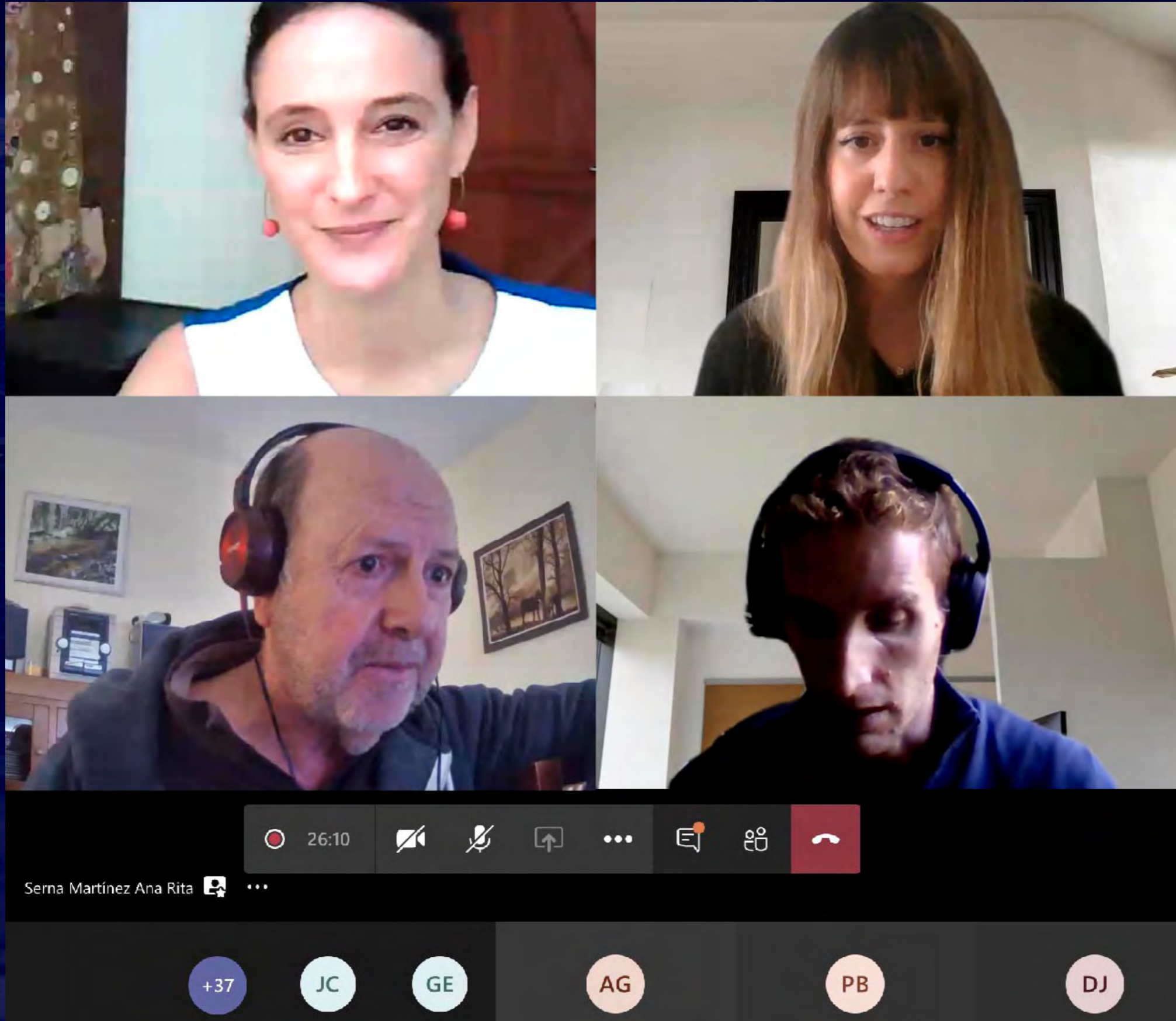


*Sistematización Curso virtual*

# **TRATAMIENTO DE DATOS AEROESPACIALES Y DEL PROGRAMA COPERNICUS PARA LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOESPACIAL SEGUNDA EDICIÓN**

*Del 23 de noviembre al 3 de diciembre de 2020*






*Inauguración del Curso virtual TRATAMIENTO DE DATOS AEROSPAZIALES Y DEL PROGRAMA COPERNICUS PARA LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOESPACIAL SEGUNDA EDICIÓN*

# CONTENIDO

---

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>El programa europeo de observación de la Tierra Copernicus</b>	<b>7</b>
				Los satélites Sentinel 1 y 2	10
				Acceso a datos	23
				El servicio de monitorización del territorio o <i>Land</i>	24
				El componente in-situ	25
				La importancia de una red de usuarios de datos y servicios Copernicus en la región. Los Copernicus Relays	26
<b>2</b>	<b>La información geográfica, la detección remota y los Objetivos de Desarrollo Sostenible</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>28</b>

---



**La comunidad  
geoespacial,  
especialmente  
latinoamericana,  
tendrá la necesidad  
de contar con más  
y nuevas fuentes  
de datos**

que cubran todos los aspectos del desarrollo sostenible, con nuevos enfoques de adquisición e integración de datos, los mismos que tendrán que ser de alta calidad, oportunos, confiables y desagregados, incluyendo las observaciones de la Tierra y la información geoespacial, con nuevos e innovadores métodos y fuentes, como los que propone el Programa Europeo para Observación de la Tierra Copernicus.

# 1. Introducción



**Inminente crisis energética**



**Crecimiento poblacional**



**Escasez potencial de alimentos**



**Alta frecuencia e intensidad de desastres**

La destrucción física acelerada del planeta es observable y medible, existiendo cuatro principales amenazas globales (Unión Europea, 2015, *Copernicus: Europe's eyes on Earth*): **a) inminente crisis energética, b) crecimiento poblacional, c) escasez potencial de alimentos y d) alta frecuencia e intensidad de desastres (naturales y hechos por el hombre)**. Esto es evidente en la voracidad en el consumo y en el derroche de bienes y recursos de una pequeña porción del globo: según los indicadores más actuales del Banco Mundial, hay habitantes de naciones con emisiones anuales de 15,5 toneladas métricas (t) de CO<sub>2</sub>, es decir, tres veces que el promedio mundial (5 t) y cinco veces de lo que emite un habitante de América Latina y el Caribe (2,9 t). Asimismo, esto está relacionado con el uso de energía (kg de equivalente de petróleo per cápita), donde hay países que han consumido anualmente 6 806 kg per cápita, que equivale a un poco más de tres veces el promedio mundial (1 922 kg) y cinco veces de lo que consume un habitante de América Latina y El Caribe (1 360 kg).

De mantenerse estos niveles de consumo de emisiones y energía, y sus proyecciones a corto y largo plazo, como ya advirtió la Agencia Ambiental Europea (EEA, por sus siglas en inglés), en el año 2017, la temperatura del planeta subiría, provocando la inundación de ciudades costeras, riesgos cada vez mayores para la producción de alimentos, sequías y ondas de calor sin precedentes en muchas regiones, en especial en los trópicos; escasez de agua y pérdida irreversible de biodiversidad.

Por otro lado, el análisis de la disponibilidad de la tierra por hectárea por persona en la región latinoamericana-Caribe indica una creciente presión sobre la tierra que a su vez desemboca en problemas que afectan al suministro de comida, la seguridad del agua, la regulación

del clima, la degradación del suelo y su desertificación, erosión, contaminación, salinización, acidificación, compactación y en definitiva el agotamiento de nutrientes, así como la pérdida de biodiversidad (Dematte et al., 2020, *Bare earth's surface spectra as a proxy for soil resource monitoring. Nature Research, Scientific Reports*). En consecuencia, una planificación local y regional es urgente, basada en estudios cada vez más detallados y específicos, tanto para el área rural como para la urbana, enfocándose en temas de energía renovable, seguridad alimentaria, reducción de riesgos y adaptación y mitigación al cambio climático. Para lo cual, se debe realizar aplicaciones ambientales y de seguridad, teniendo en cuenta los Sistemas de Información Geográfico (SIG) y los productos de sensores remotos, libres y gratuitos, con el fin de generar inteligencia (información y conocimiento geoespacial) para una correcta toma de decisiones.

Estas necesidades, entre otras asociadas, se enmarcan dentro de la Agenda 2030 de la Organización de Naciones Unidas (ONU), a través de varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), proporcionando una guía para que los países gestionen y transformen colectivamente las dimensiones sociales, económicas y ambientales de las personas, el planeta y la prosperidad. La comunidad geoespacial, especialmente latinoamericana, tendrá la necesidad de contar con más y nuevas fuentes de datos, que cubran todos los aspectos del desarrollo sostenible, con nuevos enfoques de adquisición e integración de datos, los mismos que tendrán que ser de alta calidad, oportunos, confiables y desagregados, incluyendo las observaciones de la Tierra y la información geoespacial, con nuevos e innovadores métodos y fuentes, como los que propone el Programa Europeo para Observación de la Tierra Copernicus.

## 2. La información geográfica, la detección remota y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La información geográfica refleja el mundo físico (natural y construido) en el que se desarrollan todas las actividades humanas, económicas y ambientales, con una dimensión de localización; con el potencial real de formar un “ecosistema de datos” nuevo y emergente para el desarrollo sostenible, en el que los sistemas coordinados, comprensivos e integrados de información, pueden proporcionar evidencia sobre el estado de la Tierra, las personas, sus eventos y actividades, y entregar información oportuna necesaria, para que los ciudadanos, las organizaciones y los gobiernos tomen decisiones informadas y basadas en la evidencia.

La Agenda 2030 de la **ONU** reconoce en este sentido que la información geoespacial y los productos de sensores remotos de observación de la Tierra debe ser oportuna, disponible y accesible, e integrada con estadísticas y otros tipos de información, con análisis combinados, como un requisito previo para una buena formulación de políticas y para dar soporte y hacer seguimiento al progreso del desarrollo sostenible, a través del cumplimiento de los **17 Objetivos de Desarrollo Sostenible**. De los cuales, por ejemplo, se pueden beneficiar ostensiblemente de los mismos: *objetivo 2* (poner fin al hambre), *objetivo 6* (garantizar agua limpia y saneamiento), *objetivo 7* (garantizar energía asequible y no contaminante), *objetivo 11* (lograr ciudades y comunidades sostenibles), *objetivo 12* (garantizar producción y consumo responsables), *objetivo 13* (adoptar medidas para combatir cambio climático), *objetivo 14* (conservar y utilizar sosteniblemente la vida submarina), *objetivo 15* (proteger,

restablecer y promover sosteniblemente la vida de ecosistemas terrestres), *objetivo 17* (fortalecer alianzas para lograr los objetivos). Indicando que en apoyo de las mediciones y la monitorización del progreso de estos objetivos se estableció 169 metas asociadas a los ODS y un marco global de 232 indicadores -que significan los medios que tienen los gobiernos de las naciones para monitorizar de manera práctica y reportar hacia las 169 metas de la Agenda 2030-.

