



NACIONES UNIDAS

CEPAL

# Temas estadísticos de la CEPAL

No. 21 | Diciembre de 2025

## Uso de imágenes satelitales para la construcción de estadísticas regionales desagregadas territorialmente

### Contenido

|   |    |
|---|----|
| 1. Ventajas del uso de imágenes satelitales para la construcción de estadísticas e indicadores .....  | 2  |
| 2. Información obtenida de satélites para la observación de la Tierra .....   | 2  |
| 3. Aplicaciones de distintos productos satelitales en la generación de estadísticas para América Latina y el Caribe .....                         | 5  |
| 4. Oportunidades en el uso de imágenes satelitales para la generación de estadísticas oficiales en los países de América Latina y el Caribe ..... | 15 |
| Bibliografía .....  | 16 |

En la era de la información, la generación de estadísticas oficiales ha evolucionado significativamente desde el enfoque tradicional de los operativos estadísticos clásicos. El uso de fuentes de información no tradicionales ha ganado relevancia entre las oficinas nacionales de estadística de los países de la región debido a su capacidad para proporcionar datos más precisos, oportunos y detallados. Así, diversos esfuerzos han proliferado en la búsqueda de nuevas fuentes de información en adición a aquellos, incluyendo entre otras:

- » **Imágenes satelitales:** principalmente utilizadas para monitorear cambios en el uso del suelo, la deforestación, la expansión urbana y la agricultura.
- » **Datos de sensores remotos:** empleados para medir la calidad del aire, características del agua, tráfico y otros indicadores ambientales.
- » **Redes sociales:** analizadas para entender patrones de movilidad, preferencias de consumo y tendencias sociales.
- » **Registros de transacciones digitales:** utilizados para estudiar el comportamiento económico y el comercio electrónico.

---

## 1. Ventajas del uso de imágenes satelitales para la construcción de estadísticas e indicadores

---

Una de estas fuentes no tradicionales la constituyen las imágenes satelitales, las cuales ofrecen una perspectiva única y valiosa para la construcción de estadísticas e indicadores, especialmente aquellos basados en la observación de la tierra. Algunas de las principales ventajas incluyen:

- » **Cobertura amplia y continua:** los satélites pueden capturar imágenes de vastas áreas geográficas de manera continua, lo que permite monitorear cambios a lo largo del tiempo.
- » **Alta resolución espacial:** las imágenes satelitales pueden proporcionar detalles precisos sobre el terreno, permitiendo la desagregación de datos a nivel subnacional y local.
- » **Acceso a áreas remotas:** los satélites pueden observar regiones inaccesibles para los métodos tradicionales de recolección de datos.
- » **Actualización frecuente:** la capacidad de obtener imágenes actualizadas regularmente permite la creación de indicadores dinámicos y oportunos.
- » **Contexto espacial y análisis territorial:** los datos geográficos permiten analizar la distribución, relación y dinámica de los fenómenos en el espacio, integrando múltiples fuentes de información (ambiental, social y económica) en un mismo marco territorial. Esto brinda una comprensión más completa de los procesos y facilita la toma de decisiones orientadas al territorio.

En América Latina y el Caribe, el uso de imágenes satelitales tiene un gran potencial para mejorar la calidad y precisión de las estadísticas oficiales en diversas áreas:

- » **Monitoreo ambiental:** cambios en la cobertura boscosa, calidad del agua en los ríos y lagos, avance de la frontera agropecuaria, entre otros.
- » **Agricultura:** evaluación de la productividad agrícola, detección de plagas y enfermedades, y planificación de cultivos.
- » **Gestión urbana:** análisis de la expansión urbana, planificación del uso del suelo y monitoreo de infraestructuras.
- » **Desastres naturales:** empleo de imágenes satelitales en las etapas de prevención y mitigación, preparación, respuesta y recuperación de los desastres. Por ejemplo, para la planificación de respuestas rápidas y efectivas y la evaluación de daños causados por terremotos, inundaciones y huracanes.

---

## 2. Información obtenida de satélites para la observación de la Tierra

---

Las observaciones de la tierra son un conjunto de datos geoespaciales obtenidos tanto mediante teledetección como mediciones en la superficie. Incluyen información atmosférica, oceánica y terrestre a nivel global y son cruciales para evaluar diversos aspectos del desarrollo. Una de las principales fuentes de información geoespacial de observaciones de la tierra proviene de la gran cantidad de satélites que orbitan alrededor del planeta.

Estos datos se obtienen mediante sensores a bordo de satélites que capturan la radiación electromagnética (principalmente en el rango de la luz visible, infrarroja y microondas) emitida o reflejada por la tierra (véase el cuadro 1). Esta información se utiliza para generar imágenes, mapas y conjuntos de datos que permiten comprender y monitorear diversos aspectos de la superficie terrestre y los fenómenos atmosféricos.

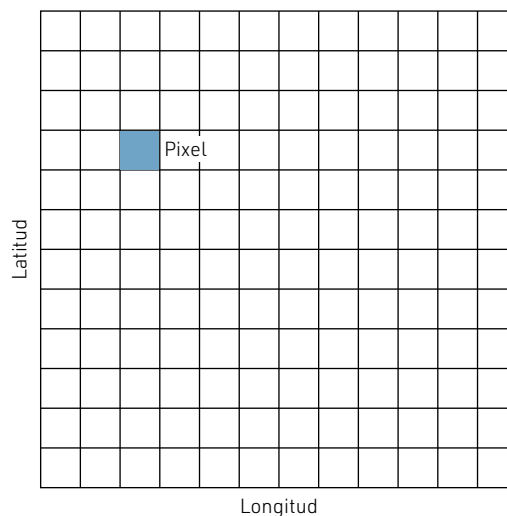
» **Cuadro 1. Principales rangos de radiación electromagnética capturadas por los sensores satelitales**

| Rango en el espectro electromagnético |                  | Características  | Uso en teledetección   |
|---------------------------------------|------------------|--|--|
| Luz visible                           | 380-750 nm       | Rango del espectro que el ojo humano puede ver.  | Creación de imágenes que muestran características geográficas, cambios en la vegetación y la cobertura terrestre.                          |
| Infrarrojo cercano                    | 750-1 400 nm     | Captura la radiación infrarroja cercana al rango visible.  | Evaluar la salud de la vegetación, la calidad del suelo y la detección de agua.  |
| Infrarrojo térmico                    | 1 400-300 000 nm | Detecta la radiación infrarroja emitida por objetos debido a su temperatura.   | Medir la temperatura superficial, identificar áreas de calor y estudiar la energía térmica.  |
| Microondas                            | 1 mm-1m          | Estas longitudes de onda penetran las nubes y la atmósfera, lo que permite observaciones independientemente de las condiciones climáticas. | Detección de humedad del suelo y topografía (elevación de la superficie, cambios en la topografía y la detección de movimientos de suelo). |

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Los datos satelitales se presentan en forma de grilla o ráster (cuadrícula bidimensional de celdas o píxeles). Cada celda de la grilla representa una ubicación específica en la superficie de la Tierra (geolocalización) (véase el diagrama 1).

