

Manual de Usuario Cobertura y Uso de Suelo

Documento Técnico

Junio 2026

Tabla de contenido

Acceso y licencia	2
1. Resumen.....	3
2. Especificaciones del producto.....	4
2.1 Información general.....	4
2.2 Descripción del producto.....	5
2.3 Formato del producto.....	6
2.4 Contenido del producto.....	6
2.5 Capas del producto	6
2.6 Atributos de metadatos.....	10
3. Resumen metodológico	11
Referencias.....	13

Acceso y licencia

Archivos disponibles en <https://www.copernicuslac-chile.eu>

Licencia: Open & Free Data - CopernicusLAC.

Citación recomendada:

- **Manual de usuario:** "CopernicusLAC Chile. (2025). Manual de usuario: Cobertura y uso de suelo para Latinoamérica y el Caribe (Versión 1.0). <https://www.copernicuslac-chile.eu>"
- **Datos:** "CopernicusLAC Chile. (2025). Cobertura y uso de suelo para Latinoamérica y el Caribe (Versión 2.0) [Conjunto de datos]. <https://www.copernicuslac-chile.eu>"

1. Resumen

El presente documento describe una versión del servicio de clasificación de Cobertura y Uso del Suelo (Land Cover /Land Use, LCLU), específicamente diseñada para la región de Latino América y el Caribe (LAC). Su objetivo principal es establecer un sistema de monitoreo continuo que proporcione a la comunidad científica, la ciudadanía y los tomadores de decisiones una fuente confiable, abierta y actualizada de información sobre la composición, distribución y dinámica territorial de la región, con consistencia espacial y temporal.

Para el desarrollo de esta iniciativa, se definió un conjunto armonizado de clases generales de uso y cobertura del suelo, adaptado a las particularidades ecológicas y productivas de los países de la región. La integración de estas clases con información provista por instituciones nacionales y regionales permitió entrenar modelos de aprendizaje automático supervisado, basados en grandes volúmenes de imágenes multiespectrales Sentinel-2 del programa Copernicus, remuestreadas a una resolución espacial de 20m. Este enfoque multifuente y multiescalar posibilita una representación más realista del territorio, incorporando la diversidad de ambientes bioclimáticos que caracteriza a Latino América y el Caribe. Las futuras versiones del producto buscarán refinar y ampliar los niveles de clasificación, avanzando hacia una estructura jerárquica de hasta tres niveles de detalle, que permita distinguir con mayor precisión los diferentes tipos de cobertura y uso del suelo, además de aumentar el número de publicaciones anuales de estos mapas. Este proceso de mejora continua apunta a consolidar un servicio robusto, interoperable y sostenible en el tiempo, capaz de respaldar evaluaciones ambientales, planificación territorial y políticas públicas basadas en evidencia.

El producto de Cobertura y Uso de Suelo 2024 cubre un total de 2.602 teselas Sentinel-2 (110×110 kms. cada una), proporcionando información geoespacial a 20m de resolución espacial sobre la totalidad de Latinoamérica y el Caribe. Esta iniciativa contribuye directamente al seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la gestión sostenible de ecosistemas terrestres (ODS 15) y la acción climática (ODS 13), proporcionando a instituciones gubernamentales, a la comunidad científica y a los tomadores de decisiones una fuente abierta, actualizada y espacialmente coherente de información territorial para el monitoreo ambiental y la planificación del uso del suelo a escala regional.

2. Especificaciones del producto

Este capítulo detalla las especificaciones técnicas del producto de Cobertura y Uso de Suelo para América Latina y el Caribe, organizadas en los siguientes aspectos: información general del producto, descripción de su contenido temático, formato de distribución, estructura de capas y atributos de metadatos. Esta documentación está orientada a facilitar la correcta descarga, integración y uso del producto en sistemas de información geográfica y plataformas de análisis territorial y ambiental.

