MAPBIOMAS
COLOMBIA

# Apéndice - Coberturas Inundables

## Algorithm Theoretical Basis Document - ATBD

**Colección 4.0**

**Versión 1.0**




**Noviembre de 2026**

**Coordinación del proyecto MapBiomas Colombia**
Adriana Rojas Suárez

**Coordinación técnica del proyecto MapBiomas Colombia**
Karen Andrea Huertas

**Responsable técnico transversal de inundables**
Janner Simbaqueba
Miguel Restrepo

**Desarrollo**
Luis Medina

**Equipo de especialistas**
Janner Simbaqueba
Miguel Restrepo

**Estructura y redacción del documento**
Miguel Restrepo
Janner Simbaqueba

**Institución**
Fundación Gaia Amazonas

Gaia
Amazonas

Calle 70a # 11- 30

Bogotá, Colombia.

(57-1) 772 35 42 / (57-1) 805 37 68

contacto@gaiaamazonas.org

https://www.gaiaamazonas.org

**Cómo citar:**
MapBiomas Colombia. (2026). Apéndice - Coberturas Inundables. Colección 4.0 de la Serie Anual de Mapas de Cobertura y Uso del Suelo de Colombia (1985–2025). Fundación Gaia Amazonas. https://plataforma.colombia.mapbiomas.org/

**CONTENIDO**


1. Introducción..... 7
2. Metodología MapBiomas Colombia - Transversal Coberturas Inundables..... 11
    2.1. Flujo metodológico..... 11
    2.2. Definición y Construcción de los Mosaicos Satelitales.....12
    2.3. Corrección Topográfica..... 13
    2.4 Generación de máscaras de referencia..... 14
    2.5 Regiones operativas de clasificación.....15
    2.6 Selección de variables de clasificación.....16
    2.7 Muestras de entrenamiento..... 18
3 Clasificación..... 19
    3.1 Clases identificadas..... 20
        3.1.1 Bosque Inundable - (ID 6)..... 20
        3.1.2 Formación Natural No Forestal Inundable - (ID 11).....24
        3.1.3 Herbazal o Arbustal Andino inundable- (ID 82)..... 28
4 Post-clasificación.....30
    4.1 GAP FILL (Llenado de vacíos de información)..... 30
    4.2 Filtro temporal..... 30
    4.3 Filtro espacial..... 31
    4.4 Filtro de frecuencia..... 31
    4.5 Filtro espacial por pendiente y HAND.....32
5 Referencias.....33

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Capas de referencia utilizadas para el proyecto. Fuente: Adaptado de MapBiomas C3, 2025..... 15

Tabla 2. Variables para la clasificación de coberturas inundables de la Colección 4. *Kauth, R. J. and Thomas, G. S. (1976) desarrollaron coeficientes que realzan la información contenida en las bandas espectrales (Landsat) y generaron fórmulas a las que se refirieron como "Tasseled Cap" (TC), representadas en tres bandas: Brightness (brillo) está asociado a las variaciones de reflectancia del suelo, Greeness (verdor) está correlacionado con el vigor de la vegetación, y Wetness (Humedad) está influído por las bandas en el IR medio y tiene que ver con la humedad vegetal y del suelo (Kauth & Thomas, 1976).....17

Tabla 3. Fuentes de referencia de Bosque inundables (ID 6) , formación no forestal inundable (ID 11) y herbazales o arbustales andinos inundables (82). Fuente: Elaboración propia..... 18

Tabla 4. Reglas de aplicación de filtro temporal y resultados. Fuente: MapBiomas Colección 4, 2022. Donde RG es una regla general, aplicada a todos los años intermedios (1986 - 2024); RP es una regla de primer año, aplicada solo al año 1985; y RU es una regla de último año, aplicada al año 2025. T0 es el año sobre el cual es aplicado el filtro, T-n los años anteriores, y T+n, los años posteriores. Bi: Bosque inundable. Fi: Formación natural no forestal inundable, No: No observado.....31

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Bosques inundables - Territorio indígena Isana-Surubí (Fotógrafo: Felipe Rodriguez)..... 8
Figura 2. Herbazal o Arbustal Andino - Parque Nacional Natural Sumapaz (Fotógrafa: Yulieth Ávila)..... 8
Figura 3. Diagrama metodológico para la identificación de coberturas inundables..... 10
Figura 4. Área de estudio, países y biomas que lo componen..... 11
Figura 5. Comparación de procesamiento de Mosaicos Landsat..... 13
Figura 6..... 15
- Delimitación de regiones de clasificación a partir de mapas de referencia. Fuente: Elaboración propia. En total se generaron 55 regiones de clasificación para el territorio colombiano, de estas 19 corresponden al bioma amazónico, 13 al andino, 7 al caribeño, 7 a la orinoquía, 6 al pacífico y 3 a los insulares..... 15
Figura 7. Muestras de entrenamiento: (a) composición de la máscara de referencia para muestras de entrenamiento, en este caso, por ejemplo, se usaron las referencias Cifor (color amarillo) y referencia nacional (color rojo); (b) muestras sorteadas aleatoriamente para cobertura de Bosque inundable (ID6); (c) muestras sorteadas aleatoriamente para cobertura de Formación natural no forestal inudable (ID11). Fuente: MapBiomas Colección 3, 2024..... 18
Figura 8. Respuesta Espectral Bosque inundable en el bioma Amazonía. Mapiripán, Meta, Año: 2024, Escala: 2km, Coordenadas: -72.1335 W, 2.8923 N. (Leyenda Bqln)..... 19
Figura 9. Respuesta Espectral de la clase Bosque Inundable en el bioma Caribe. Rio Magdalena, Límites entre Bolívar y Santander, Año: 2022, Escala: 200m, Coordenadas:-73.82262 W, 7.76953 N (Leyenda Bqln)..... 20
Figura 10. Respuesta Espectral de los bosques inundables en el bioma Orinoquía. Río Tuparro, Cumaribo - Vichada, Año: 2021, Escala: 1000 m, Coordenadas: -68.04943 W, 5.21289 N (Leyenda Bqln)..... 21
Figura 11. Respuesta Espectral Bosque Inundable en el bioma Pacifico. Río Atrato, Riosucio - Antioquia, Año: 2024, Escala: 500 m, Coordenadas: -77.10302 W, 7.45646 N (Leyenda Bqln).. 22
Figura 12. Respuesta Espectral Formación Natural No Forestal Inundable en el bioma Amazonía. Río Apaporis, límite entre Vaupés y Amazonas, Año: 2021, Escala: 1km, Coordenadas: -70.91985 W, -0.16152 (Leyenda FNnFI)..... 23
Figura 13. Respuesta espectral de Formación Natural no Forestal Inundable en el bioma Andes..... 24
Figura 14. Respuesta Espectral de la clase Formación Natural No Forestal Inundable en el bioma Caribe . Ciénaga Zurra, Tenerife Magdalena, Año: 2022, Escala: 500 m, Coordenadas: -74.85062 W, 9.86896 N. (Leyenda FNnFI)..... 25
Figura 15. Respuesta Espectral de los bosques inundables en el bioma Orinoquía. Río Tuparro, Cumaribo - Vichada, Año: 2021, Escala: 1000 m, Coordenadas: -68.04943 W, 5.21289 N. (Leyenda FNnFI)..... 26
Figura 16. Respuesta Espectral Bosque Inundable en el bioma Pacifico. Río Atrato, Riosucio - Antioquia, Año: 2018, Escala: 500 m, Coordenadas: -77.10302 W, 7.45646 N (Leyenda FNnFI)..... 27
Figura 27 Respuesta Espectral Herbazales o arbustales inundable altoandino - Andes... 28

Figura 18. Filtro de relleno de vacíos. Fuente: MapBiomas Colección 3, 2025..... 29
Figura 19. Efecto de la aplicación del filtro espacial. Fuente: MapBiomas Colección 3, 2025.... 30
Figura 20. Efecto de la aplicación del filtro de frecuencia. Fuente: MapBiomas Colección 3, 2025..... 31
Figura 21.Filtro espacial por pendiente y HAND. Fuente: MapBiomas Colección 3, 2025.....32

## 1. Introducción

Colombia presenta una notable diversidad de humedales, producto de su heterogeneidad topográfica y su localización intertropical, que determina regímenes climáticos singulares (Vilardy et al., 2004). Estos ecosistemas proveen una amplia gama de servicios ecosistémicos, fundamentales tanto para la biota asociada como para las comunidades humanas que dependen de ellos (de Groot et al., 2006; Maltby et al., 2013). No obstante, la interacción de dinámicas naturales y presiones antrópicas induce una alta variabilidad espacio temporal en estos sistemas, lo que complica su delimitación y monitoreo mediante sensores remotos (MEA, 2005; Patiño & Estupiñan-Suarez, 2016).

Dicha complejidad, sumada a su relevancia ecológica, exige el desarrollo de metodologías de mapeo específicas que capturen con mayor exactitud sus características físicas. En este marco, la aproximación implementada en la **Colección 4 de MapBiomas Colombia** aborda este desafío, logrando clasificar tres clases de cobertura anegada clave para acercarnos y profundizar sus dinámicas espacio temporales: **Bosques inundables (ID 6)**, **formaciones naturales no forestales inundables (ID 11)** y **Herbazal o Arbustal Andino inundable (ID 82)**.

El marco conceptual para el mapeo de estas coberturas se fundamenta en la definición de la Convención de Ramsar (Irán, 1971). El artículo 1.1 de dicha convención establece una definición amplia:

***"A los efectos de la presente Convención son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros".***

Dicha definición es ampliada por el artículo 2, el cual añade que los humedales ***"podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal"***. Este marco general se adapta para contextos regionales específicos, incorporando las observaciones de Wittmann et al. (2011) para la cuenca amazónica. Estos autores destacan que el pulso de inundación monomodal característico de la región genera profundidades de 6 a 16 metros, superando el umbral de Ramsar y determinando fases acuáticas y terrestres anuales bien diferenciadas.

Los bosques inundables se distribuyen principalmente como extensiones continuas de masa forestal en los valles aluviales (véase Figura 1). Las mayores extensiones se localizan en las regiones de la Amazonía y el Chocó biogeográfico. En la Orinoquía, se manifiestan como bosques de galería; en los Andes, predominan los bosques riparios; y en el Caribe y Pacífico, corresponden a formaciones de manglar en el litoral y a componentes estructurales de los complejos de ciénagas del bajo Magdalena específicamente en el Caribe.



**Figura 1.** Bosques inundables - Territorio indígena Isana-Surubí (Fotógrafo: Felipe Rodriguez)

Por su parte, las formaciones naturales no forestales sujetas a inundación predominan en las sabanas de la Orinoquía (véase Figura 2) y en los sistemas de ciénagas de la macrocuenca Magdalena-Cauca, en la región Caribe. En la región Pacífica, estas coberturas se distribuyen principalmente a lo largo de las riberas del río Atrato, mientras que, en la región Andina, se localizan en áreas inundables, asociadas en su mayoría a humedales urbanos.



**Figura 2.** Formación natural no forestal inundable - Paz de Ariporo (Fotógrafo: Nestor Espejo)

Los herbazales y arbustales andinos inundables constituyen componentes relevantes de los complejos de páramo y los humedales altoandinos. Para su identificación y clasificación cartográfica, se estableció un umbral altitudinal superior a los 2.900 m s. n. m. (véase Figura 3).



**Figura 3.** Herbazal o Arbustal Andino - Parque Nacional Natural Sumapaz (Fotógrafa: Yulieth Ávila)

Estas categorías de cobertura desempeñan un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad, la regulación hídrica y el ciclo de nutrientes, además de proporcionar múltiples contribuciones de la naturaleza, entre las que se destaca su capacidad para regular los flujos de agua y contribuir a la mitigación del riesgo de inundación. No obstante, se encuentran expuestas a diversas presiones y amenazas que comprometen su integridad ecológica y funcional. En este contexto, resulta fundamental disponer de información cartográfica que permita su identificación, delimitación cartográfica y monitoreo sistemático, como base para fortalecer su conservación y gestión sostenible.

Es importante señalar que el proceso de clasificación considera las particularidades de las coberturas presentes en las diferentes ecorregiones del país, con el propósito de mantener la coherencia temática y espacial en su identificación e interpretación. En este sentido, se toman como referencia las cinco regiones naturales de Colombia (Caribe, Andina, Pacífica, Orinoquía y Amazonía), cuya distribución geográfica se presenta en la Figura 4.