Dentro del marco internacional de la **ONU** también existe el Comité de Expertos de las Naciones Unidas sobre la Gestión Global de la Información Geoespacial (UN-GGIM), quien estableció una serie de temas geoespaciales fundamentales, situándose entre ellos las ortoimágenes, consistentes en información de imágenes rectificadas y georreferenciadas de la superficie de la Tierra proveniente de sensores remotos, datos de elevación y profundidad de las aguas, geología y suelos, cubierta del suelo y uso del suelo, parcelas, infraestructura física, distribución geográfica de la población, redes de transporte y masas y cuerpos de agua.

Con estos antecedentes, cada uno de los países tiene la responsabilidad del seguimiento y examen de los progresos conseguidos en el cumplimiento de los ODS, para lo cual es necesario recopilar datos fiables, accesibles y oportunos; donde los datos producidos por los diferentes satélites, existiendo medios como las imágenes obtenidas de la familia de satélites de las misiones Sentinel y servicios del programa europeo de observación de la Tierra Copernicus, los cuales están a disposición de forma libre y abierta para cualquier usuario, entre ellos obviamente los de la región latinoamericana y el Caribe, que por muchas circunstancias, en general, y a excepción de pocos países (Brasil o Argentina), no han sido capaces de desarrollar y lanzar sus propias misiones de observación de la Tierra. En este sentido, sin los datos de sensores remotos sería imposible, tanto técnica como financieramente, realizar un seguimiento de un gran número de estos indicadores.

# 3. El programa europeo de observación de la Tierra Copernicus

Es el programa de la Unión Europea de observación y monitorización de la Tierra, que analiza el planeta y su medio ambiente. El programa proporciona datos de manera operacional y servicios de información de forma gratuita sobre numerosas áreas de aplicación, gracias a una gran variedad de tecnologías, que van desde los satélites en el espacio a los sistemas de medición en tierra, mar y aire.

La arquitectura organizativa del programa se implementa, a nivel general, mediante la definición de componentes. Cada componente reúne los diferentes elementos, productos, servicios y datos que materializan el programa, lo cuales son actualmente tres:

- 1** Componente espacio, con una constelación de satélites y una infraestructura derivada.
- 2** Componente in-situ, con mediciones y datos de referencia.
- 3** Componente servicios, con acceso a datos derivados y aplicaciones.

El componente espacio se apoya en una familia de siete satélites Sentinel, propiedad de la Unión Europea y desarrollados para satisfacer las necesidades de los servicios Copernicus y de sus usuarios. Los satélites Sentinel suponen una fuente constante e independiente de datos de alta calidad. Copernicus también se apoya en infraestructuras espaciales ya existentes conocidas como “misiones contributivas”: satélites operados por la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés), por la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT), por los Estados miembros de la Unión Europea, y por terceros países y proveedores comerciales. El desarrollo del componente espacial, incluyendo el lanzamiento de los satélites Sentinels, ha sido delegado a la ESA, que también actúa como el arquitecto de los sistemas de satélites y asegura su coordinación técnica. Las operaciones de los Sentinels han sido confiadas a la ESA y a EUMETSAT en base a sus conocimientos técnicos y experiencia.

Copernicus también se basa en un gran número de sistemas de medición in-situ puestos a disposición del programa por los Estados miembros. Es el denominado componente in-situ. Estos pueden ser información geográfica (por ejemplo, fotografías aéreas o mapas) o sensores colocados en territorio que captan información en aire, tierra y agua (por ejemplo, tecnologías LiDAR). Los datos in situ se utilizan para calibrar, verificar y complementar la información proporcionada por los satélites, lo que los hace esenciales para suministrar datos fiables y consistentes en el tiempo. Además, proporciona acceso al servicio de datos in situ necesarios para la calibración, producción y validación de los servicios Copernicus y datos Sentinel.

# Los servicios Copernicus transforman los datos de satélite e in-situ en información de valor añadido gracias al procesamiento y el análisis de los mismos, a su integración con otras fuentes, y a la validación de los resultados.

Las series de datos que se remontan años y décadas atrás se pueden consultar y comparar, lo que garantiza el seguimiento y la detección de cambios y tendencias. Asimismo, se producen mapas a partir de imágenes de satélite, se identifican los aspectos característicos y los anómalos, y se extrae la información estadística.

Existen 6 tipos de servicios:



**1. Monitoreo de la tierra.**



**3. Monitoreo del ambiente marino.**



**5. Monitoreo de la atmósfera.**



**2. Manejo de emergencias.**



**4. Seguridad.**



**6. Cambio climático.**



# Los servicios Copernicus se nutren de las observaciones realizadas por el componente espacio,

y a su vez el componente espacial y los servicios se complementan mediante los datos disponibles en el componente in-situ. La relación entre los componentes es inherente y necesaria para el correcto funcionamiento del programa.

Son muchos los campos de aplicación del programa Copernicus, entre los cuales se puede mencionar:



## 1. AGRICULTURA:

Mapeo de daños en la agricultura, monitoreo de la agricultura, detección de áreas irrigadas, mapeo de inundaciones y pérdidas de cosechas, mapa detallado de tierras de cultivos y vegetación natural, detección de cambio en el manejo de irrigación, o soporte a la variación en la tasa de fertilización.



## 2. PROTECCIÓN CIVIL Y AYUDA HUMANITARIA:

Mapeo de áreas quemadas, enfoque integrado de observación de la Tierra para un manejo de las inundaciones pluviales, monitoreo de riesgos en deslizamientos en áreas urbanas, o monitoreo de geoamenazas para la seguridad de los hogares.



## 3. ENERGÍA:

Copernicus como soporte para una transición de energía.



## 4. AMBIENTE:

Copernicus como soporte al monitoreo forestal para un manejo sostenible de los recursos naturales, análisis de los efectos de los fuegos forestales, manejo del uso de la tierra o mejorar el manejo costero.



## 5. SALUD:

Mapeo de las partículas contaminantes de la atmósfera.



## 6. SEGUROS:

Verificación de subsidios en la agricultura.



## 7. ECONOMÍA AZUL:

Monitoreo marítimo para la conservación de recursos marinos.



## 8. TURISMO:

Monitoreo del patrimonio en riesgo, protección del patrimonio cultural de las geoamenazas.



## 9. TRANSPORTE:

Monitoreo del tráfico.




## 10. SEGURIDAD:

Vigilancia marítima basada en satélites.



## 11. PLANIFICACIÓN URBANA Y REGIONAL:

Análisis de detección de cambios, medidas de los movimientos de la superficie, datos Copernicus usados para entender las históricas transformaciones del paisaje, planeamiento urbano sostenible y modelamiento y pronóstico de los patrones poblacionales urbanos, monitoreo de áreas urbanas e infraestructuras verdes y monitoreo del crecimiento urbano.



# LOS SATÉLITES

# SENTINEL 1 Y 2

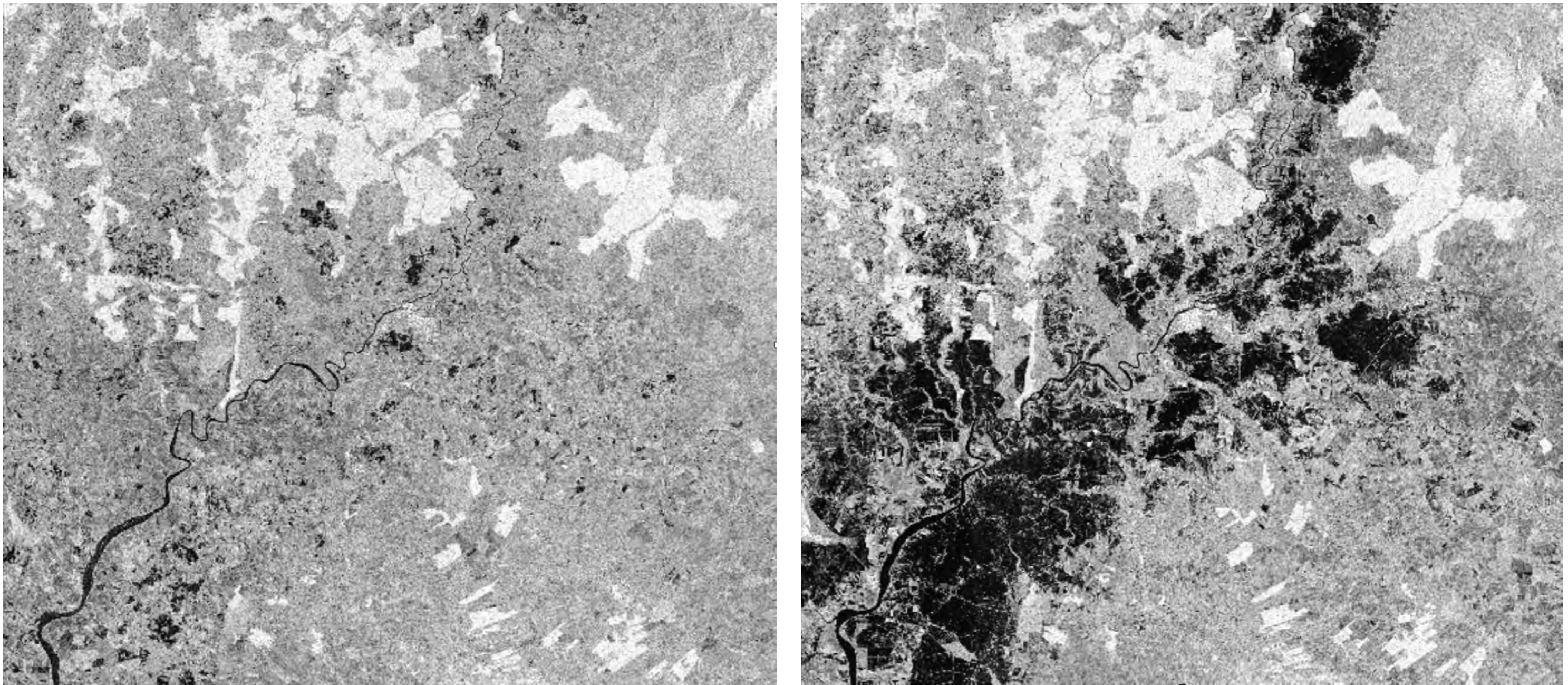
Son satélites, cuyos sensores producen imágenes que están disponibles de forma abierta y gratuita, que provienen de dos de las seis misiones Sentinel, cada una con su familia de satélites, que integran el Componente Espacio del programa Copernicus.