2.1 Información general

La presente subsección reúne los parámetros técnicos fundamentales que caracterizan el producto de Cobertura y Uso de Suelo para América Latina y el Caribe. Esta información permite al usuario conocer los atributos operativos esenciales del producto antes de su descarga e integración en proyectos de análisis ambiental o territorial. La Tabla 1 concentra los atributos generales del producto, incluyendo nombre, versión, sensor fuente (Sentinel-2), resolución espacial (20m), periodicidad, formato de distribución (Shapefile y GeoTIFF), nivel de procesamiento, esquema de clasificación (FAO GLC-SHARE, 11 clases), sistema de referencia de coordenadas y extensión de cobertura sobre las 2.602 teselas que conforman el dominio de Latinoamérica y el Caribe.

Tabla 1. Información general del producto Cobertura y Uso de Suelo.

ID Producto	Mapa de Cobertura y Uso de Suelo
Resolución espacial	0.0001796630568239042966° (~20m en la línea del ecuador)
Resolución temporal	Anual
Variable	Cobertura y Uso de Suelo
Formato	TIFF
Cobertura geográfica	33° norte, -60° sur, -123° oeste y -25° este
Cobertura temporal	2024

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Descripción del producto

El Mapa de Cobertura y Uso de Suelo 2024 abarca un total de 2.602 teselas definidas por el estándar Sentinel-2 Nivel 2A, cada una con una extensión de 110x110 kms. y una resolución espacial remuestreada a 20m. Estas teselas cubren completamente la región de Latinoamérica y el Caribe (LAC), constituyendo la base espacial operativa sobre la cual se generan las clasificaciones regionales.

