de la vigilancia amazónica brasileña: contribuciones a la Fuerza Aérea Colombiana

Dr. Gills Vilar Lopes\*

Mag. André Lucas Alcântara da Silva\*\*

---

\* Doctor y magíster en Ciencias Políticas. Profesor e investigador de la Universidad de la Fuerza Aérea de Brasil. Correo electrónico: gillsgvl@fab.mil.br

\*\* Magíster en Ciencias Aeroespaciales. Profesor e investigador de la Universidad de la Fuerza Aérea de Brasil. Correo electrónico: alcantaraalas@fab.mil.br

## CÓMO CITAR

Vilar Lopes, G. y Alcântara da Silva, A. L. (2022). Capacidades espaciales y cibernéticas de la vigilancia amazónica brasileña: contribuciones a la Fuerza Aérea Colombiana. En *Poder multidominio y el sistema de vigilancia y protección de la Amazonía colombiana* (pp. 103-132). Escuela de Postgrados de la FAC.

**Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 18**

**PODER MULTIDOMINIO Y EL SISTEMA DE VIGILANCIA  
Y PROTECCIÓN DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA**

### **CAPÍTULO 4.**

**Capacidades espaciales y cibernéticas de la vigilancia amazónica  
brasileña: contribuciones a la Fuerza Aérea Colombiana**

ISBN: 978-958-53696-5-8

E-ISBN: 978-958-53696-6-5

<https://doi.org/10.18667/9789585369658.04>

Bogotá, Colombia

Octubre, 2022

## Introducción

A partir de la década de los noventa, la agenda de seguridad internacional comenzó a priorizar las cuestiones ambientales (De Jesus, 2003, p. 76). El concepto de *seguridad* comienza a abarcar no solo el sector militar, sino también el social, el económico, el político, el ambiental (Buzan *et al.*, 1998) y el cibernético (Hansen y Nissenbaum, 2009). En este contexto, a partir de la segunda década del siglo XXI, el espacio exterior vuelve a ser central en los debates sobre el futuro de la seguridad nacional e internacional. No es de extrañar que el desarrollo del espacio exterior y de la Amazonía sea esencial para Brasil (Agencia Espacial Brasileña [AEB], 2012, p. 19; Ministerio de Defensa, 2012).

Este texto busca ofrecer una visión general del uso de algunos activos espaciales y cibernéticos brasileños en la vigilancia de su porción amazónica. Se verá que este enfoque permite, por un lado, vislumbrar cómo Brasil afronta ciertas limitaciones inherentes al uso de tecnologías críticas y avanzadas. Por ejemplo, el Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección de la Amazonía (Censipam) no posee satélites de imagen/de monitoreo/meteorológicos propios, sino consorcios/convenios para uso de satélites internacionales; y ayuda a diseñar un sistema que puede ser análogo al brasileño.

El presente capítulo propone contextualizar los principales aspectos históricos y normativos relacionados con los desafíos multidominio (aéreo, cibernético y espacial) para la protección y vigilancia de la Amazonía brasileña; analizar algunos recursos y activos espaciales y cibernéticos destinados a la protección y la vigilancia aeroespacial en esta región; y presentar las mejores prácticas encontradas en el estudio.

Utilizamos la teoría del poder aeroespacial para entender cómo, en el siglo XXI, las acciones de fuerza aérea han tocado inexorablemente el espacio y el ciberespacio. Además, asimilamos las preocupaciones de Lonsdale (1999, p. 149) y de Sheldon y Gray (2011) sobre el uso estratégico del espacio exterior, en el sentido de demostrar cómo, en la actualidad, no se puede hablar del espacio sin comprender su relación intrínseca con las dimensiones aérea e informativa de las que forma parte la cibernética.

Desde el punto de vista metodológico, este trabajo se basa en el estilo de investigación cualitativa, con sus datos extraídos de fuentes abiertas y ostensibles y analizados objetivamente. Se sigue la lógica de enumerar

primero los recursos y activos espaciales utilizados para la protección de la Amazonía brasileña, y luego presentar su aplicación, de modo que puedan servir como ideas para las naciones amigas como la colombiana.

Este texto se divide en tres secciones principales, cada una de las cuales pretende alcanzar un objetivo específico. En la primera, se contextualizan la dinámica, la legislación y la doctrina aeroespacial brasileña que sustentan la acción multidominio en la Región Amazónica. En la segunda sección, se analizan los recursos y activos espaciales y cibernéticos para la protección y vigilancia aeroespacial en esta región. Por último, hacemos recomendaciones que creemos pertinentes para un sistema análogo por parte de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC).

## **Programa Nacional de Actividades Espaciales y Programa Estratégico de Sistemas Espaciales**

Las actividades de vigilancia y protección de la Amazonía brasileña se apoyan en un sólido aparato tecnológico. Entre todos los recursos disponibles, es evidente la importancia de los satélites para la vigilancia eficaz de una región tan extensa.

En cuanto a los sistemas espaciales en Brasil, las necesidades operativas del Sistema de Protección de la Amazonía (SIPAM) se tratan de forma integrada (Rodrigues, 2020, p. 40), así como las de vigilancia de la Amazonía Legal, un área compuesta por los estados brasileños de Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins y Maranhão. Debido a las numerosas posibilidades de uso de los recursos espaciales (Sheldon y Gray, 2011, p. 2) y a los beneficios derivados de su desarrollo tecnológico, se instituye la Política Nacional de Desarrollo de las Actividades Espaciales (PNDAE) en 1994 (AEB, 2020).

El principal instrumento de la PNDAE es el Programa Nacional de Actividades Espaciales (PNAE), documento decenal, editado y actualizado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, a través de la Agencia Espacial Brasileña (AEB), que se dedica a planificar las acciones del Programa Espacial Brasileño (PEB). El PNAE aporta una serie de “orientaciones y directrices estratégicas, así como las principales misiones espaciales que se desarrollarán en el periodo, en el ámbito del Sistema Nacional de Desarrollo de las Actividades Espaciales (SINDAE)” (AEB, 2020).

Debido al carácter multidisciplinar del PEB, el PNAE se basa en tres pilares estratégicos: sociedad, autonomía e industria. Así, dicho documento aborda las razones por las cuales Brasil debe utilizar el espacio exterior, con el objetivo de controlar y vigilar el medio ambiente, advertir sobre las posibilidades de catástrofes y la correcta vigilancia del espacio aéreo y las fronteras del país.

En este mismo sentido, temas como el desarrollo de la industria nacional y la autonomía de las tecnologías espaciales utilizadas se abordan con la misma relevancia en ese principal documento nacional sobre actividades espaciales en Brasil (AEB, 2020). La cuarta y actual versión del PNAE describe los proyectos espaciales que se desarrollarán entre los años 2012 y 2021. Muchos de estos proyectos colaboran, o pueden colaborar, con las actividades de protección y vigilancia en la Región Amazónica, a saber:

- Las versiones O4 y O4-A de la familia de satélites en colaboración con China, China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS), que se ocupa de los satélites de teledetección de media resolución, ya en funcionamiento.
- Las versiones de los satélites de teledetección de la serie Amazónica, totalmente nacional y cuyo lanzamiento está previsto para 2020.
- El Satélite Geoestacionario de Defensa y Comunicaciones Estratégicas (SGDC), lanzado en 2017 y utilizado para proporcionar comunicaciones seguras y conexión de banda ancha a regiones remotas de Brasil, como la Amazonía;
- Satélites de teledetección SAR, capaces de ayudar a la protección del medio ambiente, aún no lanzados.
- Satélite Meteorológico Brasileño (GEOMET-1), todavía en fase de diseño (AEB, 2020).