» **Diagrama 1. Representación gráfica de un ráster/grilla**



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Existe una creciente variedad de imágenes y productos satelitales disponibles y accesibles para su análisis y uso. La elección apropiada de estas fuentes requiere considerar la resolución de las imágenes, que es la capacidad de un sensor satelital para distinguir entre objetos o características en la superficie terrestre. Existen diferentes tipos de resolución: espacial, temporal, espectral y radiométrica; sin embargo, en este documento se presentan los resultados desarrollados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) respecto de los dos primeros tipos.

La resolución espacial se refiere al tamaño de cada celda en la grilla, que determina el nivel de detalle que puede capturarse en los datos. Una resolución espacial más alta significa que las celdas son más pequeñas y, por lo tanto, pueden capturar detalles más finos en la superficie terrestre.

Por otro lado, la resolución temporal se relaciona con la frecuencia con la que se capturan los datos en el tiempo y está directamente relacionada con el tiempo de revisita del satélite (período de tiempo que transcurre entre dos pasadas consecutivas de un satélite sobre un mismo punto en la Tierra). Una resolución temporal más alta significa que se pueden capturar cambios más frecuentes en la superficie terrestre a medida que el tiempo avanza.

Los satélites proporcionan datos sobre una amplia variedad de parámetros geofísicos en muchos formatos, resoluciones espaciales y temporales diferentes, los cuales son imprescindibles de considerar para determinar el producto satelital más adecuado al objetivo deseado. Una vez obtenidos los datos en formato de grilla, se puede realizar la desagregación por ubicación geográfica, es decir, el desglose de los datos en áreas geográficas de interés. Estas zonas geográficas pueden ser administrativas o cuadrículas, zonas urbanas/rurales o cuencas/subcuencas. La desagregación por ubicación geográfica es necesaria para generar un conjunto de datos a una escala geográfica relevante (véase el cuadro 2).

» Cuadro 2. Ejemplo de misiones satelitales con acceso libre a los datos comúnmente utilizadas en temas vinculados al desarrollo sostenible

| Satélite (Agencia Espacial)   | Objetivos de la misión   | Tiempo de revisita   | Resolución espacial  |
|-------------------------------|--|--|--|
| Sentinel 1 (ESA) <sup>a</sup> | Seguimiento de tierras en bosques, agua, suelo y agricultura; apoyo en la cartografía de emergencia en caso de desastres naturales; monitoreo marino del entorno marítimo; observaciones de hielo marino y monitoreo de icebergs; mapeo de derrames de petróleo; detección de embarcaciones marítimas; monitoreo del cambio climático; producción de mapas de hielo de alta resolución; pronóstico de las condiciones del hielo en el mar. | 6 a 12 días, (dependiendo de la configuración de la órbita y la ubicación geográfica). | 5 x 5 m a 20 x 20 m (dependiendo la forma de adquisición). |
| Sentinel 2 (ESA) <sup>a</sup> | Monitoreo de la agricultura, bosques, cambios en el uso del suelo, cambios en la cobertura terrestre; mapeo de variables biofísicas como el contenido de clorofila en las hojas, el contenido de agua en las hojas, el índice de área foliar; monitoreo de aguas costeras e interiores; mapeo de riesgos y mapeo de desastres.   | 5 días.  | 10 a 60 m (dependiendo de la banda).                       |
| Sentinel 3 (ESA) <sup>a</sup> | Datos de color del mar/tierra y temperatura superficial; topografía de la superficie del mar y el hielo terrestre; zonas costeras, aguas interiores y topografía del hielo marino; productos de vegetación.  | 1 día.   | 300 m a 1 km.  |

| Satélite (Agencia Espacial)    | Objetivos de la misión   | Tiempo de revisita | Resolución espacial                                       |
|--------------------------------|--|--------------------|---|
| Sentinel 5 (ESA) <sup>a</sup>  | Datos sobre gases y aerosoles atmosféricos que son fundamentales para comprender la calidad del aire, la química atmosférica y el cambio climático.  | 1 día.             | 1 km.   |
| Landsat (NASA) <sup>b</sup>    | Monitoreo de recursos naturales, como la agricultura, los bosques y los recursos hídricos. Permiten el seguimiento de la cobertura vegetal, la detección de cambios en el uso de la tierra y el monitoreo de la salud de los ecosistemas.  | 16 días.           | 30 m.   |
| AQUA/TERRA (NASA) <sup>b</sup> | Observación de la Atmósfera (distribución de aerosoles, cambios en la temperatura y la humedad), monitoreo de la vegetación, la cobertura terrestre, la temperatura de la superficie y la reflectividad de la Tierra, ciclo del agua, observación de las nubes, la precipitación, la evaporación, la humedad atmosférica y la circulación oceánica, temperaturas de la superficie del mar. | 1-2 días.          | Varía de acuerdo con el instrumento (sensor) MODIS 250 m. |

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

<sup>a</sup> Agencia Espacial Europea (European Spatial Agency – ESA, <https://www.esa.int/>).

<sup>b</sup> Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (National Aeronautics and Space Administration – NASA, <https://www.nasa.gov/>).

### 3. Aplicaciones de distintos productos satelitales en la generación de estadísticas para América Latina y el Caribe

Como se mencionó, el uso de datos satelitales para la medición del desarrollo sostenible ofrece ventajas notables, tales como su disponibilidad con frecuencia constante, la capacidad de construir series temporales para evaluar cambios a lo largo del tiempo, y la posibilidad de comparar los resultados entre distintas regiones/países, entre otros. Además, el costo asociado al acceso a estos datos es relativamente bajo, lo que facilita la continuidad en la provisión de información precisa para impulsar iniciativas de desarrollo sostenible.

Mediante la implementación de diversas técnicas de procesamiento, análisis y transformación sobre los datos en bruto adquiridos por satélites, es posible generar productos derivados que enriquecen aún más la información disponible. Una ventaja fundamental de estos datos enriquecidos con información geográfica es que brindan un contexto espacial que revela patrones y relaciones entre variables, lo que permite la comprensión y el diseño de estrategias efectivas para la sostenibilidad habilitando desglosar y crear nuevos indicadores estadísticos a una escala más detallada y precisa.

Con el objetivo de ofrecer más información estadística y geoespacial desagregada territorialmente provenientes del procesamiento de imágenes satelitales, se ha incorporado un primer conjunto de indicadores y capas geográficas a las plataformas de datos de la CEPAL, CEPALSTAT y CEPALGEO. Esta iniciativa pone a disposición de los usuarios estos activos de datos, no solo para nutrir el análisis regional, sino también para que los países de la región puedan utilizarlos e incorporarlos en sus bancos de datos nacionales.

En esta primera ronda de productos analizados para su uso, se incluyeron: luces nocturnas, uso y cobertura del suelo, áreas urbanas y detección de bosques. En todos los casos se procedió a la descarga de los datos, elaboración de una prueba de concepto (PoC) para determinar la rutina de procesamiento adecuada, desarrollo

de las rutinas definitivas de procesamiento para el cálculo de los indicadores para garantizar su replicabilidad en el tiempo, intersección con capa vectorial de unidades administrativas de interés, y almacenamiento en los bancos de datos de CEPAL. Estos procesamientos involucraron el empleo de distintas librerías y herramientas geoespaciales, tales como librerías espaciales de Python, GDAL, GRASS GIS y las capacidades espaciales de PostgreSQL (PostGIS). Se utilizó la plataforma Airflow para la ejecución sistematizada del proceso ETL de cada producto.