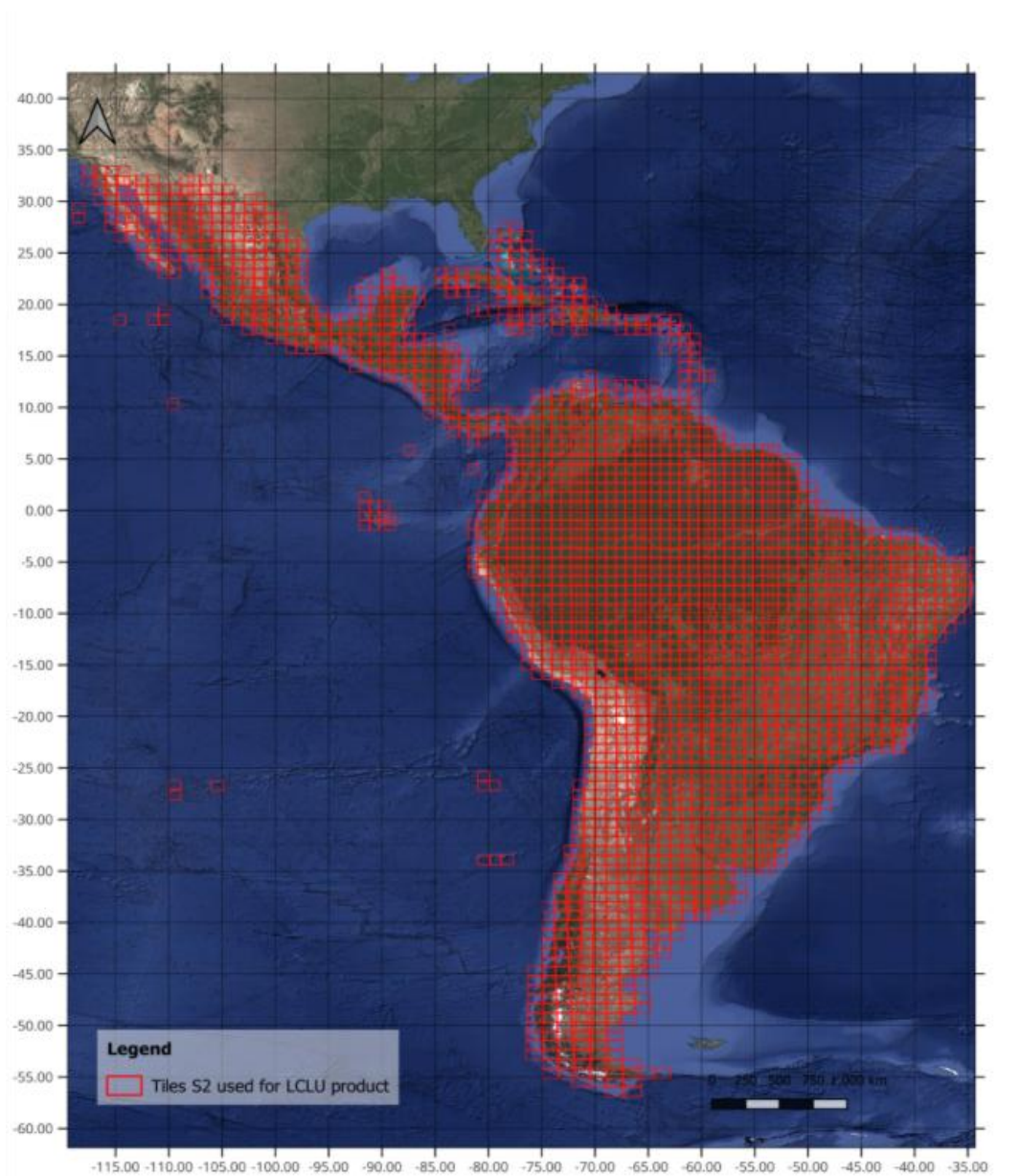


Figura 1. Muestra de las teselas que cubren la región de estudio. Fuente: Elaboración propia.

2.3 Formato del producto

Archivo descargable desde la plataforma en formato vectorial (Shapefile) y archivo ráster (Geotiff).

Shapefile: Al descargar el producto el usuario obtiene un archivo comprimido (.zip) que contiene:

- Los componentes estándar del formato (.dbf, .prj, .shp, .shx).
- Un archivo adicional en formato CSV que actúa como diccionario de clases, incluyendo los códigos, nombres y descripciones asociados al esquema LULC utilizado.

Geotiff: Al descargar el producto el usuario obtiene los archivos:

- Ráster por tesela (.tiff), siguiendo la convención de nombre de cada tesela de Sentinel-2 incluida en el polígono seleccionado.
- Tesela Ráster Virtual (.vrt) que actúa como mosaico general para la visualización y procesamiento continuo del área solicitada.

Este esquema de distribución permite tanto el análisis por tesela como la integración fluida en proyectos GIS mediante mosaicos virtuales.

2.4 Contenido del producto

El visor del servicio de Cobertura y Uso de Suelo permite visualizar un mapa de clasificación discreta que representa 11 clases de cobertura del territorio, derivadas del esquema global orientado por la FAO (2014) y adaptado a la realidad ecológica de Latinoamérica y el Caribe. El producto mantiene una resolución espacial de 20m., garantizando consistencia en la interpretación regional.

En la próxima sección se presenta la tabla oficial de clases, con su definición y correspondencia conceptual según los estándares de FAO (Latham et al., 2014).

2.5 Capas del producto

En la aplicación del servicio de Cobertura y Uso de Suelo, es posible visualizar un mapa compuesto por valores discretos que representan 11 clases de cobertura (Figura 2). Este producto posee una resolución espacial de 20m y se basa en el esquema de clasificación propuesto por la FAO en su mapa global de 2014 (Latham et al., 2014). A continuación, se presenta la tabla oficial de definiciones (Tabla 2), adaptada a partir de la documentación original de la FAO y utilizada como referencia para la clasificación regional.