Con el fin de complementar el PNAE, se creó el Programa Estratégico de Sistemas Espaciales (PESE), centrado en la implementación de sistemas espaciales que priorizan las necesidades del Ministerio de Defensa y de las fuerzas armadas brasileñas, proporciona productos de uso predominantemente dual, es decir, civil/militar (Ministerio de Defensa, 2018). El PESE es un documento editado y actualizado por el Comando de la Aeronáutica, que prevé las acciones y los proyectos necesarios para alcanzar los objetivos establecidos en la Estrategia Nacional de Defensa (END), relacionados con

el sector espacial (Comando de la Fuerza Aérea Brasileña, 2020). Según su Directriz de Implementación, el PESE:

Cuenta con la participación del Ministerio de Defensa, de la Marina de Brasil, del Ejército brasileño, de la Fuerza Aérea Brasileña, de la Secretaría Especial de Asuntos Estratégicos y de organismos e instituciones federales y afines, con el objetivo de integrar las capacidades y los conocimientos pertinentes, buscando la interoperabilidad de los sistemas adoptados, con vistas a la aplicación compartida de los Sistemas Espaciales y al uso de los datos obtenidos. (Comando de la Fuerza Aérea Brasileña, 2020)

Este programa contempla proyectos de Sistemas Espaciales Geoestacionarios (SEG) y de Sistemas Espaciales No Geoestacionarios (SNG), que se someten a los siguientes criterios de decisión durante su ciclo de vida: alineación estratégica, importancia de la misión, complementariedad y alineación con otras políticas gubernamentales, Política de Desarrollo Industrial, y Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Ministerio de Defensa, 2018).

De manera similar al PNAE, el PESE describe proyectos satelitales directamente conectados a las actividades de vigilancia y protección de la Amazonía brasileña, tales como:

- Comunicaciones administrativas, a fin de apoyar las comunicaciones entre los organismos y las instituciones que operan en la Amazonía;
- Comunicaciones estratégicas, capaces de proporcionar una comunicación segura durante las operaciones de vigilancia en la Región Amazónica, como es el caso del propio SGDC.
- Teledetección óptica, cuyo despliegue podrá perfeccionar el proceso de toma de imágenes de grandes áreas para proporcionar la recogida de información de regiones específicas a nivel de inteligencia, vigilancia y reconocimiento.
- Teledetección por radar, que permite producir y recoger imágenes, incluso con la presencia de nubes, para ayudar a las acciones de vigilancia de las fronteras y de control ambiental.
- Meteorología, que apoya las operaciones militares en la región del Amazonas en relación con las condiciones meteorológicas, así como el soporte al sistema de alerta de desastres naturales (Ministerio de Defensa, 2018).

Como se puede ver, el PNAE y el PESE contextualizan las actividades y los sistemas espaciales que circunscriben gran parte del desarrollo estratégico y táctico de los activos espaciales empleados en la defensa y vigilancia de la Región Amazónica brasileña.

## Recursos y activos espaciales para la protección y vigilancia aeroespacial en la Región Amazónica brasileña

Los satélites de telecomunicaciones, meteorología y navegación han pasado a formar parte de la vida cotidiana de la mayoría de las sociedades. Desde el punto de vista militar, los satélites proporcionan comunicaciones seguras, capacidades de monitoreo y vigilancia de fronteras, y recursos de geolocalización de las tropas. Una vez que el uso del espacio se ha convertido en algo esencial para el funcionamiento y el mantenimiento de las infraestructuras nacionales e internacionales (Unal, 2019), la cantidad de la orden de batalla hacia el espacio ya no juega un papel tan importante (Pai-kowsky *et al.*, 2015, p. 500).

Teniendo en cuenta el complejo conjunto tecnológico disponible para la vigilancia de la Amazonía brasileña, en este apartado pretendemos analizar los principales activos espaciales y cibernéticos al servicio de la identificación y vigilancia de amenazas a la seguridad nacional y la integración de la Región Amazónica brasileña.

### Radares

En términos generales, el radar (*radio detection and ranging*) es un sistema electromagnético capaz de detectar y localizar materiales en el espacio (Reintjes y Coate, 1952; Skolnik, 1990). Existen diferentes tipos, con especificaciones y características distintas que, según su aplicación, se utilizan para detectar objetivos específicos.

En el ámbito del Sistema de Vigilancia y Protección de la Amazonía (SIPAM/SIVAM)<sup>1</sup> en Brasil, se dispone de radares de aplicación meteorológica y

---

1 Sistema de Protección de la Amazonía (SIPAM) y Sistema de Vigilancia de la Amazonía (SIVAM).

de vigilancia y tráfico aéreo. Los primeros permiten realizar exploraciones del entorno de su ubicación, proporcionando datos volumétricos sobre las formaciones de nubes y tormentas, tal y como señala el Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección de la Amazonía (Censipam, 2019a). Actualmente, el sistema cuenta con once radares Doppler Banda S tridimensionales, distribuidos estratégicamente en la Región Amazónica. Estos radares están bajo la gestión de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB), a través del Cuarto Centro Integrado de Defensa Aérea y Control de Tráfico Aéreo (CINDACTA IV), en la ciudad de Manaus, y a través de otras unidades subordinadas al Departamento de Control del Espacio Aéreo (DECEA) (Censipam, 2022). Las informaciones recogidas y analizadas por el SIPAM se transmiten a los organismos locales y de defensa civil en caso de alerta por fuertes lluvias, desbordamientos e inundaciones.

Los radares específicos de vigilancia y tráfico aéreo tienen aplicación militar. El SIPAM/SIVAM incluye una red de radares fijos con ese fin y tiene capacidad para cubrir toda la Región Amazónica. Además, cuenta con el radar móvil Saber M60, un equipo de defensa antiaérea de baja altitud capaz de identificar objetivos a 5 km de altura y con un alcance de 75 km (DECEA, 2019). También, tiene capacidad de procesamiento para rastrear 40 objetivos simultáneamente y puede identificar aeronaves de ala fija y rotativa (Censipam, 2019a).

Cinco aeronaves E-99, operadas por la FAB, contribuyen a las actividades de vigilancia y están equipadas con modernos sistemas de navegación y comunicación de tipo Alerta Aéreo Anticipado y Control (AEW&C, de *Airbone Early Warning and Control*), además de los potentes radares Ericsson Erieye, montados en sus espaldas, capaces de detectar cualquier aeronave que pueda invadir el espacio aéreo brasileño, incluso a baja altitud. Tales características, además de la avanzada suite *datalink*, hace del E-99 AEW&C una de las más modernas aeronaves de inteligencia, reconocimiento y vigilancia al servicio de la protección amazónica (Censipam, 2019a).

## Sensores

En su concepto más simple, los sensores son dispositivos sensibles a alguna forma de energía del entorno, que puede ser lumínica, térmica o cinética, y que relacionan la información sobre una magnitud física que necesita ser medida (Thomazini y Albuquerque, 2005). Existen numerosos tipos de



sensores con aplicaciones y especificaciones distintas. Los más utilizados para la vigilancia y protección de la Amazonía son los conocidos como sensores de imagen que, según Moreira (2001), son dispositivos electroópticos mecánicos capaces de detectar y registrar la radiación electromagnética y generar información para ser interpretada en forma de imagen.

Actualmente, el sistema amazónico cuenta con los siguientes tipos de sensores: ópticos e infrarrojos para generación de videos con imágenes diurnas, nocturnas y térmicas; *multispectral scanner* para la obtención de imágenes georreferenciadas de alta resolución, que permiten diferenciar los tipos de vegetación, los contaminantes y los minerales; y el radar de apertura sintética, capaz de generar imágenes a través de las nubes y con alta resolución, con lo que contribuye al análisis de la deforestación, la construcción y las inundaciones (Censipam, 2019a). Estos sensores están a bordo de aeronaves Embraer 145/R-99B, a cargo de la FAB.

El SIPAM/SIVAM también cuenta con el sensor ADS-80, un equipo aerofotogramétrico digital de alta resolución que genera imágenes digitales continuas durante todo el vuelo. Este dispositivo produce imágenes con una resolución de hasta 5 cm del terreno, con una calidad superior a la de los satélites actualmente disponibles. El equipo se instaló en la aeronave R-35A Learthjet y cuenta con dos centros de procesamiento de imágenes en tierra (Censipam, 2019a).

Además de los sensores de imágenes mencionados, el SIPAM/SIVAM utiliza sensores de descargas atmosféricas de uso meteorológico y de defensa civil, que están contenidos en las unidades detectoras, a su vez asociadas a las antenas *Very Small Aperture Terminal* (VSAT), utilizadas para la transmisión de datos (Censipam, 2019a).

## Telecomunicaciones

Uno de los grandes activos de la vigilancia y protección de la Amazonía es la capacidad de integrar todo el parque tecnológico disponible, esencial tanto para las acciones militares de vigilancia y control del espacio aéreo, como para las actividades de protección realizadas por las organizaciones civiles.

