



Apéndice de Pastos para Colombia

Tema transversal en Colección 7.0

Versión 1

Julio 2025

Lider Tecnico

Karen Andrea Huertas

Equipo responsable

Laura Urrea

Santiago Salazar

Valentina Castellanos

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 4 |
| 2. Metodología | 4 |
| 2.1. Composición de imágenes Landsat | 5 |
| 2.1.1. Regiones de mosaico | 5 |
| 2.1.2. Parametrización de mosaicos anuales | 6 |
| 2.1.3. Variables de clasificación o feature space | 8 |
| 2.1.4. Variables específicas para el transversal pastos | 9 |
| 2.2. Clasificación | 10 |
| 2.2.1. Definición de la clase | 10 |
| 2.2.2. Información de referencia | 12 |
| 2.2.3. Regiones de clasificación | 14 |
| 2.2.4. Muestras de entrenamiento y muestras complementarias | 16 |
| 2.3. Post-clasificación | 16 |
| 2.3.1. Gap Fill (Relleno de vacíos) | 16 |
| 2.3.2. Filtro temporal | 17 |
| 2.3.3. Filtro espacial | 19 |
| 2.3.4. Filtro de frecuencia | 20 |
| 2.3.4.1. Filtro de frecuencia 27 | 21 |
| 2.3.4.2. Filtro de frecuencias 15 | 21 |
| 2.4. Integración | 21 |
| 3. Glosario | 23 |
| 4. Referencias | 24 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología de clasificación de pastos para la Amazonía colombiana | 5 |
| Figura 2. Regiones de mosaico definidas para la Amazonía colombiana | 6 |
| Figura 3. Esquema de la aplicación de un reductor a una colección de imágenes | 7 |
| Figura 4. Proceso de generación de mosaicos anuales de imágenes Landsat | 8 |
| Figura 5. Respuesta espectral en diferentes combinaciones de bandas de la cobertura de pastos | 11 |
| Figura 6. Respuesta espectral de los pastos en diferentes combinaciones de bandas | 11 |
| Figura 7. Respuesta espectral de la cobertura de pastos en diferentes combinaciones de bandas | 11 |
| Figura 9. Información de referencia: Pastos SINCHI 2024 | 13 |
| Figura 10. Información de referencia: Pastos CORINE 2022 | 14 |
| Figura 11. Regiones de clasificación empleadas para la interpretación de los pastos en la Amazonía colombiana | 15 |
| Figura 12. Normalización temporal del filtro de Gapfill sobre la serie histórica de clasificación un pixel | 17 |
| Figura 13. Funcionalidad del filtro temporal para la regla de los años intermedios | 18 |
| Figura 14. Funcionalidad del filtro temporal para la regla del primer y último año | 19 |
| Figura 15. Funcionalidad del filtro espacial | 20 |
| Figura 16. Funcionalidad del filtro de frecuencia sobre la serie histórica de clasificación de un pixel | 20 |
| Figura 17. Multitemporal del resultado del transversal de Pastos | 22 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Variables y sus reductores de mayor importancia para el transversal pastos | 11 |
| Tabla 2. Información de referencia nacional implementada en el proceso de muestreo de pastos en la Amazonía colombiana. | 13 |
| Tabla 3. Información de referencia global implementada en el proceso de muestreo de pastos en la Amazonía colombiana. | 13 |
| Tabla 4. Reglas de integración para la obtención de los mapas anuales de Pastos. | 22 |

1. Introducción

La región de la Amazonía alberga aproximadamente el 10% de la biodiversidad global, el 20% del agua dulce del planeta y desempeña un papel fundamental como proveedora de bienes y servicios ecosistémicos, lo que la convierte en una región esencial para la regulación del clima y el funcionamiento de los ecosistemas a nivel local, regional y mundial. Este territorio, caracterizado por una inmensa diversidad socioambiental de relevancia internacional, está experimentando transformaciones rápidas. Actualmente, el cambio climático y el creciente impacto de la actividad humana están llevando a la Amazonía a una situación crítica, marcada por altas tasas de deforestación, migración y contaminación, lo que pone en riesgo sus ecosistemas y genera presión sobre las comunidades locales (PNUD 2016).

Una de las principales amenazas que enfrenta el bosque tropical amazónico es la expansión de las coberturas con propósitos ganaderos y las áreas de pastoreo intensivo y extensivo, las cuales generan una serie de impactos en el suelo y la biodiversidad. Como parte del trabajo anual de mapeo de cobertura y uso del suelo en la Amazonía, propuesto por la iniciativa MapBiomás Amazonía y con el objetivo de contribuir al entendimiento de la dinámica del uso del suelo en esta región, se planteó una metodología específica para el monitoreo de la cobertura de pastos, lo que llevó a la creación de una metodología detallada para esta cobertura. Colombia, como parte de esta iniciativa, presenta el siguiente documento donde se expone la base teórica, la justificación, las consideraciones diferenciales y los métodos aplicados para generación del mapeo de los pastos en la Amazonía colombiana.

2. Metodología

Para la clasificación de áreas destinadas al pastoreo o aquellas en donde se desarrollan actividades económicas con fines ganaderos, se implementó un proceso estructurado en cuatro etapas, empleando mosaicos Landsat almacenados en la plataforma Google Earth Engine. Este procedimiento permitió diferenciar las zonas de pastos y no pastos, mediante un flujo de trabajo basado en la identificación, segmentación y clasificación supervisada de coberturas, garantizando una mayor precisión en la delimitación de estas áreas.

La metodología se dividió en cuatro fases principales: (I) composición de imágenes landsat, (II) clasificación, (III) post clasificación, y por último (IV) integración. Cada etapa, a su vez, consta de varios pasos que incluyen la definición de variables, recopilación de datos de referencia, definición de regiones de clasificación, sorteo de muestras de entrenamiento, entre otras. En la figura 1 se puede visualizar de forma sintetizada la metodología implementada en el mapeo.

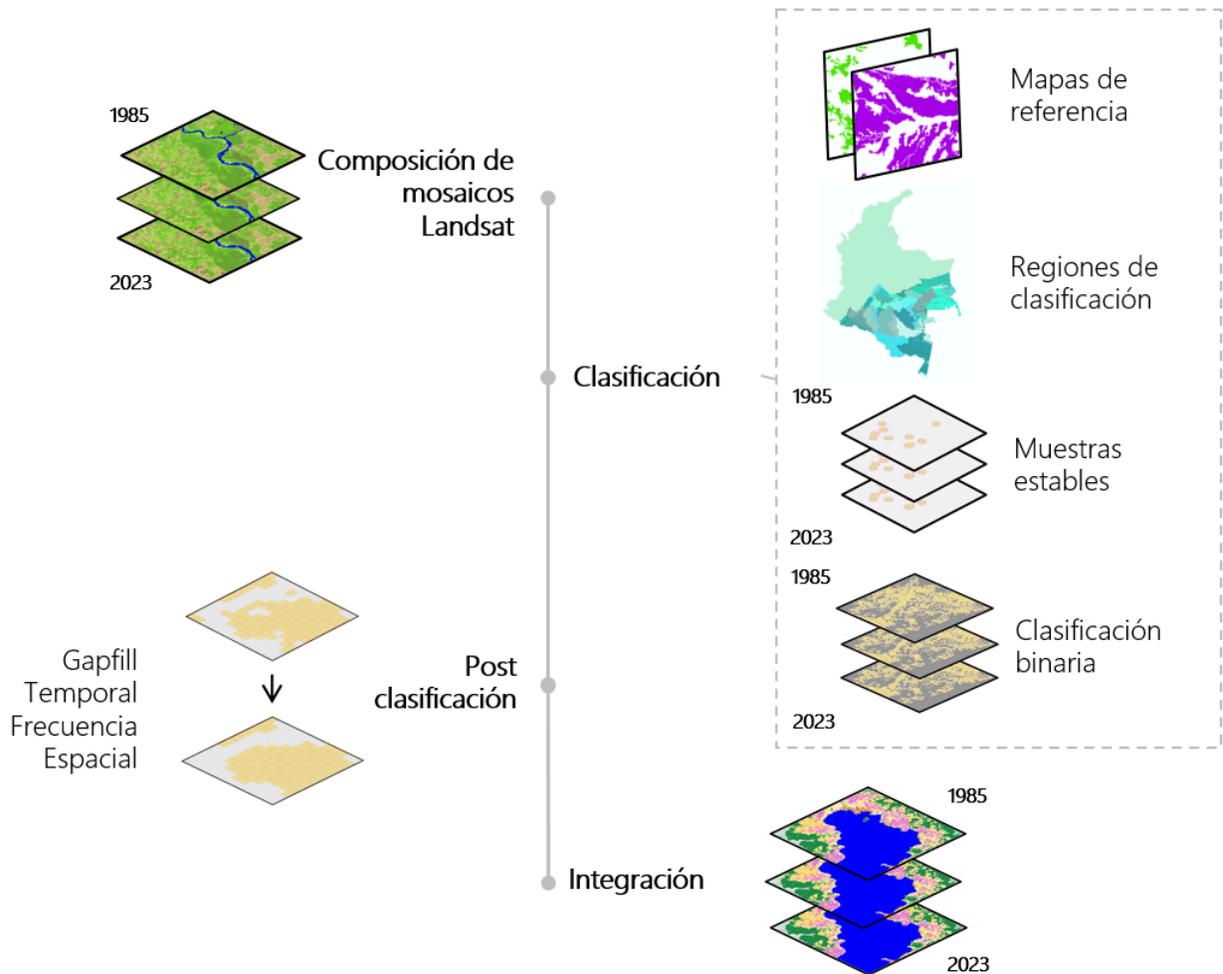


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología de clasificación de pastos para la Amazonía colombiana

2.1. Composición de imágenes Landsat

Para la clasificación del transversal “Pastos” se utilizaron los mosaicos de imágenes generados previamente para la clasificación del mapa general de coberturas de la tierra y uso del suelo de la Colección 7.0 de MapBiomias Amazonía. Se realizó la composición a través de imágenes satelitales de reflectancia de superficie con corrección atmosférica del sensor Landsat 5, 7, 8 y 9 que cubren la superficie asociada al límite RAISG en el territorio colombiano. Estos mosaicos fueron generados anualmente en una serie temporal de 40 años comprendidos desde 1985 hasta 2024, a partir del reductor de pixel de mediana con una resolución espacial de 30 metros.

