



Apéndice de agricultura para Colombia

Tema transversal en Colección 6.0

Versión 1

Lider Tecnico

Karen Huertas

Equipo responsable

Valentina Vera
Vanessa Bolivar
Angie Bustos

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 5 |
| 2. Metodología | 5 |
| 2.1. Composición de imágenes Landsat | 6 |
| 2.1.1. Regiones de mosaico | 7 |
| 2.1.2. Parametrización de mosaicos anuales | 8 |
| 2.1.3. Variables de clasificación o feature space. | 10 |
| 2.1.4 Variables específicas para el transversal agricultura:. | 11 |
| 2.2. Clasificación | 12 |
| 2.2.1. Definición de la clase | 16 |
| 2.2.2 Regiones de clasificación. | 17 |
| 2.2.4. Muestras de entrenamiento y muestras complementarias | 18 |
| 2.3. Post-clasificación | 18 |
| 2.3.1. Gap Fill (Relleno de vacíos) | 19 |
| 2.3.2. Filtro temporal | 20 |
| 2.3.3. Filtro espacial | 22 |
| 2.3.4. Filtro de frecuencia | |
| 2.4. Integración | |
| 3. Referencias | 24 |

1. Introducción

En la cuenca del río Amazonas se encuentra la mayor extensión de bosque tropical del mundo, un ecosistema estratégico de importancia, responsable de proporcionar servicios ambientales fundamentales como la regulación del clima global, la conservación de las especies y recursos genéticos, y la captura y absorción del dióxido de carbono (Patrimonio natural, 2013). Estos bosques, además de alojar el 10% de la biodiversidad y el 20% del agua dulce del planeta, poseen una gran riqueza lingüística y cultural, pues el 17% de la población amazónica corresponde a grupos indígenas que preservan múltiples conocimientos tradicionales, vitales para la ciencia y el desarrollo (Arauco et al., 2005). Pese a la importancia ambiental y cultural de la región, el bosque tropical amazónico se encuentra amenazado por varios factores, dentro de los cuales se ubica la expansión de zonas destinadas a la agricultura (Vergara et al., 2022).

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 los cultivos anuales, perennes y semiperennes, así como para la diferenciación de las dinámicas pecuarias, lo que derivó en la creación del tema transversal de agricultura. Actualmente, se ha implementado el transversal en las colecciones 4, 5 y 6, las cuales han ido evolucionando en aspectos metodológicos que han permitido la ampliación del rango temporal de mapeo, la actualización de la información y la obtención de clasificaciones cada vez más detalladas. Colombia, como parte de esta iniciativa, presenta el siguiente documento donde se expone la base teórica, la justificación, consideraciones diferenciales y los métodos aplicados para la generación del mapeo de la agricultura en la Amazonía colombiana.

2. Metodología

La metodología del tema transversal de agricultura se dividió en cuatro etapas 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.

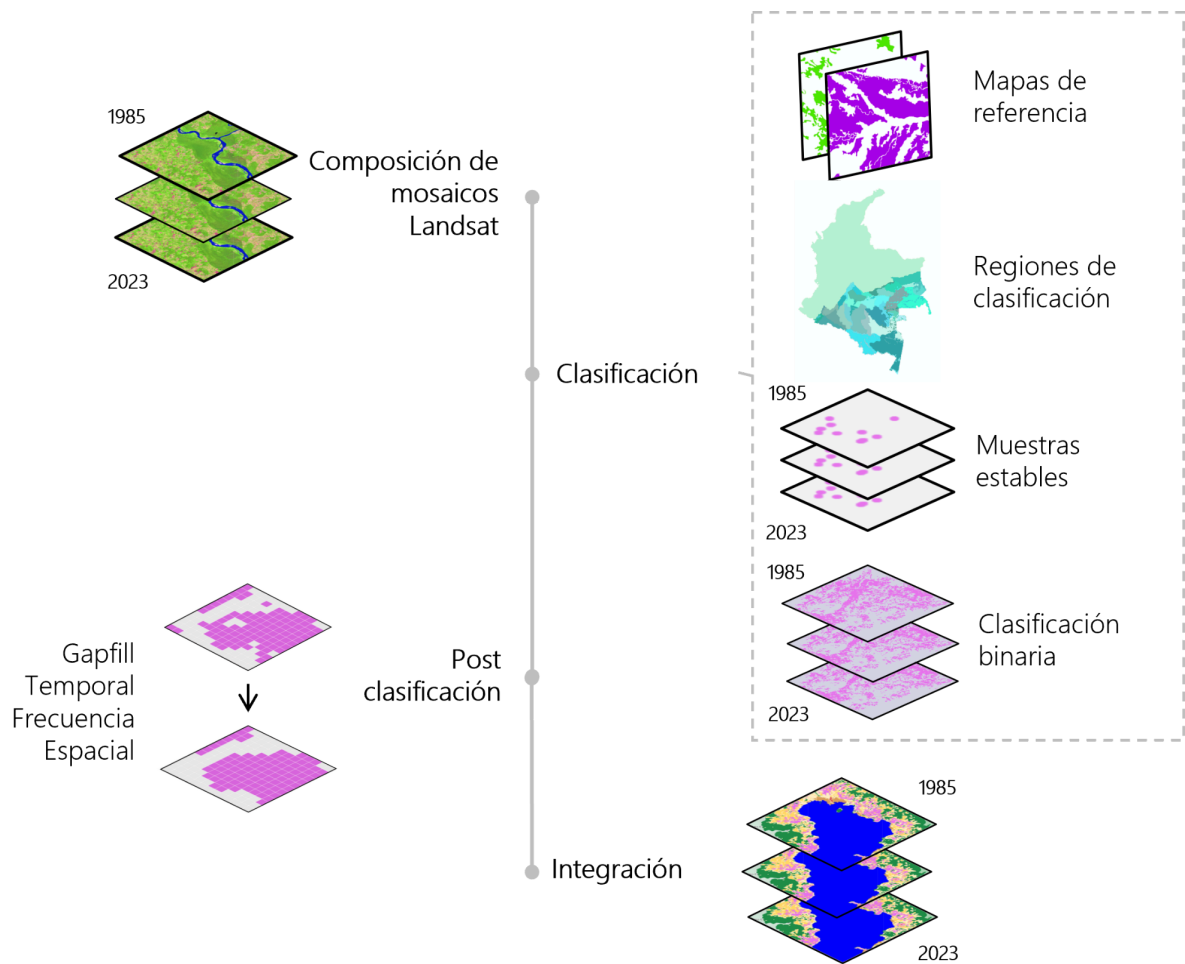


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología de la clasificación de agricultura para la Amazonía colombiana,