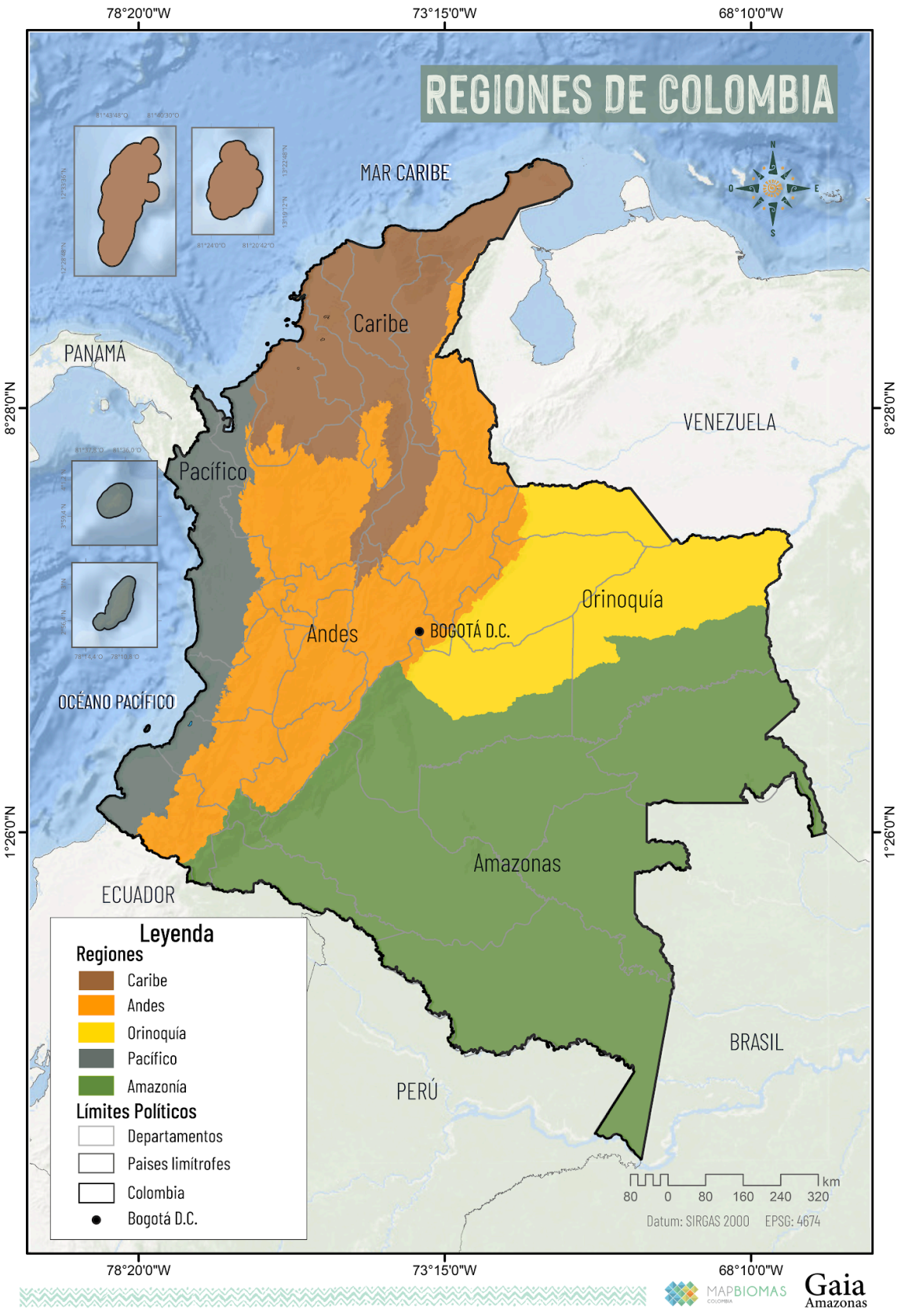



**Figura 4.** División por regiones naturales para tener coherencia temática en la interpretación de coberturas.

## 2. Metodología MapBiomas Colombia - Transversal Coberturas Inundables

### 2.1. Flujo metodológico

El mapeo de las coberturas inundables se llevó a cabo sobre una serie temporal de 41 años, abarcando el periodo entre 1985 y 2025, con el fin de detectar la variación temporal y espacial generada tanto por las dinámicas naturales como por las presiones antrópicas que afectan estas coberturas. Como antecedentes clave en el proceso de interpretación y clasificación, se contó con la experiencia adquirida en las colecciones anteriores de MapBiomas Colombia junto con asesoría de expertos para entender el comportamiento de estas coberturas anegadas. La clasificación completa se estructuró en tres etapas principales: (I) definición y construcción de mosaicos satelitales, (II) clasificación, y (III) aplicación de filtros de postprocesamiento.

Cada etapa incluyó diversos pasos, tales como la recopilación de datos de referencia, la definición de zonas de muestreo, clasificaciones preliminares para pruebas y ajustes metodológicos. El proceso de clasificación completo se presenta esquemáticamente en la Figura 4.

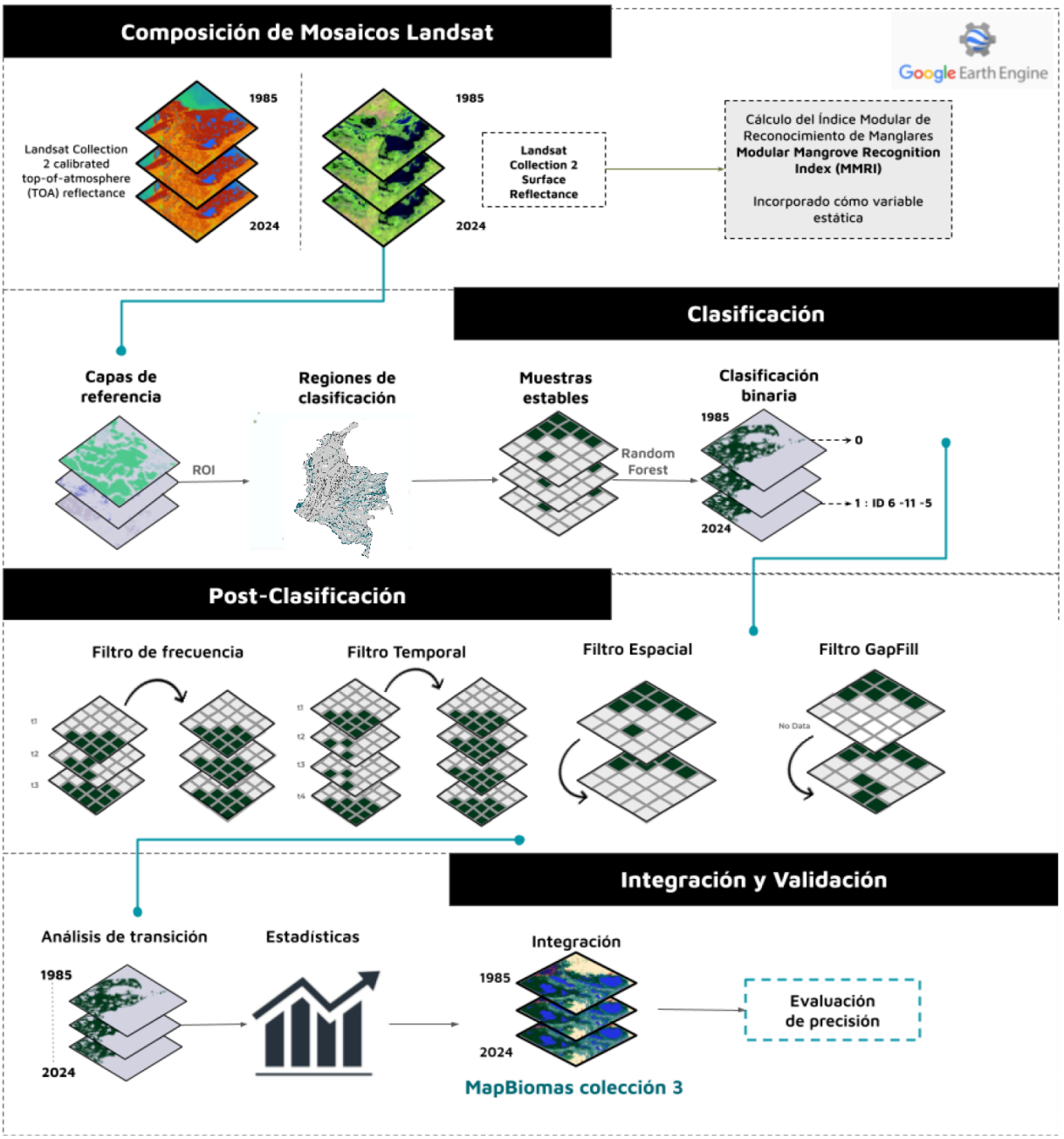



**Figura 5.** Diagrama metodológico para la identificación de coberturas inundables

## 2.2. Definición y Construcción de los Mosaicos Satelitales

Los mosaicos utilizados para identificar las coberturas inundables fueron los generados para el mapa de coberturas y uso de la Colección 4 MapBiomas Colombia; estos se construyeron a partir de las imágenes de la constelación Landsat disponibles en las colecciones de Google Earth Engine®; adicional a la información espectral base calculada, se adicionaron las bandas asociadas al índice Tasseled Cap (Crist & Cicone, 1984), en sus tres diferentes componentes: Brightness, Greenness y Wetness.

Cada mosaico se formó con 141 bandas que contemplan, además de las propias del satélite, índices espectrales derivados que utilizan los siguientes métodos de agregación[1]:

- Mediana (_median): Mediana por píxel de las imágenes correspondientes al periodo de mapeo óptimo definido para cada año[2].
- Mediana época seca (_dry): Mediana por píxel de las imágenes ubicadas en el percentil 25% anual de NDVI.
- Mediana época húmeda (_wet): Mediana por píxel de las imágenes ubicadas en el percentil 75% anual de NDVI.
- Amplitud (_amp): Amplitud anual por pixel.
- Desviación estándar (_stdDev): Desviación estándar anual por pixel.
- Mínimo (_min): Mínimo anual por pixel.
- Máximo (_max): Mínimo anual por pixel.

La selección de escenas y construcción de los mosaicos definitivos se realizó utilizando como referencia los siguientes parámetros, almacenados como metadatos en cada asset construído:

- ID: Identificador único de la región.
- Año: Año (1985 a 2025) al que corresponde el mosaico.
- Carta: Identificador de la carta
- Fecha inicial y final: Fechas utilizadas para la selección de imágenes de las colecciones disponibles en Google Earth Engine.
- Sensor: Identificador del sensor (L5: Landsat 5 TM, L7: Landsat 7 ETM+,L8: Landsat 8 OLI, L9: Landsat 9, LX: Combinación de escenas de Landsat 5 y Landsat 7, LY: Combinación de escenas de Landsat 8 y Landsat 9.)
- Cobertura de nubes: Porcentaje máximo permitido de cobertura de nubes. Se excluyeron de la creación de los mosaicos las escenas que superan ese porcentaje.
- Blacklist: Lista de escenas consideradas de mala calidad, que son excluidas de la construcción del mosaico.

### 2.3. Corrección Topográfica

Varias zonas del país se caracterizan por presentar un relieve montañoso, lo cual, frecuentemente repercute en la aparición de sombras en la imagen landsat debido a la orientación de las laderas frente al vector solar y las condiciones de iluminación de cada escena, definidas por el ángulo cenital del sensor en el momento de la toma. Estas limitaciones se manifiestan de forma que, para un mismo tipo de cobertura, algunos pixeles presentan una reducción de los niveles de reflexión de la luz y tiende a generarse un error al momento de clasificar dichas coberturas.

Una de las mejoras implementadas en la colección 3.0 Mapbiomas Colombia consiste en la aplicación de una corrección topográfica en el mosaico que permite atenuar las sombras y homogeneizar la zona de mapeo. Dicha corrección se aplicó en un total de 2255 mosaicos en 57 path rows en las diferentes regiones de parametrización de mosaicos, estos mosaicos no se

[1] Estos métodos de agregación se aplicaron a las imágenes Landsat seleccionadas por path-row, y a todos los índices espectrales derivados de ellas.

[2] Cada país evaluó y definió un período óptimo del año tomando como criterios: 1) la disponibilidad o cobertura de datos, 2) el contraste espectral entre clases y 3) las características fenológicas de la cobertura vegetal en diferentes momentos del año. Este periodo fue aplicado para calcular las bandas que emplearon el reductor de "mediana", mientras que para las demás bandas que emplearon otros reductores se consideró la totalidad de imágenes disponibles en el año calendario.

implementaron la región Orinoquia y los path row correspondientes a la alta Guajira, donde no fue necesaria la corrección debido a la baja pendiente.

Un ejemplo del cambio de mosaicos para la colección tres se presenta en la Figura 5 para el Parque Nacional Natural Tayrona, donde se puede observar una comparativa entre los mosaicos.