# SENTINEL 1

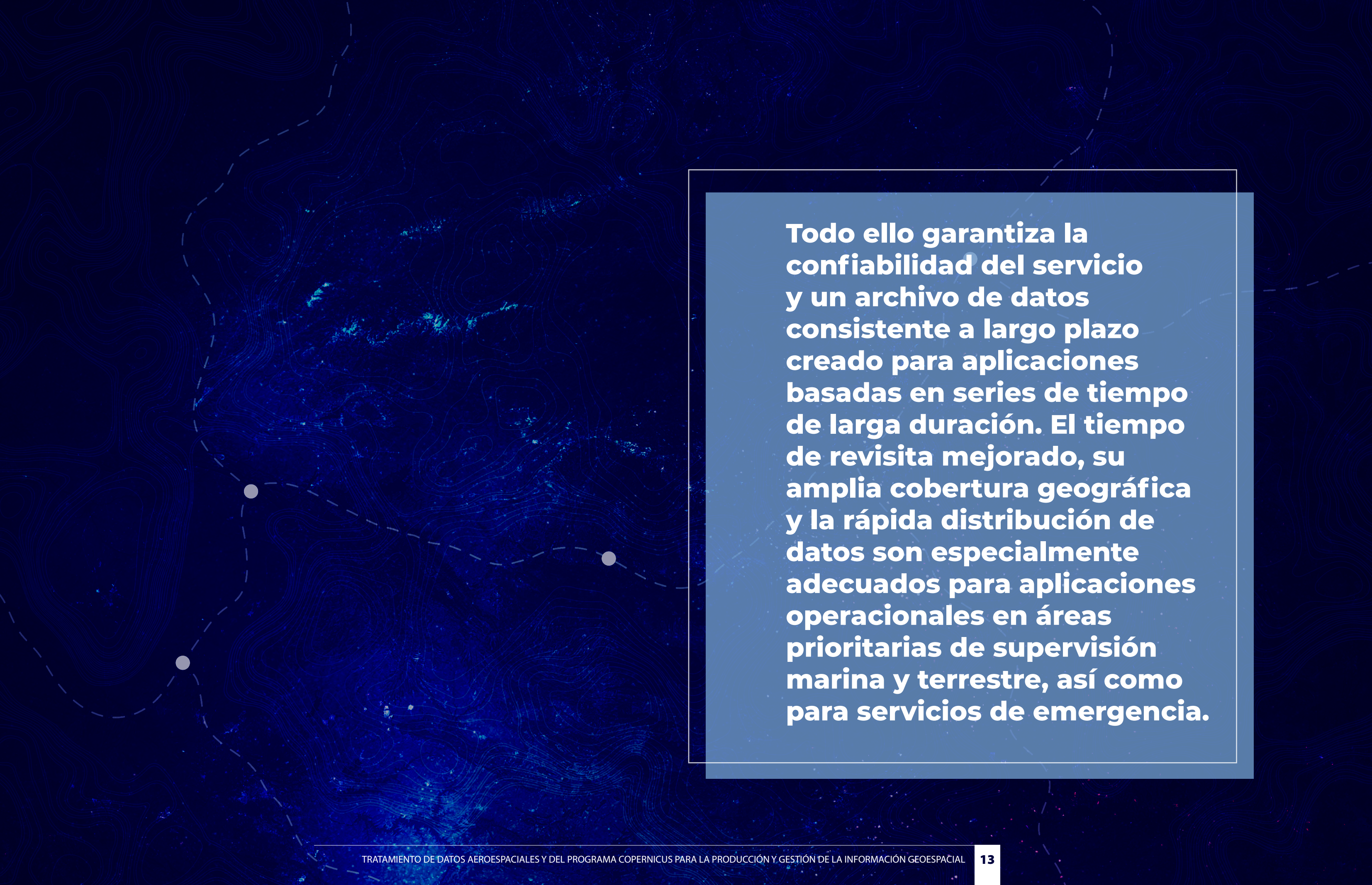
**...La misión Sentinel 1 consiste en teledetección radar, es decir, que no necesita de la luz solar para captar la superficie terrestre, emitiendo su propia energía y captando objetos terrestres sea de día o de noche...**

La misión Sentinel 1 consiste en teledetección radar, es decir, que no necesita de la luz solar para captar la superficie terrestre, emitiendo su propia energía y captando objetos terrestres sea de día o de noche, pudiendo traspasar las nubes, ya que operan en longitudes de onda ( $\lambda = 5 \text{ cm}$ ) que no son afectadas por la nubosidad o la falta de iluminación, adquiriendo datos bajo casi cualquier condición meteorológica. Se compone de una constelación de dos satélites, **Sentinel-1A** (lanzado el 3 abril 2014) y **Sentinel-1B** (lanzado el 25 abril 2016) que comparten el mismo plano orbital, casi polar, sincrónico con el Sol, con una diferencia de fase

orbital de  $180^\circ$ , con un ciclo de repetición de 12 días y 175 órbitas por ciclo, a una altitud media de la órbita sobre la superficie terrestre de 693 km. Capturan imágenes radar de apertura sintética (SAR, *Synthetic Aperture Radar*) en banda C, que admite el funcionamiento en doble polarización, que son útiles, entre otras aplicaciones, para la clasificación de cobertura terrestre y zonas marinas heladas. Por tanto, un solo satélite Sentinel-1 es potencialmente capaz de cartografiar masas terrestres globales una vez cada 12 días, en una sola pasada. La constelación combinada de los dos satélites ofrece por tanto un ciclo de repetición exacto de 6 días en el ecuador. Dado que el espaciado de la trayectoria de la órbita varía con la latitud, la tasa de revisita es significativamente mayor en las latitudes más altas que en el ecuador. Se pueden capturar datos en cuatro modos exclusivos de imágenes con diferente resolución (hasta 5 m) y cobertura (hasta 400 km). Sentinel-1 está diseñado para trabajar en un modo pre-programado, capturando imágenes en alta resolución de todas las masas terrestres mundiales y zonas costeras, obteniendo también datos globales en océanos a intervalos regulares, en aplicaciones relacionadas con la vigilancia de embarcaciones en mar abierto (tráfico marino), posibles derrames de petróleo (vigilancia de la contaminación por hidrocarburos) y supervisión del hielo marino (como indicador del cambio climático); así como también en la gestión de emergencias (cartografiado de deformaciones urbanas, de inundaciones (**Figura 1**), análisis de terremotos, vigilancia de deslizamientos y volcanes).



**Figura 1.** Evaluación de inundaciones en la cuenca baja del río Guayas-Ecuador mediante imágenes de radar Sentinel 1 con polarización VV: (izquierda) imagen en época seca (agosto 2019); (derecha) imagen en época lluviosa, donde en negro se visualiza la zona inundada (abril 2019). Fuente: Datos Copernicus Sentinel (2019).



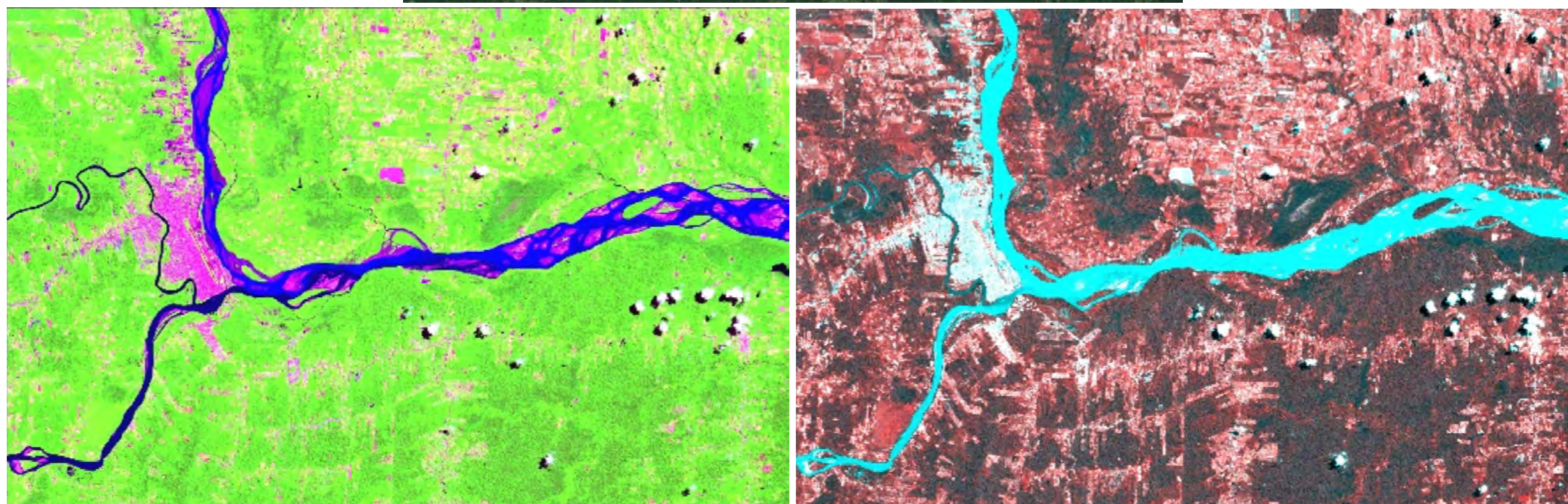
**Todo ello garantiza la confiabilidad del servicio y un archivo de datos consistente a largo plazo creado para aplicaciones basadas en series de tiempo de larga duración. El tiempo de revisita mejorado, su amplia cobertura geográfica y la rápida distribución de datos son especialmente adecuados para aplicaciones operacionales en áreas prioritarias de supervisión marina y terrestre, así como para servicios de emergencia.**

# SENTINEL 2

**...La misión Sentinel-2 es para teledetección óptica, es decir, que necesita de la luz solar para captar objetos de la superficie terrestre, trabajando solo de día, y teniendo como obstáculo las nubes...**