2.1. Composición de imágenes Landsat

Para la clasificación del transversal "Agricultura" 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 6.0 de MapBiomás 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 39 años comprendidos desde 1985 hasta 2023, 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.

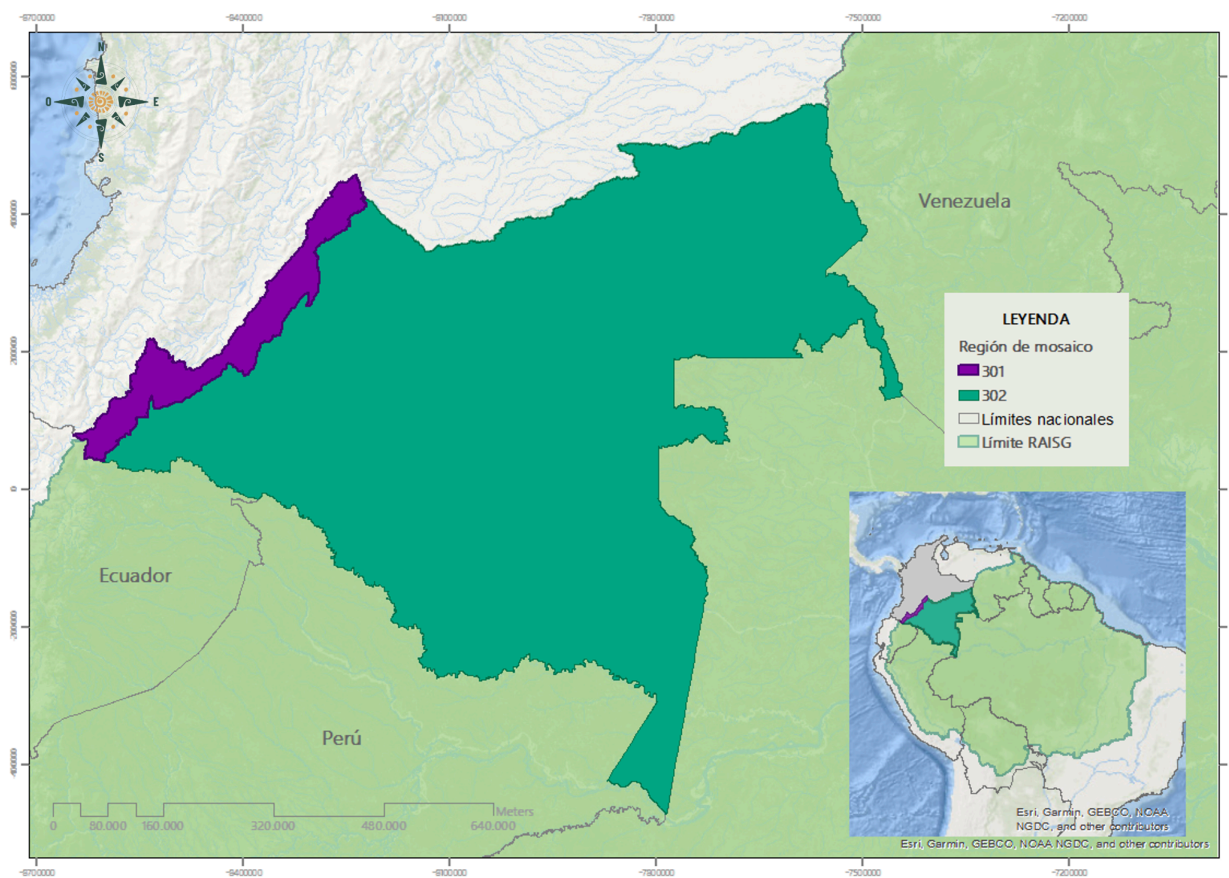


Figura 2. Regiones de mosaico definidas para la Amazonía colombiana

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 2023) al que corresponde el mosaico.
- Carta: Código identificador de la carta.
- 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 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.

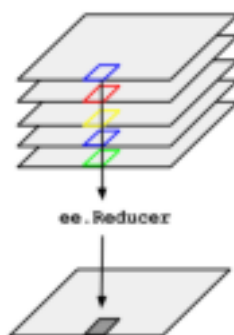


Figura 3. Esquema de la aplicación de un reductor a una colección de imágenes

Al momento de parametrizar los mosaicos se consideró que se puede alcanzar valores de precisión mayores al utilizar mosaicos de imágenes satelitales cuyos datos cuenten con la menor cantidad de ruidos. Es por ello que se buscó que cada mosaico tenga la menor presencia de nubes e interferencias posible y la mayor extensión de cobertura de datos Landsat disponible dentro del periodo definido. En casos excepcionales se dio el caso de que no hubo imágenes disponibles para el periodo seleccionado, donde 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.