Proporcionar comunicación y flujo de datos entre los más diversos equipos, distribuidos en un área superior a 5 000 000 km<sup>2</sup>, con los centros técnicos regionales, los destacamentos de control del espacio aéreo y otros numerosos organismos solo es posible gracias a una imponente

infraestructura, que necesita una actualización y modernización constantes (Censipam, 2022).

En este sentido, el complejo de telecomunicaciones del sistema brasileño está formado por antenas, satélites, radios, terminales telefónicas, estaciones de comunicación, consolas y cableado de diversos tipos. Los principales se detallan a continuación.

## Antenas

Las antenas son el equipo básico de la infraestructura de telecomunicaciones. En la actualidad, el SIPAM/SIVAM cuenta con antenas de comunicación por satélite y receptores de satélite ambientales. En total, hay 1069 antenas VSAT distribuidas por todo el territorio de la Amazonía Legal, que dan servicio a varios socios de SIPAM y que tienen la capacidad de llevar la comunicación por satélite de forma confiable a los puntos más remotos de la región. Ellas se comunican con unos equipos centrales, llamados Estaciones Master (HUB). La HUB contempla una antena de 9 m y funciona como punto de interconexión para otras redes de comunicación, coordinando el tráfico entre ellas. En 2009 se adquirieron dos nuevos HUB, instalados en Manaus y Brasilia (Censipam, 2009 y 2019a).

El SIPAM también dispone de antenas de recepción de imágenes meteorológicas y ambientales destinadas a recibir los satélites de dos familias: Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) y National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA). Estos satélites envían información esencial para la previsión y el estudio del clima, así como para el monitoreo ambiental de la región. Las antenas receptoras, además de recibir estas informaciones, disponen de procesadores capaces de generar diversos productos para otras aplicaciones meteorológicas y ambientales (Censipam, 2019a). La antena NOAA, capta y apoya específicamente los datos de los satélites NOAA (series 15-19) y de otros compatibles, como METOP 2, TERRA, AQUA, NPP y NPOESS.

El SIPAM/SIVAM también cuenta con tres de estas antenas, que están instaladas en centros regionales de la Amazonía (Manaus, Porto Velho y Belém). El equipo tiene una circunferencia de 2,4 m, está cubierto por una esfera protectora de más de 4 m, y amplía el monitoreo ambiental y meteorológico de la Región Amazónica (Censipam, 2012b). Tiene la capacidad de ampliar los datos sobre la presión, la humedad del aire, la determinación

de los tipos, las temperaturas y los tamaños de las nubes, la captación y el tratamiento de la información sobre las características físicas de la tierra y los océanos, la temperatura de la superficie terrestre, los niveles de ozono y la concentración de clorofila, lo cual permite, por ejemplo, el control de los incendios forestales y la contaminación atmosférica (Censipam, 2019a).

## Satélites

### a) SCD

El Satélite de Recogida de Datos (SCD-1) fue el primer satélite diseñado, construido y operado por Brasil, y fue lanzado en 1993 a bordo del cohete norteamericano Pegasus. El inicio de su operación estableció el Sistema Brasileño de Recogida de Datos Ambientales (SBCDA), que proporciona información a diversas organizaciones nacionales e internacionales (Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales [INPE], 2013). Es un satélite de órbita baja (LEO, de *Low Earth Orbit*) utilizado para la recogida de datos ambientales y con aplicaciones como previsión meteorológica, estudios de las corrientes oceánicas, mareas, química atmosférica y planificación agrícola (INPE, 2003). El SCD-1 es operado y gestionado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), pero también es utilizado por el SIPAM.

En este contexto, su principal aplicación se refiere a la recogida de datos fluviométricos y pluviométricos con fines de análisis meteorológicos enfocados en la defensa civil. Para el funcionamiento de todo el ciclo, se necesitan plataformas de recogida de datos (PCD), que son pequeñas estaciones automáticas instaladas en lugares remotos a fin de realizar mediciones de nivel, de la temperatura del agua, de la contaminación y del caudal del río (Censipam, 2019a). El satélite capta y retransmite las señales de los PCD a las estaciones de recepción y tratamiento (INPE, 2013). El SCD-1 es una historia de éxito en el viaje espacial brasileño. A pesar de que su vida útil se ha estimado en un año, sigue funcionando hasta hoy.<sup>2</sup>

El SCD-2 fue lanzado en 1998, a bordo del cohete norteamericano Pegasus. Como su nombre lo indica, es una continuación del SCD-1 y, por lo

---

2 En 2010, sufrió una falla en su batería y, desde entonces, solo es capaz de operar en el periodo en que es alumbrado por el Sol (INPE, 2018).

tanto, tiene sus mismas funciones. Utilizado para la recogida de datos ambientales, opera en conjunto con las PCD y los centros de procesamiento, proporcionando informaciones importantes para la alerta y la toma de decisiones sobre el clima y los niveles de los ríos amazónicos. Al igual que su predecesor, el SCD-2 es operado y gestionado por INPE, y mantiene la relación de apoyo junto al SIPAM (INPE, 2008). El SCD-2 es un satélite de órbita baja que da una vuelta alrededor de la Tierra cada 100 minutos, lo cual le permite recibir datos ambientales varias veces al día.

## b) CBERS

El programa *China-Brazil Earth Resources Satellite* (CBERS) es el resultado de una asociación binacional en el sector espacial, en la que los dos países BRICS<sup>3</sup> pusieron en común recursos financieros y tecnológicos para desplegar un sistema completo de teledetección. Con inversiones superiores a 300 millones de dólares, las responsabilidades del programa fueron inicialmente divididas entre el 30 % brasileño y el 70 % chino, posibilitando la entrada de Brasil en el grupo de países capaces de generar datos primarios de teledetección (INPE, 2020a).

Inicialmente, el programa contempló el lanzamiento de dos satélites, el CBERS-1 y el CBERS-2. Sin embargo, debido al éxito de ambos, los Gobiernos de los dos países decidieron ampliar el acuerdo con otros tres satélites (CBERS-2B, CBERS-3 y CBERS-4) también para la teledetección, siendo que el CBERS-3 no llegó a la órbita, ya que se perdió en el lanzamiento debido a los fallos del vehículo de lanzamiento. La larga colaboración se tradujo en el lanzamiento del quinto satélite del programa, el CBERS-04A, en funcionamiento desde 2019 (INPE, 2020a).

El desarrollo de esos satélites de la serie involucró la participación activa de Brasil, especialmente por medio de profesionales del INPE, principal organismo brasileño en alianza con China. Actualmente, el SIPAM es uno de los “usuarios” de los recursos disponibles por los satélites CBERS, y por medio de estos puede recoger los datos ambientales importantes, vía PCD, además de las imágenes generadas para el monitoreo de la vegetación y la agricultura, el análisis cartográfico y la geología del suelo, lo cual proporciona una mayor capacidad de vigilancia en la Región Amazónica (INPE,

---

3 En materia de economía internacional, es la sigla para hacer referencia conjunta a Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica.

2020a). Las imágenes también son utilizadas por el INPE en otros dos importantes proyectos nacionales: PRODES y DETER, dos iniciativas para analizar los datos sobre la deforestación en Brasil. El SIPAM es un socio y actúa en colaboración con dichos proyectos, a través de su operación efectiva en la Amazonía Legal (Censipam, 2020a).

La órbita del CBERS es heliosincrónica, a una altitud de 778 km, lo cual caracteriza el satélite como de órbita baja, con cerca de catorce revoluciones por día. Además, los satélites de este tipo cruzan el Ecuador siempre a la misma hora, 10:00 a.m., lo cual permite tener las mismas condiciones de iluminación solar para comparar las imágenes tomadas en días diferentes (INPE, 2020a). Todos los satélites de la serie fueron lanzados a bordo de cohetes de la familia Larga Marcha 4, desde el Centro de Lanzamiento de Taiyan, en China (Censipam, 2020a). Aunque sean satélites del mismo tipo, es decir, de observación terrestre, cada uno de ellos tiene particularidades en relación con las tecnologías y los recursos existentes. A continuación, presentamos los detalles técnicos de cada satélite de la familia CBERS:

- CBERS-1 y 2: Desde el punto de vista técnico, los dos primeros satélites de la serie son idénticos y fueron lanzados en 1999 y 2003, respectivamente. Ambos están equipados con cámaras para hacer observaciones ópticas de todo el planeta. El sensor de imagen de amplio campo de visada (WFI) produce imágenes con un alcance de 890 km de anchura, lo cual permite una cobertura completa en el planeta en un periodo de cinco días. En el caso de la cámara de imagen de alta resolución (CCD) y del sensor de imagen de barradura de media resolución (IRMSS), las anchuras de las bandas de imágenes son de 113 km y 120 km, respectivamente, lo que permite una cobertura completa del globo en un periodo de veintiséis días. Además de estos recursos, los satélites disponen de un sistema de recogida de datos ambientales (INPE, 2020a).
- CBERS-2B: Lanzado en 2007, tiene prácticamente las mismas especificaciones técnicas que los dos satélites anteriores, con una distinción en la inexistencia del IRMSS, sustituido por la cámara pancromática de alta resolución (HRC), que es capaz de obtener imágenes de una banda de 27 km de ancho con alta resolución. Dado que el HRC cubre una banda relativamente pequeña, se necesitan cinco ciclos de 26 días, es decir, 130 días, para que Brasil tenga una cobertura completa de alta resolución (Censipam, 2020a).