La misión Sentinel-2 es para teledetección óptica, es decir, que necesita de la luz solar para captar objetos de la superficie terrestre, trabajando solo de día, y teniendo como obstáculo las nubes. Se basa en una constelación de dos satélites idénticos situados en la misma órbita polar, con un desfase de  $180^\circ$  entre sí, para optimizar la cobertura, a una altitud media de la órbita sobre la superficie terrestre de 786 km. Está diseñada para proporcionar una alta frecuencia de revisita de 5 días en el ecuador. El satélite **Sentinel-2A** se lanzó al espacio el 23 de junio de 2015 y el **Sentinel-2B** el 7 de marzo de 2017. La cobertura de la misión (entre las latitudes  $56^\circ$  sur y  $84^\circ$  norte), junto con el gran campo de visión, que

abarca un ancho de franja orbital de 290 km, y su alta frecuencia de revisita, de 10 días en el ecuador con un satélite y 5 días con dos satélites en condiciones sin nubes, facilitan el seguimiento y supervisión de la variabilidad de las condiciones de la superficie terrestre a partir de la producción de información geoespacial a escala local, regional, nacional e internacional, cubriendo la superficie terrestre, grandes islas y aguas costeras. Cada uno de los satélites gemelos está equipado con un instrumento óptico multiespectral (MSI, *Multispectral Instrument*) que permite capturar datos de 13 bandas espectrales: cuatro bandas con una resolución espectral de 10 m, seis bandas de 20 m y tres bandas de 60 m. Estas bandas proporcionan datos para la clasificación de coberturas (**Figura 2**), cambios de la Tierra, correcciones atmosféricas y separación de nubes / nieve. Los datos pueden ser aplicados en áreas temáticas tales como la ordenación del territorio, la supervisión de bosques y de vegetación (**Figura 3**), seguimiento global de evolución de cultivos y de recursos naturales, como el carbono, y de la cobertura de aguas; aportando información útil para prácticas agrícolas y forestales, la gestión de la seguridad alimentaria, la supervisión del estado de la superficie terrestre y control de cambios (**Figura 4 y 5**); alertas producidas por la contaminación en lagos y aguas costeras (**Figuras 6, 7 y 8**), soporte en tareas de ayuda humanitaria y gestión de consecuencias de desastres naturales, tales como inundaciones, erupciones volcánicas y deslizamientos (**Figura 9**).

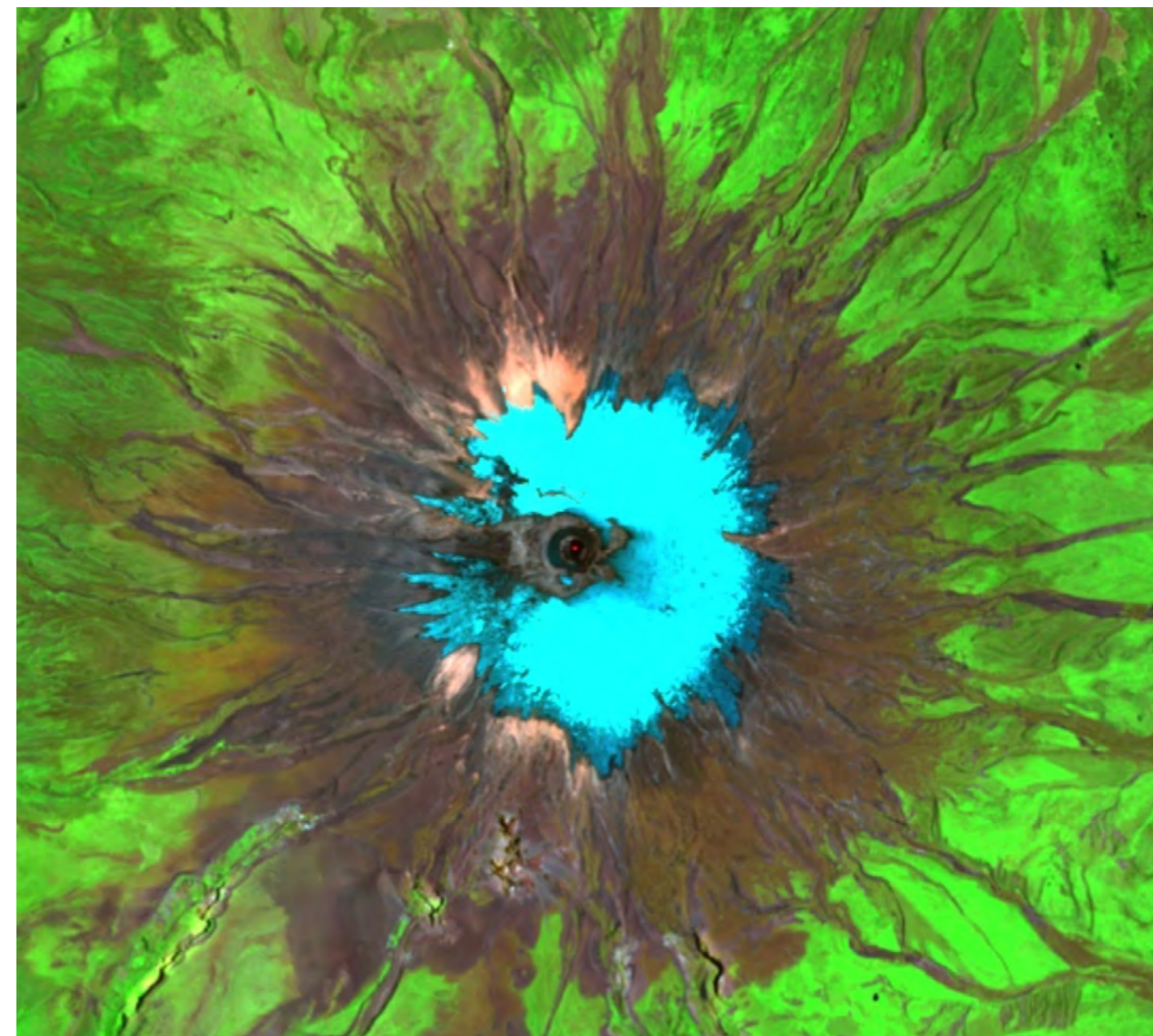
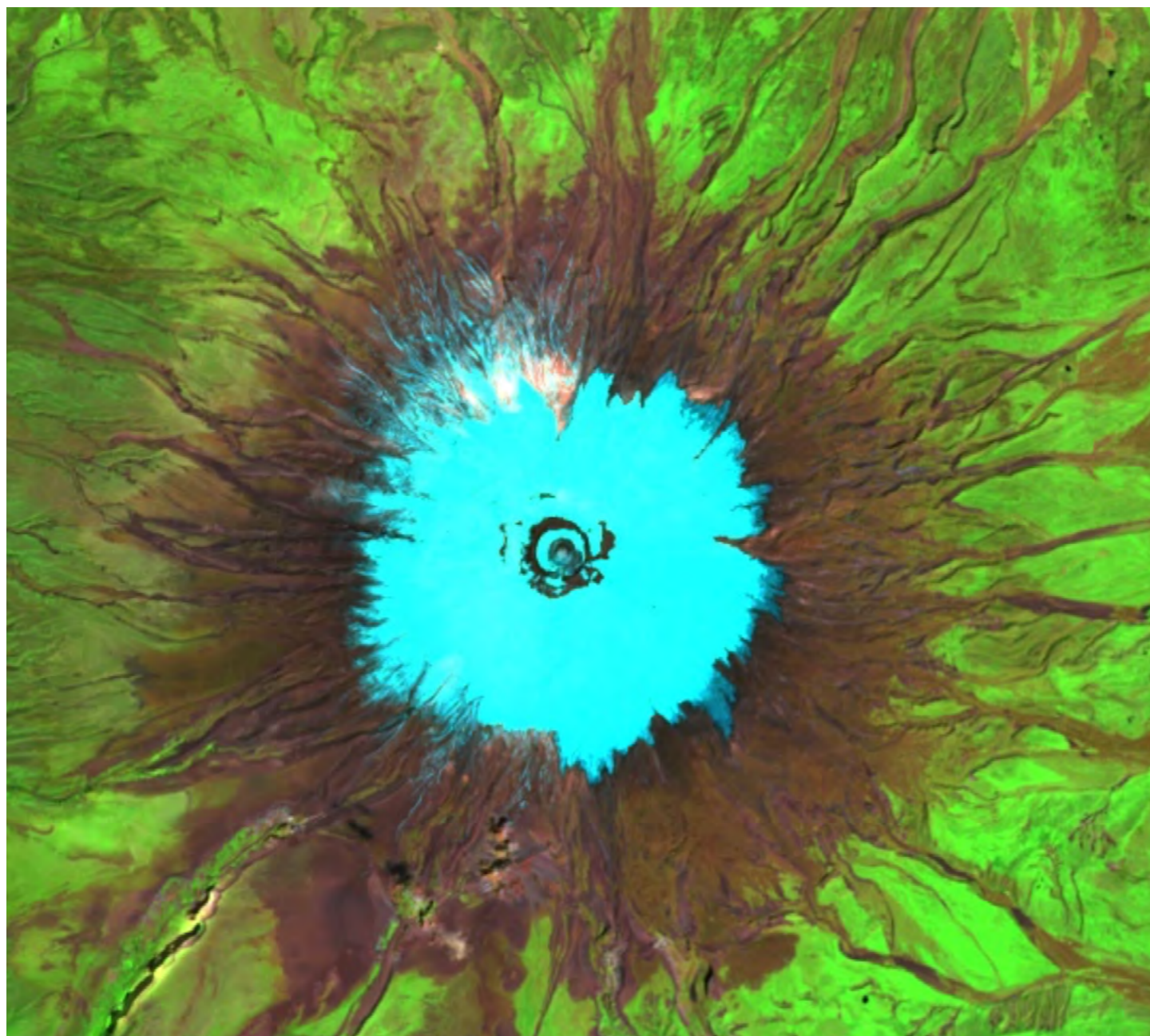


**Figura 2.** Imágenes del satélite Sentinel 2 de la Amazonía ecuatoriana, sector El Coca (Puerto Francisco de Orellana), del año 2020: (arriba) imagen color verdadero bandas 4-3-2 (RGB); (abajo-izquierda) imagen falso color bandas 12-8A-4 (RGB), para clasificar mejor el área urbana -izquierda de la imagen en morado- y los ríos -en azul-; (abajo-derecha) imagen falso color bandas 11-3-2 (RGB), para clasificar mejor la vegetación natural, donde se visualiza en rojo oscuro el bosque tropical denso, y en rojo-anaranjado las áreas deforestadas transformadas a pastizales. Fuente: Datos Copernicus Sentinel (2020).