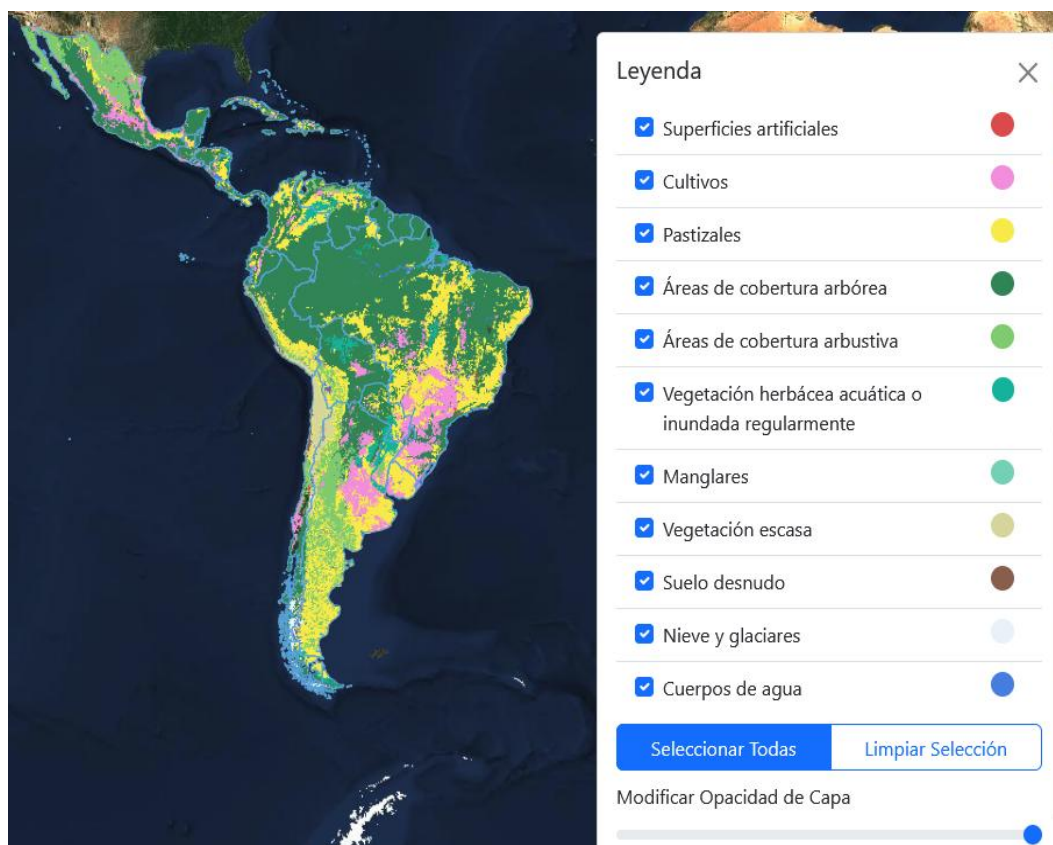


Figura 2. Despliegue de mapa de Cobertura y Uso de Suelo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Definición de categorías a clasificar.

Etiqueta	Tipos de cobertura de suelo	Descripción
1	Superficies Artificiales	Esta clase está compuesta de cualquier tipo de áreas con una predominante superficie artificial. Cualquier figura urbana o relacionada a la urbe está incluida en esta clase, por ejemplo, parques urbanos (plazas, parques, inmediaciones deportivas). La clase también incluye áreas industriales, vertederos (botaderos) y sitios de extracción.

2	Cultivos	<u>Cultivos Herbáceos</u>: La clase está compuesta de una cobertura predominante de plantas herbáceas cultivadas (gramíneas o "forbs"). Esto incluye cultivos herbáceos usados para heno. Todos los cultivos no-perennes que no duran más de una o 2 temporadas de crecimiento y cultivos como la caña de azúcar en donde la parte superior de la planta es cosechada regularmente mientras que las raíces pueden permanecer más de un año en el campo son incluidos en esta clase.
		<u>Cultivos Madereros</u>: esta clase está compuesta principalmente de una capa de cultivos permanentes (árboles, y/o cultivos de arbustos) e incluye todo tipo de huertos y plantaciones (árboles frutales, café y plantaciones de té, aceite de palma, plantaciones de caucho, árboles de navidad, etc.)
		<u>Cultivos múltiples o en capas</u>: esta clase combina diferentes tipos de cobertura de suelo: Dos capas de diferentes cultivos (madereros+herbáceo): un caso común es la presencia de una capa de cultivos madereros (árboles o arbustos), y otra capa de cultivos herbáceos, como es el caso de los campos de trigo con árboles de olivo en el sector del Mediterráneo e intensa horticultura, oasis, o la típica agricultura de la costa Africana donde los campos herbáceos son cubiertos con árboles de aceite de palma, etc. Presencia de una capa importante de vegetación natural (mayoritariamente de árboles) que cubre una capa de cultivos: un típico ejemplo son las plantaciones de café sombreadas por árboles naturales en el área ecuatorial de África.
3	Pastizales	Esta clase incluye cualquier área geográfica dominada por plantas herbáceas naturales (pastizales, praderas, estepas y sabanas) con una cobertura de 10% o más, independientemente de las diferentes actividades humanas y/o de animales, tales como: pastoreo, control selectivo de fuegos, etc. Plantas leñosas (árboles y/o arbustos) pueden estar presentes asumiendo que su cobertura es menor al 10%.
4	Áreas de cobertura arbórea	Esta clase incluye cualquier área geográfica dominada por árboles naturales con una cobertura del 10% o más. Otros tipos de plantas (arbustos y/o hierbas) pueden estar presentes, incluso con una densidad mayor a los árboles. Esta clase incluye áreas estacionales o inundadas permanentemente con agua fresca. Esta clase excluye a los manglares costeros. (*Áreas plantadas con árboles debido a propósitos de aforestación y a plantaciones no son incluidos en esta clase)