- CBERS-4: En este proyecto, Brasil aumentó su participación del 30 al 50 % en las responsabilidades, y se colocó en una condición de plena igualdad en relación con China. Puesto en marcha en 2014, se ha producido una considerable evolución en los recursos y las tecnologías utilizados, especialmente en lo que respecta a su capacidad de imagen. Se emplearon cuatro cámaras, a saber: cámara pancromática y multiespectral (PAN), que proporciona mejores resoluciones, con 5 m en la banda pancromática y 10 m en la banda multiespectral; cámara multiespectral regular (MUX), que permite obtener imágenes con una resolución de 20 m en un ancho de banda de 120 km; sensor de imagen multiespectral y termal (IRS), una actualización del antiguo IRMSS; y la cámara WFI actualizada, que proporciona una resolución de 64 m en una banda de 866 km de ancho.
- CBERS-04A: El sexto satélite de la familia CBERS fue lanzado en 2019; y al igual que su predecesor, es un satélite de teledetección de media resolución. Esta versión aportaba adaptaciones y mejoras en relación con el CBERS-4, con la intención de acomodar una nueva y mejor cámara de sensor de imágenes china: la cámara multiespectral y pancromática de amplia barradura (WPM), que es la principal carga útil del satélite y proporciona imágenes con resoluciones panorámica de 2 m y multiespectral de 8 m.

Para comparar, la Tabla 1 resume las principales características de las cámaras de sensor de imágenes de los satélites de la familia CBERS.

**Tabla 1.** Especificaciones de las cámaras de sensores de imágenes de los satélites CBERS

CBERS	Repetición del ciclo	Cámaras de sensor de imágenes	Tasa de datos
1 y 2	26 días	CCD (Banda: 113 km anchura) IRMSS (Banda: 120 km anchura) WFI (Banda: 890 km anchura)	100 Mbit/s
2B		CCD (Banda: 113 km anchura) HRC (Banda: 27 km anchura) WFI (Banda: 890 km anchura)	
4		PAN (Banda: 60 km anchura) MUX (Banda: 120 km anchura) IRS (Banda: 120 km anchura) WFI (Banda: 866 km anchura)	300 Mbit/s
04A	31 días	WPM (Banda: 92 km anchura) MUX (Banda: 95 km anchura) WFI (Banda: 684 km anchura)	900 Mbit/s

Fuente: INPE (2020a).

### c) SGDC

El Satélite Geoestacionario de Defensa y Comunicaciones Estratégicas (SGDC) es un proyecto estratégico brasileño y forma parte del PESE y actualmente es el único satélite nacional para este tipo *dual* de servicio comunicacional (International Institute for Strategic Studies [IISS], 2021, p. 397). Lanzado en 2017, a partir del Centro Espacial de Kourou, en la Guayana Francesa, utilizó el consagrado lanzador francés Ariane 5 (Visiona Spaces Technology, 2017).

El proyecto es el resultado de los esfuerzos de varios organismos nacionales, militares y civiles, como la AEB, el Ministerio de Defensa, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, y la FAB. Fabricado por la francesa Thales Alenia Space, bajo la plataforma Spacebus 4000C4, su diseño y su construcción formaron parte de un programa de transferencia de conocimientos en el que participaron ingenieros militares y civiles. Su concepción, esencialmente de doble uso, estaba destinada a satisfacer las necesidades de comunicación segura y estratégica, así como a apoyar la aplicación de políticas públicas de banda ancha. Para ello, el SGDC opera en dos bandas diferentes: la X, en la que la información estratégica viaja de forma segura; y la Ka, utilizada para ampliar la disponibilidad de la conexión de banda ancha en todo el territorio nacional, principalmente en regiones remotas como la amazónica<sup>4</sup>.

La operación del SGDC se realiza conjuntamente entre el Ministerio de Defensa (vía FAB) y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (vía Telebrás). Al tratarse de un satélite geoestacionario, se sitúa a una altitud de aproximadamente 35 776 km. En su aplicación militar, la banda X tiene tres posibilidades de cobertura, a saber: nacional, que cubre todo el territorio brasileño; regional, que cubre Suramérica, el Caribe y parte del océano Atlántico; y de teatro, que cubre un área circular de aproximadamente 1500 km de radio y puede ser dirigida dentro del área de cobertura del satélite (Demenicis, 2018).

---

4 En términos generales, la banda X es controlada por los ingenieros militares, que garantizan la aplicación de sus recursos en las operaciones en las que es necesario establecer y mantener una comunicación segura, mientras que la banda Ka es operada por los ingenieros civiles a través de acciones previstas en el Plan Nacional de Banda Ancha (Ministerio de Defensa, 2020).

Los recursos del SGDC están disponibles para su uso en operaciones militares, mediante comunicaciones seguras y fiables (Ministerio de Defensa, 2020). En cuanto a su aplicación civil (banda Ka), el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación apoya las acciones del SIPAM proporcionando acceso a internet de banda ancha, con una velocidad de 10 Mbps, en puntos aislados de la Amazonía (Fernandes, 2021). La Tabla 2 presenta las especificaciones de los satélites de las familias SCD, CBERS y SGDC utilizados en la vigilancia amazónica.

**Tabla 2.** Especificaciones de satélites utilizados en la vigilancia amazónica

Satélite	Altura	Masa total	Tipo	Órbita Altitud	Inclinación
SCD-1	1,45 m	115 kg	Circular	750 km	25°
SCD-2	1,00 m				
CBERS 1, 2 y 2B	1,80 m	1450 kg	Heliosíncrona	778 km	98°
CBERS-4		2080 kg			
CBERS-04A		1800 kg		628 km	97°
SGDC	7,00 m	5735 kg	Geoestacionaria	35 776 km	74°

Fuente: Demenicis (2018) e INPE (1998, 2003, 2020a).

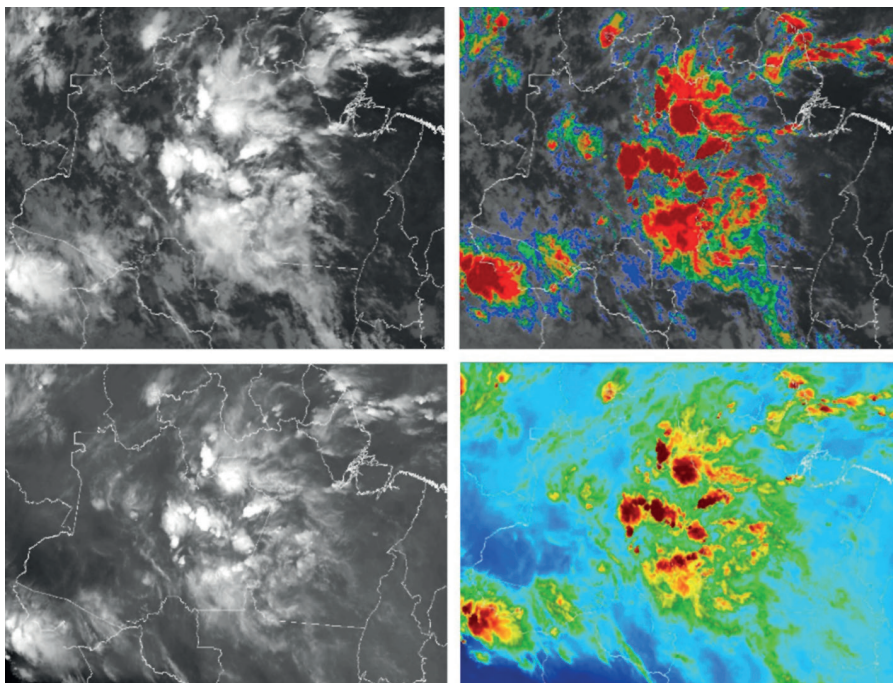
#### d) GOES

La familia de satélites Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) es operada por la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA), controlada por la National Aeronautics and Space Administration (NASA), y puede recoger imágenes de la Tierra y transmitir las cada 30 minutos. Los datos y las imágenes proporcionados se utilizan para monitorear la evolución de fenómenos atmosféricos como tormentas, tornados, huracanes y ciclones, y para seguir la evolución y el crecimiento de las regiones, ya que pueden funcionar de noche y, por tanto, captan las luces de las ciudades.