A continuación, se detallan la información procesada, las fuentes de información utilizadas, los indicadores estadísticos y las capas geográficas construidas.

## Luces nocturnas

Este producto satelital proporciona información valiosa sobre la distribución de la iluminación artificial en diferentes regiones del mundo durante la noche. Este tipo de información tiene una amplia gama de aplicaciones, como, por ejemplo:

- » **Análisis de distribución de población:** las áreas iluminadas por la noche suelen ser indicadores de la presencia de población y actividad humana. Estas imágenes pueden utilizarse para estimar la densidad de población en diferentes regiones y ciudades (por ejemplo, Alahmadi et al., 2021; Bagan y Yamagata, 2015).
- » **Monitoreo del desarrollo urbano:** las imágenes de luces nocturnas pueden revelar patrones de crecimiento urbano y la expansión de áreas urbanas con el tiempo. Esto es especialmente útil para planificación urbana y gestión del crecimiento de las ciudades (Zhang et al., 2014; Xu et al., 2020).
- » **Detección de cambios ambientales:** los cambios en la intensidad de las luces nocturnas pueden indicar cambios en la actividad industrial, la infraestructura y el uso de la tierra. Estas imágenes pueden utilizarse para detectar la apertura o cierre de fábricas, la expansión de carreteras y otros cambios relevantes (Roberts, 2021).
- » **Monitoreo de actividad económica:** las zonas iluminadas también pueden relacionarse con áreas de actividad económica y comercial. El análisis de las luces nocturnas puede ayudar a evaluar la actividad económica en diferentes regiones (Liu et al., 2012).
- » **Respuesta ante desastres y crisis:** las imágenes de luces nocturnas pueden utilizarse para evaluar los impactos de desastres naturales y crisis humanitarias. Los cambios en la iluminación pueden indicar la extensión de los daños y las áreas afectadas (Zhao et al., 2020).
- » **Seguridad y defensa:** el seguimiento de las luces nocturnas también puede ser útil para actividades de seguridad y defensa, como la detección de actividades sospechosas en áreas no autorizadas como por ejemplo la detección de barcos pesqueros en áreas no permitidas (Zhizhin et al., 2018).
- » **Estudios de contaminación lumínica:** las imágenes de luces nocturnas también pueden ser utilizadas para evaluar el grado de contaminación lumínica en diferentes áreas. Esto es importante para comprender cómo la iluminación artificial afecta al medio ambiente y a la vida silvestre (Bagheri et al., 2022).

Existen varias plataformas satelitales que ofrecen distintos tipos de productos de luces de noche (distinta resolución espacial, frecuencia de análisis, etc.) para su descarga libre (mediante registro, en general, pero sin costo de servicio). De estas fuentes satelitales se decidió utilizar el producto Black Marble del VIIRS/NPP Lunar BRDF-Adjusted Nighttime Lights Yearly L3 Global 15 arc second Linear Lat Lon Grid - VNP46A4

(Suomi-NPP/NASA) debido a su alta resolución espacial y diversas escalas temporales disponibles. Además, la disponibilidad regular de imágenes, la facilidad de descarga y su accesibilidad, permite obtener datos consistentes y actualizados para un análisis detallado a lo largo del tiempo permitiendo analizar patrones de iluminación urbana y cambios en el uso de la tierra. A partir de los datos disponibles, fue posible generar los indicadores y coberturas geográficas que se muestran en el cuadro 3 y 4, y cuya representación geográfica se muestra en la imagen 1.

### » Cuadro 3. Indicadores de luces nocturnas

| Indicador   | Descripción  | Desagregación territorial              | Años disponibles | Disponible en  |
|---|--|--|------------------|--|
| Promedio anual de radiancia de luces nocturnas  | Promedio de luminosidad a lo largo del año capturado a partir de sensores satelitales.   | División administrativa mayor y menor. | 2012-2024        | CEPALSTAT<br><a href="https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5412&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5412&amp;lang=es</a> |
| Promedio anual de radiancia de luces nocturnas en zonas con más de 50nWatts*cm <sup>-2</sup> *sr <sup>-1</sup> de radiancia | Promedio de luminosidad a lo largo del año en zonas con más de 50 nWatts*cm <sup>-2</sup> *sr <sup>-1</sup> de radiancia.  | División administrativa mayor y menor. | 2012-2024        | CEPALSTAT<br><a href="https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5413&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5413&amp;lang=es</a> |
| Índice de Desarrollo Nocturno (IDN)   | Medida adimensional obtenida a partir de datos de luces artificiales capturadas por imágenes satelitales para estimar el nivel de actividad económica, urbanización y desarrollo social en un área geográfica determinada durante las horas nocturnas del año. | División administrativa mayor y menor. | 2012-2024        | CEPALSTAT<br><a href="https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5415&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5415&amp;lang=es</a> |

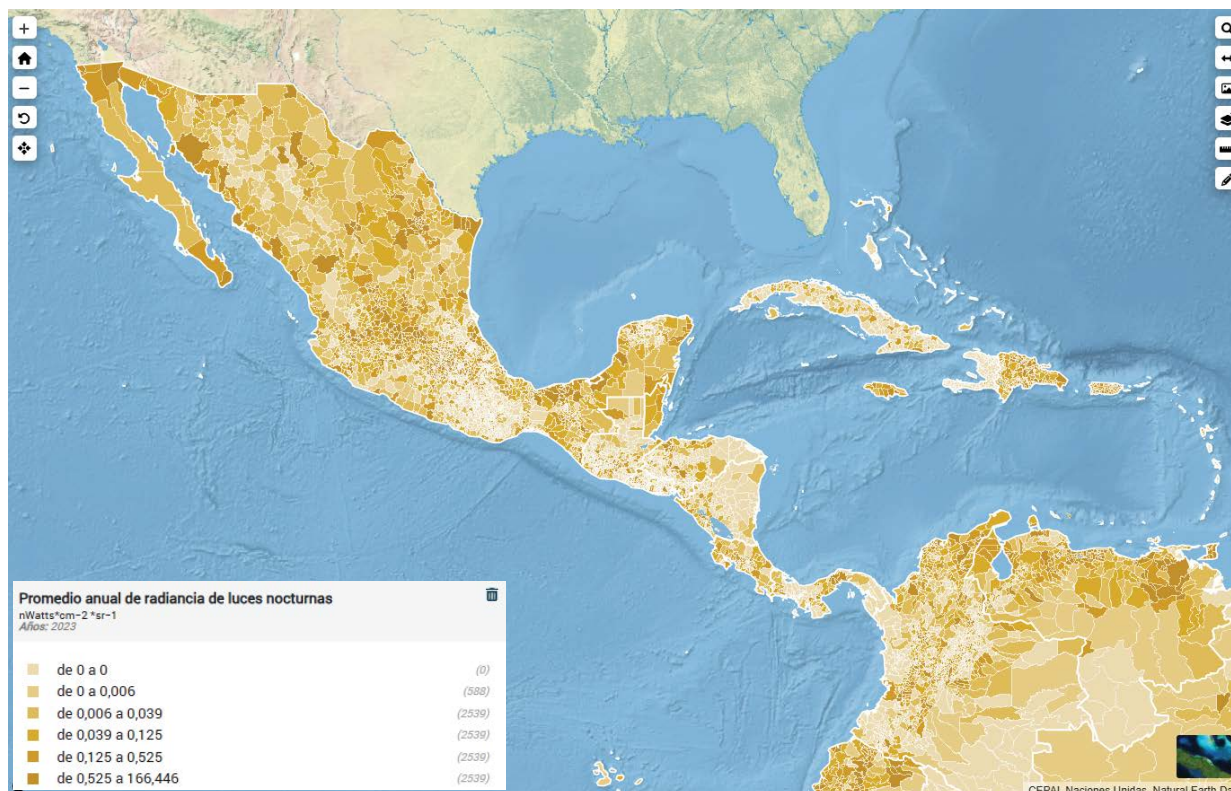
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