2.1.1. Regiones de mosaico

Debido a las diferencias en las características fisiográficas y climáticas que se presentan en la Amazonía colombiana, se optó por delimitar dos regiones de mosaico de acuerdo al gradiente

altitudinal; Andes y Amazonía, nombradas con el código serial 301 y 302 respectivamente, correspondientes al piedemonte y a la planicie amazónica como se observa en la figura 2. Esta subdivisión busca mejorar la calidad de los mosaicos, dado que la altitud está directamente relacionada con la cobertura de nubes, dificultando la obtención de información a nivel del suelo por parte del sensor óptico.

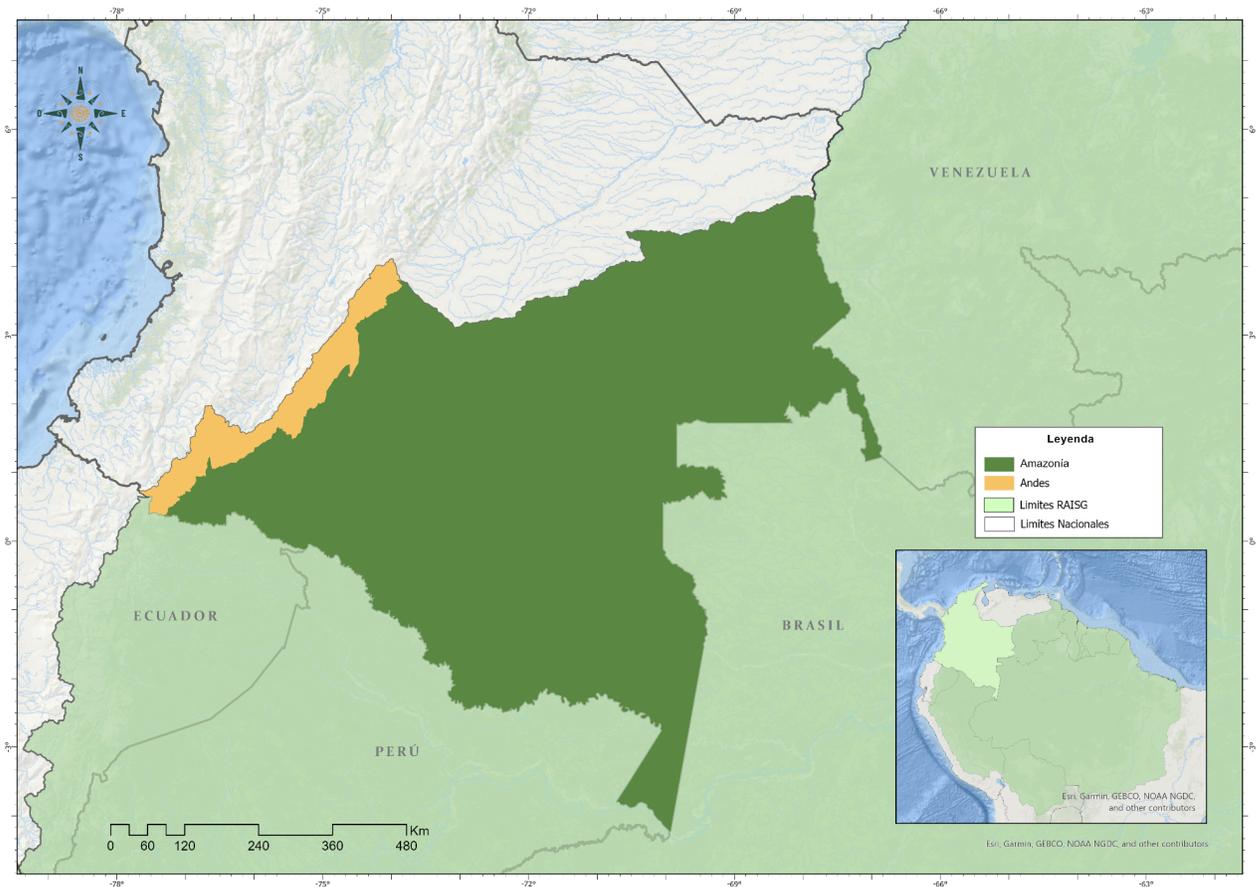


Figura 2. Regiones de mosaico definidas para la Amazonía colombiana.

2.1.2. Parametrización de mosaicos anuales

Un mosaico anual es la agregación de píxeles de varias imágenes Landsat a partir de los cuales se genera un mosaico representativo para un año, construido a partir de los siguientes parámetros:

- **ID:** Identificador único de la unidad carta-región
- **Año:** Año de la serie (1985 a 2024) al que corresponde el mosaico.
- **Path Row:** Código identificador de la de la grilla de escena Landsat.
- **Fecha inicial/ Fecha final:** Periodo del año (fecha de inicio y final) para la selección de imágenes del catálogo de datos de imágenes Landsat de Google Earth Engine.

- **Sensor:** El satélite y su respectivo sensor: Landsat 4, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM +, Landsat 8 OLI, Landsat 9 OLI o combinaciones de Landsat 5 y Landsat 7 y Landsat 8 y Landsat 9.
- **Nubosidad:** Porcentaje máximo de cobertura de nubes aceptado de cada imagen Landsat que será usado para construir el mosaico de imágenes. Este dato proviene de la metadata de las imágenes Landsat.
- **Blacklist:** Imágenes que por su calidad son excluidas de la construcción del mosaico.

Los parámetros de construcción de mosaicos anuales son definidos por el intérprete y representan los criterios de selección de imágenes disponibles en la colección de datos Landsat a partir de los cuales se construye el mosaico anual. Las imágenes seleccionadas por año fueron reducidas a una imagen individual, o mosaico anual, empleando operadores llamados reductores existentes en Google Earth Engine, como se ilustra en la Figura 3.

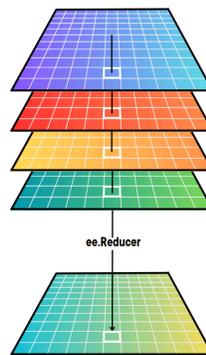


Figura 3. Esquema de la aplicación de un reductor a una colección de imágenes.

Al momento de parametrizar los mosaicos se consideró que se puede alcanzar una mejor calidad al utilizar mosaicos de imágenes satelitales cuyos datos cuenten con la menor cantidad de interferencias atmosféricas. Es por ello que se buscó que cada mosaico tenga la menor presencia de nubes y la mayor extensión de cobertura de datos Landsat disponible dentro del periodo definido. En casos excepcionales donde no hubo imágenes disponibles para el período seleccionado, se optó por extender el periodo de búsqueda de imágenes.

Las nubes y sombras de nubes son enmascaradas previamente para componer un mosaico de calidad que permita identificar las diferentes coberturas y no se generen errores en el proceso de clasificación. Los métodos de enmascaramiento de nube y sombra de nube fueron el Cfmask y CloudScore.

Adicionalmente, para minimizar los efectos que el relieve del terreno tiene sobre la reflectancia registrada por el sensor, se aplicó un proceso de corrección topográfica. Este proceso consiste en ajustar los valores de reflectancia de las imágenes satelitales para compensar los efectos de la topografía del terreno, como las pendientes y la orientación de las laderas. Con el cálculo del

ángulo de incidencia solar se ajusta el valor de reflectancia de cada píxel para que represente de una manera más adecuada las propiedades reales de la superficie.