Actualmente, están en operación los satélites GOES 14, 15, 16 y 17, y se espera que otras dos versiones salgan al mercado hasta 2024, el GOES-T y el GOES-U (Corporación Brasileña de Investigaciones Agropecuarias [Embrapa], 2020a). El SIPAM dispone de antenas de recepción exclusivas para estos satélites, situadas en Brasilia y en el centro regional de Manaus, que permiten el acceso directo a las imágenes de Suramérica, generadas por los satélites GOES, en alta resolución (Censipam, 2012b). A partir de la recepción de estas imágenes, especialistas hacen los análisis necesarios para la



vigilancia del clima que ayudarán en el proceso de toma de decisiones del SIPAM. Las imágenes pueden analizarse a partir de varios parámetros, como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Análisis de imágenes de la Amazonía proporcionadas por los satélites GOES

Fuente: <https://satelite.inmet.gov.br>

### e) NOAA

La constelación de satélites NOAA lleva el nombre de su empresa matriz y se ha desarrollado en colaboración con la NASA. El sistema ha lanzado casi veinte satélites desde principios de los años setenta. En la actualidad, hay cuatro en funcionamiento: NOAA-15, NOAA-18, NOAA-19 y NOAA-20. Se trata de satélites heliosincrónicos situados a 835 km de altitud. Juntos, son capaces de obtener imágenes multispectrales de la superficie terrestre, además de datos numéricos recogidos mediante sondas. Sus principales aplicaciones son la modelización del clima y la predicción del tiempo atmosférico. Para recibir las informaciones de toda la Región Amazónica, el SIPAM utiliza antenas de la NOAA distribuidas en sus tres centros regionales de Manaus, Porto Velho y Belém, en la Región Amazónica (Censipam, 2011).

## f) TERRA (EOS)

El satélite *TERRA Earth Observing System* (EOS), lanzado en 1999, es fruto de la colaboración entre las agencias espaciales de Canadá y Japón, y está situado a 705 km de altitud en una órbita polar heliosincrónica, cuenta con cinco sensores diferentes y proporciona imágenes con una resolución espacial de 250, 500 y 1000 m. El SIPAM consigue obtener las imágenes generadas por el satélite a través de sus antenas NOAA y, a partir de ahí, realiza análisis e investigaciones relacionadas con la atmósfera y la superficie terrestre (Embrapa, 2020c; INPE, 2020b).

## g) AQUA

El Aqua Project Science (AQUA) es un satélite norteamericano, desarrollado en colaboración con Japón y Brasil, que forma parte de la Agencia Espacial Europea, fundada por la NASA. Situado en una órbita polar heliosincrónica a 705 km de altura, está diseñado para monitorear los fenómenos físicos relacionados con la circulación de la energía y el agua en la Tierra. Utiliza seis tipos de sensores diferentes y es capaz de generar imágenes con una resolución espacial de 500 y 1000 m (INPE, 2019). Al igual que el satélite *TERRA*, el SIPAM obtiene las imágenes de *AQUA* por medio de las antenas NOAA posicionadas estratégicamente en la Región Amazónica. Las informaciones recogidas son analizadas por el sistema de detección de focos de incendio SIPAM, contribuyendo a la Alerta en Tiempo Real (Martarole, 2019).

## h) LANDSAT-8

La serie de satélites *LANDSAT* comenzó en la década de los sesenta, a partir de un proyecto desarrollado por la NASA. Desde entonces, se han lanzado ocho satélites con la misión de observar los recursos naturales terrestres, proporcionando imágenes multiespectrales. El *LANDSAT-8*, el satélite más reciente de la serie, fue lanzado en 2013, está posicionado en una órbita polar heliosincrónica y contiene dos sensores diferentes capaces de proporcionar imágenes con una resolución espacial pancromática de 15 m, una multiespectral de 30 m y una térmica de 100 m (INPE, 2017).

El SIPAM utiliza las imágenes generadas por *LANDSAT-8* para vigilar zonas de la Región Amazónica e identificar puntos de deforestación a partir de los datos georreferenciados. Así, los organismos asociados pueden planificar las operaciones de fiscalización de forma más precisa (Censipam, 2016a).

### **i) S-NPP**

El Suomi-National Polar-Orbiting Partnership (S-NPP) es un satélite de observación de la Tierra que pertenece a la serie Joint Polar Satellite System (JPSS). Lanzado en 2011, se utiliza para recoger datos fundamentales que ayudan a comprender el cambio climático a largo plazo y las condiciones meteorológicas a corto plazo (NASA, 2020). Se trata de un satélite de órbita polar que tiene el sensor Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), utilizado por el SIPAM con el objetivo de generar alertas en tiempo real relacionadas con focos de calor, lo cual permite la identificación de posibles regiones afectadas por incendios (Martarole, 2019; NASA, 2011).

### **j) SENTINEL 1 Y 2**

Los SENTINEL 1 y 2 son constelaciones de satélites de observación de la Tierra, gestionadas por la Agencia Espacial Europea, cuyas imágenes son proporcionadas gratuitamente y utilizadas por numerosos organismos que trabajan con servicios de teledetección. Hay diferencias importantes entre las dos constelaciones que vale la pena destacar aquí.

SENTINEL 1 cuenta con satélites en órbita polar capaces de operar de día y de noche, que proporcionan imágenes de radar de apertura sintética (SAR) en banda C. Esta tecnología permite capturar imágenes independientemente de la situación meteorológica, es decir, con o sin presencia de nubes. El SENTINEL 2, a su vez, es una constelación de satélites en órbita polar que proporciona imágenes ópticas multiespectrales en trece bandas diferentes (Agencia Espacial Europea, 2020a). El uso de ambas constelaciones por parte del SIPAM proporciona un análisis meteorológico integrado a partir de imágenes ópticas y SAR.

### **k) RAPIDEYE**

La constelación RAPIDEYE está compuesta por cinco microsátélites multi-espectrales, lanzados en 2008, cuyo control lo realiza la empresa alemana RapidEye AG. Sus satélites están situados en órbita heliosincrónica y su principal diferencia es la capacidad para producir conjuntos de imágenes desde cualquier punto del globo terrestre (Embrapa, 2020b).

En Brasil, el Ministerio de Medio Ambiente adquirió la cobertura completa del territorio nacional en imágenes de satélite RAPIDEYE (Embrapa, 2020b). El SIPAM, a su vez, accede a las colecciones de imágenes puestas a

disposición por ese ministerio a través de acuerdos de cooperación técnica, y las utiliza para el análisis cartográfico y forestal de la Región Amazónica.

## 1) ICEYE SAR

Se trata de una constelación de microsátélites con tecnología SAR, lanzados y operados por la empresa finlandesa ICEYE. Son satélites de observación de la Tierra, capaces de proporcionar imágenes sin necesidad de luz solar o cielo despejado. Por lo tanto, permiten capturar un volumen considerable de imágenes (ICEYE, 2020). Los productos generados por la ICEYE SAR fueron contratados por la FAB, y mediante una asociación, el SIPAM recibe las imágenes directamente en sus antenas, mejorando así la capacidad de monitoreo ambiental y territorial de la Amazonía (FAB, 2022).

## Equipo de radiodeterminación (RDSS) y estaciones meteorológicas

El RDSS es capaz de transmitir y recibir textos vía satélite, con una versión portátil y otra vehicular, que se utiliza para la comunicación móvil y el monitoreo de equipos en misiones de campo en la Región Amazónica. El material se almacena en maletas de plástico resistentes a impactos y a humedad que se ceden temporalmente a los socios del SIPAM (Censipam, 2019a).