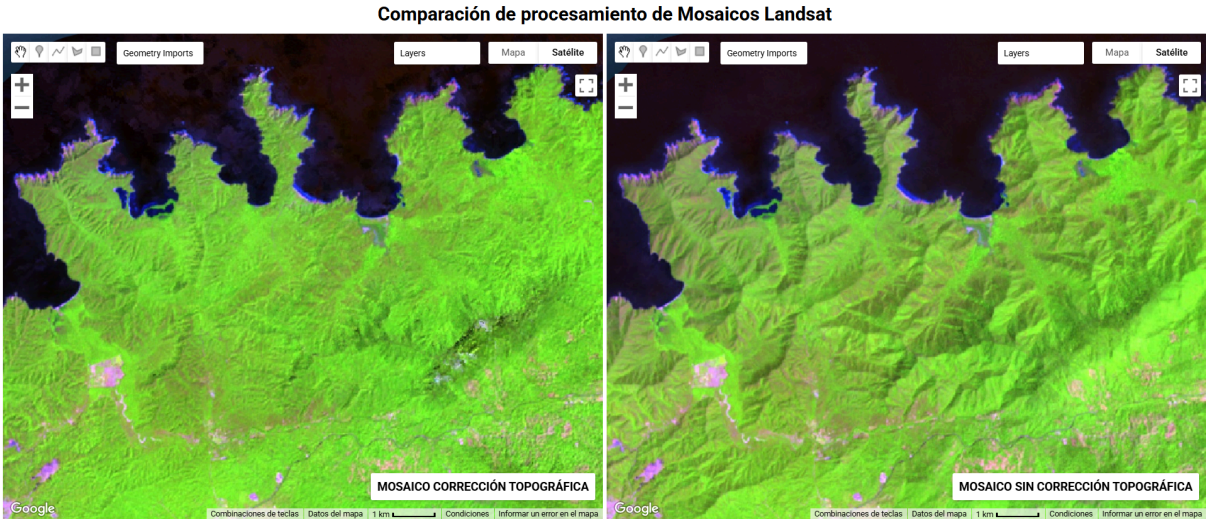



**Figura 6.** Comparación de procesamiento de Mosaicos Landsat

## 2.4 Generación de máscaras de referencia

A partir de los mosaicos generados para cada país, se seleccionaron aquellos correspondientes a las zonas de inundación utilizando capas vectoriales de diversas fuentes, con el objetivo de establecer los límites de las áreas inundables a clasificar (Tabla 1, Figura 6). Solo los mosaicos ubicados dentro de estas áreas se emplearon para la clasificación, excluyéndose del procesamiento aquellos que se encontraban fuera de estos límites. Es importante destacar que no todas las fuentes de referencia se usaron en todas las regiones de clasificación; en su lugar, se seleccionaron para cada región las referencias con mejor calidad de datos en relación a la cobertura inundable observada. Esta selección específica buscó reducir el ruido causado por capas no ajustadas y mejorar la exactitud temática de la clasificación.

| Referencia | Fuente |
|---|---|
| Tropical and Subtropical Wetlands Distribution | Gumbricht, T.; Román-Cuesta, R.M.; Verchot, L.V.; Herold, M.; Wittmann, F; Householder, E.; Herold, N.; Murdiyarso, D., 2017, "Tropical and Subtropical Wetlands Distribution", https://doi.org/10.17528/CIFOR/DATA.00058, Center for International Forestry Research (CIFOR), V7 https://www2.cifor.org/global-wetlands/ |
| LBA-ECO LC-07 JERS-1 SAR Wetlands Masks and Land Cover, Amazon Basin: 1995–1996 | Hess LL, Melack JM, Novo EMLM, Barbosa CCF, Gastil M. LBA-ECO LC-07 JERS-1 S; 2015. |
| Multi-source Global Wetland Maps Combining Surface Water Imagery and Groundwater Constraints | Tootchi, Ardalan; Jost, Anne; Ducharne, Agnès (2018): Multi-source global wetland maps combining surface water imagery and groundwater constraints. Sorbonne Université, Paris, France, PANGAEA, https://doi.org/10.1594/PANGAEA.892657 https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.892657?format=html#download |
| GFPLAIN250m, a Global High-Resolution Dataset of Earth's Floodplains | Nardi, F. et al. GFPLAIN250m, a global high-resolution dataset of Earth's floodplains. Sci. Data. 6:180309 doi: 10.1038/sdata.2018.309 (2019). |

| | |
|---|---|
| Terrestrial Ecoregions of the World | https://www.worldwildlife.org/publications/terrestrial-ecoregions-of-the-world |
| Remote Sensing of the Distribution and Extent of Wetlands in the Amazon Basin | Melack JM, Hess LL; 2010. pp. 43-59 |
| A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands | Junk WJ, Piedade MTF, Schöngart J, Cohn-Haft M, Adeney JM, Wittmann F 2011;31: 623-640. |
| Global 30m Height Above the Nearest Drainage | Donchyts, Gennadii, Hessel Winsemius, Jaap Schellekens, Tyler Erickson, Hongkai Gao, Hubert Savenije, and Nick van de Giesen. "Global 30m Height Above the Nearest Drainage (HAND)", Geophysical Research Abstracts, Vol. 18, EGU2016-17445-3, 2016, EGU General Assembly (2016). https://gena.users.earthengine.app/view/global-hand |
| Mapa de humedales de Colombia, Memoria técnica cartografía de humedales del país a escala 1:100.000 | Colombia en mapas - Flórez-Ayala, C., Estupiñán-Suárez, L. M., & Aponte, C. Memoria técnica cartografía de humedales del país a escala 1: 100.000. |
| Cobertura de la Tierra Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia Periodo 2018. | IDEAM, SINCHI, PNN http://geoservicios.ideam.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search;jsessionid=97B6F80606F3D7E735B92FA7456F174E#/metadata/285c4d0a-6924-42c6-b4d4-6aef2c1aceb5 |
| Mapa de ecosistemas continentales, marinos y costeros de Colombia 2017. Versión 2.1 | IDEAM, 2017 http://www.ideam.gov.co/web/siac/catalogo-de-mapas |

**Tabla 1.** Capas de referencia utilizadas para el proyecto. **Fuente: Adaptado de MapBiomas C3, 2025.**

## 2.5 Regiones operativas de clasificación

Asimismo, a partir de la delimitación de las regiones naturales, se establecieron 55 regiones operativas de clasificación, entendidas como subdivisiones espaciales que permiten abordar el territorio mediante unidades de análisis más homogéneas. Esta estrategia facilita la implementación de los modelos de clasificación, optimiza el uso de los recursos computacionales y favorece el control de la coherencia temática y espacial de los datos, así como la consistencia de los resultados obtenidos (Véase figura 7).

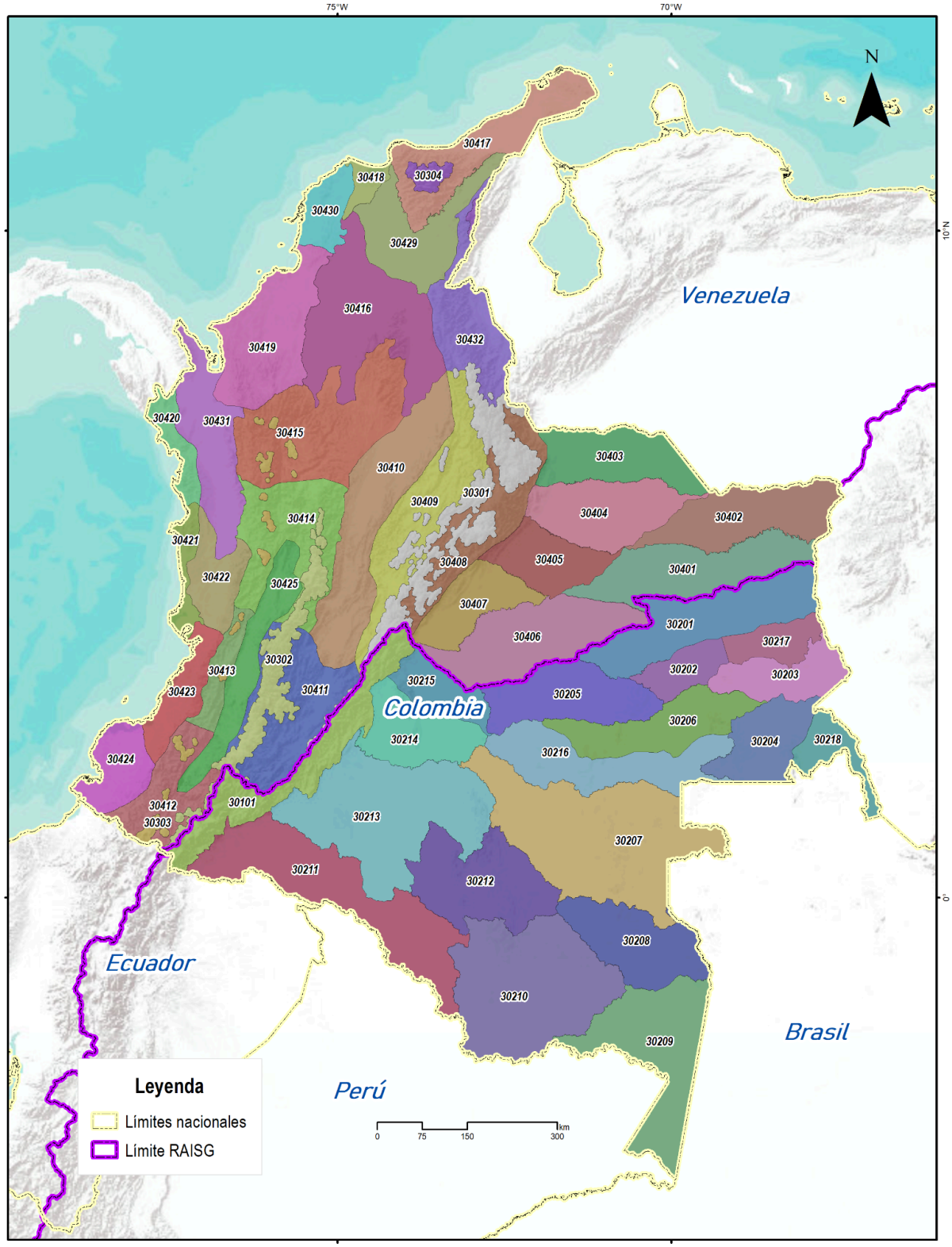



**Figura 7** Delimitación de regiones de clasificación a partir de mapas de referencia. Fuente: Elaboración propia. En total se generaron 55 regiones de clasificación para el territorio colombiano, de estas 19 corresponden al bioma amazónico, 13 al andino, 7 al caribeño, 7 a la orinoquía, 6 al pacífico y 3 a los insulares.

## 2.6 Selección de variables de clasificación

A partir de los mosaicos regionales generados, se realizaron pruebas preliminares de clasificación que permitieron reducir el número de variables necesarias para generar la clasificación definitiva. Con base en los resultados de estas pruebas también se incluyeron en el proceso de clasificación los indicadores

espectrales Tasseled Cap[3] (T-cap brightness, T-cap greenness y T-cap wetness), y las bandas topográficas (altitud, pendiente, slppost y Hand) derivadas del modelo de elevación SRTM. Estos datos adicionales son útiles en la detección de distintos estadíos fenológicos y tipos de vegetación. En total se utilizaron 46 variables para implementar la clasificación. El detalle de cada una se muestra en la Tabla 2 a continuación, también puede profundizar en cómo funcionan en el documento **Anexo: feature space** que hace parte complementaria del presente ATBD.

| Banda | Descripción | Reductor[4] |
|---|---|---|
| Blue | Valor de la banda azul | Median. |
| Green | Valor de la banda verde | Median, Min |
| Red | Valor de la banda roja | Median, Min |
| Nir | Valor de la banda infrarrojo cercano (NIR) | Median, Amp, StdDev |
| Swir1 | Valor de la banda SWIR1 | Median, Min |
| Swir2 | Valor de la banda SWIR2 | Median, Min |
| NDFI | Índice de fracción de diferencia normalizada | Median, Amp, StdDev |
| NDFIB | Adaptación del NDFI para los Andes | Median |
| GV | Abundancia fraccional de vegetación verde | Median, StdDev |
| GVS | Vegetación verde normalizada por sombra | Median, StdDev |
| NPV | Abundancia fraccional de vegetación no fotosintética | Median, StdDev |
| Shade | Abundancia fraccional de sombra dentro | Median |
| Soil | Abundancia fraccional de suelo desnudo | Median, Amp, StdDev |
| Cloud | Abundancia fraccional de nubes | Median |
| evi2 | Modificación del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) | Median, Amp, StdDev |
| ndvi | Índice de vegetación de diferencia normalizada | Median, Amp, StdDev |
| mndwi | Índice de agua de diferencia normalizada | Median |
| savi | Índice de vegetación ajustada al suelo | Median, StdDev |
| sefi | Índice de fracción del ecosistema de sabana | Median,StdDev |
| mmri | Índice de Reconocimiento Modular de Manglares | Median |
| T-cap brightness* | Tasseled Cap que ajusta valores de brillo en suelo | |
| T-cap greenness | Tasseled Cap que ajusta valores de verdor en vegetación | |
| T-cap wetness | Tasseled Cap que ajusta valores de humedad | |
| slope | Pendiente | |
| slppost | Pendiente estratificada | |
| altitude | Elevación sobre el nivel del mar | |
| Hand | Altitud relativa respecto al cauce más cercano | |

**Tabla 2.** Variables para la clasificación de coberturas inundables de la Colección 4. *Kauth, R. J. and Thomas, G. S. (1976) desarrollaron coeficientes que realzan la información contenida en las bandas espectrales (Landsat) y generaron fórmulas a las que se refirieron como "Tasseled Cap" (TC), representadas en tres bandas: Brightness (brillo) está asociado a las variaciones de reflectancia del suelo, Greeness (verdor) está correlacionado con el vigor de la vegetación, y Wetness (Humedad) está influído por las bandas en el IR medio y tiene que ver con la humedad vegetal y del suelo (Kauth & Thomas, 1976)

[3] La transformación Tasseled Cap es un método que permite obtener tres indicadores espectrales (brightness, greenness y wetness) a partir de la combinación lineal de las bandas de un satélite. Para el caso de los sensores Landsat, los indicadores Tasseled Cap se calculan utilizando 6 bandas (se excluye la banda térmica). Para este trabajo, el cálculo de los indicadores Tasseled Cap se realizó utilizando las bandas visibles de los mosaicos generados previamente siguiendo lo descrito en el apartado 3.1

[4] Los reductores acá mencionados pueden verse en el punto 2.2. Definición y Construcción de los Mosaicos Satelitales en la parte de métodos de agregación.