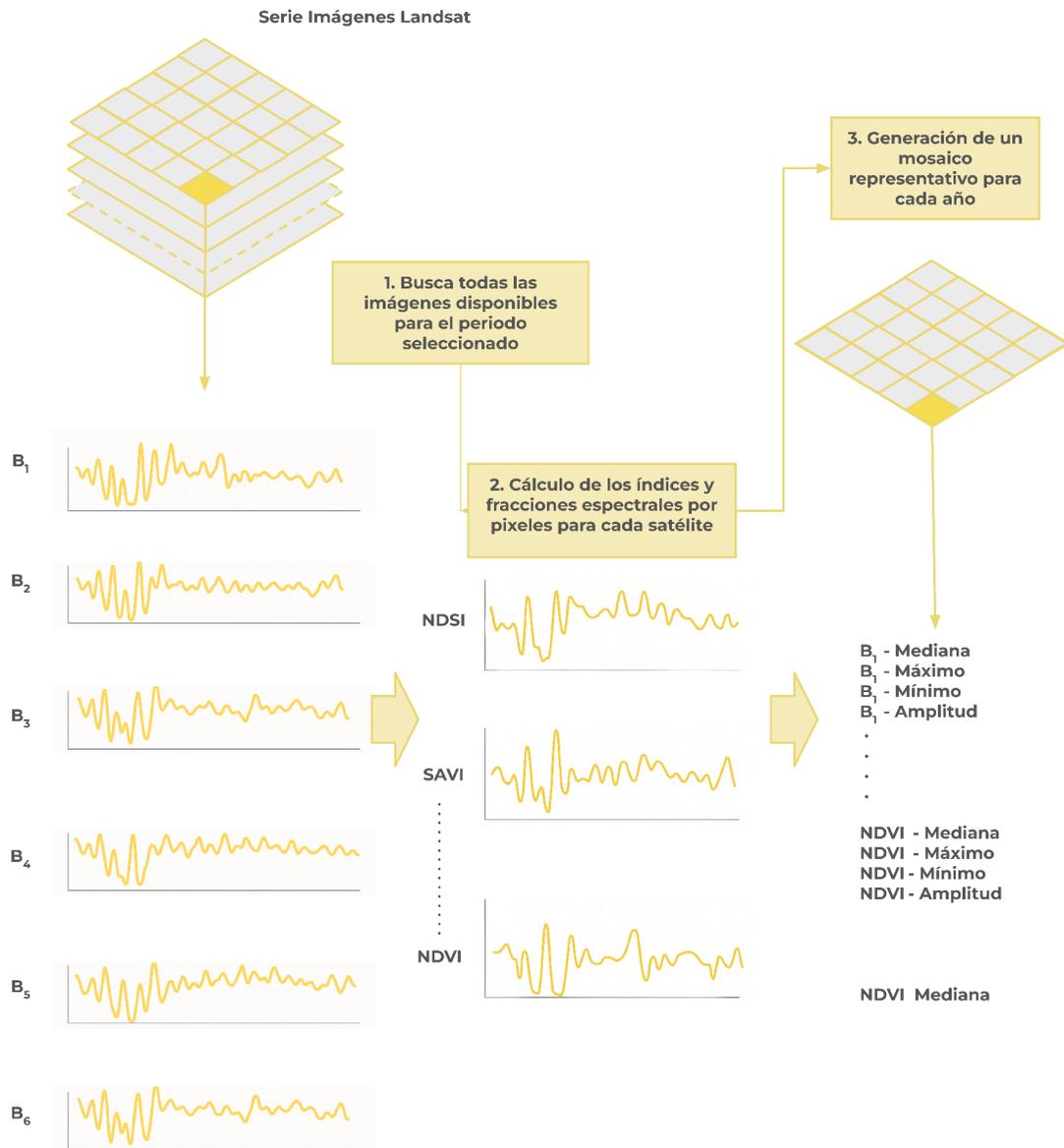


Figura 4. Proceso de generación de mosaicos anuales de imágenes Landsat.

2.1.3. Variables de clasificación o feature space

A partir del mosaico anual se calcularon variables (feature space) para la clasificación, consolidando en archivos raster un total de 141 bandas que incluyen: las bandas espectrales de Landsat, índices espectrales, información fraccional y de textura derivada de estas, así como índices de las fracciones espectrales. Adicionalmente, se incorporan 6 variables estáticas

(shademask2, sippost, altitud, pendiente, latitud y longitud) para mejorar la discriminación de clases espectralmente similares mediante atributos topográficos. A las imágenes disponibles para cada año, se aplicaron los siguientes reductores estadísticos, para generar valores representativos por píxel:

- **Mediana (median):** Mediana de todos los valores disponibles en el mosaico anual para esa ubicación (píxel).
- **Mediana época seca (median_dry):** Cálculo de la mediana estadística aplicada a los píxeles del cuartil 25 (con los menores valores) de NDVI (proxy de época seca).
- **Mediana época húmeda (median_wet):** Cálculo de mediana estadística aplicada a los píxeles del cuartil 75 (con los mayores valores) de NDVI (proxy de época lluviosa).
- **Amplitud (amp):** Extensión de la variación entre todos los píxeles disponibles en el mosaico anual.
- **Desviación estándar (stdDev):** Desviación estándar de los valores de todos los píxeles disponibles en el mosaico anual para una ubicación determinada.
- **Mínimo (min):** Menor valor de todos los píxeles disponibles en el mosaico anual en una ubicación determinada.
- **Máximo (max):** Mayor valor de todos los píxeles disponibles en el mosaico anual en una ubicación determinada.
- **Mínimo del periodo seco (min_dry):** Cálculo del menor valor de todos los píxeles disponibles de las imágenes del cuartil con los menores valores de NDVI (proxy de época seca).
- **Mínimo del periodo húmedo (min_wet):** Cálculo del menor valor de todos los píxeles disponibles de las imágenes del cuartil con los mayores valores de NDVI (proxy de época lluviosa).
- **Máximo del periodo seco (max_dry):** Cálculo del mayor valor de todos los píxeles disponibles de las imágenes del cuartil con los menores valores de NDVI (proxy de época seca).
- **Máximo del periodo húmedo (max_wet):** Cálculo del mayor valor de todos los píxeles disponibles de las imágenes del cuartil con los mayores valores de NDVI (proxy de época lluviosa).
- **QMO del periodo seco:** El valor más alto que tiene la banda en el índice evi2 en la estación seca.
- **QMO del periodo lluvioso:** El valor más alto que tiene la banda en el índice evi2 en la estación húmeda.

2.1.4. Variables específicas para el transversal pastos

Mediante un análisis de relevancia, se identificaron 40 variables clave para la clasificación específica de la clase pastos. Estas variables, junto con sus reductores estadísticos asociados, se integraron al conjunto de 141 variables del mapa general.

Tabla 1. Variables y sus reductores de mayor importancia para el transversal pastos

| Banda | Descripción | Reductor |
|----------|--|----------------------------------|
| NDVI | Índice Normalizado de vegetación | Median/amp |
| EVI | Índice de vegetación mejorado | Median |
| SAVI | Índice de vegetación ajustado | Median |
| NDWI | Índice de Agua de Diferencia Normalizada | Median |
| MNDW | índice de hoja verde Modificado | Median/max Median / min / max |
| GLI | índice compuesto de área urbana | Median |
| NUACI | normalizada | Median/Min |
| green | Valor de la banda verde | qmo |
| green_w | Valor de la verde en la estación húmeda | Median |
| et | Valor de la banda azul | Median |
| blue | Valor de la banda roja | Median |
| red | Valor de la banda infrarrojo cercano (NIR) | Median/Min |
| nir | Valor de la banda SWIR 1 | |
| swir1 | | |
| slope | Pendiente | |
| altitude | Altitud | |

2.2. Clasificación

2.2.1. Definición de la clase

- Pastos (ID 15):** Comprende aquellas áreas en las que la cobertura natural ha sido transformada o sustituida por pastos, principalmente gramíneas y leguminosas, establecidos para el aprovechamiento pecuario. Incluye pastos sembrados o inducidos, usualmente asociados a actividades ganaderas, ya sea de manera extensiva o intensiva. Aunque pueden encontrarse en mosaico con otras coberturas, su uso dominante está orientado al sostenimiento de ganado. Las áreas de pastos naturales, en cambio, suelen clasificarse como formaciones herbáceas naturales, independientemente de si se utilizan o no como pastura.