El SIPAM también tiene dos tipos de estaciones meteorológicas: de superficie y de altitud. La primera recoge y procesa datos meteorológicos, como la velocidad y dirección del viento, la presión atmosférica, la temperatura, la humedad relativa del aire, la densidad de la lluvia y la radiación solar. Los datos procesados por esta estación se transmiten mediante antenas de comunicación por satélite a los centros regionales que desarrollan estudios de climatología y generan productos meteorológicos (Censipam, 2019a).

En el caso de las estaciones meteorológicas de altitud, están destinadas al lanzamiento de globos, que pueden alcanzar una altura de 30 km, equipados con sensores. Sirven para medir las condiciones meteorológicas —temperatura del aire, humedad relativa y presión atmosférica— en varias altitudes. Los datos pueden ser observados minuto a minuto y enviados por radio a la estación receptora en tierra, encargada de procesarlos, generando un mensaje codificado que será transmitido al centro regional (Censipam, 2019a).

## Aeronaves remotamente pilotadas

El SIPAM cuenta actualmente con ocho drones Phantom 4, que se utilizan para el levantamiento de los modelos digitales de superficie (imágenes) de los municipios de la Amazonía Legal que sufren inundaciones y riadas. A partir del análisis de estos modelos, es posible generar las alertas necesarias para que las autoridades municipales adelanten sus acciones de mitigación. Los drones también se utilizan en misiones sobre el terreno para el reconocimiento y la validación de características identificadas por teledetección, como la deforestación, las actividades agrícolas y la minería.

## Sistemas e infraestructura de tecnología de la información

### a) ENVI y SARscape

El Environment for Visualizing Images (ENVI) es un *software* para el tratamiento, el análisis y la interpretación de imágenes ópticas de teledetección. El *software* se desarrolló a partir del lenguaje *interactive data language* (IDL), que facilita la personalización según las necesidades de los usuarios. El SIPAM tiene una amplia experiencia y conocimiento en el uso de la herramienta y, recientemente, ha adquirido el módulo SARscape, que permite el procesamiento y análisis de datos SAR a través de plataformas espaciales (satélites) y aerotransportadas (ENVI, 2020). Además, el módulo utiliza tecnología de procesamiento paralelo por medio de recursos de placas gráficas, lo cual hace más eficiente el procesamiento de grandes volúmenes de datos (MMA, 2019).

### b) ArcGis, SNAP y QGis

El ArcGis es un Sistema de Información Geográfica (SIG), utilizado para crear, gestionar, compartir y analizar datos espaciales. A partir de la visualización y manipulación de datos 2D y 3D, es posible identificar tendencias y estándares para contribuir en el proceso de toma de decisiones (QGis, 2020). El SIPAM utiliza esta herramienta de análisis cartográfico y territorial de la Región Amazónica. El producto generado sirve para apoyar las operaciones realizadas por las fuerzas de seguridad que actúan para minimizar e inhibir las actividades ilícitas en la Amazonía Legal (Censipam, 2012a).

El SNAP es un sistema gratuito proporcionado por la Agencia Espacial Europea, que también es responsable de la constelación de satélites SENTINEL. Es un sistema destinado al tratamiento y análisis de la observación terrestre. Sus principales características son: rapidez en la visualización y navegación de imágenes de alta resolución; gestión de capas, que permite añadir y manipular nuevas imágenes; y reproyección y ortorectificación precisas (Agencia Espacial Europea, 2020b).

El QGis es un SIG de código abierto y licenciado de acuerdo con la General Public License (GPL). Se trata de un proyecto de la Open Source Geospatial Foundation (osGeo) y es compatible con los principales sistemas operativos (QGis, 2020). Ese *software* posibilita la georreferenciación y el geoprocésamiento de datos espaciales para ampliar la conciencia de la situación de la Región Amazónica (Censipam, 2016b).

### c) IDSEG y GPIS

El Sistema de Análisis Investigativo (IDSEG) es parte del aparato de inteligencia tecnológica a disposición del SIPAM. El *software* es capaz de integrar y analizar datos de múltiples fuentes —bases de datos estructuradas y no estructuradas, archivos, hojas de cálculo y *webservices*— utilizando modelos multidimensionales para *data warehouse* (Censipam, 2017). Los productos generados por el sistema, junto con otros programas disponibles, son útiles para las acciones tácticas y operativas sobre el terreno de las fuerzas de seguridad (Censipam, 2019b).

En cuanto al Sistema de Gestión de Pistas (GPIS) se utiliza en la inspección del espacio aéreo, llevada a cabo por la FAB (Censipam, 2018). El sistema es capaz de recibir datos de radares del CINDACTA IV y realizar el análisis de las informaciones, con lo que genera informes con el historial de los vuelos sospechosos. Estas informaciones son importantes para las acciones de inteligencia, especialmente en la lucha contra el crimen organizado (Censipam, 2019b).

### d) Comunicación, redes, procesamiento y almacenamiento

Para el tráfico de informaciones entre los puntos que componen el SIPAM, se utilizan recursos de las Redes Comunitarias de Educación e Investigación (Redecompe) y de la Red INFOVIA (Censipam, 2020b). La primera es una iniciativa del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y está coordinada por la Red Nacional de Investigación (RNP). La INFOVIA, a su vez, está

gestionada por el Ministerio de Economía. Ambas se basan en una infraestructura de fibra óptica capaz de proporcionar conexiones de alta velocidad (Redecompe, 2020; Servicio Federal de Procesamiento de Datos, 2020).

El volumen de datos, imágenes e información recogidos requiere una gran capacidad de procesamiento y almacenamiento. El SIPAM, en su estructura, cuenta con un conjunto de servidores y *storages* capaces de realizar estas actividades de forma eficaz. Además, se utilizan técnicas de virtualización y almacenamiento en la nube (*cloud*) (Censipam, 2020b).

### e) Seguridad de la información y de los activos espaciales

Las soluciones para la seguridad de la red y de la información enviada son esenciales para el éxito de la vigilancia y la protección de la Amazonía. Para ello, el tema se trata de forma estratégica en los Planes Estratégicos de Tecnologías de la Información (PETI) y en los Planes Directores de Tecnología de la Información (PDTI) de los organismos que participan en las actividades de protección de la Región Amazónica. Estos organismos e instituciones cuentan con importantes herramientas para garantizar la seguridad de los datos, a saber: *softwares* antivirus y antispam, equipos de *firewall*, *Intrusion Detection System* (IDS), *Intrusion Prevention System* (IPS) y filtros de contenido (Censipam, 2020b).

Desde el punto de vista de la protección de los activos espaciales, es necesario entender que un sistema espacial está compuesto genéricamente por segmentos espaciales, terrestres y de usuario, así como por los enlaces de comunicación entre ellos. Así, cualquier amenaza cibernética a uno de estos componentes podría comprometer el funcionamiento del sistema en su conjunto (Lonsdale, 1999).

Ante un abanico de posibilidades de ciberataques, se hacen necesarias acciones de protección destinadas a la seguridad de todos los segmentos de un sistema espacial. El segmento espacial, compuesto por el propio satélite, debe ser objeto de acciones de seguridad cuando se encuentra en la fase de diseño y desarrollo, incluso antes de su lanzamiento. Desde la perspectiva del segmento terrestre, varios tipos de acciones<sup>5</sup> son útiles para garantizar

---

5 Tales como control de acceso físico a las instalaciones; mantenimiento periódico de los activos computacionales; actualización de los sistemas utilizados para el control y la operación del satélite; cambios periódicos de contraseñas y aplicación de una política de seguridad de la información.

la seguridad de los activos espaciales. En el caso del segmento de usuarios, la protección física de los equipos móviles —antenas, terminales y radios—, así como su mantenimiento periódico, contribuye a la seguridad de todo el sistema.

Como se puede ver, para llevar a cabo la vigilancia amazónica, Brasil cuenta con políticas nacionales y activos críticos de doble uso, que van desde el uso de satélites de terceros, hasta el desarrollo completo de sistemas y activos espaciales nacionales. Con las proporciones continentales que tiene el país, vigilar la Región Amazónica requiere sistemas integrados como el SIPAM.