### » Cuadro 4. Capas geográficas de luces nocturnas

| Capa geográfica                                | Descripción  | Resolución espacial                  | Años disponibles | Disponible en   |
|--|--|--------------------------------------|------------------|---|
| Promedio anual de radiancia de luces nocturnas | Promedio de luminosidad a lo largo del año capturado a partir de sensores satelitales. | 15 arcos de segundo (lat long grid). | 2012-2024        | CEPALGEO<br><a href="https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=VNP46A4_2024_47_ECLAC_Countries_3857&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=VNP46A4_2024_47_ECLAC_Countries_3857&amp;lang=es</a> |

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

» Imágen 1. Promedio anual de radiancia de luces nocturnas por división administrativa menor, 2023



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPALSTAT.

## Uso y cobertura del suelo

La cobertura terrestre abarca los elementos biofísicos en la superficie de la Tierra, incluyendo tanto la capa superficial como las construcciones artificiales. Durante las últimas décadas, la acción humana ha llevado a cambios significativos en esta cobertura terrestre, un fenómeno impulsado por el crecimiento constante de la población y la economía. Estos cambios en la cobertura terrestre no solo impactan en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, sino que también tienen consecuencias en la emisión de gases de efecto invernadero, en la circulación atmosférica tanto a nivel continental como global, en los ciclos de nutrientes e hidrológicos, en los ciclos biogeoquímicos y en la biodiversidad.

La información relativa a la cobertura terrestre y sus modificaciones resulta esencial para comprender el estado actual, la heterogeneidad del paisaje, las tendencias, las fuerzas motrices y los efectos de diversas actividades humanas en los procesos naturales y sociales. Asimismo, esta información desempeña un papel crucial en la planificación de cambios hacia un desarrollo sostenible mejorando la capacidad de desarrollar modelos y simulaciones más precisos.

La información sobre uso del suelo obtenida a partir de información satelital se obtiene a partir del procesamiento de distintas bandas del espectro electromagnético y técnicas de clasificación. Los usos de este tipo de información incluyen:

- » **Monitoreo de la expansión urbana** (Gaur y Singh, 2023).
- » **Monitoreo de la deforestación:** los cambios en la cobertura forestal se pueden rastrear mediante imágenes satelitales, lo que ayuda a prevenir la deforestación ilegal y promover prácticas forestales sostenibles (Matosak et al., 2022).
- » **Monitoreo del cambio climático:** las imágenes satelitales pueden evidenciar cambios en glaciares, áreas de hielo y permafrost, proporcionando información crucial sobre el impacto del cambio climático.

Existen varias plataformas satelitales que ofrecen distintos tipos de productos de cobertura/uso del suelo relevantes y disponibles en la actualidad para su descarga libre (mediante registro, en general, pero sin costo de servicio). De estas fuentes satelitales se decidió utilizar Global Dynamic Land Cover (compatibles con Sentinel – ESA) debido a su alta resolución espacial, libre uso y accesibilidad de descarga. Este producto es elaborado a partir de imágenes ópticas (Sentinel-2) y de radar (Sentinel-1). A partir de los datos disponibles, fue posible generar los indicadores y capas geográficas que se muestran en el cuadro 5 y 6, y cuya representación geográfica se ejemplifica en la imagen 2.

### » Cuadro 5. Indicadores de uso del suelo

| Indicador                            | Descripción  | Desagregación territorial              | Años disponibles  | Disponible en  |
|--------------------------------------|--|--|-------------------|--|
| Proporción de cobertura del suelo    | Porcentaje que cubre cada una de las 11 categorías de cobertura de suelo (cobertura arbórea, arbustos, pastizal, cultivos, área construida, vegetación escasa/dispersa, hielo/nieve, cuerpos de agua permanente, humedales herbáceos, manglares, musgos/líquenes). | División administrativa mayor y menor. | 2015, 2019 y 2023 | CEPALSTAT<br><a href="https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5412&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5412&amp;lang=es</a> |
| Índice de heterogeneidad del paisaje | Adaptación del Índice de Pielou, que se obtiene a partir del Índice de Shannon y comprende valores entre 0 (distribución desigual) y 1 (distribución perfectamente equitativa).  | División administrativa mayor y menor. | 2015, 2019 y 2023 | CEPALSTAT<br><a href="https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5413&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5413&amp;lang=es</a> |

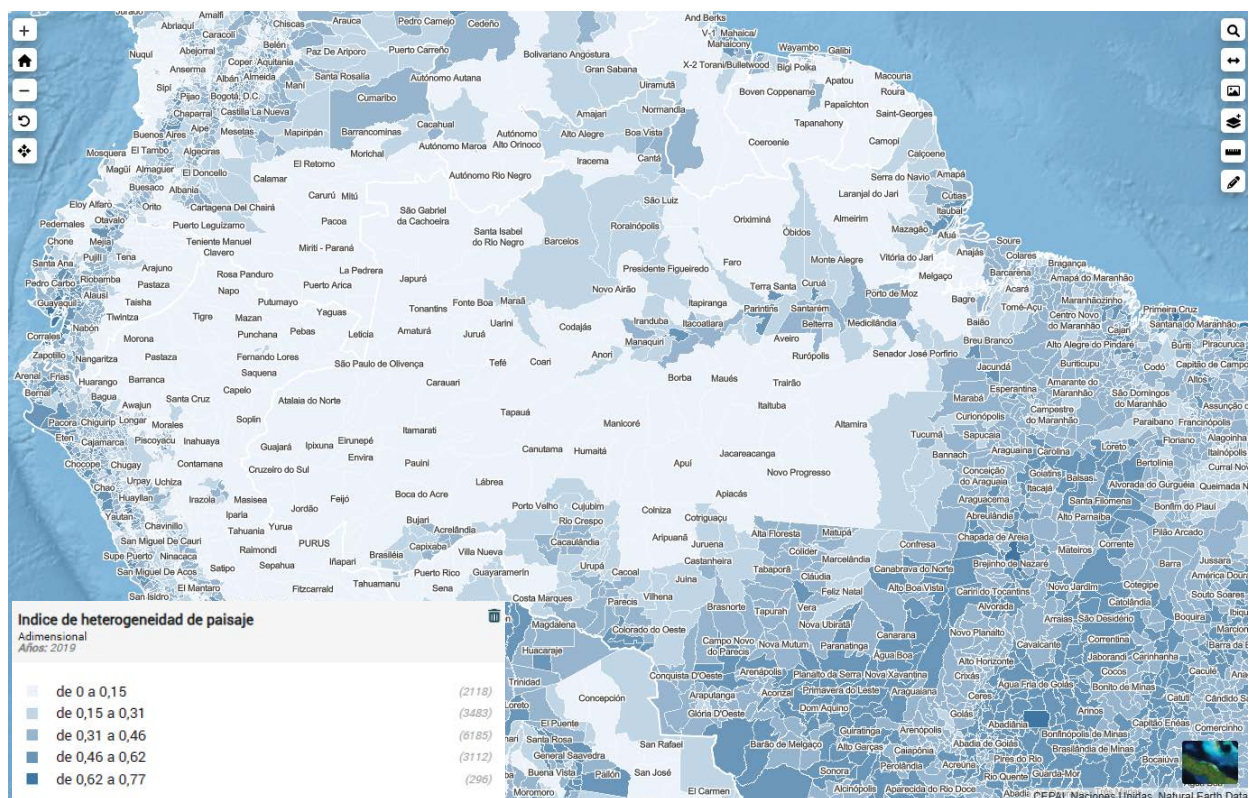
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