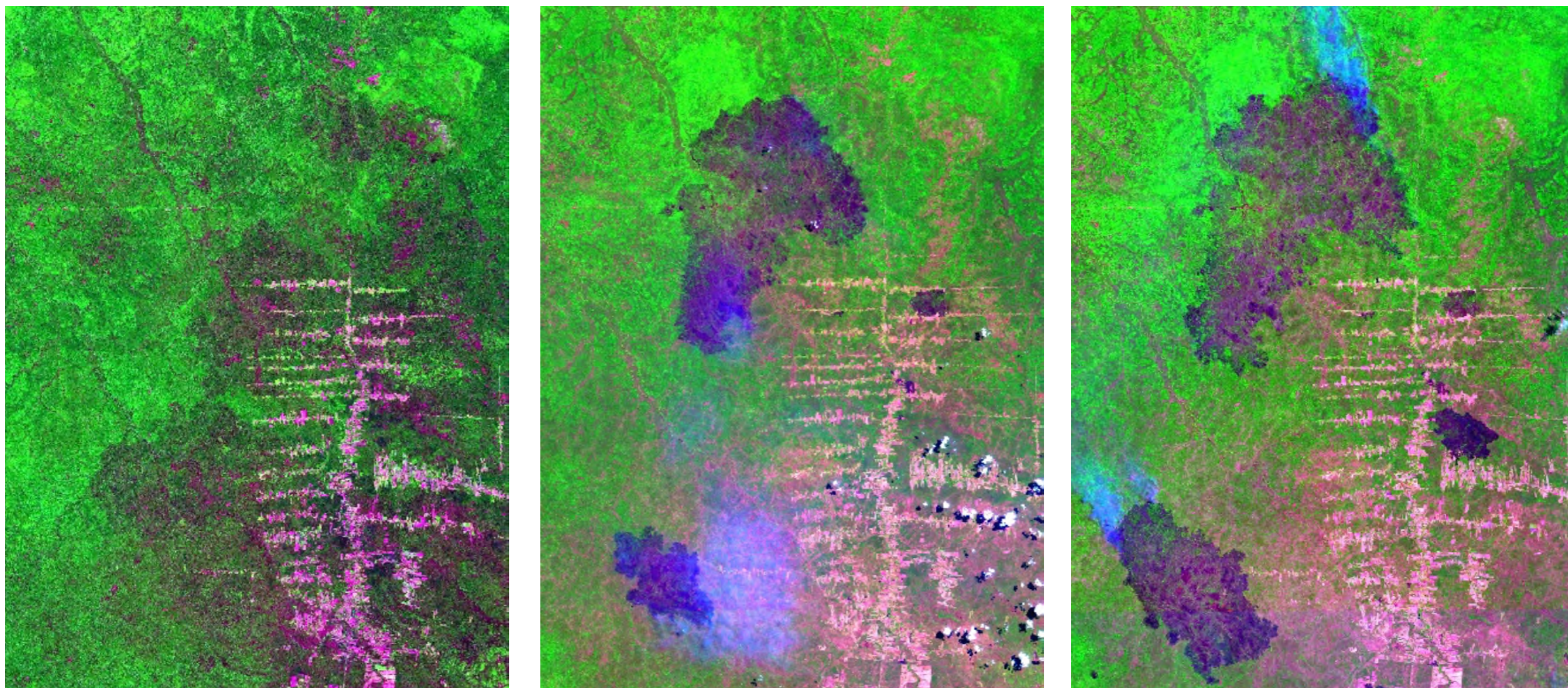


**Figura 3.** Imágenes falso color bandas 11, 8, 4 (RGB) del satélite Sentinel 2 de la Amazonía peruana, sector Madre de Dios: (izquierda) imagen del año 2018, donde en color morado-celeste se visualiza la deforestación del bosque tropical a causa de la minería aurífera ilegal; (derecha) imagen del año 2020 donde se evidencia el avance de dicha minería, con las terribles impactos ambientales, por ejemplo, en el agua y la fauna, debido a la contaminación por mercurio. Fuente: Datos Copernicus Sentinel (2018 y 2020).