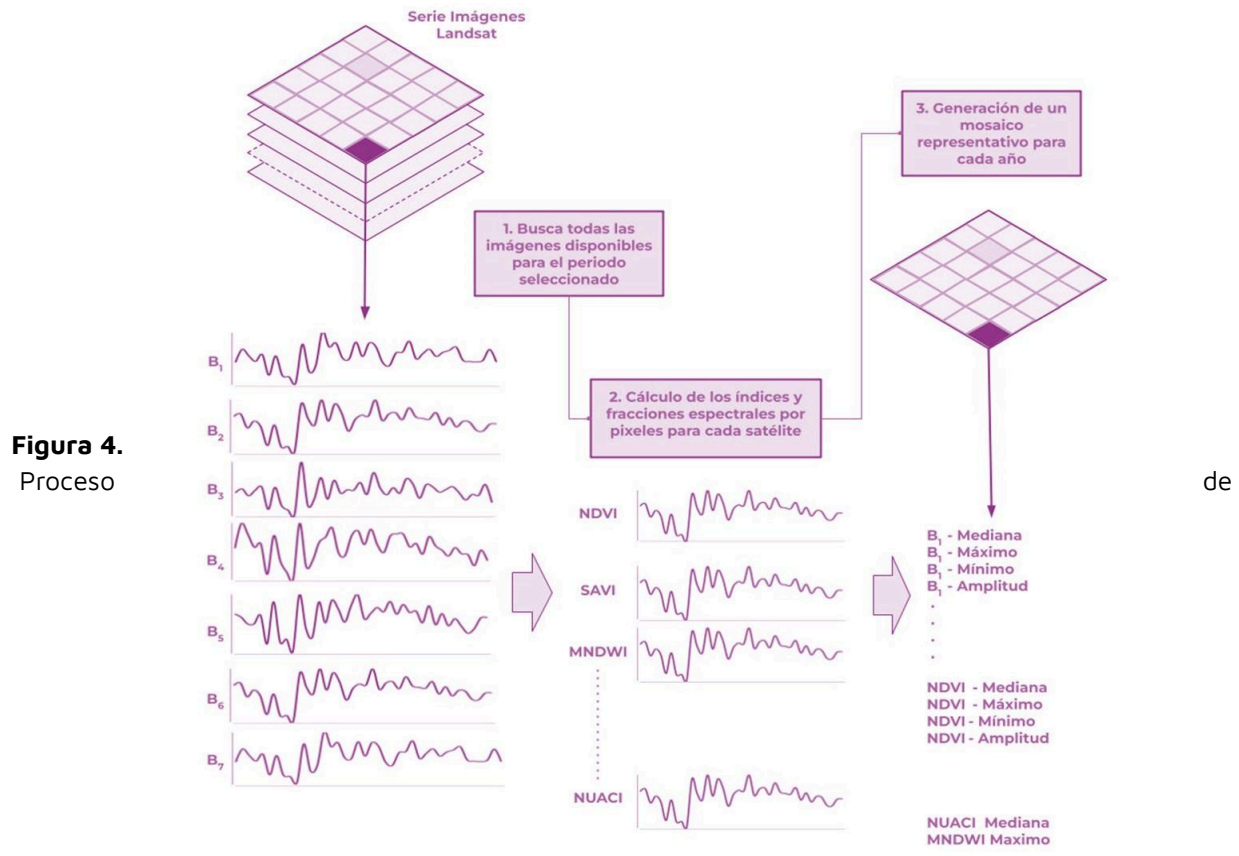


Figura 4.
Proceso

generación de mosaicos anuales de imágenes Landsat

2.1.3. Variables de clasificación o feature space: Se calcularon variables (feature space) a partir del mosaico anual que representan los insumos del proceso de clasificación. Las bandas Landsat, junto con las variables de clasificación se encuentran consolidados en archivos ráster compuestos por 141 bandas en total que incluyen: las bandas landsat espectrales, índices espectrales, información fraccional y de textura derivada de las mismas e índices de las fracciones espectrales. Adicionalmente se usaron 7 variables estáticas: HAND, shademask2, slppost, altitud, pendiente, latitud y longitud; que ayudaron a la clasificación de clases que espectralmente son muy similares pero se logran diferenciar por estos aspectos topográficos.

A las imágenes disponibles en cada año, se aplicó el cálculo de reductores estadísticos para generar los valores de cada píxel. Estos reductores son:

- 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 agricultura: En la colección anterior (Mapbiomas colección 5), previo a un análisis, se obtuvieron 40 variables específicas o de mayor importancia para la clasificación de la clase agricultura, algunas de las más importantes se registran en la tabla 1. Estas variables con sus reductores fueron incorporadas a las 141 variables del mapa general.

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

| Banda | Descripción | Reductor |
|-------|-------------|----------|
|-------|-------------|----------|

| | | |
|-----------|--|----------------|
| green | Valor de la banda verde | Median/Min |
| green_wet | Valor de la banda verde en la estación húmeda | qmo |
| blue | Valor de la banda azul | Median |
| red | Valor de la banda roja | Median |
| nir | Valor de la banda infrarrojo cercano (NIR) | Median |
| swir1 | Valor de la banda SWIR 1 | Median / Min |
| NDSI | Índice de diferencia de agua normalizado | median / min |
| GLI | modificado | median / min / |
| MNDWI | Índice de hoja verde | max |
| NDWI | Índice de Agua de Diferencia Normalizada | median / max |
| SAVI | Modificado | median |
| EVI | Índice de agua de diferencia normalizada | median |
| NDVI | Índice de vegetación ajustado al suelo | median / amp |
| NUACI | Índice de Vegetación Mejorado | median / amp |
| | Índice De Vegetación De Diferencia Normalizada | median |
| | Índice compuesto de áreas urbanas normalizadas | |
| slope | Pendiente | |
| hand | Altura global | |
| altitude | Altitud | |

2.2. Clasificación

2.2.1. Definición de la clase

- **Agricultura (ID 18):** Comprende aquellas áreas dedicadas a cultivos permanentes (a excepción de palma aceitera en estado avanzado de desarrollo), transitorios, posibles áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas, del mismo modo, se consideran cultivos de especies herbáceas y cultivos arbustivos. Esta clase incluye los sistemas de cultivo de las comunidades indígenas, denominadas chagras.

En esta colección la metodología permitió clasificar las plantaciones de palma (figura 5) aceitera en estadio juvenil, además de diferentes cultivos de gramíneas (figura 6 y 7) e incluso algunos cultivos en zonas inundadas (figura 8).