### 2.7 Muestras de entrenamiento

Las muestras de entrenamiento utilizadas para la clasificación se generaron sobre los mapas de referencia de coberturas inundables. En la tabla 3, se realiza un conteo de las referencias utilizadas versus las regiones para ambas clases de estudio.

| Referencia | Regiones de Bosque inundable | Regiones de cobertura natural no forestal inundable y herbazales y arbustales andinos inundables |
|---|---|---|
| Cifor-2017Mapa Global de Humedales Producido por el Programa de Mitigación y Adaptación Sostenible de Humedales (SWAMP) | 3 | 1 |
| Mapa Global de Humedales | 3 | 0 |
| Global 30m Height Above the Nearest Drainage (Hand Model) | 16 | 22 |
| Mapa de humedales de Colombia | 41 | 36 |
| Muestras acumuladas Col 3 | 46 | 33 |
| Muestras estables Col 3 | 35 | 15 |
| Sin formación inundables | 9 | 3 |

**Tabla 3**. Fuentes de referencia de Bosque inundables (ID 6) , formación no forestal inundable (ID 11) y herbazales o arbustales andinos inundables (82). Fuente: Elaboración propia.

El análisis detallado de las referencias utilizadas permitió determinar que varias regiones no contaban con coberturas inundables. En el caso de los bosques inundables (ID 6), se identificó una ausencia de cobertura en el 29,6% de las regiones, mientras que la formación natural no forestal inundable (ID 11) y Herbazal o Arbustal Andino inundable (ID 82) presentó un 12,7% de ausencia en las regiones analizadas respecto a la cobertura anterior. Una particularidad clave en el proceso de clasificación fue la contribución de los mapas de referencia nacionales, publicados por el Instituto Humboldt, que incluyeron el mapa de identificación espacial de los sistemas de humedales continentales de Colombia (Flórez et al., 2016) y el mapa de clasificación de humedales de Colombia (Ricaurte et al., 2019). Estos mapas aportaron significativamente al entrenamiento del algoritmo de clasificación, mejorando la exactitud temática en la identificación de las clases inundables.

Para cada región con presencia de las clases, el proceso de sorteo de muestras se realizó basándose en la capa de referencia nacional, muestras estables de la colección 3 de colombia, así mismo, se complemento con las muestras acumuladas de las mismas colecciones, este mapeo mejoró considerablemente respecto a la colección pasada, dado que las muestras de entrenamiento fueron de mejor calidad. (Figura 8).

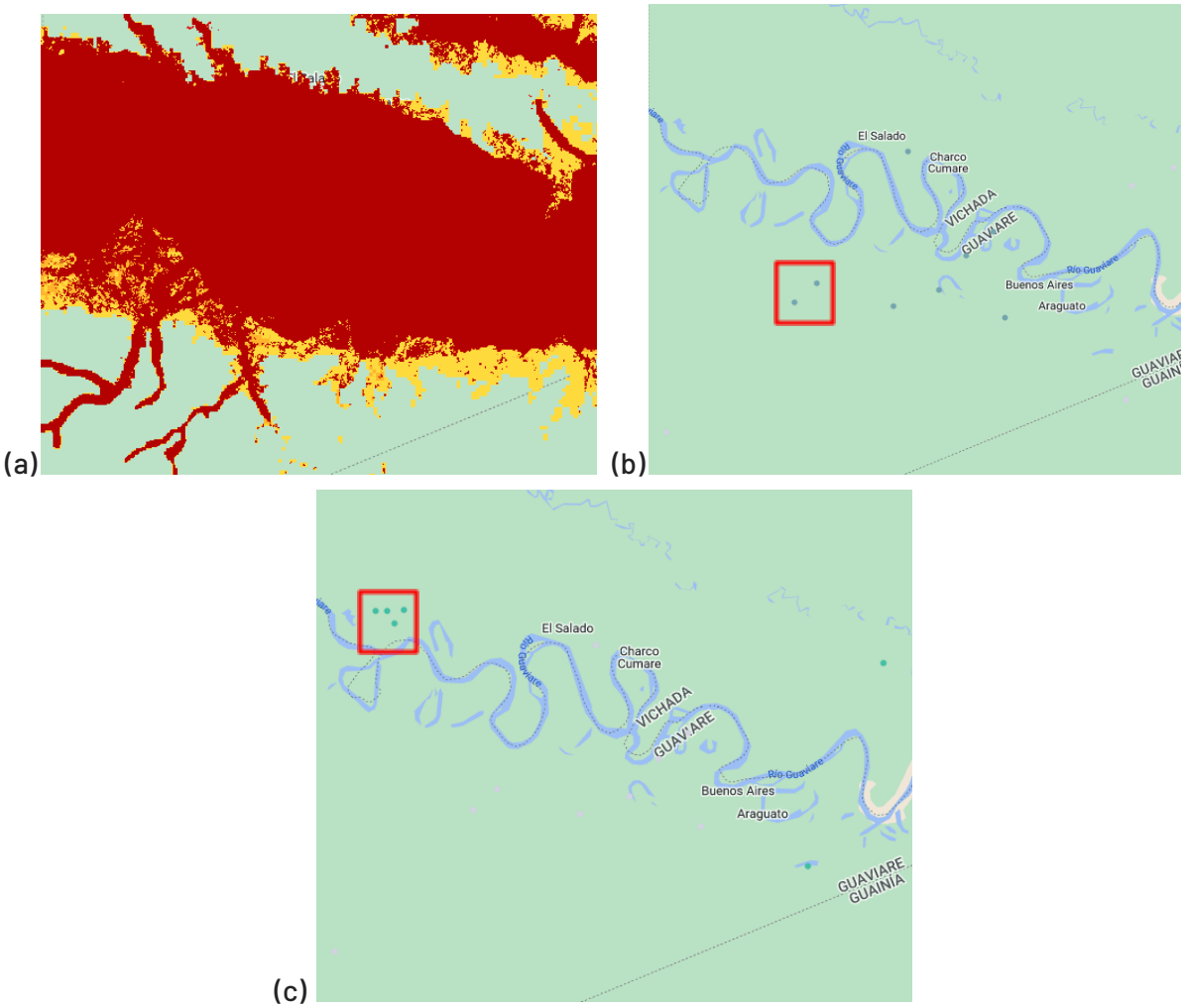



**Figura 8**. Muestras de entrenamiento: (a) composición de la máscara de referencia para muestras de entrenamiento, en este caso, por ejemplo, se usaron las referencias Cifor (color amarillo) y referencia nacional (color rojo); (b) muestras sorteadas aleatoriamente para cobertura de Bosque inundable (ID6); (c) muestras sorteadas aleatoriamente para cobertura de Formación natural no forestal inudable (ID11). Fuente: MapBiomas Colección 4, 2025.

## 3 Clasificación

A partir de los mosaicos seleccionados (ver apartado anterior de este manual) se realizó una clasificación supervisada basada en el algoritmo de Bosques Aleatorios (En inglés, Random Forests) (Breiman, 2001). El procesamiento se desarrolló por completo en la plataforma Google Earth Engine y los resultados se almacenaron como colección de imágenes en la misma plataforma. La detección de coberturas se enfocó en la identificación de las tres principales clases presentes en las zonas de inundación de la región: Bosque inundable (ID 6), Formación natural no forestal inundable (sabana, herbazales naturales de zonas bajas) (ID 11) y Herbazal o Arbustal Andino (ID 82).

El proceso de clasificación se realizó por separado para las diferentes coberturas, considerando sólo dos clases posibles en cada caso, la clase de interés (bosque inundable o formación no forestal inundable) y la clase No observado (todo lo diferente a la clase de interés).

### 3.1 Clases identificadas

#### 3.1.1 Bosque Inundable - (ID 6)

Para este trabajo se definió como bosque inundable en términos generales toda el área continua de cobertura predominantemente arbórea natural mayor a media hectárea (circa > 6 píxeles Landsat o 0.5 ha) inundada estacional o permanentemente. El concepto toma en cuenta las referencias bibliográficas nacionales y regionales (Carrera et al., 2009; IDEAM et al., 2017; Wittmann et al., 2011). Sin embargo, no todos los bosques inundables en Colombia son iguales, por lo tanto se estructuraron definiciones por bioma:

**Amazonía:** Cobertura boscosa con altura de dosel superior a 5 m, presente en áreas cercanas o adyacentes a los cuerpos de agua, caracterizada por especies vegetales que soportan estacionalmente (4-8 meses al año) o permanentemente condiciones de anegación, contando con humedad en el suelo durante la mayor parte del año. Se encuentran generalmente en los planos de inundación de los valles y planicies aluviales (Figura 9).



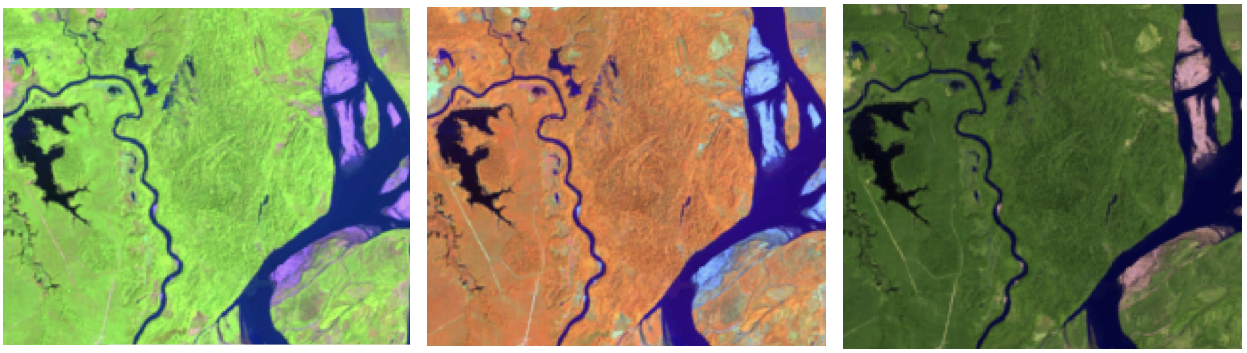
| RGB 654 L8<br>RGB 543 L7 - L5 - L4 | RGB 564 L8<br>RGB 453 L7 - L5 - L4 | RGB 764 L8<br>RGB 753 L7 - L5 - L4 |
|---|---|---|




| Google Earth | Paisaje | MapBiomas |
|---|---|---|

**Figura 9.** Respuesta Espectral Bosque inundable en el bioma Amazonía. Mapiripán, Meta, Año: 2024, Escala: 2km, Coordenadas: -72.1335 W, 2.8923 N. (Leyenda Bosque Inundable)

**Caribe**: Las coberturas boscosas presentes en las riberas de los ríos incluyen vegetación en distintos estratos, destacándose la formación de plantas leñosas o arbóreas con alturas a partir de los 3 metros. Estas formaciones se caracterizan por establecerse a lo largo de riberas de ríos con inundaciones temporales o permanentes y, debido a su orografía poco accidentada, también se les conoce como bosques de galería, aunque no todos los bosques de galería pertenecen a esta categoría (Figura 10).