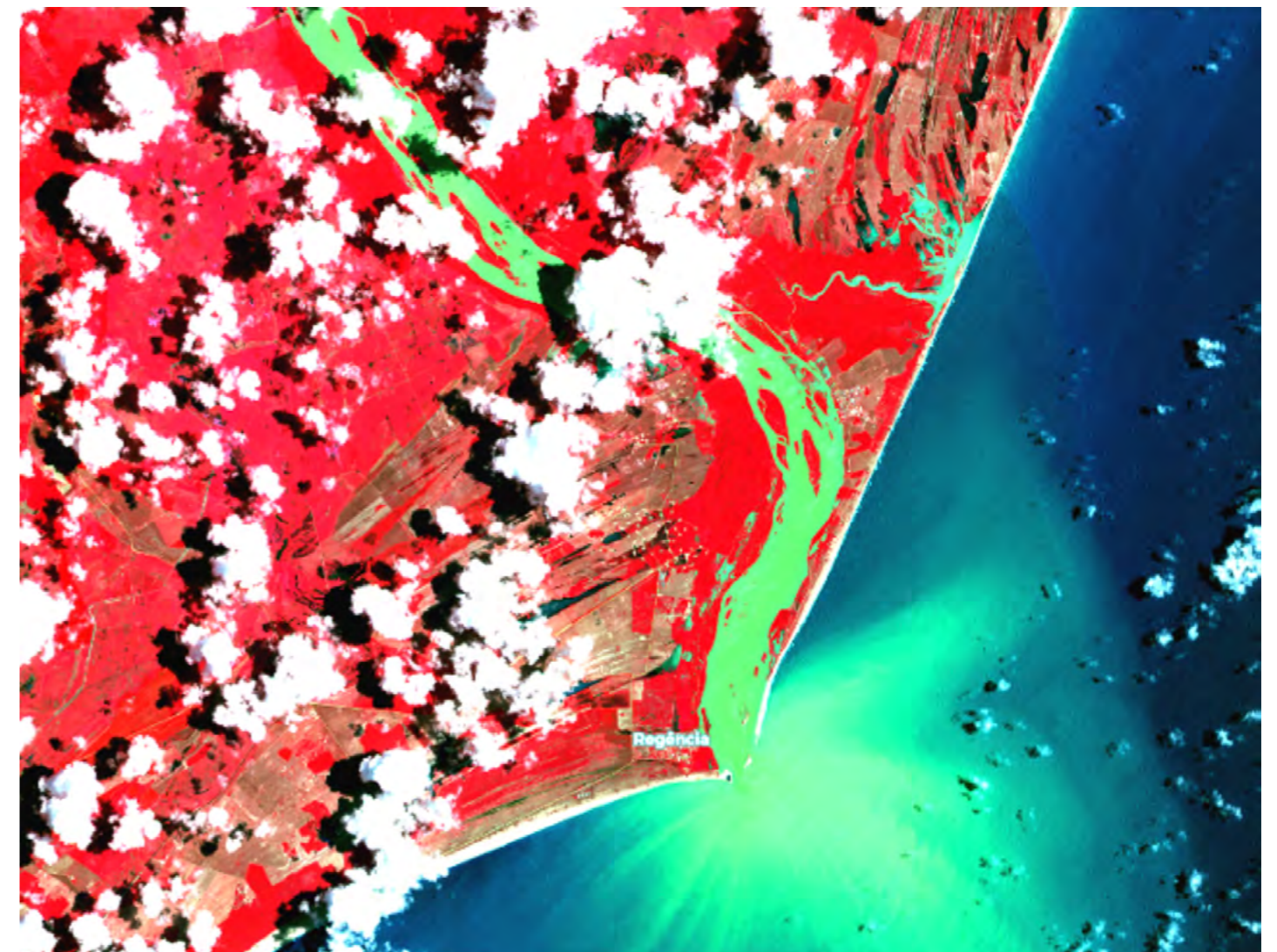




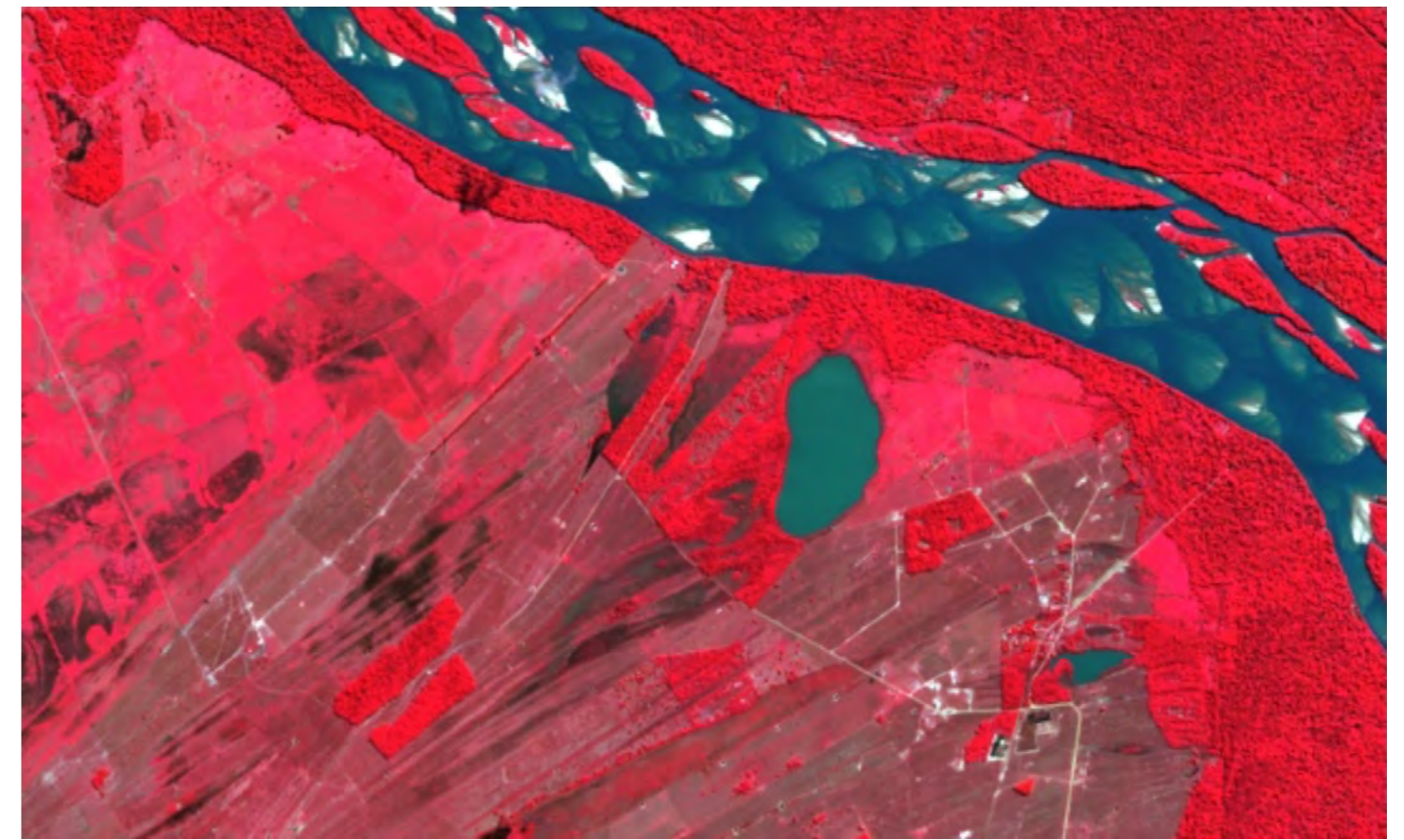
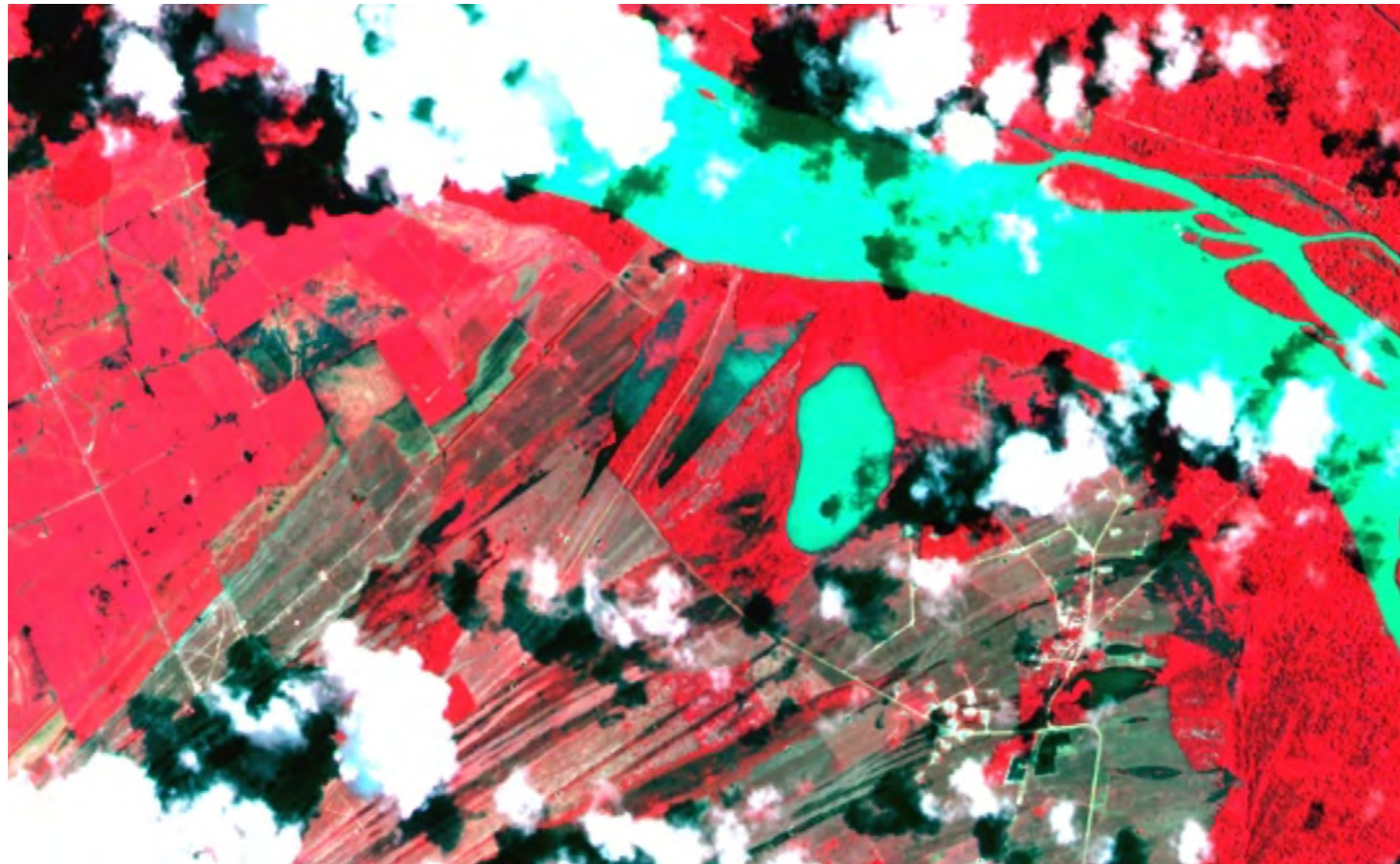
**Figura 4.** Imágenes falso color bandas 12-8A-4 (RGB) del satélite Sentinel 2 del volcán Cotopaxi en Ecuador (5 897 m s. n. m.), uno de los volcanes más peligrosos del mundo: (izquierda) imagen del año 2017, donde en color celeste se visualiza la cobertura glaciar del volcán; (derecha) imagen del año 2020, visualizándose un retroceso de la misma. Fuente: Datos Copernicus Sentinel (2017 y 2020).



**Figura 5.** Imágenes del año 2020, falso color bandas 11-8-4 (RGB), del satélite Sentinel 2 de la Reserva de Copaibo, Bolivia, que corresponde a una zona de transición de bosque amazónico y bosque seco chiquitano: (izquierda) imagen del mes de julio, donde en color blanco-morado se muestra zona de intervención, sin quema; (centro) imagen del mes de septiembre, visualizándose en color azul el área de quema; (derecha) imagen del mes de octubre, donde se evidencia el avance de la quema, debido a condiciones climáticas secas o por acción del hombre. Fuente: Datos Copernicus Sentinel (2020).



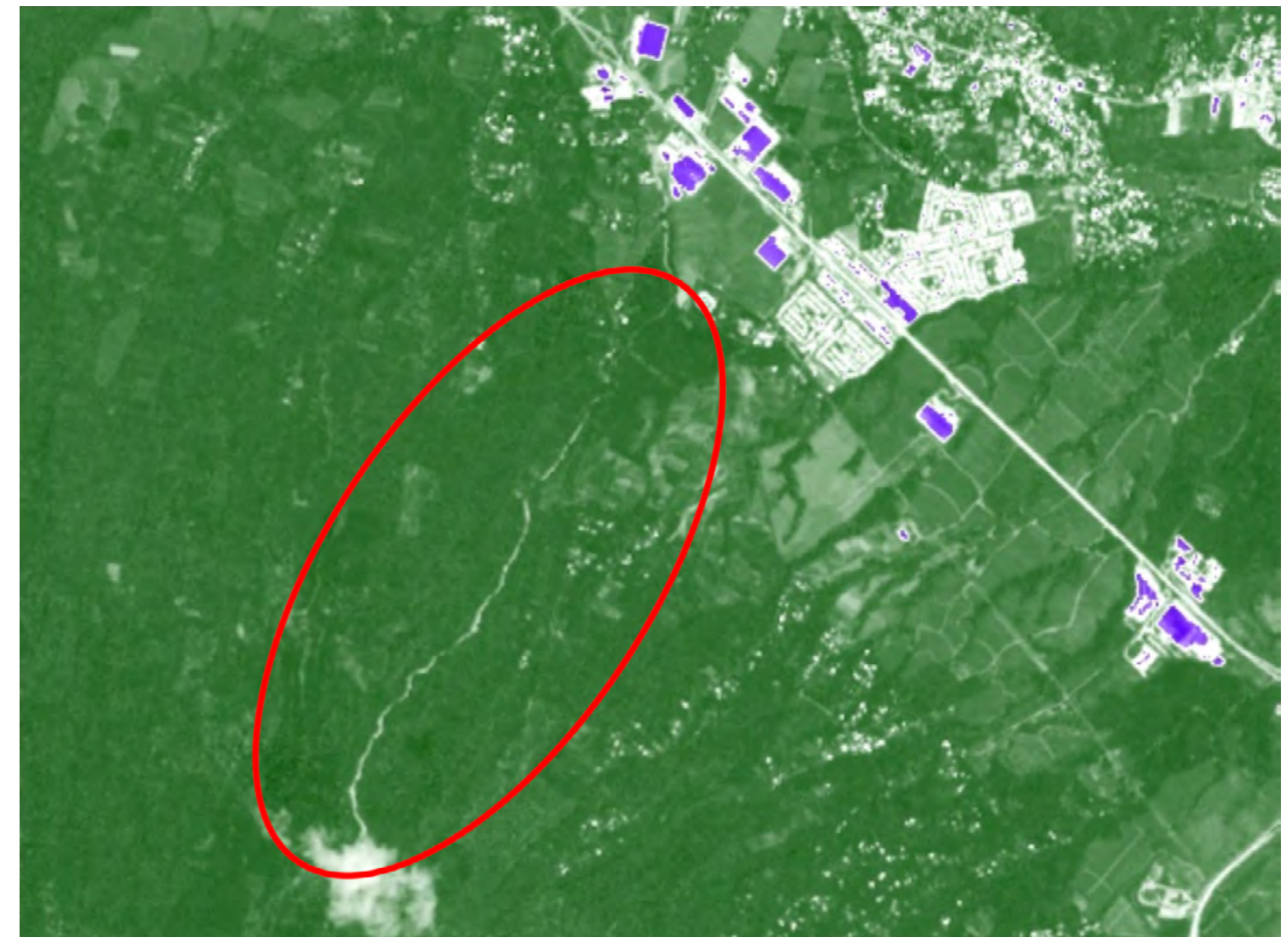
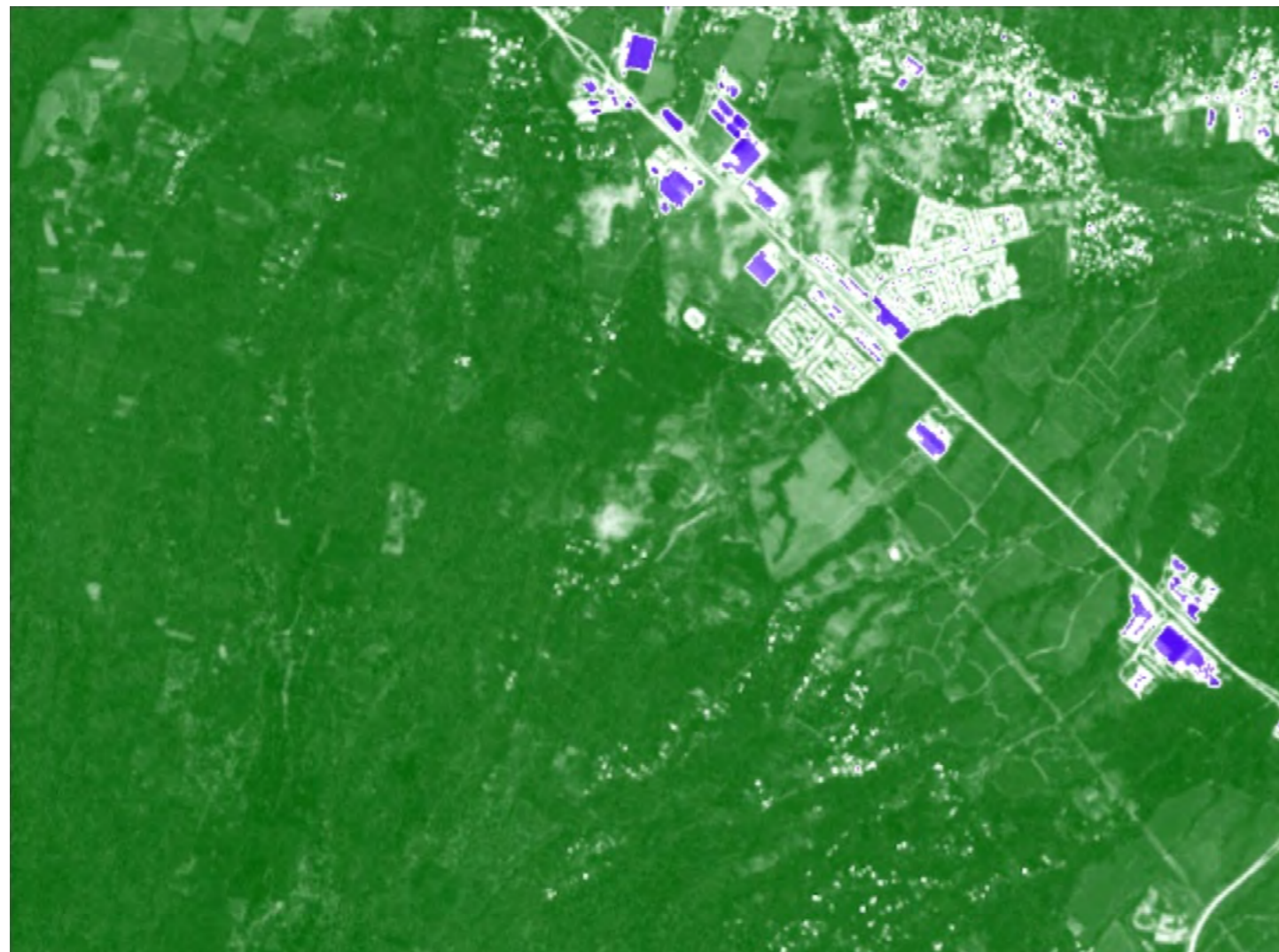
**Figura 6.** Imágenes falso color bandas 8-4-3 (RGB) del satélite Sentinel 2 de la cuenca del río Doce, Brasil, utilizadas para monitorear turbidez del agua superficial en el río: (izquierda) imagen del año 2017 donde se observa el río en condiciones normales; (derecha) imagen del año 2018, donde se evidencia el impacto de los lodos residuales de la actividad minera en la pluma del río y su ingreso al mar (color verde claro). Fuente: Datos Copernicus Sentinel (2017 y 2018).