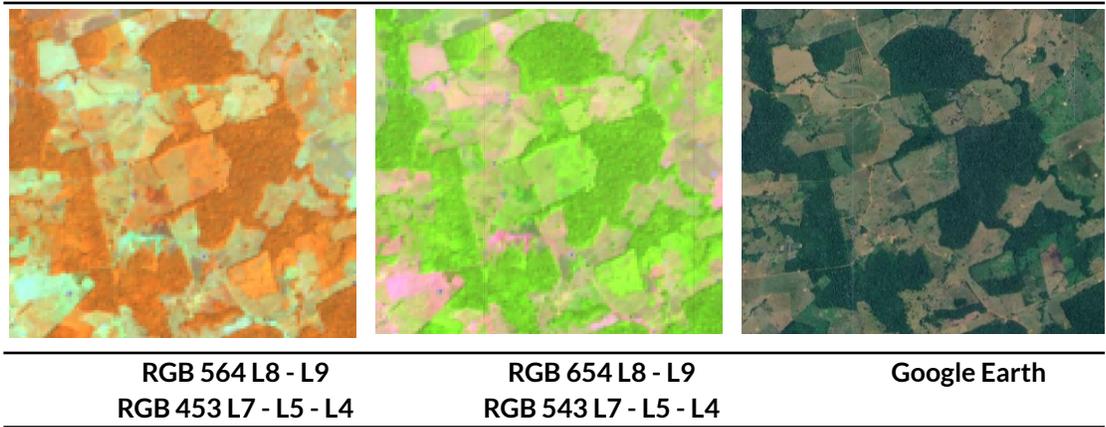


Figura 5. Respuesta espectral en diferentes combinaciones de bandas de la cobertura de pastos

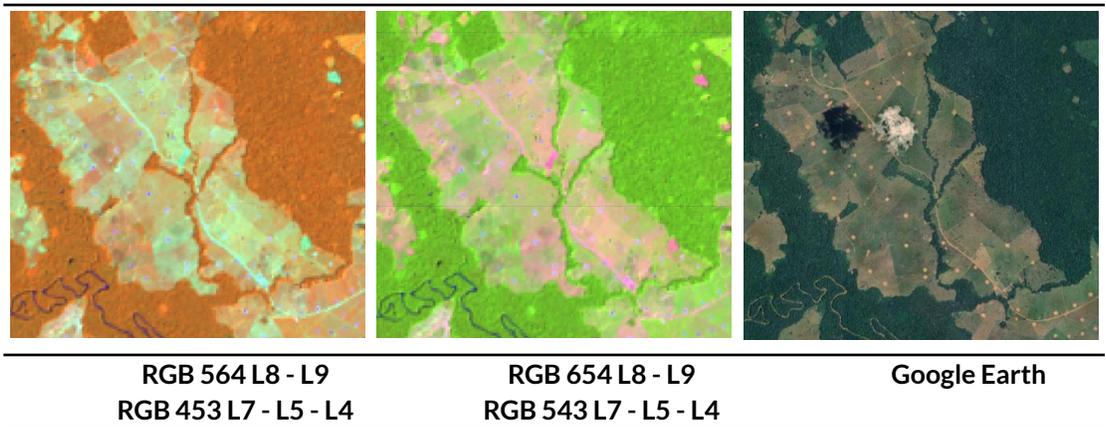


Figura 6. Respuesta espectral de los pastos en diferentes combinaciones de bandas

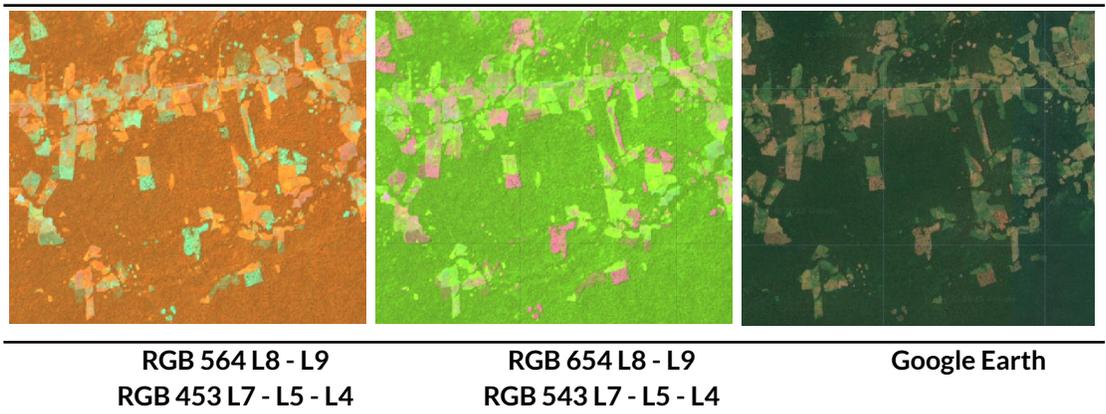


Figura 7. Respuesta espectral de la cobertura de pastos en diferentes combinaciones de bandas

- **No pastos (ID 27):** Comprende todas aquellas coberturas que no son pastos, tales como bosque, herbazales, agricultura, infraestructura, cuerpos de agua, minería, plantaciones forestales, etc.

2.2.2. Información de referencia

La colecta de muestras de entrenamiento para la clasificación incorporó diferentes fuentes de información relacionadas con los reportes de presencia documentada de pastos limpios, pastos enmalezados y pastos arbolados a nivel nacional y global. Estas fuentes de información se enlistan en la tabla 2 y en la tabla 3.

Tabla 2. Información de referencia nacional implementada en el proceso de muestreo de pastos en la Amazonía colombiana.

| Nombre | Fuente | Año |
|---|--|------|
| Base de datos vectorial básica. Colombia. Escala 1:100.000 | Instituto geográfico Agustín Codazzi | 2022 |
| Mapa de Cobertura de la Tierra. Adaptación Corine Land Cover. República de Colombia. Escala 1:100.000. Periodo 2020 | Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM | 2021 |
| Capa de Coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana. Escala 1:100.000. Periodo 2024. Versión 1 | Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI. | 2024 |

Tabla 3. Información de referencia global implementada en el proceso de muestreo de pastos en la Amazonía colombiana.

| Nombre | Fuente | Año |
|--|---|------|
| GPW Annual Dominant Class of Grasslands v1 | Global Pasture Watch de Land & Carbon Lab | 2024 |
| GPW Annual Probabilities of Cultivated Grasslands v1 | Global Pasture Watch de Land & Carbon Lab | 2024 |
| GPW Annual Probabilities of Natural/Semi-natural Grasslands v1 | Global Pasture Watch de Land & Carbon Lab | 2024 |

En la Figura 9 y en la Figura 10 se muestran específicamente las capas de información secundaria de los tipos de pastos reportados, tanto por IDEAM como por SINCHI, que se usaron como apoyo en el proceso de interpretación para la toma de muestras complementarias.