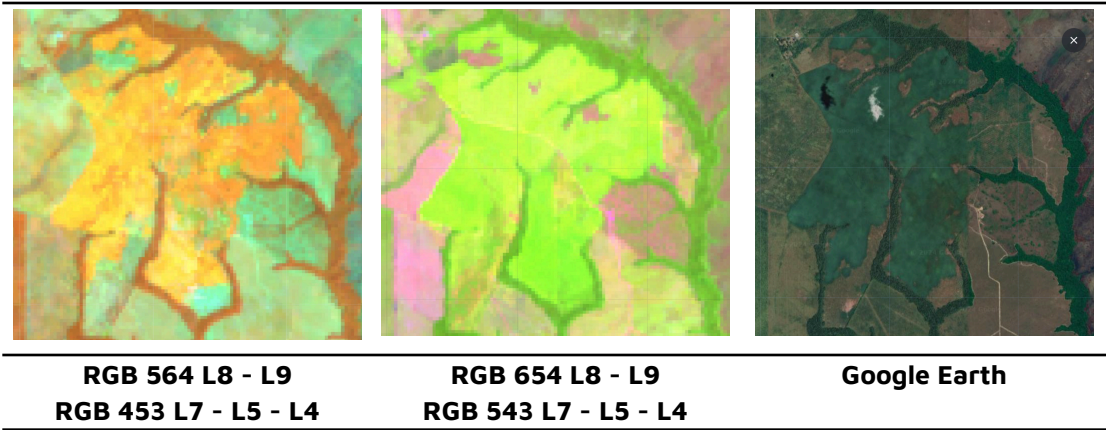


Figura 5. Respuesta espectral de diferentes combinaciones de banda de la palma aceitera en estado juvenil

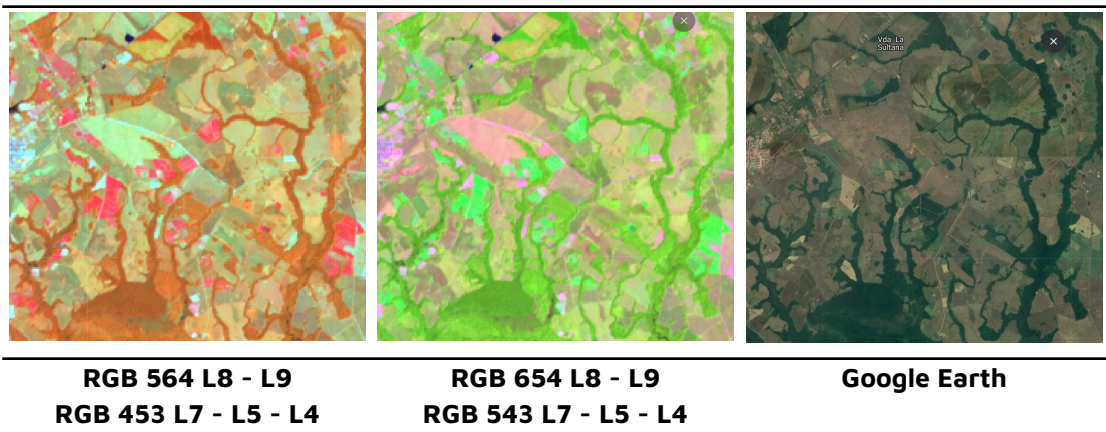


Figura 6. Respuesta espectral de la agricultura en diferentes combinaciones de banda

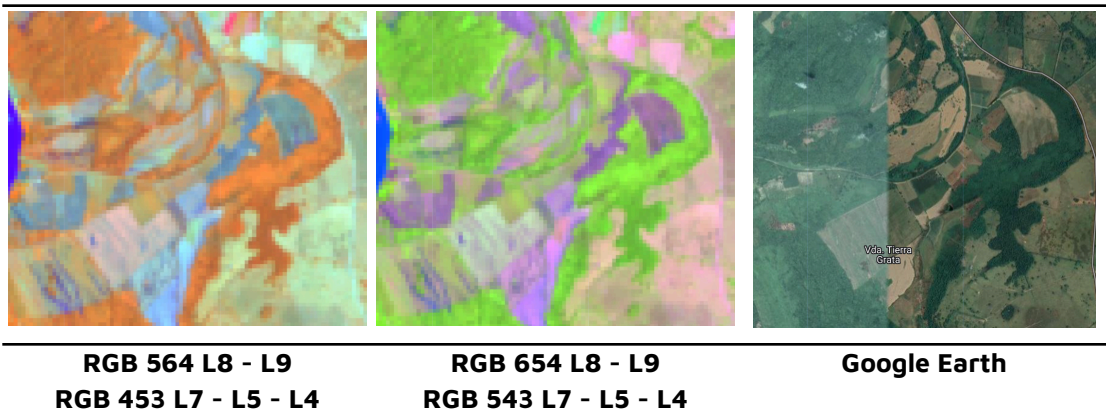


Figura 7. Respuesta espectral de la agricultura en diferentes combinaciones en zonas inundadas

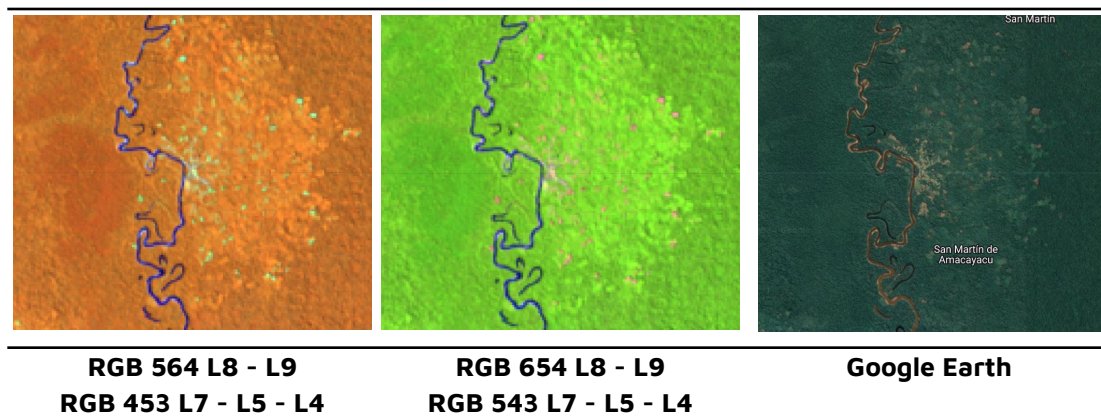


Figura 8. Respuesta espectral de la agricultura en diferentes combinaciones en comunidades indígenas