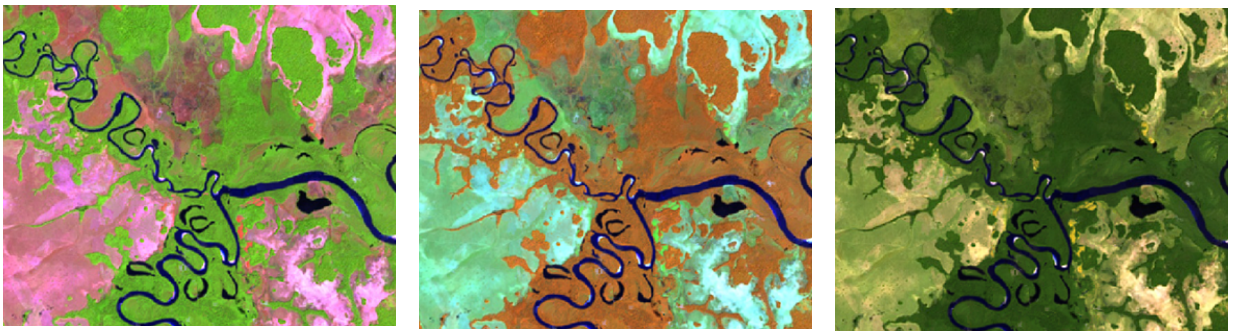
| RGB 654 L8<br>RGB 543 L7 - L5 - L4 | RGB 564 L8<br>RGB 453 L7 - L5 - L4 | RGB 764 L8<br>RGB 753 L7 - L5 - L4 |
|---|---|---|



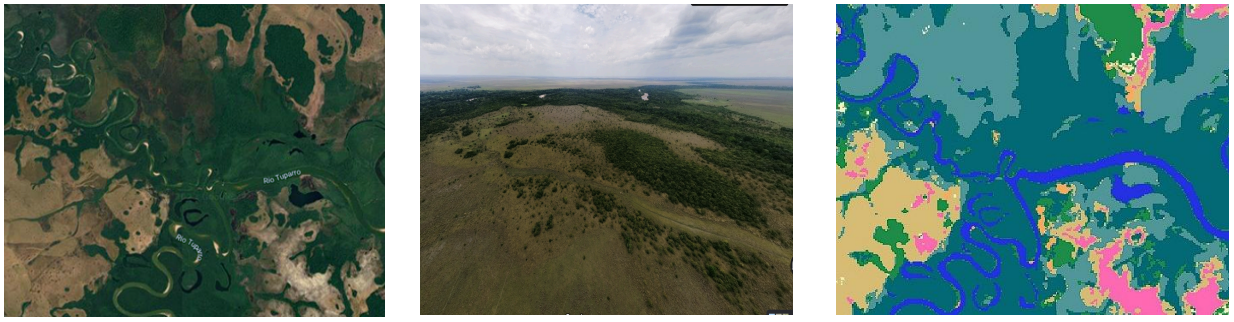
| Google Earth | Paisaje | MapBiomas |
|---|---|---|

**Figura 10.** Respuesta Espectral de la clase Bosque Inundable en el bioma Caribe. Rio Magdalena, Límites entre Bolívar y Santander, Año: 2022, Escala: 200m, Coordenadas:-73.82262 W, 7.76953 N (Leyenda ■ Bosque Inundable)

**Orinoquía:** Las coberturas boscosas presentes en las riberas de los ríos incluyen vegetación en varios estratos, con predominio de plantas leñosas o arbóreas que alcanzan alturas superiores a los 3 metros. Estas formaciones se establecen a lo largo de ríos con inundaciones temporales temporales o permanentes. Debido a su ubicación en terrenos de orografía poco accidentada, suelen denominarse "bosques de galería"; sin embargo, no todos los bosques de galería son necesariamente inundables (Véase Figura 11).



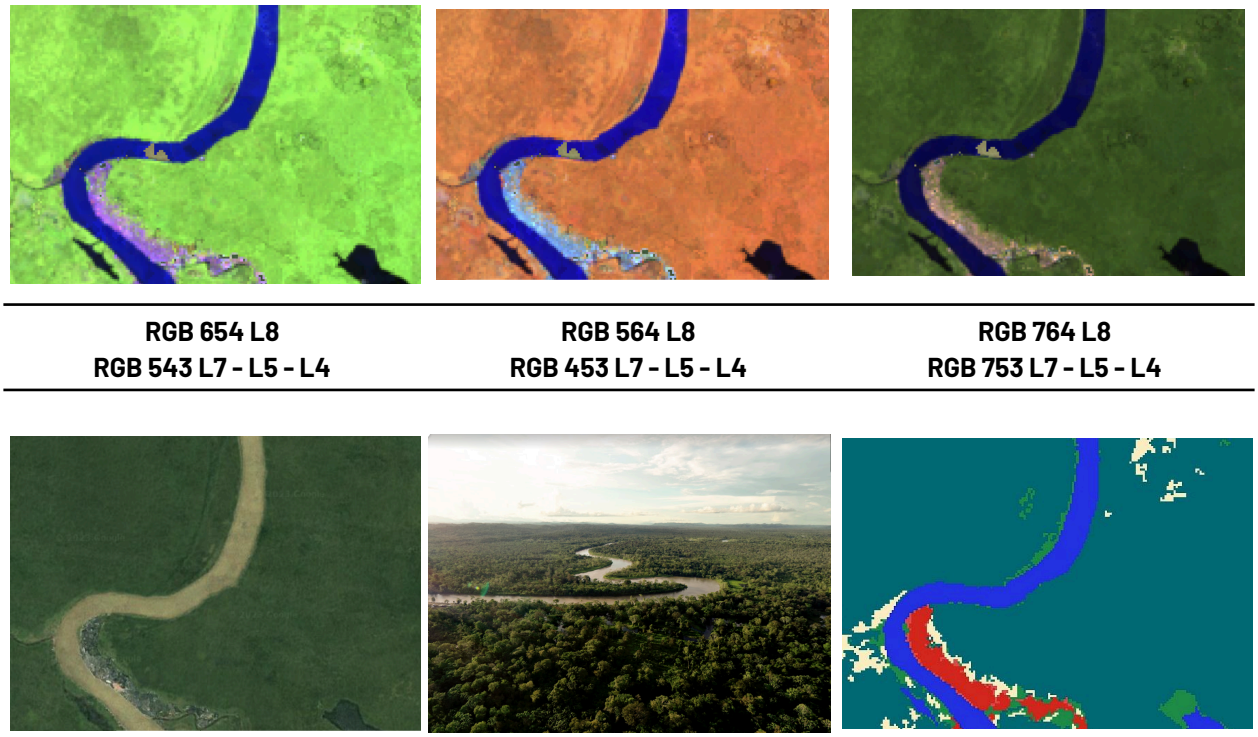
| RGB 654 L8<br>RGB 543 L7 - L5 - L4 | RGB 564 L8<br>RGB 453 L7 - L5 - L4 | RGB 764 L8<br>RGB 753 L7 - L5 - L4 |
|---|---|---|



| Google Earth | Paisaje | MapBiomas |
|---|---|---|

**Figura 11.** Respuesta Espectral de los bosques inundables en el bioma Orinoquía. Río Tuparro, Cumaribo - Vichada, Año: 2021, Escala: 1000 m, Coordenadas: -68.04943 W, 5.21289 N (Leyenda ■ Bosque Inundable)

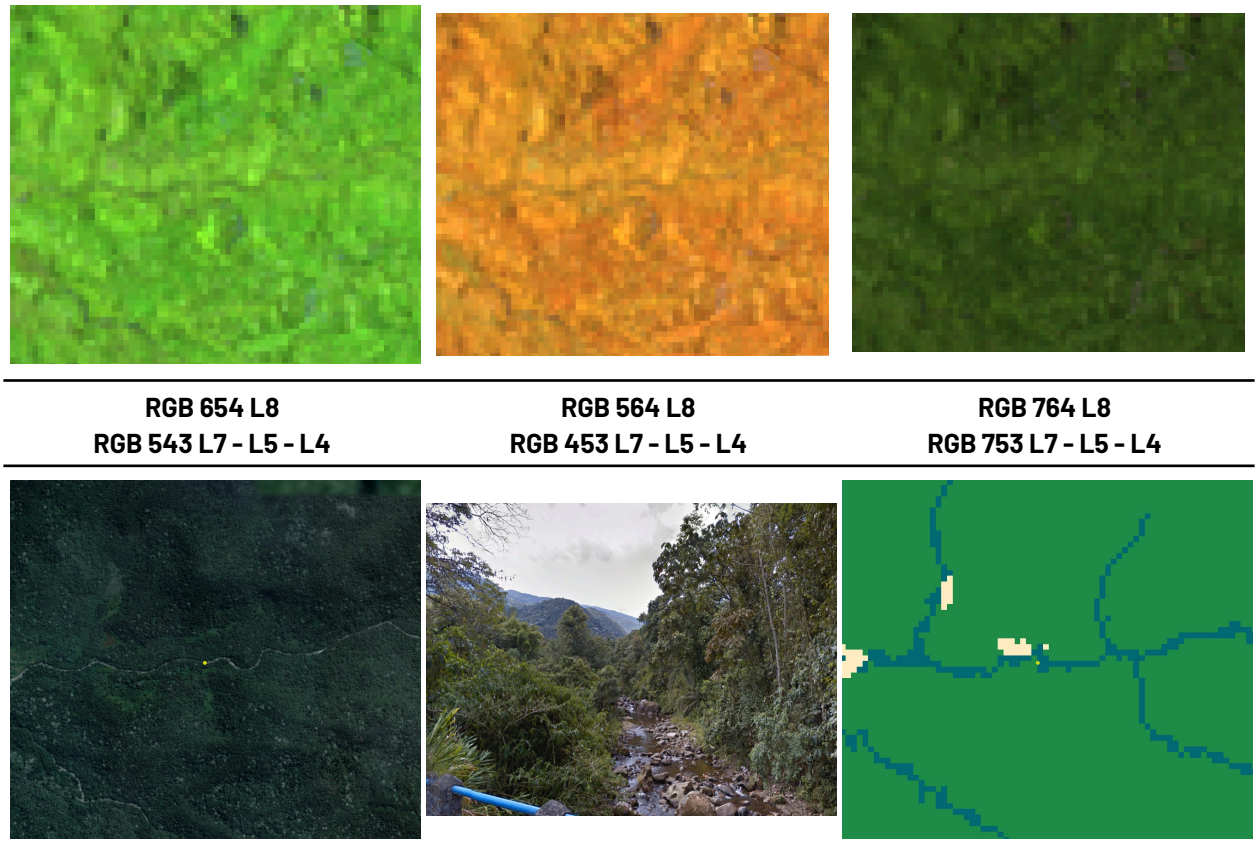
**Pacifico:** Coberturas boscosas presentes en las riberas de los ríos, esta comprende vegetación en diferentes estratos, destacando la formación de plantas leñosas o arbórea con alturas desde los 3 metros en adelante, esta se caracteriza por establecerse en las riberas de los ríos temporales o permanentes, por su orografía poco accidentada esta formación también es conocida como bosques de galería aunque no implica que todos los bosques de galería sean inundables, del mismo modo, en el pacífico colombiano se pueden encontrar formaciones inundables como los sajales y los guandales, que son especies coetáneas que subsisten bajo estas condiciones edáficas de alta inundabilidad (Figura 12).



| RGB 654 L8<br>RGB 543 L7 - L5 - L4 | RGB 564 L8<br>RGB 453 L7 - L5 - L4 | RGB 764 L8<br>RGB 753 L7 - L5 - L4 |
|---|---|---|
| **Google Earth** | **Paisaje** | **MapBiomas** |

**Figura 12.** Respuesta Espectral Bosque Inundable en el bioma Pacifico. Río Atrato, Riosucio - Antioquia, Año: 2024, Escala: 500 m, Coordenadas: -77.10302 W, 7.45646 N (Leyenda Bosque Inundable)

**Andes:** Cobertura constituida por vegetación arbórea que se establece en las márgenes de cuerpos y cursos de agua, permanentes o temporales, y a lo largo de los sistemas de drenaje natural. Su distribución espacial depende de la configuración y la amplitud de los cauces, por lo que suele presentarse en franjas estrechas y alargadas. En la región andina, estas formaciones boscosas se conocen como bosques riparios y cumplen funciones ecológicas fundamentales: protegen las riberas, regulan el régimen hídrico, favorecen la conectividad ecológica y contribuyen a la conservación de la biodiversidad (IDEAM et al., 2017).



| RGB 654 L8<br>RGB 543 L7 - L5 - L4 | RGB 564 L8<br>RGB 453 L7 - L5 - L4 | RGB 764 L8<br>RGB 753 L7 - L5 - L4 |
|---|---|---|



| Google Earth | Paisaje | MapBiomas |
|---|---|---|

**Figura 13.** Respuesta Espectral Bosque Inundable en el bioma Andes. SFF Otún Quimbaya, Riosucio - Risaralda, Año: 2023, Escala: 100 m, Coordenadas: -75.564356 W, 4.732231 N (Leyenda Bosque Inundable)

### 3.1.2 Formación Natural No Forestal Inundable - (ID 11)

La formación natural no forestal inundables clasificada en este proyecto considera todas las áreas de vegetación natural herbácea o arbustiva sujetas a inundaciones periódicas o permanentes. Para dicha definición se tomaron en cuenta fuentes como el Instituto Sinchi (2009); Wittmann et al. (2002) y MINAM (2019); Al igual que los bosques inundables, se estructuró una definición específica por bioma, las cuales se detallan a continuación:

**Amazonía:** Cobertura de vegetación natural predominantemente herbácea (más del 70%) o arbustiva (entre el 30% y 50%) en suelos hidromórficos permanentemente sobresaturados, que pueden quedar cubiertos por una lámina de agua durante los períodos de lluvia, los cuales se extienden de 4 a 8 meses al año. Esta vegetación puede incluir algunos elementos arbóreos dispersos en forma de parches o "matas de monte" y áreas con comunidades de palmas o "morichales", sin que estos superen en conjunto el 10% de la cobertura total. Este tipo de vegetación se encuentra principalmente en los planos de inundación de los valles y en las planicies aluviales. (Figura 14).