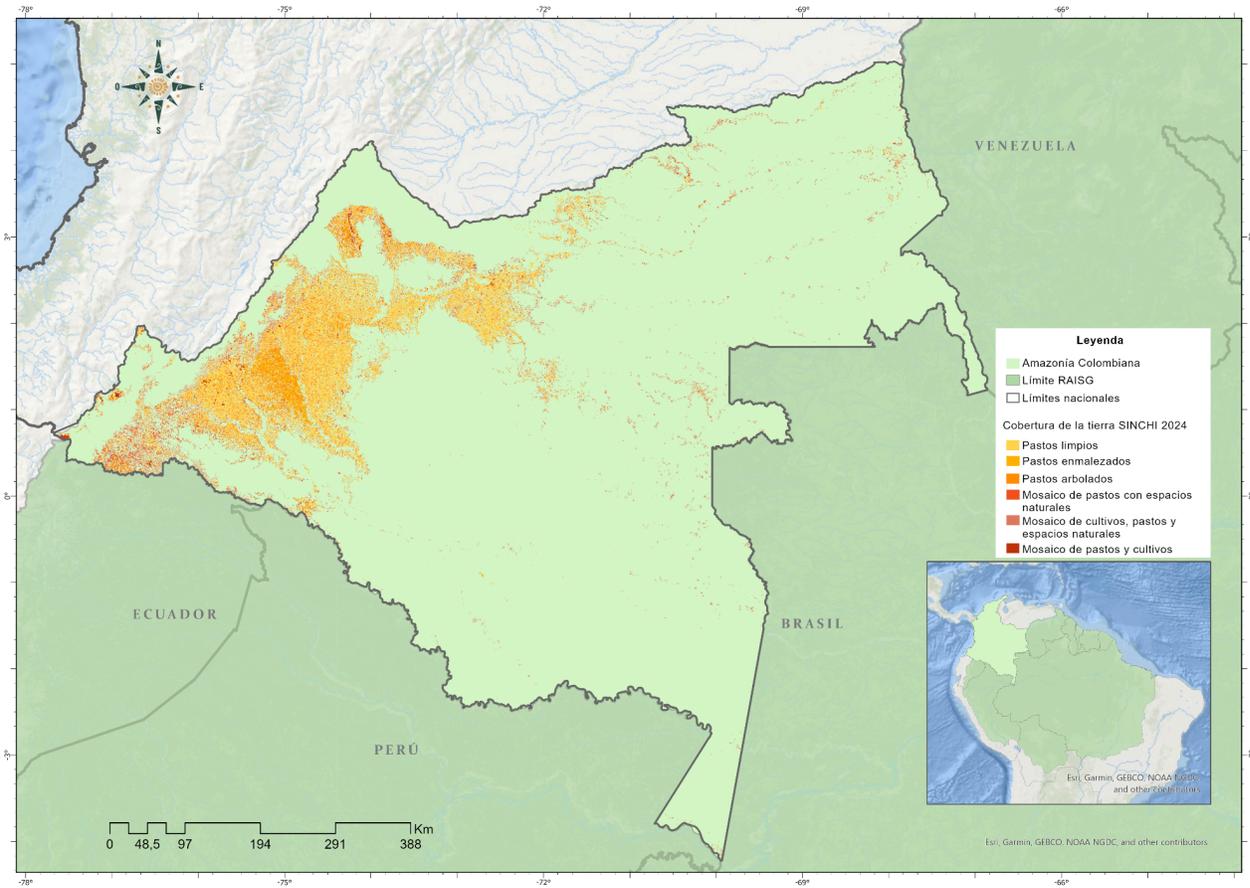


Figura 9. Información de referencia: Pastos SINCHI 2024

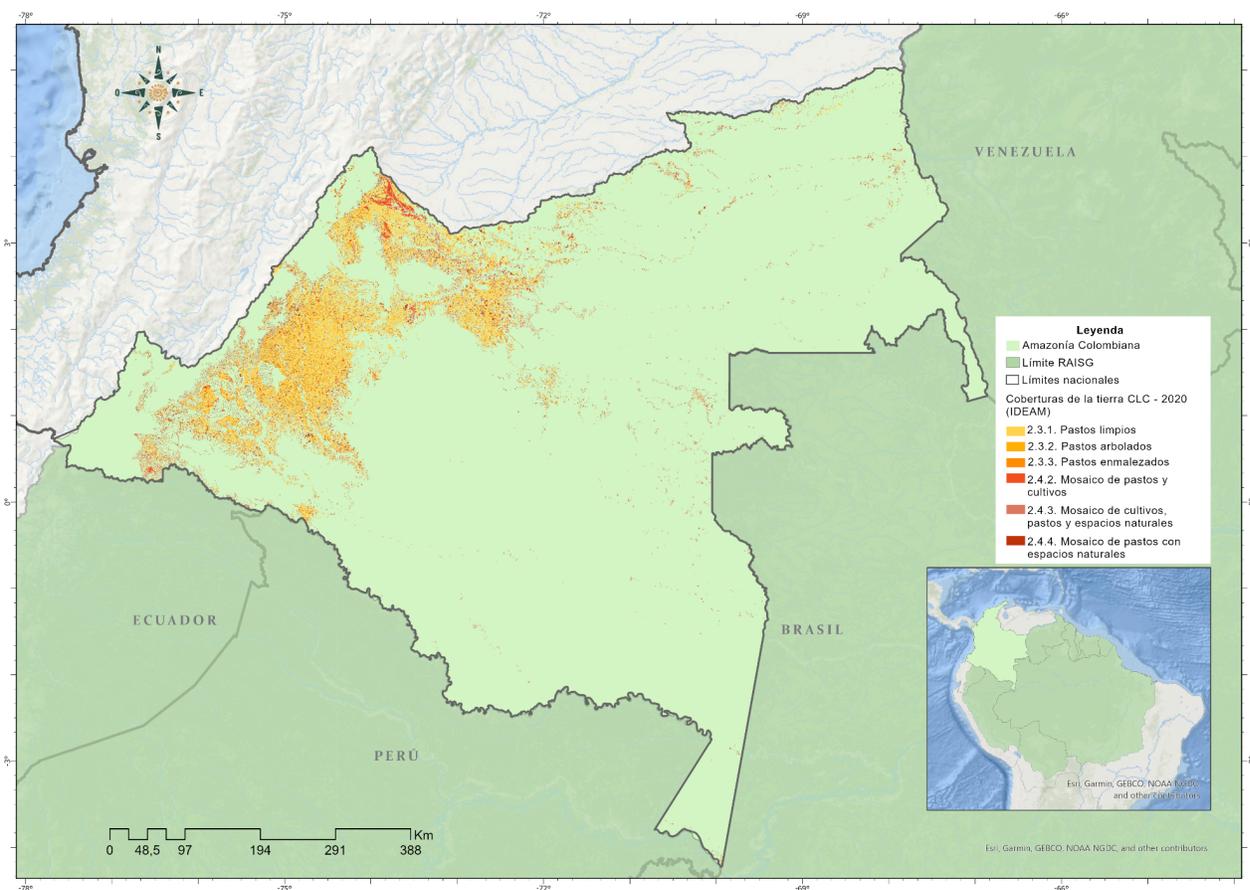


Figura 10. Información de referencia: Pastos CORINE 2020

2.2.3. Regiones de clasificación

Las regiones de clasificación son áreas delimitadas bajo determinados criterios, que facilitan el procesamiento en la nube y la clasificación de la cobertura mediante la fragmentación del área total en unidades más pequeñas y la agrupación de zonas con dinámicas y características similares, como la intensidad del pastoreo y los las diferentes reflectancias correspondientes a esta clase. Esta subdivisión no obedece a una zonificación biogeográfica de la Amazonía; sin embargo, se tiene en cuenta la delimitación de cuencas hidrográficas, ecosistemas de gran importancia, como las zonas de alta montaña, las sabanas de la Orinoquía y la serranía de Chiribiquete.

Para la delimitación de estas regiones se empleó como referencia la base de datos vectorial básica de Colombia a escala 1:100.000 (IGAC,2022), el Mapa de Ecosistemas Continentales y Marinos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM et al., 2017), el mapa de Coberturas de la Tierra de la Amazonia colombiana para el año 2024. Escala: 1:100.000 del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI (SINCHI, 2023), y el acumulado del transversal de

pastos obtenido en la clasificación de la colección 6 de Mapbiomas Amazonia.

En la presente colección se modificaron las regiones utilizadas para la clasificación de pastos, esto teniendo en cuenta la dificultad de separar los pastos de las sabanas naturales, facilitando la clasificación de las regiones conformadas principalmente por sabanas. Las regiones se codifican de la 30101 a la 30146, dependiendo de su dinámica y la presencia de sabanas. Las regiones 30101 y 30102 corresponden con la zona andina; las regiones de la 30111 a la 30118 comprenden zonas de alta dinámica de pastos, dentro del arco de deforestación de la Amazonía, una zona prioritaria para el monitoreo ambiental; las regiones codificadas de la 30121 a la región 30124 comprenden zonas conformadas por sabanas principalmente; las regiones que van de la 30131 a la 30139 son zonas de dinámica baja; finalmente, las regiones con código de 30141 al 30146 abarcan zonas de comunidades indígenas.

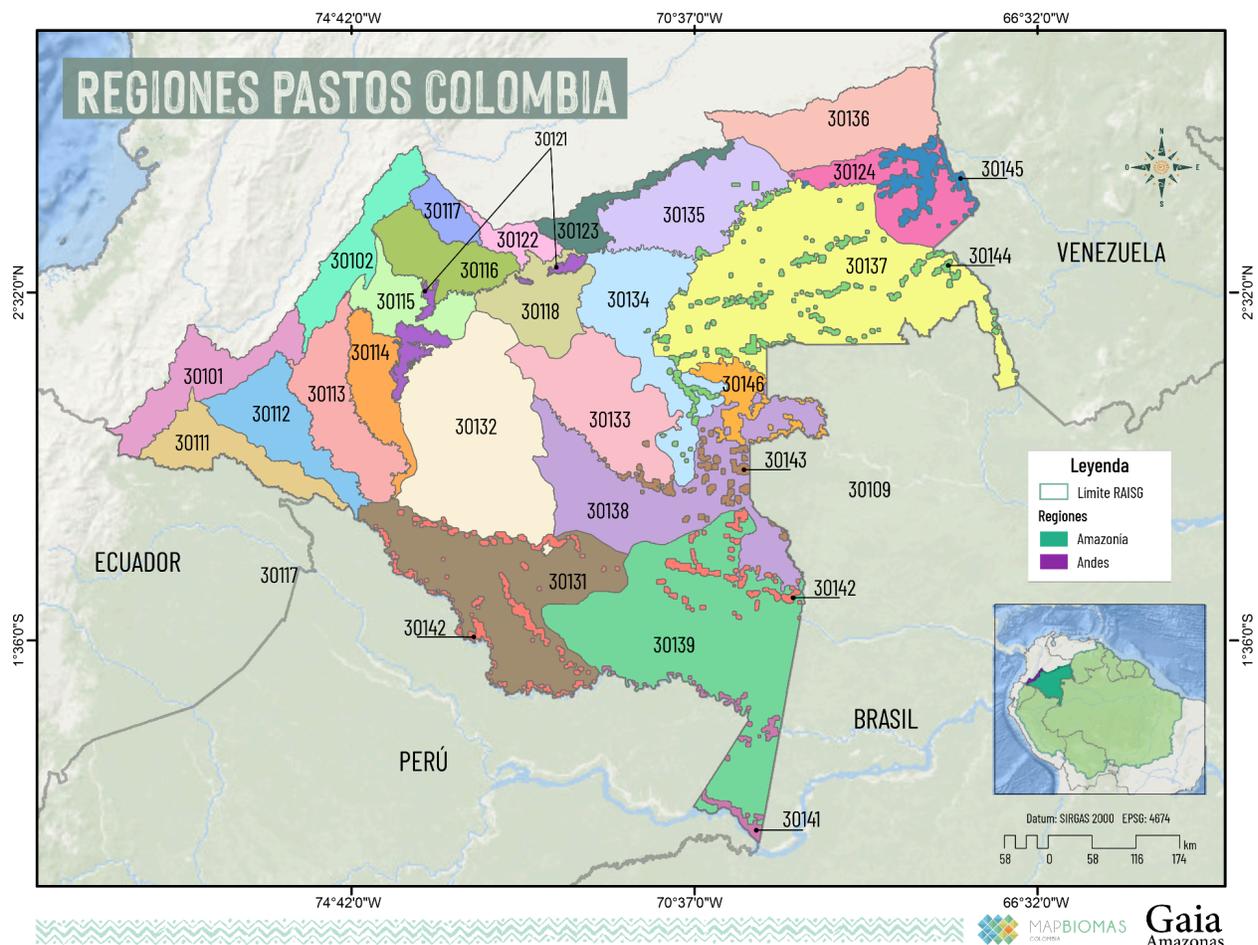


Figura 11. Regiones de clasificación empleadas para la interpretación de los pastos en la Amazonía colombiana.