### » Cuadro 6. Capas geográficas de uso del suelo

| Capa                      | Descripción  | Resolución espacial | Años disponibles | Disponible en   |
|---------------------------|--|---------------------|------------------|---|
| Uso y cobertura del suelo | Categorías de cobertura de suelo (cobertura arbórea, arbustos, pastizal, cultivos, área construida, vegetación escasa/dispersa, hielo/nieve, cuerpos de agua permanente, humedales herbáceos, manglares, musgos/líquenes). | 100 m.              | 2015, 2019, 2023 | CEPALGEO<br><a href="https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=unido_2023">https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=unido_2023</a> |

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

## » Imagen 2. Índice de heterogeneidad del paisaje por unidad administrativa menor, 2019



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPALSTAT.

## Extensión urbana

El monitoreo de la expansión urbana es esencial para garantizar que el desarrollo de las ciudades sea sostenible a largo plazo, promoviendo el equilibrio entre el crecimiento económico, la equidad social y la preservación del medio ambiente. Entre los impactos de la expansión urbana podemos mencionar:

- » Incremento del consumo de recursos naturales.
- » Conversión de áreas verdes y naturales en zonas urbanizadas con consecuencias tales como la pérdida de hábitats naturales, la disminución de la biodiversidad y la degradación del suelo.
- » Incremento de la contaminación del aire, la acumulación de residuos sólidos y líquidos, el agotamiento de los recursos hídricos.
- » Modificaciones en la movilidad y accesibilidad de la región.
- » Incremento de la inequidad social, si ciertos grupos de la población quedan marginados o excluidos de los beneficios del desarrollo urbano.
- » Mayor presión sobre los servicios públicos.

El uso de datos satelitales y las técnicas modernas de análisis de datos brindan posibilidades significativas para el monitoreo de la expansión urbana, proporcionando información detallada y en tiempo real sobre el desarrollo de las ciudades. Facilitan la implementación de estrategias de desarrollo sostenible permitiendo la identificación de nuevas áreas urbanizadas, cambios en el uso del suelo y su evolución a lo largo del tiempo.

La detección de áreas urbanas y la estimación de la densidad poblacional mediante datos satelitales permite:

- » **Monitoreo de crecimiento demográfico:** detección de densidad poblacional y cambios en las áreas urbanas proporciona información sobre el crecimiento demográfico en una región.
- » **Planificación urbana sostenible:** seguimiento del crecimiento de las ciudades, la expansión urbana y la identificación de zonas para desarrollo futuro. Permite prevenir la urbanización desordenada y a optimizar el uso de la tierra.
- » **Gestión de infraestructura:** planificación de infraestructuras como rutas, transporte público, sistemas de energía y redes de agua. Permite el diseño y desarrollo de redes de servicios de manera más eficiente para satisfacer las necesidades de una urbanización en crecimiento.
- » **Gestión de riesgos y desastres:** conocer la densidad poblacional y la distribución urbana es fundamental para la evaluación de riesgos y la planificación de respuestas en caso de desastres naturales o eventos extremos.

Los indicadores seleccionados se obtienen a partir del producto GHSL-Built (Copernicus-ESA), del proyecto Global Human Settlement Layer (GHSL) de Copernicus (ESA) (Pesaresi M., Politis P., 2023), que comprende uno de los productos más actuales desarrollados mediante el uso de datos satelitales de imágenes Sentinel y técnicas modernas de análisis de datos con aprendizaje automático e inteligencia artificial.

El procesamiento del producto original para obtener el indicador comprende: reproyección a WGS84, intersección con las unidades administrativas de interés, cálculo de la suma de superficie construida, la diferencia entre el período actual y el período previo (5 años previos), y suma del resultado de la diferencia para cada unidad administrativa. Los productos correspondientes a los períodos posteriores a 2020 corresponden a predicciones basadas en modelos de aprendizaje de máquinas<sup>1</sup>. A partir de los datos disponibles, fue posible generar los siguientes indicadores y capas geográficas disponibles en los cuadros 7 y 8. y ejemplificada en la imagen 3.

## » Cuadro 7. Indicadores de extensión urbana

| Indicador                               | Descripción   | Desagregación territorial              | Años disponibles         | Disponible en  |
|---|---|--|--------------------------|--|
| Área cubierta por superficie construida | Indica las hectáreas de superficie construida en cada pixel (con resolución espacial de 100 m <sup>2</sup> ).   | División administrativa mayor y menor. | 1975-2030 (cada 5 años). | CEPALSTAT<br><a href="https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5419&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5419&amp;lang=es</a> |
| Crecimiento urbano                      | Indica la suma para cada unidad administrativa de km <sup>2</sup> de superficie construida en el período que comprende los 5 años previos al año correspondiente. | División administrativa mayor y menor. | 1980-2030 (cada 5 años). | CEPALSTAT<br><a href="https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5420&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5420&amp;lang=es</a> |