En este sentido, para que naciones amigas como Colombia diseñen un sistema análogo, ciertamente la historia y el conocimiento de la aplicación de algunos de estos recursos brasileños ayudan a señalar caminos donde la defensa de la soberanía nacional pasa también por la integración del territorio. Esto requiere una mirada estratégica no solo hacia las amenazas tradicionales —como los delitos transfronterizos o la proyección de escenarios con las fuerzas enemigas—, sino también hacia las nuevas amenazas (como las ciberamenazas) y hacia la defensa civil y el monitoreo ambiental.

## Conclusiones

El creciente desarrollo tecnológico de los últimos años, especialmente en las tecnologías de la información y las comunicaciones, ha impulsado enormemente el uso de los recursos satelitales para fines civiles y militares. Esto puede verse en la evolución de algunos recursos y activos espaciales que Brasil utiliza para la protección de su porción amazónica y que desbordan a la sociedad en su conjunto. Por ejemplo, de acuerdo con el DECEA (2019), los radares meteorológicos tienen aplicaciones militares esenciales para garantizar la seguridad de las operaciones y el control de tráfico aéreo en la Región Amazónica brasileña, pero su uso trasciende el ámbito militar y es igualmente importante en las actividades de monitoreo del clima y en el análisis de las precipitaciones de la red hidrográfica amazónica (Censipam, 2016a).

Más que enumerar los activos espaciales brasileños, este trabajo buscó presentar dónde están estratégicamente y dónde pueden ser utilizados en la vigilancia de la Amazonía brasileña. Creemos que, de este modo,



podemos generar *insights* —técnicos, estratégicos o prospectivos— para un sistema de protección de la porción amazónica colombiana que, además, carga muchas similitudes con la brasileña en cuanto a las amenazas y las necesidades climáticas. Un ejemplo de un activo que desempeña un papel estratégico en la protección amazónica brasileña y que puede ser viable para las naciones fronterizas con Brasil son las antenas VSAT. Varían de 1,8 a 3,8 m de diámetro y pueden ser utilizadas para transmitir datos y voz, de modo que auxilian en el suministro de acceso a los sistemas gubernamentales, de internet y de telemetría para los sensores instalados a distancia en esa región.

Como se ha visto, la aplicación de drones para la recogida de imágenes es otra alternativa al uso de aeronaves tradicionales equipadas con sensores, en esa región tan densamente cerrada. Es obvio que tienen menos alcance y autonomía, pero permiten recoger información de forma más ágil. Como tal, el SIPAM se beneficia enormemente al emplear los dos recursos (drones y aeronaves) en sus actividades. Ante las actuales contingencias que sufren la mayoría de los países —impulsadas aún más por la pandemia de la COVID-19—, el uso de estas aeronaves piloteadas a distancia pueden ser una alternativa a acciones puntuales de lucha contra el narcotráfico y de defensa civil, por ejemplo.

Además, se percibió cómo Brasil buscó la cooperación internacional con otros Gobiernos para desarrollar sus actividades y capacidades cibernéticas (Fernandes, 2015, p. 270) y espaciales, ya sea mediante la construcción conjunta de activos y la transferencia de tecnología, o por medio del lanzamiento de un satélite o *cubesat*. Son ejemplos de esa máxima las alianzas con China (CBERS), Estados Unidos (AQUA y SCD), Francia (SGDC) y Japón (AQUA). Así, ante la falta de conocimientos o de materiales y tecnologías, la cooperación internacional ha resultado muy pertinente para los objetivos nacionales brasileños.

Hablando de CBERS, como ya se ha dicho, su versión 2B trae la cámara pancromática de alta resolución (HRC), que cubre una franja relativamente pequeña, por lo cual Brasil necesita 130 días para tener una cobertura completa en alta resolución (Censipam, 2020a). Debido al tamaño de Colombia, por ejemplo, el uso de este tipo de cámara —y otras tecnologías de imagen— puede ser aún más eficiente, ya que su territorio es casi siete veces menor que el de Brasil. Por lo tanto, muchas de las posibilidades alcanzadas por Brasil pueden potenciarse aún más —especialmente en términos

presupuestarios— por países con territorios más pequeños, teniendo el caso brasileño también como una especie de *know-how* sobre dónde y en qué invertir.

## Referencias

- Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio. (2011). *Proyecto preparatorio NPP NPOESS*. [https://www.nasa.gov/pdf/596329main\\_NPP\\_Brochure\\_ForWeb.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/596329main_NPP_Brochure_ForWeb.pdf)
- Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio. (2020). *Suomi NPP*. [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/NPP/mission\\_overview/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/NPP/mission_overview/index.html)
- Agencia Espacial Brasileña (AEB). (2012). *Programa Nacional de Actividades Espaciales-PNAE: 2012-2021*. <http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2013/01/PNAE-Portugues.pdf>
- Agencia Espacial Brasileña (AEB). (2020). *Política Nacional de Desarrollo de Actividades Espaciales (PNDAE)*. <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos/politica-nacional-de-desenvolvimento-das-atividades-espaciais-pndae>
- Agencia Espacial Europea. (2020a). *SENTINEL-1*. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>
- Agencia Espacial Europea. (2020b). *SNAP*. <https://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>
- Buzan, B., Wæver, O. y De Wilde, J. (1998). *Security: A new framework for analysis*. Lynne Rienner Publishers.
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2009). *Sipam compra 1.033 nuevos VSAT para revitalizar el parque de telecomunicaciones*. <https://conexaoto.com.br/2010/01/22/sipam-compra-1-033-novas-vsats-para-revitalizar-parque-de-telecomunicacoes>
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2011). *Informe ordinario anual: informe de gestión 2010*. [https://www.gov.br/censipam/pt-br/aceso-a-informacao/prestacao-de-contas/relatorios-de-gestao-1/relatorio\\_de\\_gestao\\_2010.pdf](https://www.gov.br/censipam/pt-br/aceso-a-informacao/prestacao-de-contas/relatorios-de-gestao-1/relatorio_de_gestao_2010.pdf)
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2012a). *La geotecnología de SIPAM refuerza las acciones de la Operación Ágata 4*. <http://repositorio.ufr.br:8080/jspui/bitstream/prefix/374/1/As%20estrategias%20brasileiras%20de%20integra%C3%A7%C3%A3o%20regional.%20Schwaizer%20%281%29.pdf>
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2012b). *Sipam adquiere nuevas antenas para ampliar la protección del Amazonas vía satélite*. <https://mundogeo.com/2012/03/15/sipam-adquiere-novas-antenas-para-ampliar-a-protecao-da-amazonia-via-satelite/>

- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2016a). *Meteorología y climatología*. [https://www.gov.br/censipam/pt-br/aceso-a-informacao/prestacao-de-contas/relatorios-de-gestao-1/relatorio\\_de\\_gestao\\_2017.pdf](https://www.gov.br/censipam/pt-br/aceso-a-informacao/prestacao-de-contas/relatorios-de-gestao-1/relatorio_de_gestao_2017.pdf)
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2016b). *Informe de actividades 2015*. [https://www.gov.br/censipam/pt-br/aceso-a-informacao/prestacao-de-contas/relatorios-de-gestao-1/relatorio\\_de\\_gestao\\_2015.pdf](https://www.gov.br/censipam/pt-br/aceso-a-informacao/prestacao-de-contas/relatorios-de-gestao-1/relatorio_de_gestao_2015.pdf)
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2017). *Informe de gestión del ejercicio 2016*. [https://www.gov.br/censipam/pt-br/aceso-a-informacao/prestacao-de-contas/relatorios-de-gestao-1/relatorio\\_de\\_gestao\\_2016.pdf](https://www.gov.br/censipam/pt-br/aceso-a-informacao/prestacao-de-contas/relatorios-de-gestao-1/relatorio_de_gestao_2016.pdf)
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2018). *El comandante de preparación de la Fuerza Aérea conoce los proyectos del Censipam*. <http://www.sipam.gov.br/noticias/noticias-ascom/2018/comandante-de-preparo-da-forca-aerea-conhece-projetos-do-censipam>
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2019a). *Censipam se asocia con FAB para la operación de satélites*. [https://www.gov.br/censipam/pt-br/atuacao/copy\\_of\\_infraestrutura-tecnologica](https://www.gov.br/censipam/pt-br/atuacao/copy_of_infraestrutura-tecnologica)
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2019b). *Censipam realiza pruebas con una nueva antena de comunicaciones por satélite*. <http://www.sipam.gov.br/materias-publicadas-2019/censipam-realiza-testes-com-nova-antena-de-comunicacao-satelital>
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2020a). *Censipam e INPE se reúnen para integrar datos para proteger la Amazonía*. <https://www.labgis.uerj.br/noticias/censipam-e-inpe-se-reunem-para-integrar-dados-para-protecao-da-amazonia>
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2020b). *Plan Maestro de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*. [https://www.gov.br/censipam/pt-br/aceso-a-informacao/planejamento/arquivos/pdtic\\_20204.pdf](https://www.gov.br/censipam/pt-br/aceso-a-informacao/planejamento/arquivos/pdtic_20204.pdf)
- Centro Gestor y Operacional del Sistema de Protección Amazónica (Censipam). (2022). *Infraestructura tecnológica*. [https://www.gov.br/censipam/ptbr/atuacao/copy\\_of\\_infraestrutura-tecnologica](https://www.gov.br/censipam/ptbr/atuacao/copy_of_infraestrutura-tecnologica)
- Comando de la Fuerza Aérea Brasileña. (2020). *DCA 358-1: Directriz de implementación del Programa Estratégico para Sistemas Espaciales*. <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/acervo/detalhe/5821>
- Corporación Brasileña de Investigaciones Agropecuarias (Embrapa). (2020a). *GOES - Satélite ambiental operacional geoestacionario*. <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/goes>