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

2.2.2. Información de referencia: En la construcción de máscaras, regiones de clasificación y colecta de muestras de entrenamiento para la clasificación, se emplearon diferentes fuentes de información relacionadas con la agricultura, tanto a nivel nacional como global. Estas fuentes de información se enlistan en la tabla 2.

Tabla 2. Información de referencia implementada en el proceso de clasificación de la agricultura 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 2018 | Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM | 2021 |
| Capa de Coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana. Escala 1:100.000. Periodo 2022. Versión 1 | Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI. | 2023 |
| Ecosistemas continentales, marinos y costeros de Colombia | Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM | 2017 |

En la figura 9 se muestran específicamente las capas de información secundaria de los tipos de cultivos reportados, que se usaron como apoyo en el proceso de interpretación para la toma de muestras complementarias.

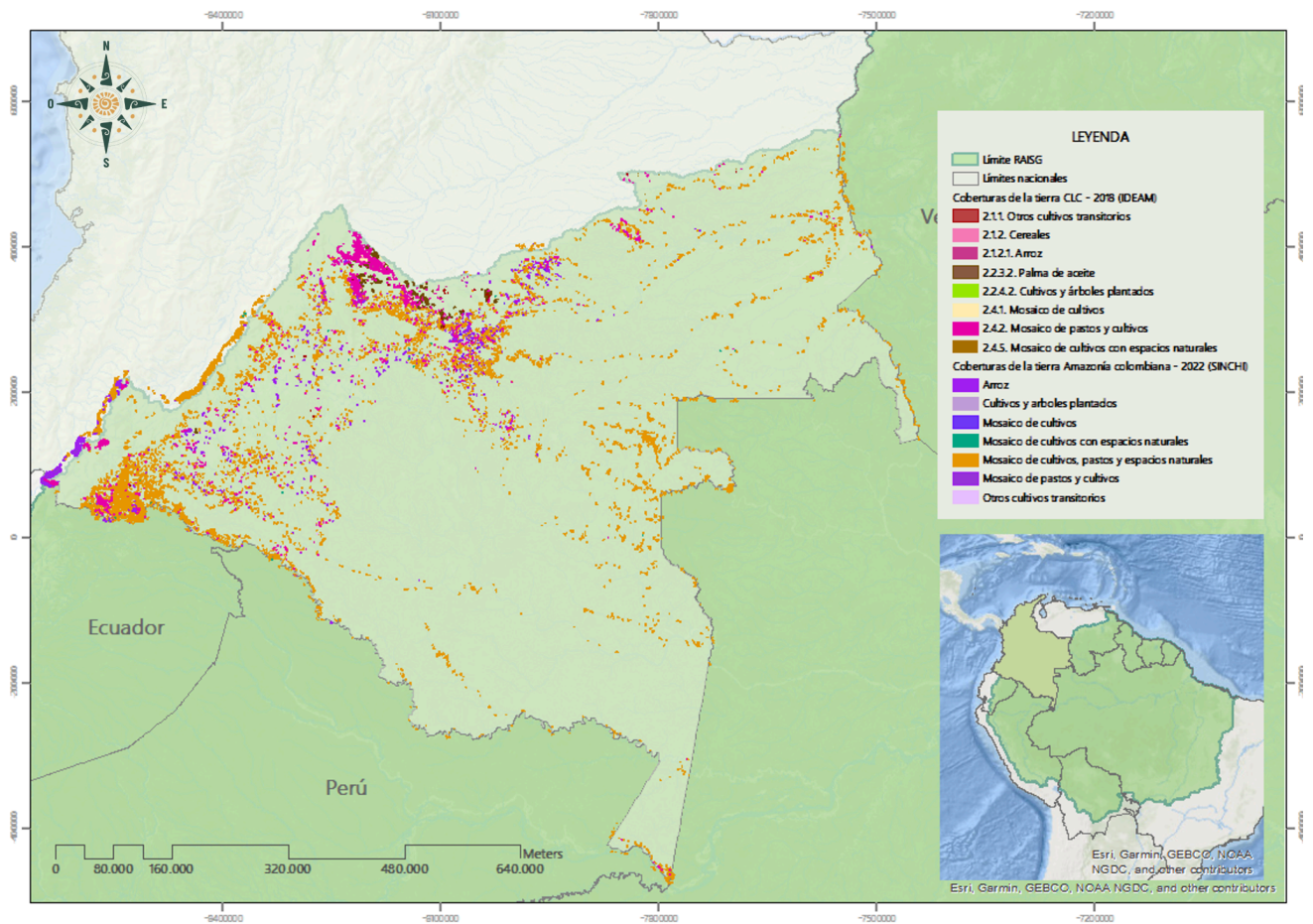


Figura 9. Regiones de clasificación empleadas para la interpretación de la agricultura en la Amazonía colombiana.

2.2.2 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 de la actividad agrícola o los tipos de cultivo. 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, así como la presencia de comunidades indígenas.

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 2022. Escala: 1:100.000 del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI (SINCHI, 2023), y el acumulado del transversal de agricultura obtenido en la clasificación de la colección 5 de Mapbiomas Amazonia.