**Figura 7.** Imágenes falso color bandas 8-4-3 (RGB) del satélite Sentinel 2 de la laguna de Areao, cuenca del río Doce, Brasil, utilizadas para monitorear turbidez del agua superficial en el sistema de lagunas por derrame de lodos residuales de la actividad minera: (izquierda) imagen 2018 donde se observa en la laguna ingreso del residuo -color celeste-; (derecha) imagen 2020, donde se evidencia recuperación de condiciones normales de la laguna -color oscuro-. Fuente: Datos Copernicus Sentinel (2018 y 2020).



**Figura 8.** Imagen color verdadero bandas 4-3-2 (RGB) del satélite Sentinel 2 del área de Callao, Perú, de enero de 2020. En la imagen se muestra los residuos urbanos (colores blancos-azulados en el mar) que son descargados a través de colectores, los cuales de forma submarina o directamente sobre la superficie de mar descargan dichos residuos. Fuente: Datos Copernicus Sentinel (2020).



**Figura 9.** Imágenes del satélite Sentinel 2 del área del paleovolcán El Picacho, en la ciudad de San Salvador, El Salvador, del año 2020, a las cuales se les aplicó un índice espectral de agua  $(B3-B8)/(B3+B8)$ : (izquierda) imagen antes de lluvia torrencial -16 octubre-, donde el índice en la ladera del volcán es bajo, tendiente a menos uno: color verde; (derecha) imagen luego de lluvias intensas -31 octubre-, donde a través de valores tendientes a uno -colores blancos- se puede identificar movimientos de ladera, en forma de flujo de escombros, deslizamientos o derrumbes (dentro de óvalo rojo). Importante identificación para planificación y gestión de riesgos urbanos, ya que dichos flujos se depositan al pie del volcán donde hay infraestructura pública (calles) y privada (casas) -esquina superior derecha de las imágenes-. Fuente: Datos Copernicus Sentinel (2020).

# ACCESO A DATOS

Estos datos, de las familias de los satélites Sentinel 1 y 2, se ponen a disposición de los usuarios finales a través del centro de acceso abierto Copernicus gestionado por la ESA (SciHub): <https://scihub.copernicus.eu/>, el cual consiste en un portal donde se pueden realizar búsquedas de imágenes con interfaz gráfica, filtrando por sensor, producto, fecha de adquisición y zona geográfica, entre otros. Para la búsqueda y descarga manual de los productos Sentinel 1 y 2 puede utilizarse la herramienta web-GIS accesible en esta dirección:

<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>



Por ejemplo, para Sentinel 1, una vez de alta en el sistema (registrado como usuario), se realiza la búsqueda respectiva, seleccionando las diferentes características de la imagen a adquirir:

**Sensing period** es el rango de fechas para la búsqueda basada en la fecha de captura de los datos (paso del satélite).

**Ingestion period** es el rango de fechas para la búsqueda basada en la fecha de introducción del producto procesado en el sistema.

**Satellite Platform** son las dos plataformas actualmente en órbita (S1A y S1B).

**Product Type** es el tipo de producto (SLC, GRD y OCN).

**Polarisation** es la polarización de emisión y recepción de la señal (HH, VV, HV, VH, HH+HV, VV+VH).

**Sensor mode** son los diferentes métodos de captura de imágenes de Sentinel 1 (SM, IW, EW, WV).

**Relative Orbit Number** es el identificador de órbita relativa. El área geográfica de búsqueda se especificará dibujando un polígono en el mapa.

Se consulta la búsqueda y los resultados se mostrarán en el mapa y en formato de listado. A partir de aquí se selecciona una de las opciones para su visualización y descarga.

# EL SERVICIO DE MONITORIZACIÓN DEL TERRITORIO O LAND

Es uno de los seis servicios que tiene el programa Copernicus, que proporciona información geográfica sobre cubiertas terrestres, usos del suelo y sus cambios temporales referentes a ocupación del suelo (<https://land.copernicus.eu/>). Por lo tanto, tiene aplicaciones en el monitoreo global de cultivos y de seguridad alimentaria; manejo de bosques, agua y recursos naturales; modelado de carbono en la tierra y pronóstico del tiempo y el clima; además para planificación espacial y gestión de emergencias. Está estructurado en cuatro componentes:

- a) **Global**, que produce series de productos bio-geofísicos sobre el estado y la evolución de la superficie terrestre, a escala global.
- b) **Pan-Europeo**, que proporciona información continental europeo sobre la cobertura del suelo y usos del suelo, sus cambios y características.
- c) **Local**, enfocado a diferentes áreas europeas propensas a tener problemas ambientales específicos.
- d) **Imágenes y datos de referencia**, que proporcionan mosaicos de imágenes satelitales de alta y muy alta resolución, como, por ejemplo, de imágenes Sentinel 2 a nivel mundial, las cuales son el insumo para la creación de productos Copernicus en el ámbito terrestre; a esto se añaden conjuntos de datos de referencia que proporcionan una cobertura homogénea de algunos aspectos geográficos clave, como la hidrografía y la elevación.

El producto que más destaca dentro del componente Global del servicio Land o territorio es el **Global Land Cover Map (GLCM)**, con resolución media-baja de coberturas y usos de la tierra. Es útil para monitorizar cultivos, modelar instalaciones de energía verde o sellado el suelo, combatir la pérdida de recursos naturales o simplemente ayudar a los países a alcanzar sus Objetivos de Desarrollo Sostenible. Los satélites de observación de la Tierra de Copernicus (Sentinel 1 y 2) son clave para proporcionar dicho mapa, a escala mundial, con acceso libre y gratuito. Para acceder a la información del GLCM de ocupación del suelo es necesario acceder al enlace <https://lcviewer.vito.be/>. Esta aplicación permite realizar estadísticas sobre las diferentes coberturas terrestres de diferentes regiones y países, además de mostrar en el mapa la información que el usuario solicite. Además, se pueden descargar los datos, comparar y exportar estadísticas de cobertura de la tierra por país o región y hacer comparativas entre distintas ciudades del mundo.



# EL COMPONENTE IN-SITU

Lo forman datos de referencia que se utilizan para calibrar, verificar y complementar la información proporcionada por los satélites Sentinel y los servicios del programa Copernicus (<https://insitu.copernicus.ec/>). Son muy diversos, los cuales son mantenidos por entidades responsables distintas al programa Copernicus (países, centros de estudios, etc.), con dificultad en identificarlos, acceso a ellos y utilización. Si no hay responsable claro de los datos, Copernicus puede generarlo, por ejemplo, a través de cartografía colaborativa. Se clasifican en dos:

**a) Observacionales**, que es la información geoespacial ligada a la observación directa de características físicas de la atmósfera y del mar, que suelen ser variables captadas por sensores terrestres, marinos o atmosféricos.

**b) Datos espaciales**, que implican mapas y bases topográficas con información sobre asentamientos poblacionales (urbanos y rurales), industria y servicios de utilidad pública, hidrografía, redes de transporte, elevaciones (topografía o modelos de elevación digital), cobertura terrestre, población/censos; las mismas que están ligadas, intrínsecamente, a las agencias cartográficas nacionales, con sus diversas competencias, características técnicas o condiciones de acceso.