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

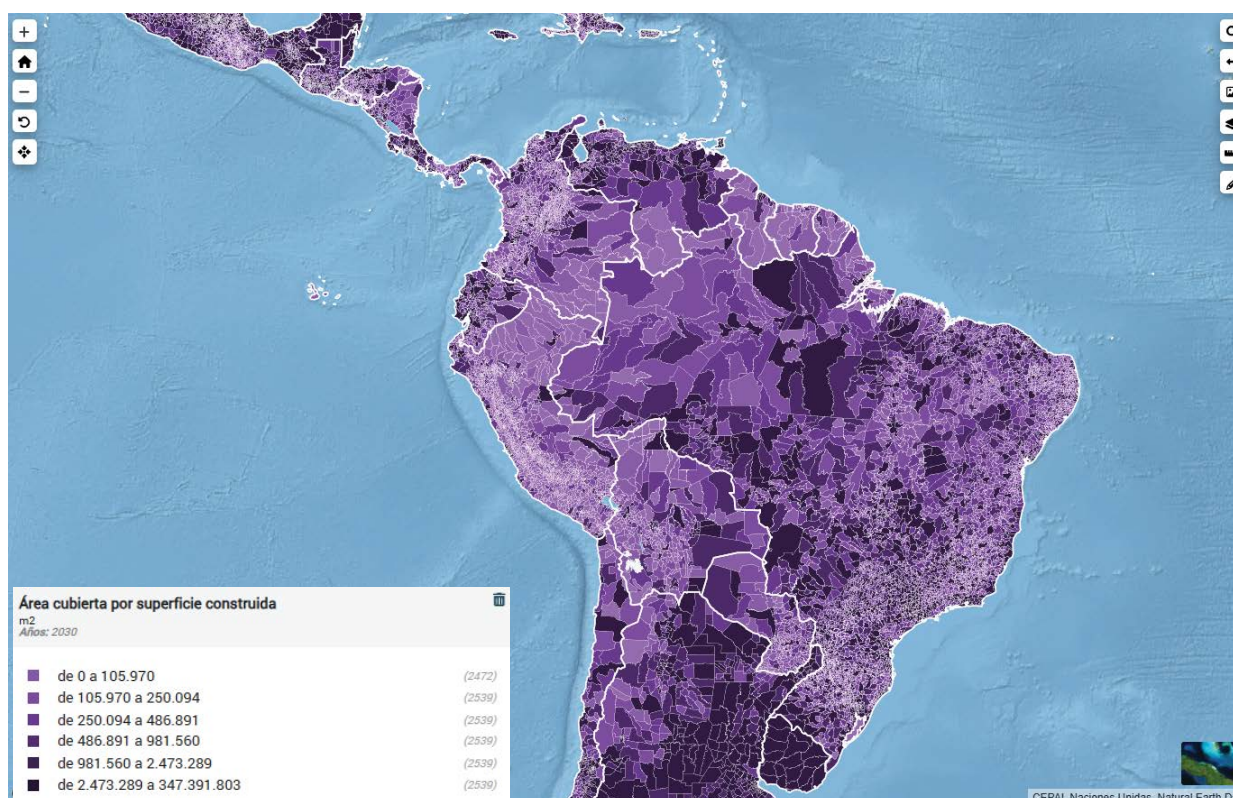
<sup>1</sup> Para un detalle de la metodología consultar la bibliografía disponible es <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/>.

» Cuadro 8. Capas geográficas de extensión urbana

| Capa                                    | Descripción  | Resolución espacial | Años disponibles        | Disponible en   |
|---|--|---------------------|-------------------------|---|
| Área cubierta por superficie construida | Metros cuadrados de superficie construida en cada píxel. | 100 m.              | 1975-2030 (cada 5 años) | CEPALGEO<br><a href="https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=sup_construida_2025">https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=sup_construida_2025</a> |

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

» Imagen 3. Área cubierta por superficie construida por área administrativa menor, estimaciones al 2030



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPALSTAT.

## Detección de bosques

La detección de bosques y la comprensión de los cambios que ocurren en estos ecosistemas es de suma relevancia para el desarrollo sostenible. La preservación de los bosques no solo implica la protección de la biodiversidad, sino que también resulta crucial para mantener el equilibrio climático, garantizar la calidad del suelo y el suministro de recursos esenciales para las comunidades.

La información satelital permite un monitoreo más preciso y eficiente del estado de los bosques, la identificación de alteraciones en su cobertura y estructura, y la evaluación del impacto de las actividades humanas y los fenómenos naturales. Esta tecnología ofrece la capacidad de proporcionar datos a escala global con facilidad, su accesibilidad generalizada y su habilidad para identificar cambios de manera objetiva y coherente a lo

largo del tiempo. El acceso a información sobre la detección de bosques y sus modificaciones a lo largo del tiempo mejora la toma de decisiones y permite la formulación de políticas de gestión forestal, conservación y restauración de bosques.

Para la creación de indicadores relativos a detección de bosques, se seleccionaron los productos disponibles desarrollados por GLAAD, disponibles en <https://glad.geog.umd.edu/dataset/GLCLUC2020>, entendiéndose el término bosque como la cobertura de árboles silvestres y plantados (industria forestal). La altura del bosque se cartografió a escala global para la vegetación leñosa con una altura mayor o igual a 3 metros. Se empleó el modelo global de altura del bosque basado en Landsat, calibrado para el año 2019 utilizando observaciones de GEDI. El mismo modelo se aplicó para estimar la altura del bosque para los años 2000 y 2020. Los productos disponibles incluyen mapas de extensión del bosque para los años 2000 y 2020, atribuyendo píxeles con una altura del bosque de  $\geq 5$  m como la clase de cobertura de bosque, para garantizar la consistencia con la definición de bosque de la FAO. El cambio en la extensión del bosque (pérdida neta y ganancia neta de extensión del bosque) se derivó directamente de la comparación de mapas de los años 2000 y 2020. La definición de bosque de GLAAD difiere de la utilizada por la FAO debido a la inclusión de árboles fuera de los bosques (agroforestería, huertos, parques) y la exclusión de áreas forestales temporalmente no arboladas. A partir de los datos disponibles, fue posible generar los indicadores y capas geográficas que se muestran en los cuadros 9 y 10, y que se ejemplifica en la imagen 4.

### » Cuadro 9. Indicadores de bosques

| Indicador                      | Descripción   | Desagregación territorial              | Años disponibles | Disponible en  |
|--------------------------------|---|--|------------------|--|
| Extensión de bosque            | Indica el área cubierta por bosques en km <sup>2</sup> .                          | División administrativa mayor y menor. | 2000, 2020       | CEPALSTAT<br><a href="https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5423&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5423&amp;lang=es</a> |
| Altura promedio de bosques     | Indica la altura promedio de los bosques en metros.                               | División administrativa mayor y menor. | 2000, 2020       | CEPALSTAT<br><a href="https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5422&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5422&amp;lang=es</a> |
| Extensión de pérdida forestal  | Indica el área en km <sup>2</sup> con reducción de altura de bosque en 20 años.   | División administrativa mayor y menor. | 2020             | CEPALSTAT<br><a href="https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5424&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5424&amp;lang=es</a> |
| Extensión de ganancia forestal | Indica el área en km <sup>2</sup> con crecimiento en altura de bosque en 20 años. | División administrativa mayor y menor. | 2020             | CEPALSTAT<br><a href="https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5425&amp;lang=es">https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=5425&amp;lang=es</a> |