2.2.4. Muestras de entrenamiento y muestras complementarias

Para entrenar el algoritmo de clasificación se sortean de forma aleatoria una serie de muestras de entrenamiento de clase 15 y clase 27 sobre píxeles estables, es decir, sobre aquellos píxeles que se han mantenido en una clase durante toda la ventana temporal del mapeo, tomando como referencia el resultado de la clasificación del transversal en la colección 6 de Mapbiomas Amazonia (Figura 11). Una vez obtenido el resultado preliminar de la clasificación, se toman muestras complementarias para ambas clases a partir de los mosaicos parametrizados para la colección, con el fin de ajustar y perfeccionar el resultado final. Este proceso se realiza por región de clasificación y para cada año de la serie, donde se definen la cantidad de árboles de decisión que usará el algoritmo según la complejidad de la misma.

Debido a la dinámica particular de los pastos en la Amazonía colombiana —marcada por su alternancia con coberturas como agricultura o herbazales naturales—, y al abandono temporal de áreas intervenidas que permite la regeneración natural del bosque, se implementó un enfoque de muestreo anual. Esta estrategia permitió capturar con mayor precisión el comportamiento espacial y temporal de la clase 15 (pastos), teniendo en cuenta la alta frecuencia de cambio y las dinámicas propias de las prácticas tradicionales de uso del suelo. De este modo, fue posible entrenar y generar una clasificación para cada año, adaptándose a las particularidades del paisaje amazónico.

2.3. Post-clasificación

La post-clasificación consiste en la aplicación iterativa de una serie de filtros diseñados para normalizar inconsistencias temporales, como vacíos de información y granularidades derivadas del mosaico. La implementación de estos filtros se realiza de forma alternada, con base en una valoración estadística y en la inspección temporal específica de cada región de clasificación, complementada por el criterio técnico del intérprete.

A continuación, se describe la funcionalidad de cada filtro y se presentan ejemplos de su aplicación en el componente transversal de Pastos.

2.3.1. Gap Fill (Relleno de vacíos)

El objetivo del Gap Fill es rellenar con datos de clase 15 aquellos píxeles vacíos por falta de información dentro de los mosaicos por año. De esta manera, el filtro identifica las zonas donde no existe información en los mosaicos y rellena estos píxeles de ese año con el valor de clasificación temporalmente más cercano, es decir, el valor precedente para el cual hubo una observación (Figura 11). En este procedimiento, si no hay disponibilidad de un valor en el año siguiente, entonces el espacio se reemplaza con el valor del año precedente. Se pueden utilizar hasta tres años anteriores para cubrir vacíos. Por lo tanto, las brechas solo deberían existir si un píxel dado se ha clasificado permanentemente como sin información (clase 27) en toda la serie temporal.

Este filtro es especialmente útil en regiones donde la presencia de nubes limita significativamente la calidad de los mosaicos, así como en los primeros años de la serie (1985-1999), periodo en el cual las capturas satelitales presentan inconsistencias que pueden impedir la disponibilidad de imágenes durante todo un año.

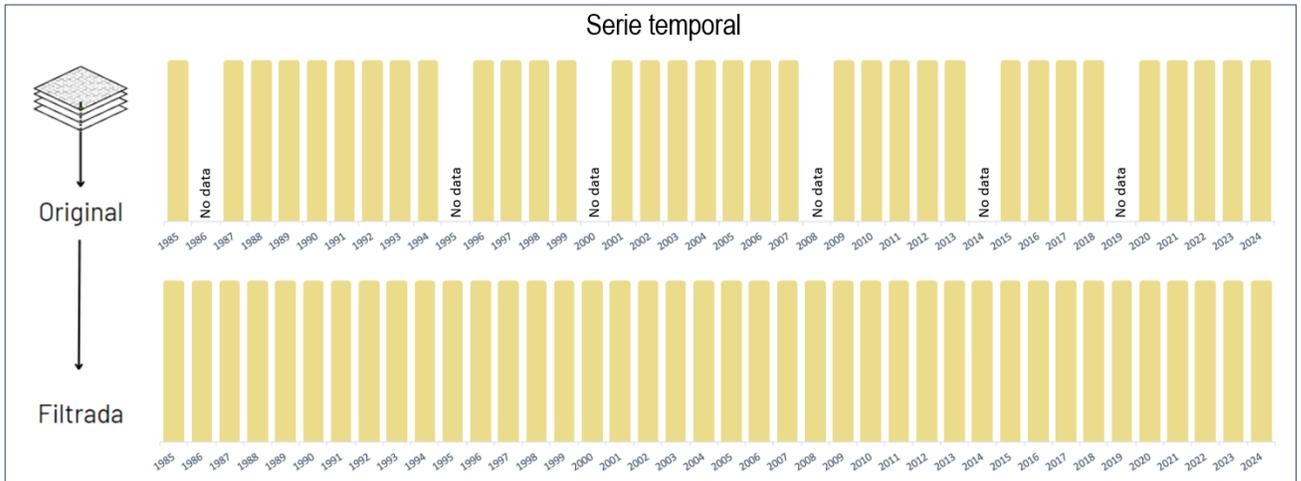


Figura 12. Normalización temporal del filtro de Gapfill sobre la serie histórica de clasificación un píxel

2.3.2. Filtro temporal

El filtro temporal permite corregir anomalías generadas por píxeles con variaciones espurias o ruido conocido como salt & pepper effect, así como por transiciones abruptas e incoherentes entre clases en series temporales. Estas inconsistencias suelen manifestarse como cambios aislados en ventanas de 3, 4 o 5 años consecutivos.

Para abordar este problema, el filtro aplica una ventana móvil sobre las clasificaciones anuales, analizando secuencias temporales para detectar transiciones que no siguen un patrón lógico. Una vez identificadas, estas transiciones atípicas son corregidas siguiendo un conjunto de reglas establecidas por el intérprete para cada región, quien define una jerarquía de coberturas prioritarias.

Estas reglas determinan qué clases deben prevalecer en caso de conflictos o cambios inconsistentes en la secuencia temporal. De este modo, el algoritmo reemplaza las clases consideradas atípicas por aquellas definidas como prioritarias, mejorando la coherencia temporal de la clasificación.

A continuación, se explican a detalle cada una de estas reglas:

- **Reglas generales (RG):** buscan corregir el dato de un año intermedio (x) a partir de los resultados correspondientes de años anteriores ($x-1$, $x-2$, $x-3$) y posteriores ($x+1$, $x+2$, $x+3$). Esta regla permite que el filtro temporal inspeccione la posición central de los años consecutivos, y si los extremos del análisis son idénticos pero la posición central

no lo es, entonces el píxel central se reclasifica hacia la clase del vecino temporal (Figura 12).