Uno de los principales ajustes realizados en la presente colección fue la disminución en las regiones de clasificación, pasando de tener 70 a 44 regiones, agilizando así el proceso de interpretación. Cada una de estas regiones se nombró con un código de cinco dígitos, donde los tres primeros corresponden a la región de mosaico donde se ubican, y los dos últimos un orden secuencial que va desde 01 hasta 07 en el caso de Andes, y de 01 hasta 37 en Amazonía (Figura 10).

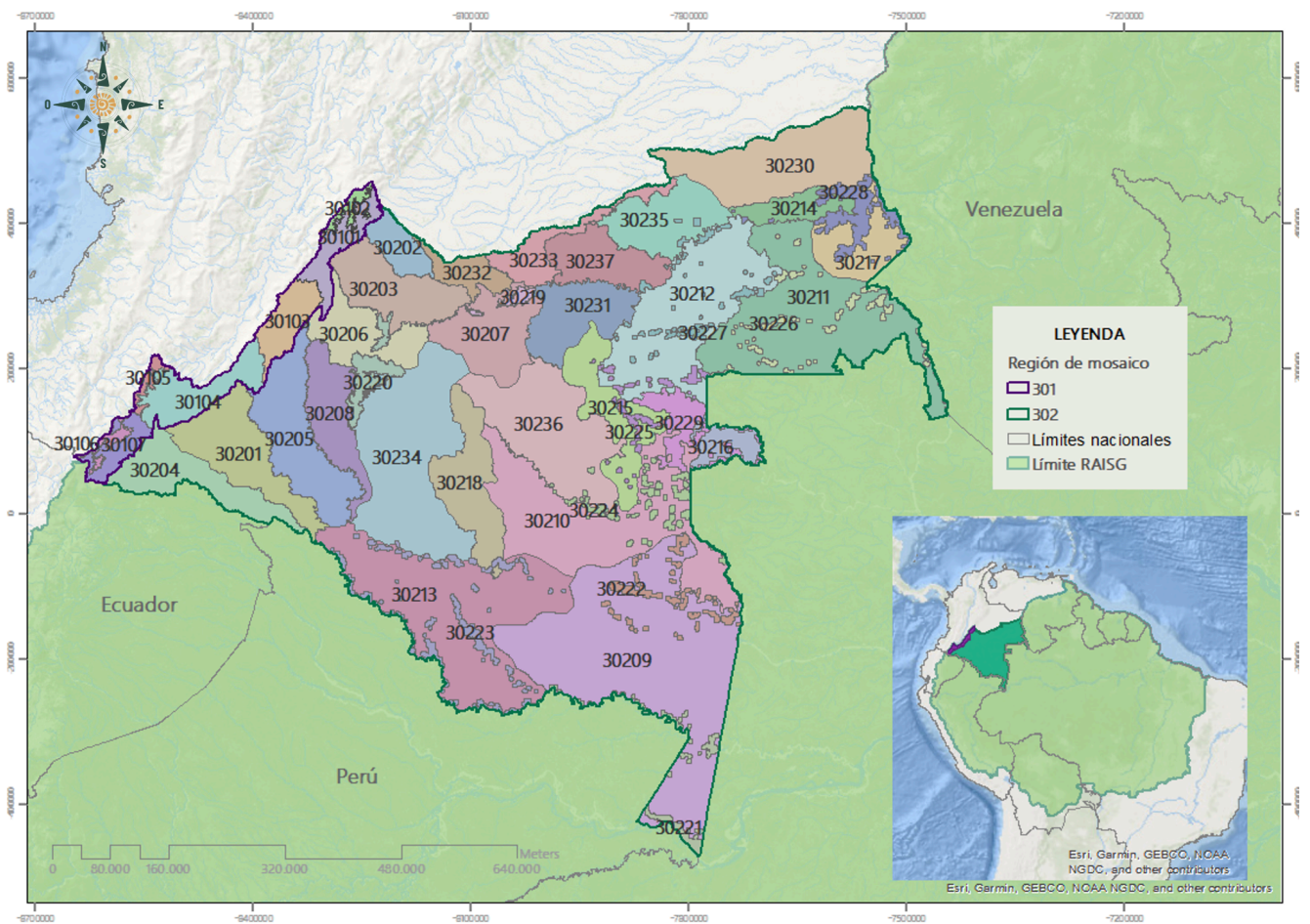


Figura 10. Regiones de clasificación empleadas para la interpretación de la agricultura en la Amazonía colombiana.

2.2.4. Muestras de entrenamiento y muestras complementarias: Para entrenar el algoritmo de clasificación se sorteaban de forma aleatoria una serie de muestras de entrenamiento de clase 18 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 5 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 de la agricultura en la Amazonía colombiana, donde se evidencia una alternancia entre esta y el establecimiento de pastos para la ganadería o la vegetación secundaria, especialmente en zonas de comunidades indígenas, donde abandonan los cultivos para permitir la recuperación del bosque, la toma de muestras de entrenamiento a partir de píxeles estables no fue posible. Por lo tanto, para ajustar la clasificación de agricultura, se implementó principalmente la toma de muestras complementarias de clase 18 por un delta de años.

2.3. Post-clasificación

La post clasificación consiste en la aplicación de una serie de filtros de forma iterativa, los cuales permiten eliminar o aminorar la ocurrencia de inconsistencias en el mapeo, tales como los vacíos de información, ruido por calidad del mosaico e inconsistencias temporales entre clases. No existe una secuencia definida para la aplicación estos, ya que varían según el resultado de cada región de clasificación y el criterio del intérprete

A continuación se explica la funcionalidad de los filtros y se muestran algunos ejemplos de su aplicación en el tema transversal de agricultura.

2.3.1. Gap Fill (Relleno de vacíos): El objetivo del Gap Fill es rellenar con datos de clase 18 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 de especial utilidad en regiones severamente afectadas por nubes donde la calidad de los mosaicos no es la esperada en uno o varios años. También es un filtro de gran importancia en la obtención de datos de agricultura en el inicio de la serie temporal donde, por inconsistencias en la toma de imágenes satelitales, los años desde 1985 a 1995 pueden no tener ninguna captura satelital a lo largo de ese año.