5	Áreas de cobertura arbustiva	Esta clase incluye cualquier área geográfica dominada por arbustos naturales que tienen una cobertura de 10% o más. Árboles pueden estar presente en una forma dispersa si su cobertura es menor al 10%. Plantas herbáceas pueden también estar presentes en cualquier densidad. Esta clase incluye áreas de cobertura arbustiva inundadas permanente o regularmente por agua dulce fresca. Esta clase excluye arbustos inundados por agua salada o salobre en áreas costeras.
6	Vegetación herbácea, acuática, o inundada regularmente	Esta clase incluye cualquier área geográfica dominada por vegetación herbácea natural (cobertura del 10% o más) que es inundada permanente o regularmente por agua fresca o salobre (pantanos, marismas, etc.). La inundación debe persistir por al menos 2 meses al año para ser considerada como regular. Vegetación leñosa (árboles y/o arbustos) puede estar presente si su cobertura es menor al 10%.
7	Manglares	Esta clase incluye cualquier área geográfica dominada por vegetación leñosa (árboles y/o arbustos) con cobertura de 10% o más que está permanente o regularmente inundada por agua salada o salobre localizadas en las áreas costeras o en los deltas de ríos.
8	Vegetación escasa	Esta clase incluye cualquier área geográfica donde la cobertura de vegetación natural se encuentra entre el 2% y 10%. Esto incluye áreas inundadas permanente o regularmente.
9	Suelo desnudo	Esta clase incluye cualquier área geográfica dominada por superficies abióticas naturales (suelo desnudo, arena, rocas, etc.) donde la vegetación natural está ausente o casi ausente (coberturas menores al 2%). Esta clase incluye áreas inundadas regularmente por agua dulce (costas de lagos, riveras de ríos, salinas, etc.). Esta clase excluye áreas costeras afectadas por el movimiento de marea de agua salada.
10	Nieve y glaciares	Esta clase incluye cualquier área geográfica cubierta por nieve o glaciares que persisten 10 meses o más.
11	Cuerpos de agua	Esta clase incluye cualquier área geográfica cubierta durante la mayoría del año por cuerpos de agua dulce. En algunos casos el agua puede estar congelada durante parte del año (menos de 10 meses). Debido a que la extensión geográfica de los cuerpos de agua puede cambiar, los límites deben estar determinados consistentemente con la clase 11 según la situación dominante durante el año y/o entre múltiples años.

Fuente: Adaptado de Latham et al. (2014), FAO GLC-SHARE.

2.6 Atributos de metadatos

Los Geotiff se describen a nivel de archivo (Tabla 3) y a nivel de banda (Tabla 4):

Tabla 3. Metadatos de Geotiff a nivel de archivo.

Atributo	Descripción	Ejemplo		
copyright	Aviso de Copyright	CopernicusLAC Chile 2025/ data referencial		
tipo de datos	tipo de datos	UInt18 - Entero natural de 16 bits		
formato imagen	Metadatos del controlador de GDAL	GeoTIFF		
src	Sistema de referencia de coordenadas	EPSG:4326 - WGS 84		
unidades	Unidades del SRC	Lat/long (geográfico)		
tamaño píxel	Resolución espacial en grados	0.0001796630568239042966, - 0.0001796630568239042966		
leyenda	Significado de código hexagesimal	Clase	Nº clase	Número decimal
		Superficies artificiales	1	4096
		Cultivo	2	8192
		Pastizales	3	12288
		Áreas de Cobertura arbórea	4	16384
		Áreas de cobertura arbustiva	5	20480
		Vegetación herbácea acuática o inundada regularmente	6	24576
		Manglares	7	28672
		Vegetación escasa	8	32768
		Suelo desnudo	9	36864
		Nieve y glaciares	10	40960
		Cuerpos de agua	11	45056