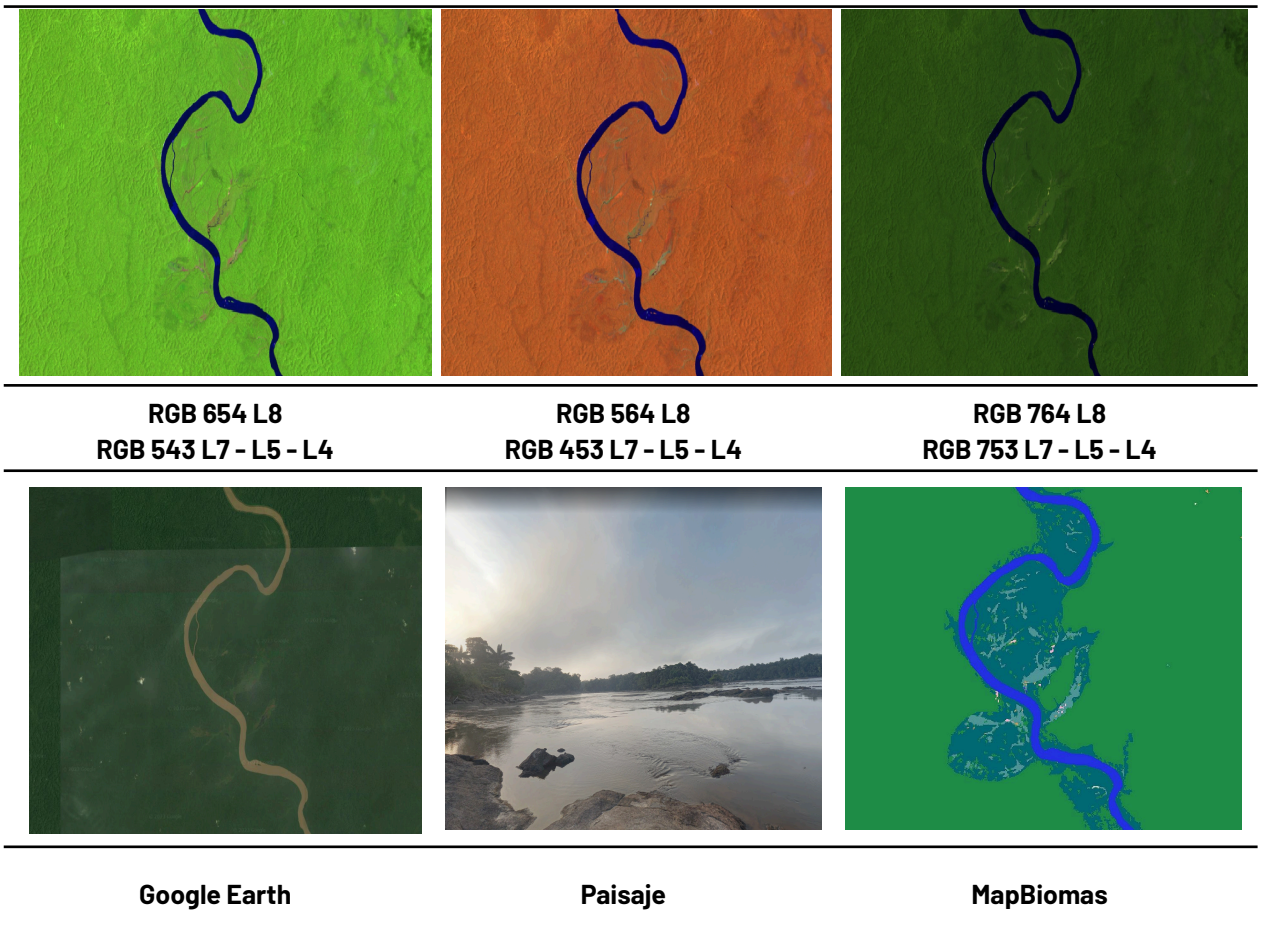



**Figura 14.** Respuesta Espectral Formación Natural No Forestal Inundable en el bioma Amazonía. Río Apaporis, límite entre Vaupés y Amazonas, Año: 2021, Escala: 1km, Coordenadas: -70.91985 W, -0.16152 (Leyenda Formación Natural No Forestal Inundable)

**Andes:** Esta cobertura se encuentra en terrenos bajos de tipo pantanoso, de textura esponjosa, cuyo suelo está compuesto principalmente por musgos y materias vegetales descompuestas (comúnmente llamadas turberas) que se sitúan por debajo de los 2.900 msnm (Figura 15). También se incluye la vegetación herbácea establecida en zonas pantanosas cercanas a cuerpos de agua, y aquellas especies vegetales naturales que cubren de forma parcial o total la lámina de agua, como es el caso de lagos y lagunas andinas en proceso de eutrofización (IDEAM et al., 2017).

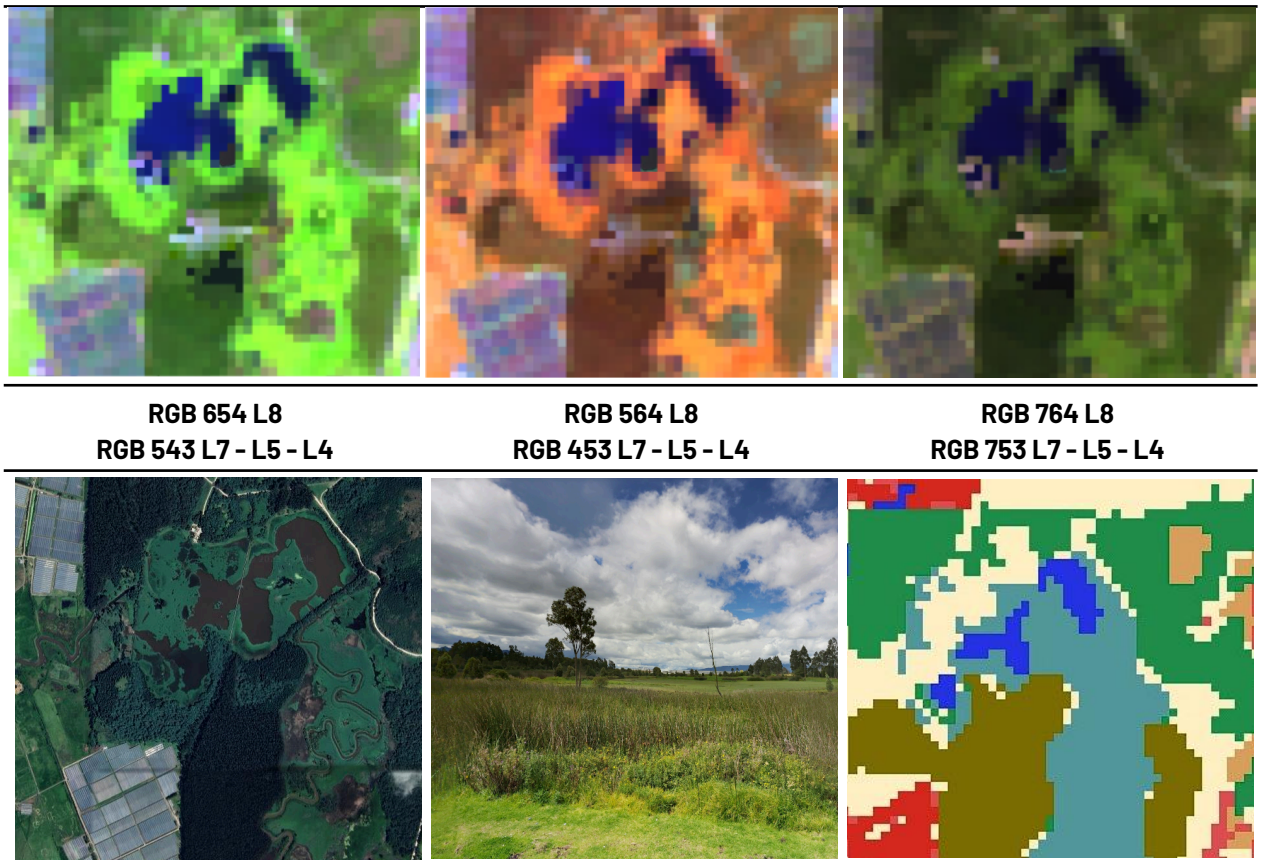
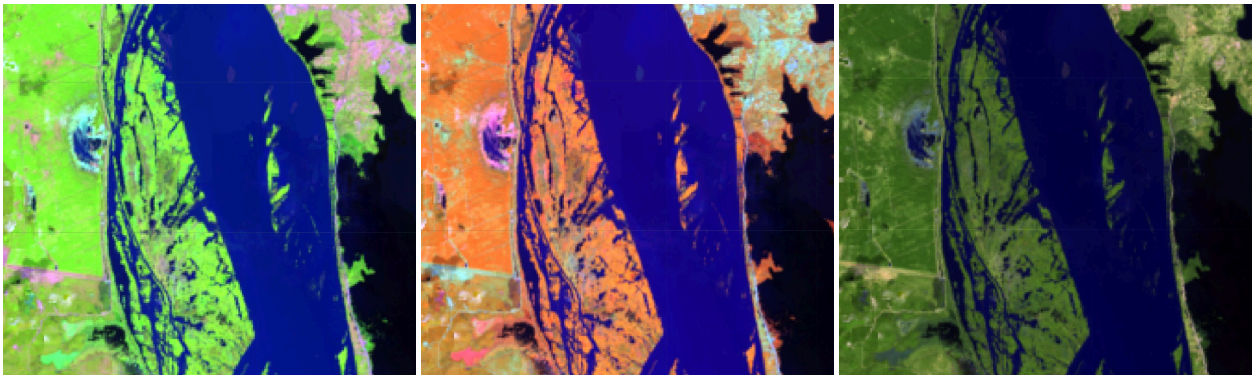



**Figura 15.** Respuesta espectral de Formación Natural no Forestal Inundable en el bioma Andes. Sopó, Cundinamarca, Año: 2021, Escala: 200 m, Coordenadas: -73.98374 W, 4.95135 N. (Leyenda Formación Natural No Forestal Inundable)

**Caribe:** Este tipo de coberturas se constituyen por vegetación herbácea y, en menor medida, arbustiva localizada en zonas asociadas con deltas de ríos, estuarios, ciénagas, lagunas costeras y planicies marinas de inundación, así como en las madres viejas o ríos que cambiaron su cauce (Figura 16). También se pueden encontrar en las áreas costeras bajas donde la vegetación se ha adaptado a los ambientes salobres debido a la influencia de las mareas (IDEAM et al., 2017).



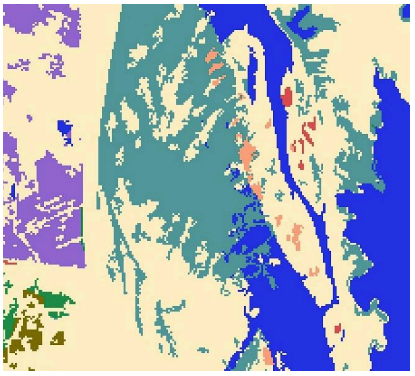
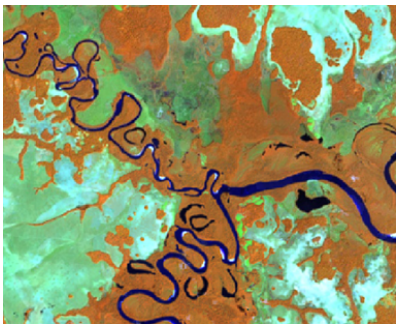
| RGB 654 L8<br>RGB 543 L7 - L5 - L4 | RGB 564 L8<br>RGB 453 L7 - L5 - L4 | RGB 764 L8<br>RGB 753 L7 - L5 - L4 |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **Google Earth** | **Paisaje** | **MapBiomas** |

**Figura 16.** Respuesta Espectral de la clase Formación Natural No Forestal Inundable en el bioma Caribe . Ciénaga Zurra, Tenerife Magdalena, Año: 2022, Escala: 500 m, Coordenadas: -74.85062 W, 9.86896 N. (Leyenda Formación Natural No Forestal Inundable)

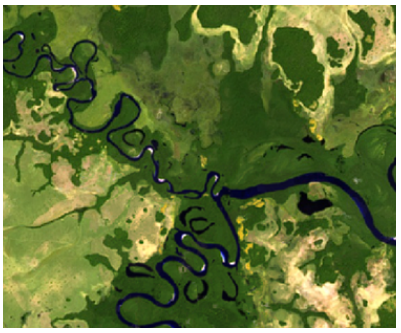
**Orinoquía:** Vegetación herbácea, mayormente gramíneas, sujeta a inundaciones permanentes o temporales (al menos una vez al año) de acuerdo con los pulsos naturales de inundación, se localizan generalmente en zonas bajas, que pueden estar constituidas por zonas de divagación de cursos de agua, llanuras de inundación, antiguas vegas de divagación y depresiones naturales donde la capa freática aflora de manera permanente o estacional (Figura 17). Puede presentar algunos elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos (IDEAM,2010, Fundación Gaia Amazonas, 2022).