# La importancia de una red de usuarios de datos y servicios Copernicus en la región.

## **Los Copernicus Relays**



Dentro del programa Copernicus y con el objetivo de promocionar el programa y sus aplicaciones en los diferentes países y servir de correa de transmisión entre el programa, los países y los usuarios regionales y locales, existen los denominados **Copernicus Relay**, que podrían traducirse por amplificadores. Se trata por lo tanto de un conjunto de organizaciones que coordinan y promocionan actividades en torno al programa Copernicus para los usuarios y administraciones locales en diferentes ámbitos. Su objetivo es dar a conocer en Europa y fuera de Europa que Copernicus es una fuente sostenible de información completa, gratuita y abierta que cumple las necesidades de los servicios públicos nacionales, regionales y locales, así como un refuerzo para el desarrollo de servicios. En el año 2019 se contaban un total de 85 miembros Relay europeos y 6 sudamericanos (5 chilenos y 1 argentino). Las posibles acciones que pueden desarrollar los miembros de Copernicus Relay son, entre otras:



**a)** Coordinar actividades a nivel local, nacional y regional.



**b)** Distribución de material de difusión de Copernicus.



**c)** Informar de qué es Copernicus y responder dudas de los usuarios.



**d)** Realizar y promocionar eventos para dar a conocer Copernicus a nivel local, nacional y regional.



**e)** Organizar cursos para difundir el conocimiento de Copernicus.

Puede participar cualquier organismo que esté bien conectado con las comunidades de usuarios en su área temática, en particular con empresas privadas, centros de investigación, universidades y usuarios finales del sector público o privado. Con ello se tiende a obtener beneficios, tales como estar al tanto de las novedades de Copernicus en todo momento, a más de ser puntos referentes a nivel nacional para los usuarios del país o región, y podrán proponer mejoras al programa (ej. preparación de material en español, formación específica, aumento de productos a nivel mundial), además de darse a conocer e intercambiar ideas y buenas prácticas con otros miembros Relays internacionales. Con ello se podrá estimular o desarrollar el uso de datos de observación de la Tierra y servicios Copernicus, por parte de agentes y personal de organismos públicos y privados dedicados a la observación y gestión del territorio, tanto en América Latina y el Caribe, ya que los mismos ofrecen gran cantidad de información útil y abierta, a través de la formación de personal especializado en el uso de dichos datos y servicios, teniendo en cuenta las necesidades concretas de cada región; y de esta manera desarrollar nuevas herramientas, fomentar los intercambios de conocimientos, así como la colaboración transfronteriza e intersectorial.

*La participación en este foro internacional conlleva un único compromiso: el relatar una vez por año las actividades realizadas en el ámbito. Para poder ser miembro de Copernicus Relay es necesario solicitarlo en la siguiente dirección:*

<https://www.copernicus.eu/en/opportunities/public-authorities/copernicus-relays>



*Clic en la pantalla para ir a la página web*

# Conclusiones

El programa Copernicus genera 250 TB de datos satelitales distribuidos por día, cuenta con más de 225 000 usuarios registrados, 6 servicios operacionales, 7 satélites en operación y con una política de datos completa, libre y abierta. En consecuencia a la ingente cantidad de datos y usuarios, la Unión Europea (2019) indica que hay siete tendencias respecto a la observación de la Tierra:

- 1. Diversificación de usuarios y de sus demandas:** hay áreas, cuya demanda está creciendo, sobre todo en economías emergentes, cuyas soluciones pueden soportar el crecimiento del país por varias vías, incluyendo desafíos en expansión urbana, agricultura, desastres naturales, etc.; o la que se refiere a la inteligencia comunitaria, sobre todo para seguridad y defensa. También existe un crecimiento interesante en soluciones basados en observación de la Tierra por usuarios finales no técnicos, que requieren inteligencia más que datos crudos, ya sea porque no poseen fuerte conocimiento técnico o porque no tienen la suficiente capacidad de almacenamiento en casa. Ellos necesitan información específica para su proceso de toma de decisiones. Asimismo, los servicios digitales, especialmente los pertenecientes a las soluciones de *big data*, están en creciente demanda. Tales actores normalmente tienen grandes repositorios de datos, los cuales son explotados a todo su potencial con soluciones que tengan la habilidad para procesar grandes volúmenes de datos, con el fin de entregar tendencias e información.
- 2. Evolución de modelos de negocios:** la reciente emergencia de la tecnología de pequeños satélites a bajo costo ha permitido a las compañías de observación de la Tierra transformar su modelo de negocio: los microsátélites llegan a ser, por su manufactura (miniaturización), disruptivas en el mercado, por la grande introducción de constelaciones puestas en órbita, volviéndose grandes proveedores de nuevos datos. Asimismo, hay un cambio en la propuesta de valor de ciertos fabricantes y proveedores de datos. Están evolucionando desde el provisionar infraestructura o datos hacia un enfoque más integrador: entregando información-ideas a los clientes, es decir, inteligencia, especialmente por su falta de conocimientos técnicos y de infraestructura para desarrollar sus propios análisis. En este sentido, hay compañías que han comenzado a ofrecer soluciones integrales como actores inteligentes, con el fin de ofrecer respuestas, con base a imágenes y análisis, tan rápido como sea posible.
- 3. Computación en la nube (*cloud computing*):** es un mercado en rápido crecimiento, permitiendo fácil acceso a los datos y su almacenamiento en grandes volúmenes. Como usuarios no se necesita bajarse y almacenar los datos en las propias computadoras (*hardware*), lo que reduce costos, dando acceso a los usuarios a una gran variedad de fuentes de datos con un único punto de entrada. Asimismo, la fuerte competencia entre proveedores de computación en la nube ayudan a decrecer los costos de almacenamiento. Más allá del simple acceso y almacenamiento de datos, la computación en la nube entrega, bajo demanda, servidores, bases de datos, computación de potencia, redes, software, análisis y otros recursos que grandemente ayudan a desarrollar nuevas aplicaciones y soluciones. Este rango de recursos, combinado con los bajos costos, ayuda alimentar los nuevos modelos de negocios para el mercado geoespacial.

# Conclusiones

4. **Analítica de datos y procesamiento:** la introducción de nuevos caminos para procesar datos y aplicar analítica ha llevado al despliegue de soluciones innovativas para producir inteligencia para los usuarios finales, especialmente ahora que los datos geoespaciales pueden ser mejor integrados con otros tipos de datos. Tendencias en el manejo de datos y analítica incluye:

a) **Introducción de Inteligencia Artificial** (AI, por sus siglas en inglés) y *machine learning* (la cual es una rama de la AI basada en el concepto que los sistemas pueden aprender de los datos, identificando patrones), con el fin de tomar decisiones con la menor intervención humana posible.

b) **Analítica predictiva**, que apunta al uso de técnicas como la minería de datos (*data mining*), algoritmos-modelos estadísticos y *machine learning* para hacer predicciones acerca de los probables resultados futuros.

c) **Fusión de datos** (*data fusión*), que es la integración de múltiples fuentes y tipos de datos, con el fin de derivar información adicional, permite la creación de soluciones más complejas, con la inclusión de datos geoespaciales.

5. **Democratización de los datos y precios:** acceso para todos de los datos, y, por tanto, no hay cuello de botella en la puerta de enlace para recuperar los datos. Esto, por ejemplo, es obvio cuando se trata de datos de redes sociales, pero el programa Copernicus ha tenido la iniciativa de liderar el permitir que los datos de observación de la Tierra sean libres y fácilmente accesibles para todos y cada uno de los usuarios finales. Asimismo, el mercado

está viendo la baja en el precio de las imágenes. La disposición a pagar es diferente de acuerdo al mercado: para defensa e inteligencia pagan más por imágenes de alta resolución, versus el sector agricultura, el cual está creciendo en el consumo de datos de observación de la Tierra, pero el precio es sensitivo. La introducción de constelaciones de pequeños satélites llevará a una amplia disponibilidad de imágenes de precio bajo, por lo que se espera que expanda el uso de los mismos en estos sectores.

6. **Se refiere a que la observación de la Tierra es más y más explotada en el contexto del *Big Data*:** el significativo volumen de datos que ahora está siendo producido por Copernicus y otros satélites ha introducido un desafío en las compañías en lo que respecta a manejo, procesamiento y disseminación de datos, mientras que simultáneamente se ha creado oportunidades como para Google y Amazon, quienes están bien posicionadas en la cuestión del *big data*. Los *big data* son grandes volúmenes de datos, que son demasiado grandes o complejos para el procesamiento de datos tradicional, pero que pueden ser analizados para revelar tendencias y asociaciones. El mercado de la analítica de los *big data*, basado en las imágenes de satélite, depende sobre el procesamiento, análisis y fusión de múltiples imágenes y de otras fuentes de datos, con el fin de crear inteligencia previamente no disponible. Por lo tanto, la actual economía digital y el modelo *big data* están interrumpiendo el mercado de usuarios intermedios que conducen modelos tradicionales de negocios de observación de la Tierra hacia servicios digitales basados fuertemente en el poder computacional, plataformas basadas en la nube y la fusión de más y más fuentes de datos. Por ejemplo, el programa Copernicus es uno de los originadores clave del mercado de la analítica de los *big data* dentro de la observación de la Tierra. Esto es gracias al volumen y variedad de los datos que pro-

# Conclusiones

vee, así como también a su continuidad. Nuevas entradas al sector son capaces de desarrollar y probar algoritmos con un gran volumen de datos estandarizados gratuitos antes de introducir en el mercado la solución. Esto ayudado a tener pocas barreras a la entrada de emprendimientos. Futuras constelaciones privadas de pequeños satélites podrán reducir la parte de contribución de Copernicus en el mercado de la analítica de los *big data* a lo largo de los años.

- 7. Aplicaciones de inteligencia que se benefician de los datos de observación de la Tierra:** una de las áreas con oportunidades de crecimiento en el mercado de la analítica de los *big data* con imágenes es el gobierno y el sector de inteligencia, incluido defensa. Los clientes en defensa especialmente están experimentando una necesidad creciente para mejorar los servicios de inteligencia con el fin de responder a las amenazas a nivel global, desde el terrorismo hasta los desastres naturales. Estas amenazas demandan más responsabilidades y eficiencia, mientras crecen colaboraciones entre actores de seguridad, dirigido a mayores requerimientos de soluciones interoperables. Estas tendencias alientan a los actores de seguridad y defensa a cambiar su atención hacia servicios digitales.

Finalmente, se puede decir que la Agenda 2030 representa una oportunidad única para que se converjan los intereses de las comunidades del desarrollo sostenible y de la observación de la Tierra, con ambas partes reconociendo la oportunidad y la mutua dependencia de la otra para llegar al éxito. Pero el uso de dichos datos de observación de la Tierra ha sido lento, a pesar de las posibilidades brindadas por la tecnología, causando frustración en los proveedores de datos, como las agencias espaciales, y usuarios; teniendo en cuenta que sin estos datos sería imposible realizar un seguimiento de un gran número de los indicadores para cumplir con las metas y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a nivel de cada país. Por ello la capacitación en el uso de los datos de sensores remotos y sus aplicaciones es esencial para generar información y conocimiento geoespacial (inteligencia) del territorio y sus recursos -a través del mapeo, monitoreo, pronóstico, evaluación y alerta temprana- para que sirva de insumo para una correcta toma de decisiones sobre el mismo.