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Metadatos de Geotiff a nivel de banda

Atributo	Descripción	Ejemplo
Descripción	Nombre de Banda	Banda 1
noDataValue	Valor usado para representar pixeles sin información o sin clase definida	0
Offset	offset a aplicar a los datos	NA
Escala	escala a aplicar a los datos	NA
Tabla de color	Información de representación de color	RGB

Fuente: Elaboración propia.

3. Resumen metodológico

El proyecto tiene como objetivo generar un mapa de cobertura y uso del suelo para la región de Latina América y el Caribe (LAC). Para ello, se utiliza un conjunto diverso de datos de entrada que incluye imágenes satelitales Sentinel-2, el modelo de elevación digital Copernicus GLO-30 (30m.), y mapas de clasificación de referencia de varios países. La leyenda de clasificación se basa en el sistema GLC-SHARE de la FAO (Latham et al., 2014), que consta de 11 categorías. Una decisión clave fue mantener la distinción entre "Suelo desnudo" y "Vegetación escasa", crucial para representar ecosistemas desérticos locales, a diferencia de otros sistemas globales que las agrupan.

Como preparación de datos, se realizó una armonización minuciosa de las clases de los distintos mapas de referencia nacionales para asegurar la comparabilidad transnacional, consolidándolas en 23 categorías intermedias que se agrupan en las 11 clases finales. Las imágenes Sentinel-2 del año 2024 fueron procesadas para eliminar nubes, utilizando un esquema de filtrado diferenciado según el nivel de nubosidad de cada tesela. A partir de estas imágenes limpias, se calcularon métricas tempo-espectrales anuales (medianas y percentiles) que, junto con los datos topográficos (elevación, pendiente y aspecto) (DLR e.V. & Airbus Defence and Space GmbH, 2018) y la información de biomas (RESOLVE, 2024), formaron el conjunto de variables predictoras para el modelo.

Para el entrenamiento del modelo se empleó una arquitectura de red neuronal avanzada llamada SFA Net (Hwang et al., 2024), basada en U-Net con un backbone de EfficientNet-B5 (Tan & Le, 2019). Este modelo se encuentra previamente preentrenado con el conjunto de datos ImageNet-1k y luego fue adaptado para procesar las variables espectrales, topográficas y categóricas (como el bioma, incorporado mediante un embedding). El entrenamiento incluyó estrategias específicas para manejar el desbalance entre clases, utilizando una función de pérdida focal y pesos híbridos para dar mayor importancia a

categorías subrepresentadas, pero ecológicamente críticas, como los manglares. El proceso se optimizó con un "data loader" eficiente y un criterio de parada temprana para garantizar un modelo robusto.

Finalmente, la clasificación se realizó dividiendo el territorio en parches de 512x512 píxeles, que se procesaron con un 50% de superposición para evitar artefactos en los bordes. Cada píxel fue clasificado según la clase de máxima probabilidad. Para refinar el resultado, se aplicó un posprocesamiento que incluyó una limpieza específica de las zonas de solapamiento entre parches y un filtro mediano para suavizar el ruido puntual y producir un mapa final coherente y listo para el análisis territorial a escala regional.

La evaluación del desempeño del modelo se realizó sobre un conjunto de datos de prueba independiente (20 % del total), calculando métricas globales de intersección sobre la unión (IoU) y F1-score por clase. Los resultados globales reportan un F1-score de 0,81 e IoU de 0,69. Las categorías de mayor extensión y representatividad espectral, como vegetación boscosa, tierras agrícolas y cuerpos de agua, presentaron IoU superiores a 0,80. Las categorías de menor representación en el conjunto de entrenamiento, como manglar y vegetación escasa, mostraron mayor variabilidad según la región geográfica. La consistencia del producto fue evaluada adicionalmente mediante comparación con mapas de cobertura nacionales disponibles de países seleccionados de la región y con el producto global GLC-SHARE de la FAO, confirmando la coherencia del esquema de clasificación con los sistemas de referencia internacionales e identificando áreas de mejora para versiones futuras, en particular en la distinción entre clases de vegetación abierta y la delimitación de zonas de transición ecológica en ecosistemas de sabana y páramo.