- Corporación Brasileña de Investigaciones Agropecuarias (Embrapa). (2020b). *Ojo rápido*. <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/rapideye>
- Corporación Brasileña de Investigaciones Agropecuarias (Embrapa). (2020c). *TERRA - Sistema de Observación de la Tierra (EOS)*. <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/terra>
- De Jesus, S. (2003). *SIVAM: el ejército y el Amazonas* (tesis de maestría, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho). [https://cpdoc.fgv.br/sites/default/files/militares-amazonia/txt\\_Samuel\\_Jesus.pdf](https://cpdoc.fgv.br/sites/default/files/militares-amazonia/txt_Samuel_Jesus.pdf)
- Demenicis Da Silva, L.S. (2018). *El satélite geoestacionario de defensa y comunicaciones estratégicas (SGDC): un análisis de las contribuciones a la defensa nacional* (tesis de especialización, Escuela de Comando y Estado Mayor del Ejército, Rio de Janeiro). <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/2895/1/MO%205896%20-%20LUCIENE.pdf>
- Departamento de Control del Espacio Aéreo (DECEA). (2019). *Meteorología aeronáutica*. <https://www.decea.mil.br/?i=atividades&p=meteorologia-aeronautica>
- Enviroment for Visualizing Images (ENVI). (2020). *Home website*. <http://www.envi.com.br>
- Fernandes, J. H. C. (2015). Soberania cibernética na zona de paz e cooperação do atlântico sul (ZOPACAS). *Amazônia e Atlântico Sul: desafios e perspectivas para a defesa no Brasil* (G. F. Gheller, S. L. M. Gonzales, y L. P. Mello, eds.). IPEA.
- Fernandes (2021) *Nueva antena amplía la vigilancia ambiental sobre la Amazonía* <https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2021/07/4939138-nova-antena-amplia-fiscalizacao-ambiental-sobre-a-amazonia.html>.
- Fuerza Aérea Brasileña (FAB). (2022). *Boletín de Prensa*. <https://www.fab.mil.br/notimp/mostra/26-05-2022>.
- Hansen, L. y Nissenbaum, H. (2009). Digital disaster, cyber security and the Copenhagen School. *International Studies Quarterly*, 53(4), 1555-1575. <https://www.jstor.org/stable/27735139>
- ICEYE. (2020). *ICEYE SAR constellation capabilities*. <https://www.iceye.com/sar-data/constellation-capabilities>
- International Institute for Strategic Studies (IISS). (2021). *The military balance 2022. The annual assessment of global military capabilities and defence economics*. Routledge.
- Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). (1998). *Laboratorio Asociado de Sensores y Materiales*. <http://www.las.inpe.br/~veissid/por18.html>
- Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). (2003). *Misión SCD-1*. [http://www.inpe.br/scd1/site\\_scd/scd1/missao.htm](http://www.inpe.br/scd1/site_scd/scd1/missao.htm)
- Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). (2008). *El satélite brasileño SCD-2 cumple 10 años el 22 de octubre*. [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=1613](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=1613)

- Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). (2013). *SCD-1 cumple 20 años. El primer satélite brasileño demuestra el éxito de la ingeniería espacial en el país*. [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=3198](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3198)
- Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). (2017). *LANDSAT*. <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>
- Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). (2018). *El primer satélite brasileño cumple 25 años en órbita y mantiene una operación de recolección de datos*. <https://www.infoespacial.com/texto-diario/mostrar/3571283/primer-satelite-lanzado-brasil-cumple-19-anos-orbita>
- Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). (2019). *AQUA Project Science*. <http://www.dgi.inpe.br/es/dgi/documentacao/satelites/aqua>
- Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). (2020a). *CBERS*. <http://www.cbbers.inpe.br/>
- Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). (2020b). *TERRA*. <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/terra>
- Lonsdale, D. J. (1999). Poder de la información: estrategia, geopolítica y quinta dimensión. *Revista de Estudios Estratégicos*, 22(23), 137-157.
- Martarole, T. de L. (2019). *Informe sobre los puntos calientes de Acre y Rondônia 2018*. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/25793/25251/334429>
- Ministerio del Medio Ambiente - MMA (2019). *Proyecto Amazonas SAR*. <http://combateaodesmatamento.mma.gov.br/images/conteudo/Amaznia-SAR-PPCDAM.pdf>
- Ministerio de Defensa. (2012). *Política de Defensa Nacional (PND) y Estrategia de Defensa Nacional (END)*. [https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado\\_e\\_defesa/END-PNDa\\_Optimized.pdf/view](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/END-PNDa_Optimized.pdf/view)
- Ministerio de Defensa. (2018). *MD20-S-01: Programa de Sistemas Espaciales Estratégicos (PESE)*. [https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md20a\\_sa\\_01a\\_programaa\\_estrategicoa\\_dea\\_sistemas\\_espaciaisa\\_peseda\\_2018.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md20a_sa_01a_programaa_estrategicoa_dea_sistemas_espaciaisa_peseda_2018.pdf)
- Ministerio de Defensa. (2020). *Informe de gestión 2019*. [https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/lai/auditoria/ciset/relatorio\\_de\\_prestacao\\_de\\_contas\\_do\\_ministerio\\_da\\_defesa\\_2019.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/lai/auditoria/ciset/relatorio_de_prestacao_de_contas_do_ministerio_da_defesa_2019.pdf)
- Moreira, M. A. (2001). *Fundamentos de la teledetección y metodologías de aplicación*. Editora UFV.
- Paikowsky, D., Ben-Israel, I. y Azoulay, T. (2015). Israeli perspective on space security. *Handbook of Space Security* (K.-U. Schrogl et al., ed.; pp. 493-505). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2029-3\\_17](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2029-3_17)
- QGIS. (2020). *Liderazgo en SIG de código abierto*. [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/about/index.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html)
- Redes Comunitarias de Educación e Investigación (Redecompe). (2020). *Página de inicio*. <https://redecomep.mnp.br>

- Reintjes, J. F. y Coate, G. T. (1952). *Principios del radar* (3.ª ed.). McGraw-Hill.
- Rodrigues, L. O. M. (2020). SISFRON, uma ferramenta da expressão científica e tecnológica. *Defesa & fronteiras: novos estudos e perspectivas temáticas* (S. Jesus, org.). Dialética.
- Servicio Federal de Procesamiento de Datos. (2020). INFOVIA. <https://servicos.serpro.gov.br/infovia>
- Sheldon, J. B. y Gray, C. S. (2011). ¿Teoría ascendente? El poder espacial y el desafío de la teoría estratégica. *Toward a theory of spacepower: Selected essays* (C. D. Lutes y P. L. Hays, ed.). NDU Press.
- Skolnik, M. I. (1990). *Manual de radar* (2.ª ed.). McGraw-Hill.
- Thomazini, D. y Albuquerque, P. U. B. (2005). *Sensores industriais: fundamentos e aplicações* (5.ª ed.). Érica.
- Unal, B. (2019). *Cibersegurança dos ativos estratégicos baseados no Espaço da OTAN*. Chatham House. <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2019-06-27-Space-Cybersecurity-2.pdf>
- Visiona Space Technology. (2017). *Sistemas espaciais*. <https://www.visionaespaial.com.br/sgdc>