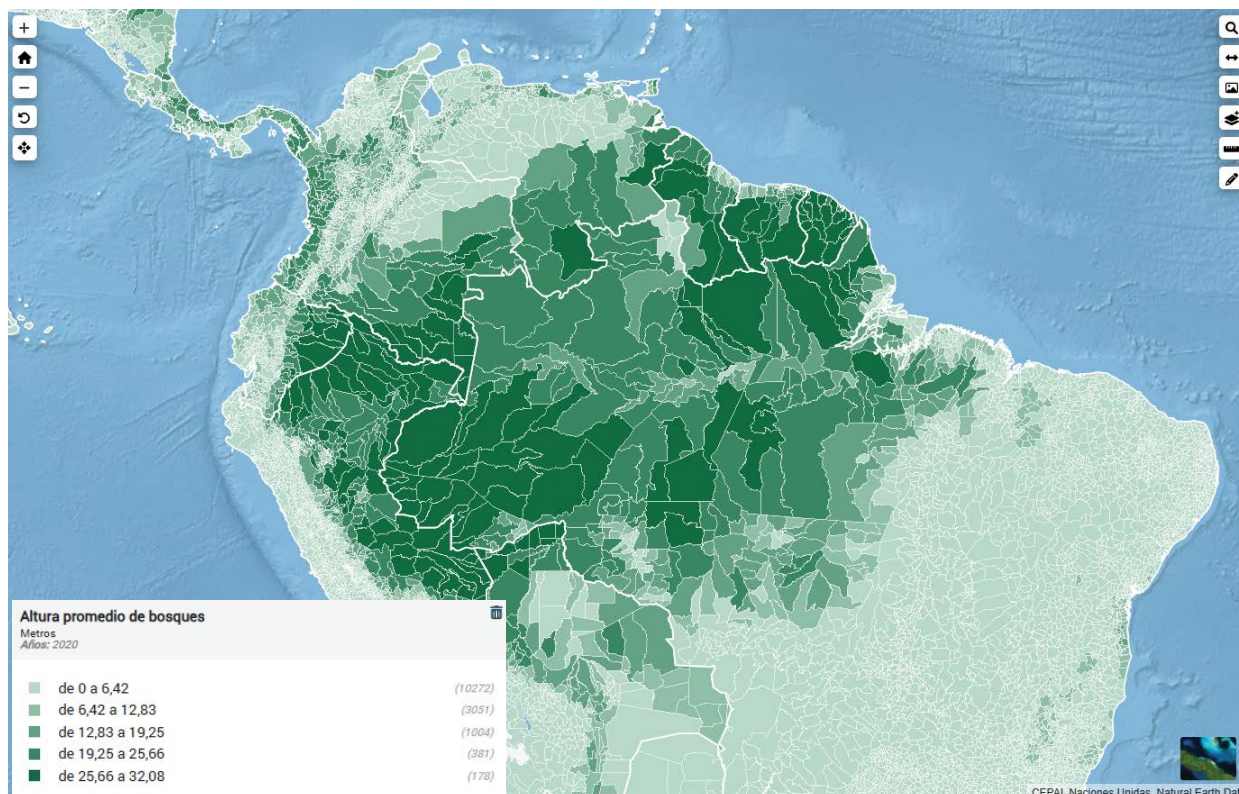
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

» Cuadro 10. Capas geográficas de bosques

| Capa                           | Descripción   | Desagregación territorial              | Años disponibles | Disponible en   |
|--------------------------------|---|--|------------------|---|
| Extensión de bosque            | Indica el área cubierta por bosques en km <sup>2</sup> .                          | División administrativa mayor y menor. | 2000, 2020       | CEPALGEO<br><a href="https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=extension_bosque_2020">https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=extension_bosque_2020</a> |
| Altura promedio de bosques     | Indica la altura promedio de los bosques en metros.                               | División administrativa mayor y menor. | 2000, 2020       | CEPALGEO<br><a href="https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=altura_bosque_2020">https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=altura_bosque_2020</a>       |
| Extensión de pérdida forestal  | Indica el área en km <sup>2</sup> con reducción de altura de bosque en 20 años.   | División administrativa mayor y menor. | 2020             | CEPALGEO<br><a href="https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=perdida_bosque_2020">https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=perdida_bosque_2020</a>     |
| Extensión de ganancia forestal | Indica el área en km <sup>2</sup> con crecimiento en altura de bosque en 20 años. | División administrativa mayor y menor. | 2020             | CEPALGEO<br><a href="https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=ganancia_bosque_2020">https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?geo=ganancia_bosque_2020</a>   |

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

» Imagen 4. Altura promedio de bosques por división administrativa menor, 2020



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPALSTAT.

---

## 4. Oportunidades en el uso de imágenes satelitales para la generación de estadísticas oficiales en los países de América Latina y el Caribe

---

Actualmente, existen numerosos recursos para automatizar tanto la descarga como el procesamiento y el uso de productos satelitales, lo cual permite contar con datos actualizados casi al mismo tiempo en que se encuentran disponibles. La sistematización de los procesos de descarga y análisis de recursos de Observación de la Tierra permite:

- » Garantizar el acceso rápido y oportuno a las imágenes y la información relevante, lo cual es de gran importancia para aplicaciones tales como el monitoreo ambiental y la gestión de desastres naturales.
- » Incrementar la precisión y la confiabilidad de los datos procesados para la toma de decisiones críticas.
- » Mayor capacidad de procesamiento de grandes volúmenes de datos de observación de la Tierra, lo que facilita la creación de productos y análisis a gran escala.
- » Mayor integración de datos disponibles provenientes de múltiples fuentes de observación de la Tierra, lo que permite una visión más completa y detallada de los fenómenos terrestres.
- » Optimización de los recursos disponibles, permitiendo ahorrar tiempo y costos y asignar recursos humanos a tareas más analíticas y estratégicas.

La obtención de indicadores a partir de datos satelitales permite un monitoreo global, acceso a datos en tiempo real o históricos, y una amplia cobertura espacial, y se aplican en diversos campos, desde la agricultura y la gestión ambiental hasta la toma de decisiones y la respuesta a emergencias. Constituyen, además, una herramienta rentable que proporciona información objetiva y consistente, facilitando la gestión de recursos y la formulación de políticas efectivas a distintas escalas (local, regional, nacional).

Es por ello que las comunidades estadística y geoespacial internacionales han propuesto varios mecanismos de producción de información estadística e indicadores para el seguimiento de los compromisos internacionales, no solo para el seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, sino también para la implementación del marco mundial de indicadores de cambio climático (UN, 2021).

A nivel regional, se espera poder avanzar con este tipo de desarrollos para disponer de una mayor cantidad de productos estadísticos derivados del procesamiento de imágenes satelitales en otras áreas identificadas. La creciente capacidad y diversidad de los satélites de observación de la Tierra ofrecen una oportunidad significativa para que estos flujos de datos respalden una gran cantidad de indicadores, brindando evidencia más precisa, explícita espacialmente y actualizada con mayor frecuencia. Dentro de los grandes grupos temáticos en los cuales la información estadística y geoespacial proveniente de imágenes satelitales tiene un valor agregado, se pueden mencionar la oceanografía, la meteorología, las actividades agropecuarias y el sector energético. En este sentido, aportan información para: el seguimiento de la evolución temporal de las variables meteorológicas, la detección de floraciones de algas en el océano, la cartografía mundial del petróleo y vigilancia de derrames, el monitoreo de sequías e inundaciones, el seguimiento de la actividad ganadera, los catastros rurales y urbanos, la exploración de recursos minerales, entre otros.