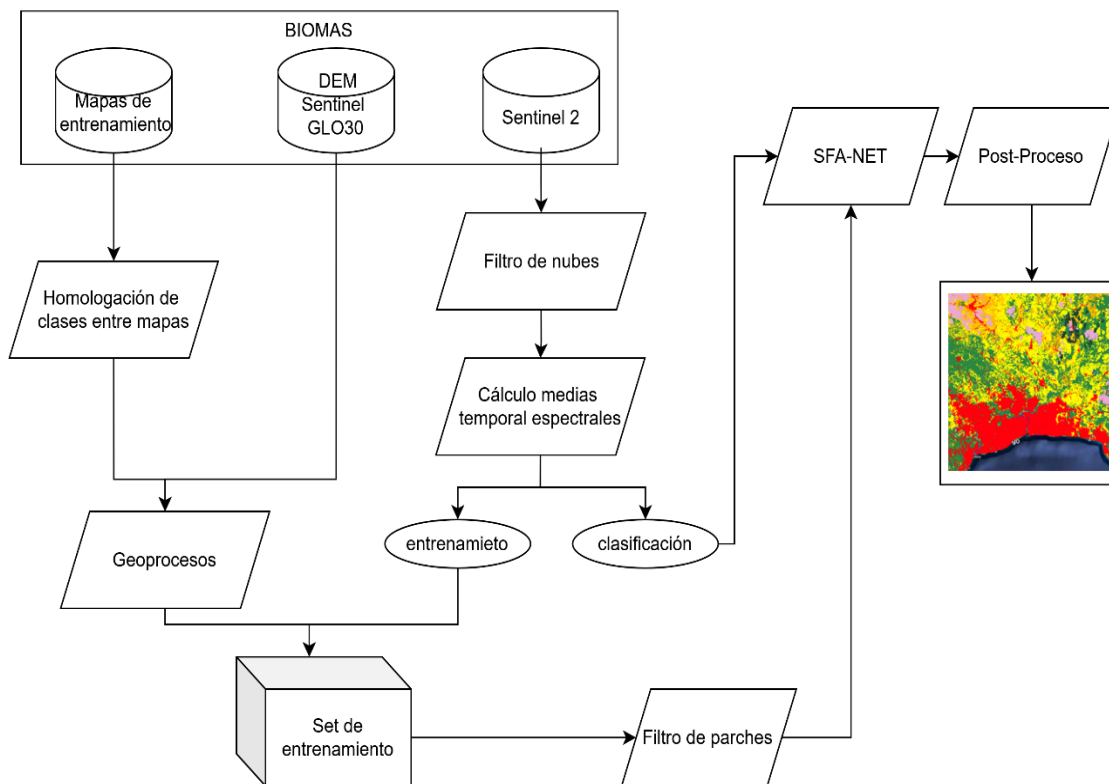


Figura 3. Metodología general utilizada en el desarrollo de mapa de Cobertura y Uso de Suelo. Fuente: elaboración propia.

Referencias

DLR e.V., & Airbus Defence and Space GmbH. (2018). *Copernicus WorldDEM-30* [Conjunto de datos]. Copernicus.

Hwang, G., Jeong, J., & Lee, S. J. (2024). SFA-Net: Semantic feature adjustment network for remote sensing image segmentation. *Remote Sensing*, 16(17), Artículo 3278. <https://doi.org/10.3390/rs16173278>

Latham, J., Cumani, R., Rosati, I., & Bloise, M. (2014). *FAO global land cover (GLC-SHARE) beta-release 1.0 database*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Land and Water Division.

RESOLVE. (2024). *Ecoregions of the World* [Mapa]. <https://ecoregions.world/>

Tan, M., & Le, Q. V. (2019). *EfficientNet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.11946>