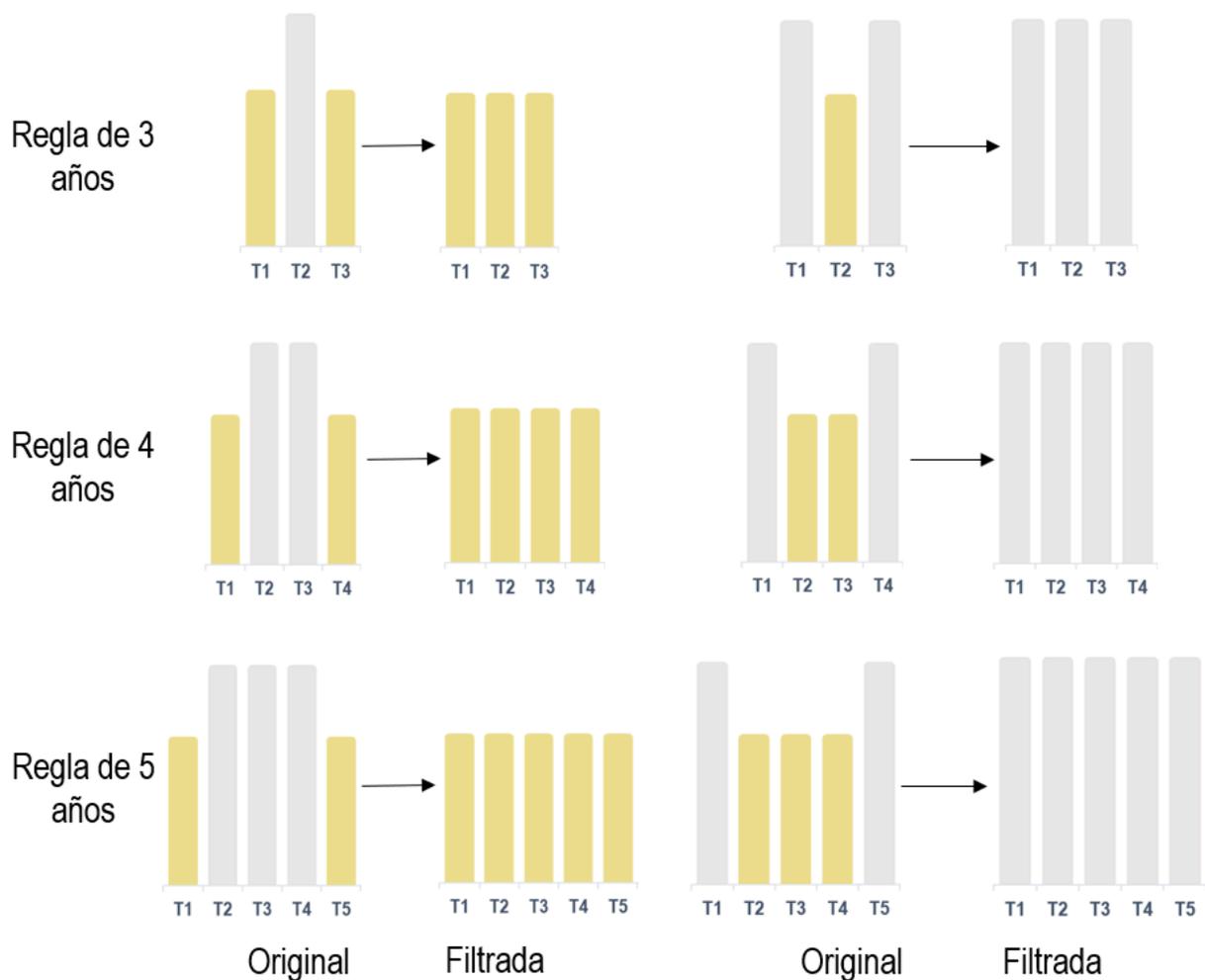


Figura 13. Funcionalidad del filtro temporal para la regla de los años intermedios

- **Reglas de primer año (RP):** actualizan el valor del primer año (1985), con base en los valores de los siguientes tres o cuatro años, esta regla busca corregir inconsistencias de la serie temporal debido a falta de información para 1985 (Figura 14).
- **Reglas de último año (RU):** buscan actualizar el valor del último año (2024) mediante valores de clasificaciones de años que le preceden (Figura 13).

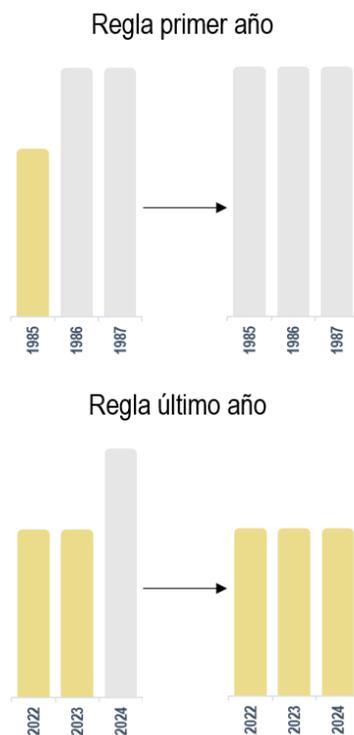


Figura 14. Funcionalidad del filtro temporal para la regla del primer y último año

2.3.3. Filtro espacial

El objetivo del filtro espacial es reducir la presencia de píxeles aislados y/o discontinuos dentro de los mosaicos clasificados. Este filtro se basa en el parámetro `connectedPixelCount`, el cual permite identificar grupos de píxeles contiguos que comparten el mismo valor de clase. Aquellos conjuntos cuya cantidad de píxeles es igual o menor al umbral definido por el intérprete son reclasificados según la clase predominante en la matriz circundante, promoviendo así la continuidad espacial de las coberturas (Figura 15).

Aunque el valor de `connectedPixelCount` puede ser ajustado por el intérprete según las características de la región o clase, para la clase de pastos se ha establecido un umbral mínimo de conexión de 5 píxeles contiguos (aproximadamente 0,5 hectáreas). Esta decisión responde a la dinámica propia del uso ganadero del suelo en el país. No obstante, en regiones con dinámica de cambio más baja o con presencia de zonas reducidas pero consistentes de pastos, puede ser necesario disminuir este umbral para evitar la pérdida de áreas que, aunque pequeñas, corresponden efectivamente a esta clase de cobertura.

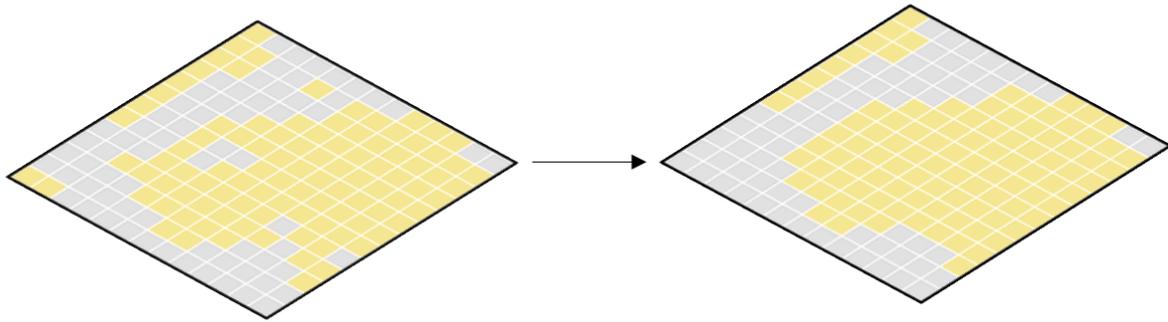


Figura 15. Funcionalidad del filtro espacial

2.3.4. Filtro de frecuencia

Este filtro considera el porcentaje de ocurrencia de la clase 15 o 27 a lo largo de la serie temporal para normalizar la trayectoria histórica de la clase. De esta manera ayuda a reducir oscilaciones temporales asociadas a dinámicas naturales que son clasificadas erróneamente como una clase distinta o un cambio de clase clasificando las id naturales más consistentemente disminuyendo la frecuencia de falsos positivos relacionados a dinámicas naturales (Figura 16). En el caso del transversal de pastos, este filtro resulta especialmente útil para corregir errores de clasificación asociados al efecto de bandeo presente en los mosaicos.

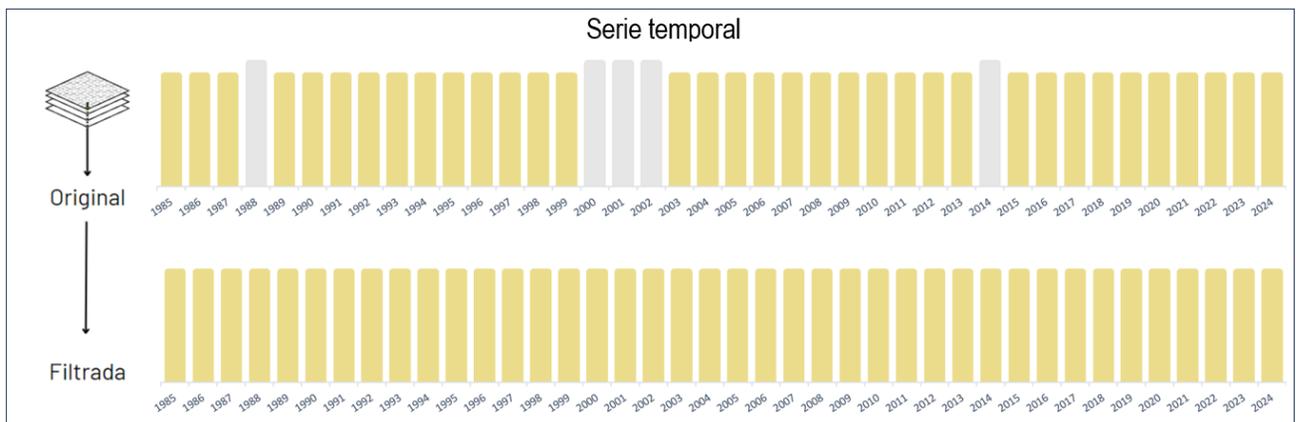


Figura 16. Funcionalidad del filtro de frecuencia sobre la serie histórica de clasificación de un pixel

Ahora bien, dependiendo de si la corrección desea mejorar la comisión u omisión de pastos en las regiones, el filtro de frecuencias puede dar prioridad, ya sea a la clase 27 o clase 15, dependiendo del análisis realizado por el intérprete. A continuación, se muestran ejemplos de este filtro.