---

## Bibliografía

---

- Alahmadi, M., Mansour, S., Martin, D., & Atkinson, P. M. (2021). An improved index for urban population distribution mapping based on nighttime lights (DMSP-OLS) data: An experiment in Riyadh Province, Saudi Arabia. *Remote Sensing*, 13(6), 1171
- Arnold, S., Chen J. & Eggers O. (2019). *Global and Complementary (Non-authoritative) Geospatial Data for SDGs: Role and Utilisation*. Disponible en: [https://ggim.un.org/documents/Report\\_Global\\_and\\_Complementary\\_Geospatial\\_Data\\_for\\_SDGs.pdf](https://ggim.un.org/documents/Report_Global_and_Complementary_Geospatial_Data_for_SDGs.pdf)
- Aryal, J., Sitaula, C., & Aryal, S. (2022). NDVI threshold-based urban green space mapping from sentinel-2a at the Local Governmental Area (LGA) level of Victoria, Australia. *Land*, 11(3), 351
- Bagan, H., & Yamagata, Y. (2015). Analysis of urban growth and estimating population density using satellite images of nighttime lights and land-use and population data. *GIScience & Remote Sensing*, 52(6), 765-780.
- Bagheri, S., Karimzadeh, S., & Feizizadeh, B. (2022). Investigation and modeling of physical development of urban areas and its effects on light pollution using night light data. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(1), 98-110
- Boiarskii, B. (2022). Application of NDVI and NDRE indices in the assessment of soybean productivity under controlled-release fertilizer. In *Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2022): сб. тр. по материалам VIII Междунар. конф. и молодеж. шк.(г. Самара, 23-27 мая): в 5 т.-.*
- Bouskour, S., Bahatti, L., & Zaggaf, M. H. (2023, May). The use of NDVI to improve cereals agriculture: A review. In *2023 3rd International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET)* (pp. 1-7). IEEE
- Castillo, K. D., & Lima, F. P. (2010). Comparison of in situ and satellite-derived (MODIS-Aqua/Terra) methods for assessing temperatures on coral reefs. *Limnology and Oceanography: Methods*, 8(3), 107-117.
- European Commission. *GHSL Data Package 2023*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, JRC133256, ISBN 978-92-68-02341-9 doi:10.2760/098587
- Gaur, S., & Singh, R. (2023). A comprehensive review on land use/land cover (LULC) change modeling for urban development: current status and future prospects. *Sustainability*, 15(2), 903
- Liu, Z., He, C., Zhang, Q., Huang, Q., & Yang, Y. (2012). Extracting the dynamics of urban expansion in China using DMSP-OLS nighttime light data from 1992 to 2008. *Landscape and Urban Planning*, 106(1), 62-72.
- Matosak, B. M., Fonseca, L. M. G., Taquary, E. C., Maretto, R. V., Bendini, H. D. N., & Adami, M. (2022). Mapping deforestation in cerrado based on hybrid deep learning architecture and medium spatial resolution satellite time series. *Remote sensing*, 14(1), 209
- Prăvălie, R., Sirodoev, I., Nita, I. A., Patriche, C., Dumitrașcu, M., Roșca, B., ... & Birsan, M. V. (2022). NDVI-based ecological dynamics of forest vegetation and its relationship to climate change in Romania during 1987–2018. *Ecological Indicators*, 136, 108629
- Pesaresi M, Corban C, Julea A, Florczyk A, Syrris V, Soille P. Assessment of the Added-Value of Sentinel-2 for Detecting Built-up Areas. *Remote Sensing* 8 (4); 2016. p. 299. JRC99996
- Pesaresi M., Politis P. (2023), *GHS-BUILT-S R2023A - GHS built-up surface grid, derived from Sentinel2 composite and Landsat, multitemporal (1975-2030)* European Commission, Joint Research Centre (JRC)

- Pesaresi M; Syrris V; Julea A. A New Method for Earth Observation Data Analytics Based on Symbolic Machine Learning. *Remote Sensing* 8 (5); 2016. p. 399. JRC99747  
 PID: <http://data.europa.eu/89h/9f06f36f-4b11-47ec-abb0-4f8b7b1d72ea>, doi:10.2905/9F06F36F-4B11-47EC-ABB0-4F8B7B1D72EA
- Potapov P, Hansen M.C., Pickens A., Hernandez-Serna A., Tyukavina A., Turubanova S., Zalles V., Li X., Khan A., Stolle F., Harris N., Song X.-P., Baggett A., Kommareddy I., Kommareddy A. (2022) The global 2000-2020 land cover and land use change dataset derived from the Landsat archive: first results. *Frontiers in Remote Sensing* [<https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903>]
- Roberts, M. (2021). Tracking economic activity in response to the COVID-19 crisis using nighttime lights–The case of Morocco. *Development Engineering*, 6, 100067
- Ruan, L., Yan, M., Zhang, L., Fan, X., & Yang, H. (2022). Spatial-temporal NDVI pattern of global mangroves: A growing trend during 2000–2018. *Science of The Total Environment*, 844, 157075
- Román, M.O., Wang, Z., Sun, Q., Kalb, V., Miller, S.D., Molthan, A., Schultz, L., Bell, J., Stokes, E.C., Pandey, B. and Seto, K.C., et al. (2018). NASA's Black Marble nighttime lights product suite. *Remote Sensing of Environment* 210, 113-143. doi:10.1016/j.rse.2018.03.017
- United Nations, 2021. *Climate change statistics*. Report of the Secretary-General. E/CN.3/2022/1
- Veefkind, J. P., & TROPOMI Team. (2023). Tropomi on Sentinel 5 Precursor: 5 Years Data Record of the Atmospheric Composition for Air Quality, Climate and Ozone Layer Monitoring (No. EGU23-6815). Copernicus Meetings
- Wang, Z. (2022). *Black Marble User Guide (Version 1.3)*
- Wang, Z., Shrestha, R.M., Roman, M.O., Kalb, V.L. (2022). NASA's Black Marble Multiangle Nighttime 30 Lights Temporal Composites. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 19. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2022.3176616>
- Wooster, M. J., Roberts, G. J., Giglio, L., Roy, D. P., Freeborn, P. H., Boschetti, L., ... & San-Miguel-Ayanz, J. (2021). Satellite remote sensing of active fires: History and current status, applications and future requirements. *Remote Sensing of Environment*, 267, 112694
- Xu, T., Coco, G., & Gao, J. (2020). Extraction of urban built-up areas from nighttime lights using artificial neural network. *Geocarto International*, 35(10), 1049-1066
- Zhang, Q., He, C., & Liu, Z. (2014). Studying urban development and change in the contiguous United States using two scaled measures derived from nighttime lights data and population census. *GIScience & remote sensing*, 51(1), 63-82
- Zhao, N., Liu, Y., Hsu, F. C., Samson, E. L., Letu, H., Liang, D., & Cao, G. (2020). Time series analysis of VIIRS-DNB nighttime lights imagery for change detection in urban areas: A case study of devastation in Puerto Rico from hurricanes Irma and Maria. *Applied geography*, 120, 102222
- Zhizhin, M. N., Poyda, A. A., Tyutlyaeva, E. O., Konoplev, V. V., & Elvidge, C. D. (2018). Monitoring of night fishing boat lights with VIIRS. *Curr. Probl. Remote Sens. Earth Space*, 15, 101-119



Esta publicación, de carácter bimestral, es elaborada por la División de Estadísticas de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), bajo la coordinación general de Rolando Ocampo, Director de la División. Este número fue preparado por Daniel Taccari y Lara Della Ceca, con el apoyo de Horacio Castellaro.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Los límites y los nombres que figuran en los mapas incluidos en este documento no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

<https://www.cepal.org/es/areas-trabajo/estadisticas>

S.2500821[S]



Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)  
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)  
[www.cepal.org](http://www.cepal.org)