**RGB 654 L8**
**RGB 543 L7 - L5 - L4**



**RGB 564 L8**
**RGB 453 L7 - L5 - L4**



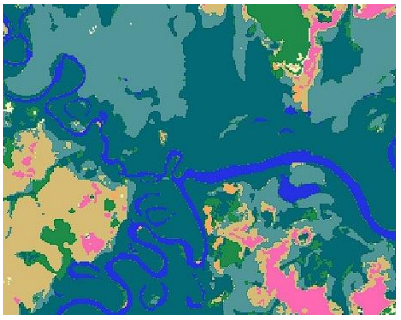
**RGB 764 L8**
**RGB 753 L7 - L5 - L4**



**Google Earth**



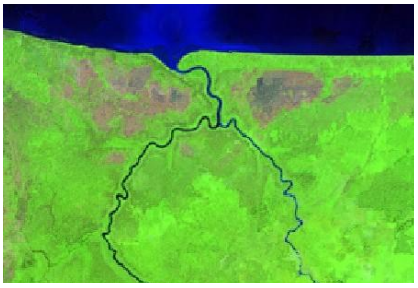
**Paisaje**



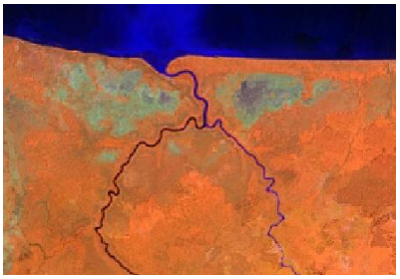
**MapBiomas**

**Figura 17.** Respuesta Espectral de los bosques inundables en el bioma Orinoquía. Río Tuparro, Cumaribo - Vichada, Año: 2021, Escala: 1000 m, Coordenadas: -68.04943 W, 5.21289 N. (Leyenda Formación Natural No Forestal Inundable)

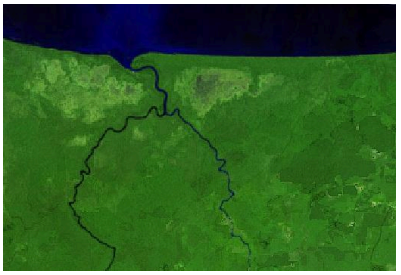
**Pacífico:** Áreas con predominio de vegetación natural herbácea que puede presentar algunos elementos arbóreos en menor medida, áreas con comunidades de palmas o "morichales", dispersos, que en ningún caso superan el 10% (Figura 18). Se encuentran generalmente en los planos de inundación de los valles y planicies aluviales (IDEAM,2010).



**RGB 654 L8**
**RGB 543 L7 - L5 - L4**



**RGB 564 L8**
**RGB 453 L7 - L5 - L4**



**RGB 764 L8**
**RGB 753 L7 - L5 - L4**



**Google Earth**



**Paisaje**

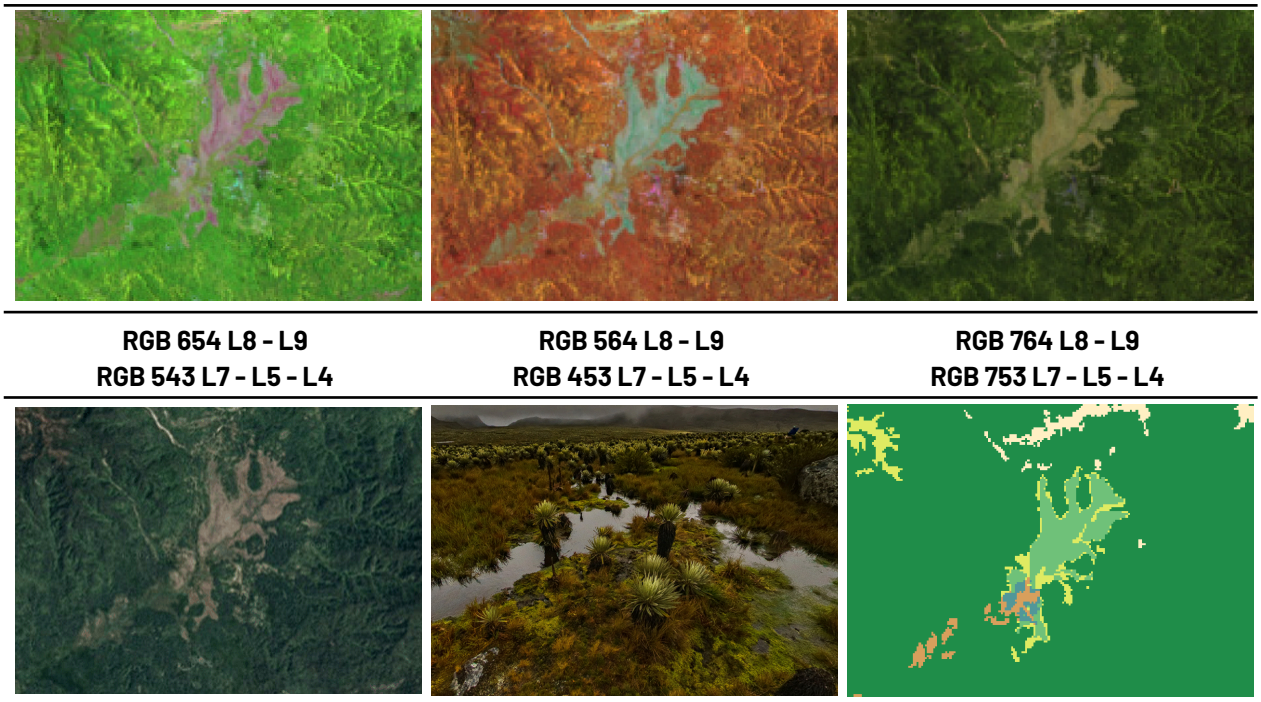


**MapBiomas**

**Figura 18.** Respuesta Espectral Bosque Inundable en el bioma Pacifico. Río Atrato, Riosucio - Antioquia, Año: 2018, Escala: 500 m, Coordenadas: -77.10302 W, 7.45646 N (Leyenda Formación Natural No Forestal Inundable)

### 3.1.3 Herbazal o Arbustal Andino inundable- (ID 82)

Cobertura vegetal natural exclusiva de la región andina, asociada a sistemas de agua dulce lacustres, palustres y fluviales, y dominada principalmente por especies herbáceas y, en menor proporción, por arbustos. Se desarrolla en planicies aluviales, zonas riparias y ambientes pantanosos por encima de los 2.900 m.s.n.m. La vegetación está adaptada a condiciones de alta humedad, nubosidad frecuente, precipitaciones elevadas, radiación solar directa intensa y bajas temperaturas, sobre suelos blandos formados en gran parte por musgos y materia orgánica en descomposición, que dan origen a turberas. Incluye además especies que cubren parcial o totalmente la lámina de agua de lagos y lagunas andinas en proceso de eutrofización.



| RGB 654 L8 - L9<br>RGB 543 L7 - L5 - L4 | RGB 564 L8 - L9<br>RGB 453 L7 - L5 - L4 | RGB 764 L8 - L9<br>RGB 753 L7 - L5 - L4 |
|---|---|---|
| **Google Earth** | **Paisaje** | **MapBiomas** |

**Figura 19** Respuesta Espectral Herbazales o arbustales inundable altoandino - Andes. Ubicación: Pasto - Nariño, Coordenadas: -77.214138 W, 0.976932 N, Escala: 500 m, Año: 2024. (Leyenda Herbazales o Arbustales Andinos Inundable)

## 4 Post-clasificación

Debido a la naturaleza basada en píxeles del método de clasificación y el trabajo sobre una serie temporal extensa, se aplicó una cadena de filtros de post-clasificación. El proceso de post clasificación incluye la aplicación de filtros de llenado de vacíos de información, temporal, espacial y de frecuencia.

### 4.1 Gap Fill

La secuencia de filtros comienza con el relleno de vacíos de información. En una serie de tiempo extensa de regiones severamente afectadas por la presencia de nubes, es común que se presenten vacíos en los resultados de la mediana. Este filtro reemplaza dichos vacíos con la clasificación temporalmente más cercana (Figura 18). En este procedimiento, si no existe un valor disponible del año anterior, el espacio se completa con el valor del año siguiente. Por lo tanto, las brechas solo deberían existir si un píxel ha sido clasificado de manera permanente como "sin información" en toda la serie temporal.

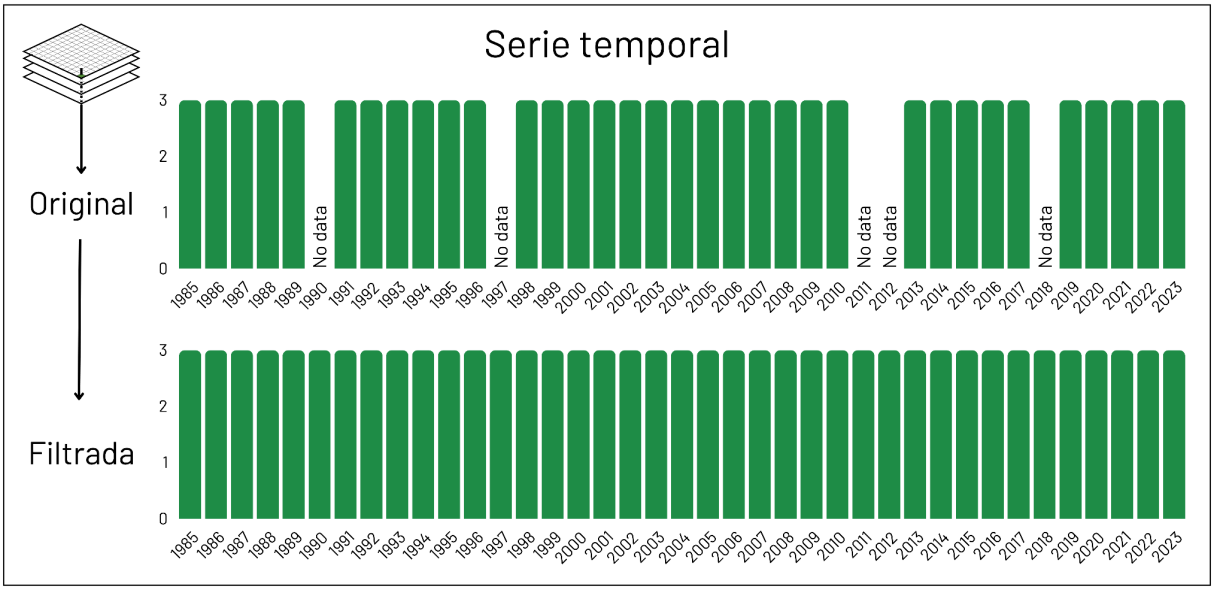



**Figura 20**. Filtro de relleno de vacíos. Fuente: MapBiomas Colección 4, 2026.

### 4.2 Filtro temporal

Después del proceso de llenado de vacíos, se aplicó un filtro temporal para eliminar el ruido o efecto "sal y pimienta." Este filtro reemplaza los píxeles que presentan inconsistencias en la clasificación de coberturas, causadas por cambios graduales año tras año o por la falta o distorsión de información en un mosaico. El filtro temporal utiliza tres tipos de filtros: filtro de año intermedio, filtro de primer año y filtro de último año, aplicados en una ventana móvil unidireccional de 3, 4 o 5 años para identificar transiciones temporalmente incoherentes. Basado en reglas generales (RG), aplicadas a todos los años intermedios de la serie (1986-2024; reglas de primer año (RP), aplicadas a 1985; y reglas de último año (RU), aplicadas a 2025, el filtro temporal examina el año de interés y reclasifica el píxel central según se indica en la Tabla 4.

| | Secuencia de ingreso | | | | | Secuencia de salida | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T-2 | T-1 | T0 | T+1 | T+2 | T-2 | T-1 | T0 | T+1 | T+2 |
| RG | | Bi/Fi | No | Bi/Fi | | | Bi/Fi | Bi/Fi | Bi/Fi | |
| | Bi/Fi | No | No | Bi/Fi | Bi/Fi | Bi/Fi | Bi/Fi | Bi/Fi | Bi/Fi | Bi/Fi |
| RP | | | No | Bi/Fi | Bi/Fi | | | Bi/Fi | Bi/Fi | Bi/Fi |
| RU | Bi/Fi | Bi/Fi | No | | | Bi/Fi | Bi/Fi | Bi/Fi | | |

**Tabla 4.** Reglas de aplicación de filtro temporal y resultados. Fuente: MapBiomas Colección 4, 2022. *Donde RG es una regla general, aplicada a todos los años intermedios (1986 - 2025); RP es una regla de primer año, aplicada solo al año 1985; y RU es una regla de último año, aplicada al año 2025. T0 es el año sobre el cual es aplicado el filtro, T-n los años anteriores, y T+n, los años posteriores. Bi: Bosque inundable. Fi: Formación natural no forestal inundable, No: No observado.*

### 4.3 Filtro espacial

El filtro espacial se basa en la función "Connected Pixel Count," que identifica conjuntos de píxeles conectados (vecindarios) que comparten el mismo valor, eliminando así el efecto de "sal y pimienta." Esto permite corregir errores residuales de la clasificación y mejorar la exactitud en los detalles del mosaico. Solo los píxeles que no cumplen con una cantidad mínima predefinida de conexiones son considerados como aislados y se reclasifican (Figura 19). Para ambas clases, se estableció una conexión mínima de 5 píxeles (aproximadamente 0.5 ha).