2.3.4.1. Filtro de frecuencia 27

Este filtro se utilizó para corregir errores de comisión en la clasificación de pastos, ocasionados por la presencia de tonalidades similares en los mosaicos. Dichos errores se presentaron principalmente en superficies inundables y herbazales de ecosistemas de sabanas, las cuales no corresponden a la cobertura de pastos. La aplicación del filtro permite reducir estas mezclas espectrales.

2.3.4.2. Filtro de frecuencias 15

Este filtro se utilizó para corregir omisiones en la detección de pastos provocadas por variaciones estacionales en los mosaicos, especialmente en zonas afectadas por el efecto de bandeo. Su aplicación permite mantener la homogeneidad en la clasificación a lo largo del tiempo, evitando cortes visuales entre mosaicos, inconsistencias en la continuidad espacial y fluctuaciones anómalas entre años consecutivos.

2.4. Integración

Luego de la aplicación de la secuencia de filtros en la etapa de post Clasificación, los temas transversales y el mapa general de la Amazonía son integrados. Esta integración depende de una serie de reglas jerárquicas específicas que asignan un orden de prevalencia. Como resultado de esta etapa se obtienen los mapas anuales de Pastos.

Tabla 4. Reglas de integración para la obtención de los mapas anuales de Pastos.

| Colección 7 | ID | Capa | Prevalencia ID Colombia General |
|-----------------------------------|----|-------------|---------------------------------|
| Minería | 30 | Transversal | 1 |
| Infraestructura urbana | 24 | Transversal | 2 |
| Silvicultura | 9 | General | 3 |
| Playa, duna o banco de arena | 23 | General | 4 |
| Cuerpo de agua | 33 | General | 5 |
| Palma aceitera | 35 | General | 6 |
| Agricultura | 18 | Transversal | 7 |
| Pastos | 15 | Transversal | 8 |
| Mosaico de agricultura y/o pastos | 21 | General | 9 |

| | | | |
|--------------------------------|----|-------------|----|
| Afloramiento rocoso | 29 | General | 10 |
| Otra área sin vegetación | 25 | General | 11 |
| FNNF inundable | 11 | Transversal | 12 |
| Formación natural no forestal | 13 | General | 13 |
| Formación campestre o herbazal | 12 | General | 14 |
| Bosque inundable | 6 | Transversal | 15 |
| Formación forestal | 3 | General | 16 |

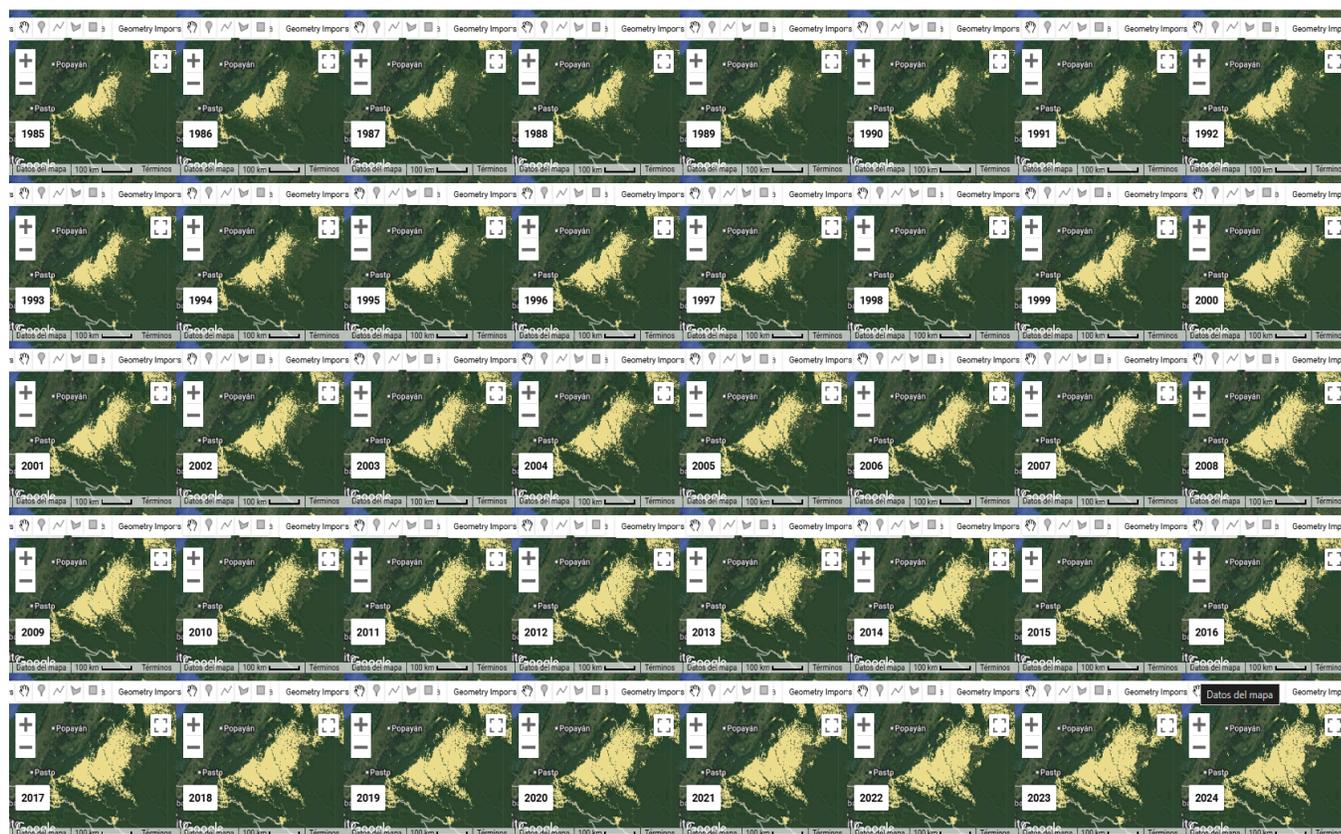


Figura 17. Multitemporal del resultado del transversal de Pastos

3. Glosario

Defoliación: Proceso de remoción parcial o completa de las partes aéreas de las plantas vivas o muertas por pastoreo animal, corte mecánico o fenómenos naturales (Ferri *et al.* 2015).

Forraje: Alimentos herbáceos o arbustivos que son utilizables para pastoreo o pueden ser cosechados y/o conservados para la alimentación animal (Ferri *et al.* 2015).

Ganadería: Son tierras de uso exclusivo al establecimiento de actividades pecuarias de crianza de animales domesticables con fines de producción, cuya cobertura principal son pastos destinados al consumo animal.

Ganadería extensiva: Sistema de producción pecuaria que aprovecha los recursos naturales de grandes extensiones de terreno, utilizando principalmente el pastoreo como método de alimentación del ganado.

Ganadería intensiva: Sistema de producción animal que busca maximizar la producción pecuaria utilizando tecnología y recursos para aumentar la productividad por unidad de superficie.

Pastoreo: Defoliación por los animales de la parte aérea de las plantas de la pastura. Cosecha del forraje tomada directamente por el animal para alimentarse (Ferri *et al.* 2015).

Pastos: Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas al pastoreo permanente (IDEAM 2010).

Pastos arbolados: Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos de forma dispersa (IDEAM 2010)

Pastos enmalezados: Cobertura representada por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono (IDEAM 2010).

Pastos limpios: Comprende las tierras ocupadas por pastizales con un amplio porcentaje de cubrimiento y que cuentan con evidentes prácticas de manejo como limpieza, encalamiento y/o fertilización (IDEAM 2010).

Pastos manejados: Áreas de terreno donde se cultiva intencionalmente pastos o forraje para la alimentación del ganado, con prácticas de manejo que buscan maximizar la producción y la calidad del forraje.

Pastos mejorados: Especies o variedades de pastos, tanto gramíneas como leguminosas, que han sido seleccionadas o modificadas genéticamente para aumentar el potencial de la producción forrajera.

Pastura: Área de pastoreo, cercada y separada de otras áreas, dedicada a la producción de forraje para ser cosechada principalmente por los animales (Ferri *et al.* 2015).

Praderización: Es entendida como el aumento de las áreas de pastizales en un periodo de tiempo determinado a partir de cualquier tipo de cobertura natural o antrópica.

4. Referencias

Ferri C.M., A.M. Saenz & V.V. Jouve. (2015). *Términos de uso frecuente en producción y utilización de pasturas*. Semiárida Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam Vol. 25(1): 41-61. Recuperado de: <https://www.produccion-animal.com.ar/glosarios/02-pasturas.pdf>

IDEAM (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C., 72p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Instituto Humboldt), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (Invemar) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2017) *Memoria técnica. Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC), escala 1:100.000*. 170 pp

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. (2016). *La Amazonia y la agenda 2030*. Recuperado de: <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/la-amazonia-y-la-agenda-2030>

SINCHI. (2009). *Fichas técnicas de los patrones de las coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana*. Bogotá. Instituto SINCHI. Recuperado de: https://siatac.co/Documentos/simcoba/coberturas_100k/publicaciones/Fichas%20de%20Patrones%20coberturas%202002.pdf