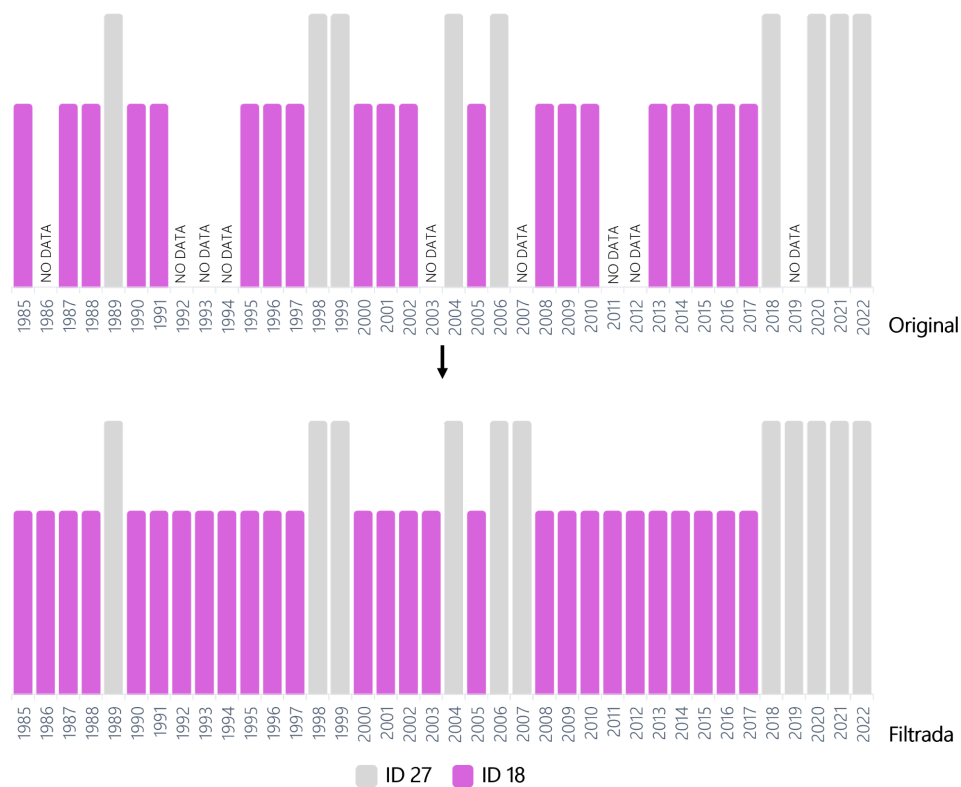


Figura 11. Funcionalidad del filtro de Gapfill sobre la serie histórica de clasificación un píxel

2.3.2. Filtro temporal: Este filtro permite la corrección de inconsistencias temporales por píxeles denominados ruido o efecto sal y pimienta, los cuales son resultado de errores de clasificación en un año específico de la serie temporal. De esta manera, el filtro temporal utiliza clasificaciones secuenciales en una ventana móvil de 3, 4 o 5 años para identificar transiciones temporalmente incoherentes.

Para lograr este objetivo, el algoritmo utiliza una serie de reglas definidas por el intérprete de cada región a través del cual define a qué cobertura darles prioridad. Estas reglas consisten en la definición de un orden de coberturas a partir de las cuales el algoritmo identifica los resultados que son ruido y los reemplaza por la clase que el intérprete definió ser la prioridad.

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 12. 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 (2023) mediante valores de clasificaciones de años que le preceden (figura 13).

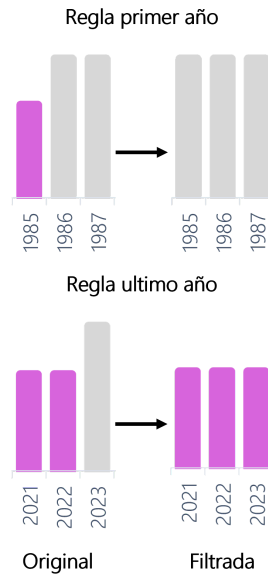


Figura 13. Funcionalidad del filtro temporal para la regla del primer y último año

La articulación de estas reglas junto con el análisis realizado por el intérprete dan como resultado la corrección de algunos años, ya sea por omisión o comisión (Figura 14).

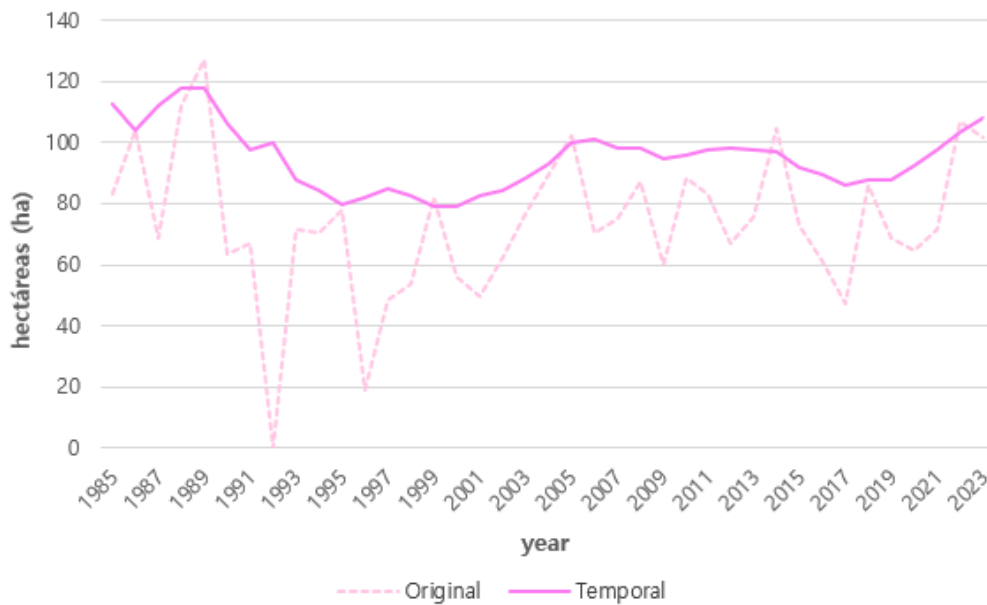


Figura 14. Ejemplo de la aplicación del filtro temporal

2.3.3. Filtro espacial: El objetivo del filtro espacial es reducir la cantidad de píxeles aislados y/o discontinuos. Este filtro está basado en el parámetro "connectedPixelCount", cuya función es identificar un conjunto de píxeles que compartan el mismo valor. Aquellos píxeles vecinos que cumplen que son igual o menores al parámetro definido por el intérprete son reclasificados con el valor de la matriz circundante, es decir, la cobertura predominante (Figura 15).