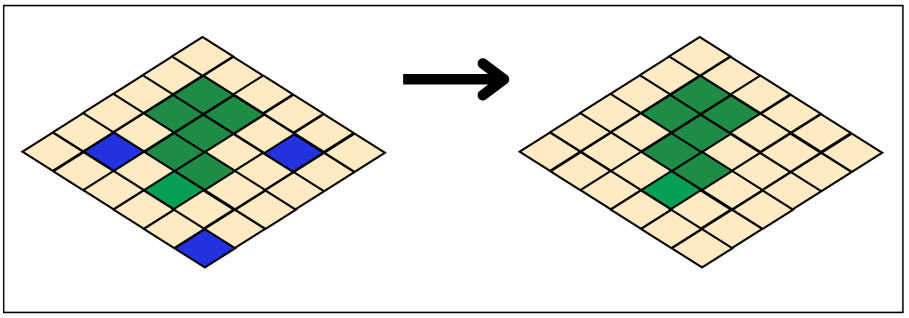


**Figura 21.** Efecto de la aplicación del filtro espacial. Fuente: MapBiomas Colección 4, 2026.

### 4.4 Filtro de frecuencia

Otro filtro utilizado en la secuencia fue el filtro de frecuencia. Como se muestra en la Figura 19, este filtro considera la ocurrencia de cada clase a lo largo de la serie temporal para depurar el resultado de la clasificación.

Por una parte, este filtro ayudó a completar clasificaciones en áreas afectadas por nubes, donde el filtro temporal no logró recuperar la información. Para la clase de Formación Natural No Forestal Inundable, caracterizada por su alta variabilidad de humedad a lo largo del tiempo (con aumento y reducción de superficie inundada), se aplicó un filtro de 80%. Esto significa que los vacíos de información fueron rellenados sólo si la clase mostró una persistencia temporal de al menos 29 años. En el caso del Bosque Inundable, el filtro fue un poco más flexible (60%)

debido a la mayor estabilidad de esta cobertura en el tiempo y su buena detección en la mayoría de las regiones.

Por otra parte, el filtro de frecuencia también se ajustó para identificar y eliminar ruidos temporales y clasificaciones erróneas. A diferencia de los valores aplicados en la fase anterior, aquí se excluyeron de la clasificación los píxeles de *Formación Natural No Forestal Inundable y Herbazal o Arbustal Andino inundable* con menos del 20% de frecuencia en la serie temporal, mientras que, para Bosque Inundable, se eliminaron los píxeles con una frecuencia inferior al 40%.

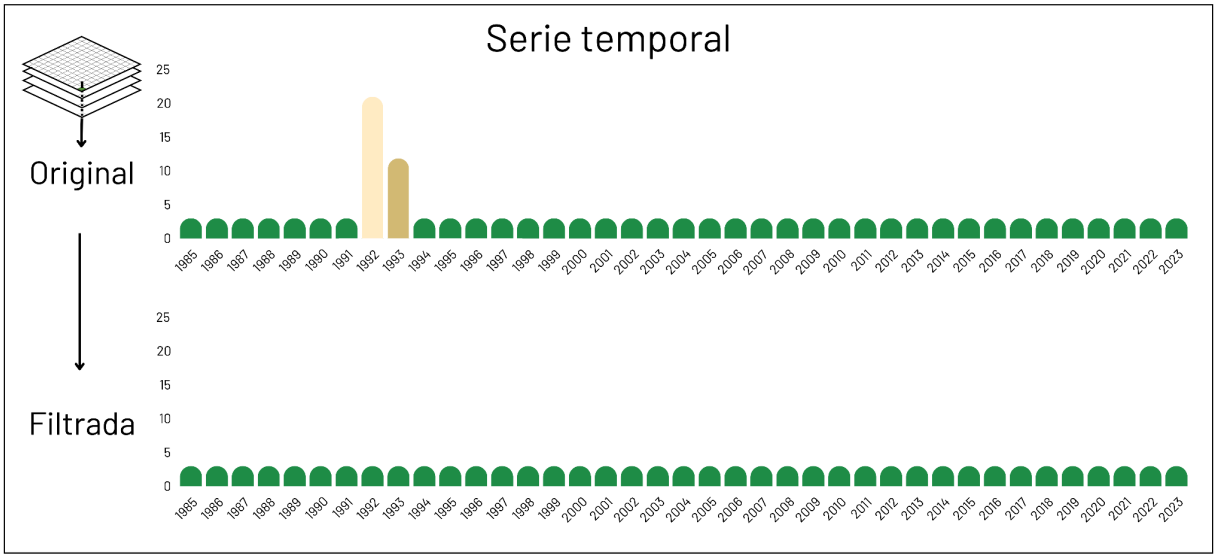



**Figura 22.** Efecto de la aplicación del filtro de frecuencia. Fuente: MapBiomas Colección 3, 2025.

### 4.5 Filtro espacial por pendiente y HAND

Este filtro es de tipo espacial y se aplicó con el objetivo de mejorar la coherencia temática y espacial de la clase humedales para toda la serie histórica entre 1985 y 2025. Para ello, el método consiste en eliminar áreas clasificadas como humedales que se encuentran en terrenos con pendientes superiores a por ejemplo a 10 grados o en elevaciones relativas altas, utilizando como referencia los modelos digitales de terreno SRTM y HAND (Height Above Nearest Drainage), y una segunda aplicación en la cual se transformaron los bosques a bosques inundables en las regiones de los andes, caribe y pacífico, con una probabilidad de inundación de 3 metros, significa que se encuentra a 3 metros por encima del nivel del agua del arroyo o río más cercano.

El HAND es una variable derivada de un DEM que representa la altura relativa de cada píxel en relación con el cauce más cercano (río, quebrada o canal), no su altitud absoluta (Rennó et al., 2008). En la Figura 20, el eje vertical ha sido ajustado para que el cauce se ubique en 0 metros, permitiendo representar directamente el valor del HAND. Según criterios hidrológicos, valores bajos de HAND (0–5 m) se asocian a zonas propensas a anegamiento, por estar cerca del drenaje, mientras que valores altos (por ejemplo >10 m) indican zonas elevadas con baja probabilidad de saturación hídrica. Así mismo, las áreas achuradas en azul indican las zonas que

cumplen simultáneamente dos condiciones: una pendiente menor o igual a 10° (segmentos predefinidos del eje X) y un HAND ≤ 5 m. Esta combinación representa condiciones topográficas ideales para la presencia de zonas inundables. Por lo tanto, zonas donde los píxeles que no cumplen con los umbrales de HAND y pendiente transitan de la clase 11 (Formación natural no forestal inundable) / Clase 82 (Herbazal o Arbustal Andino) a la clase 27.

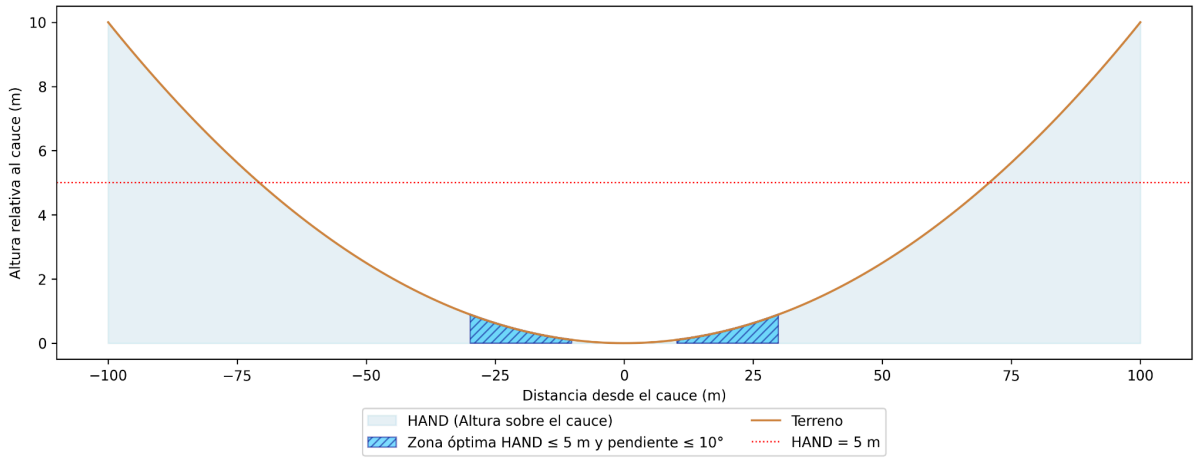



**Figura 22.**Filtro espacial por pendiente y HAND. Fuente: MapBiomas Colección 3, 2025.

## 5 Referencias


Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, *45*(1), 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Carrera, E. R., García, U. G. M., Huertas, C. M., Rodríguez, J. M., & Castellanos, H. O. (2009). *Fichas técnicas de los patrones de las coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas" SINCHI".

Crist, E. P., & Cicone, R. C. (1984). Application of the tasseled cap concept to simulated thematic mapper data. *Photogrammetric engineering and Remote sensing*, *50*(3), 343–352.

de Groot, R., Stuip, M., Finlayson, M., & Davidson, N. (2006). *Valuing wetlands: Guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services* (Número H039735). International Water Management Institute. https://EconPapers.repec.org/RePEc:iwt:rerpts:h039735

Flórez, C., Estupiñán-Suárez, L. M., Rojas, S., Aponte, C., Quiñones, M., Acevedo, Ó., Vilardy, S., & Villa, Ú. J. (2016). Identificación espacial de los sistemas de humedales continentales de Colombia. *Biota Colombiana*, *17*, 44–62.

IDEAM, M., IAvH, I., IIAP, S., & PNN, I. (2017). Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia a escala 1: 100.000. *Bogotá, DC, Colombia*.

Kauth, R. J., & Thomas, G. (1976). *The tasselled cap—A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat*. 159.

Maltby, E., Acreman, M., Blackwell, M. S. A., Everard, M., & Morris, J. (2013). The challenges and implications of linking wetland science to policy in agricultural landscapes – experience from the UK National Ecosystem Assessment. *Bringing Together Science and Policy to Protect and Enhance Wetland Ecosystem Services in Agricultur*, *56*, 121–133. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.086

MEA. (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water.* [World Resour.].

Patiño, J. E., & Estupiñan-Suarez, L. M. (2016). Hotspots of Wetland Area Loss in Colombia. *Wetlands*, *36*(5), 935–943. https://doi.org/10.1007/s13157-016-0806-z

Rennó, C. D., Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Soares, J. V., Hodnett, M. G., Tomasella, J., & Waterloo, M. J. (2008). HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, *112*(9), 3469–3481. https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.03.018

Ricaurte, L. F., Patiño, J. E., Zambrano, D. F. R., Arias-G, J. C., Acevedo, O., Aponte, C., Medina, R., González, M., Rojas, S., Flórez, C., Estupinan-Suarez, L. M., Jaramillo, Ú., Santos, A. C., Lasso, C. A., Nivia, A. A. D., Calle, S. R., Vélez, J. I., Acosta, J. H. C., Duque, S. R., … Junk, W. J. (2019). A Classification System for Colombian Wetlands: An Essential Step Forward in Open Environmental Policy-Making. *Wetlands*, *39*(5), 971–990. https://doi.org/10.1007/s13157-019-01149-8

Vilardy, S., Jaramillo, Ú., Flóres-Ayala, C., Cortés-Duque, J., Estupiñan-Suarez, L., Rodriguez, J., Aponte, C., Peláez, S., Santos, A. C., Samacá, W., & Acevedo, O. (2004). *Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: Una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia.* (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt).

http://hdl.handle.net/20.500.11761/31444

Wittmann, F., Schöngart, J., & Junk, W. J. (2011). Phytogeography, Species Diversity, Community Structure and Dynamics of Central Amazonian Floodplain Forests. En W. J. Junk, M. T. F. Piedade, F. Wittmann, J. Schöngart, & P. Parolin (Eds.), *Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management* (pp. 61–102). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8725-6_4