Si bien el intérprete tiene la posibilidad de ajustar el valor del parámetro "connectedPixelCount", para la clase de agricultura la conexión de píxeles mínima establecida es de 5 píxeles (aprox. 0.5 ha) debido a la dinámica agrícola del país donde predomina una abundante parcelación de cultivos familiares dedicados al pancoger embebidos en una matriz de otras coberturas.

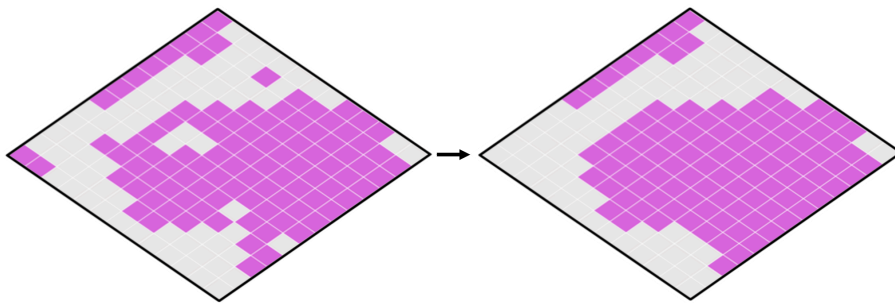


Figura 15. Funcionalidad del filtro espacial

2.3.4. Filtro de frecuencia Este filtro considera el porcentaje de ocurrencia de la clase 18 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).

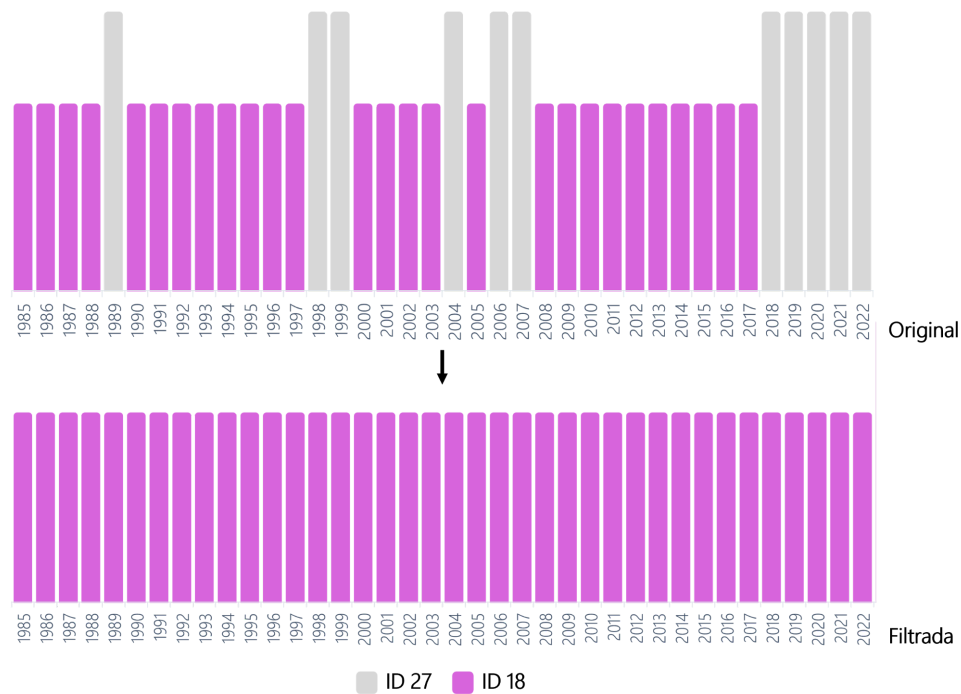
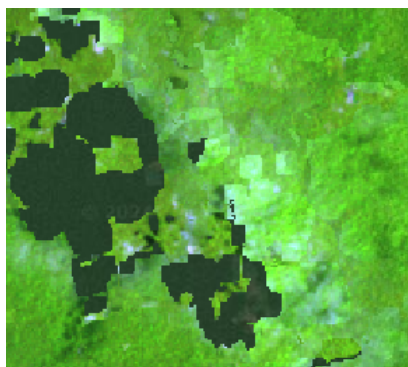


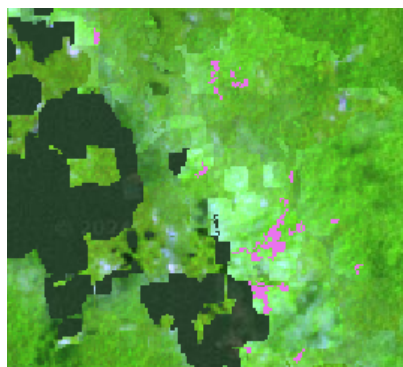
Figura 16. Funcionalidad del filtro de frecuencia sobre la serie histórica de clasificación de un pixel

Ahora bien, dependiendo de si la corrección desea mejorar la comisión u omisión de agricultura en las regiones, el filtro de frecuencias puede dar prioridad, ya sea a la clase 27 u clase 18, dependiendo del análisis realizado por el intérprete. A continuación, se muestran ejemplos de este filtro.

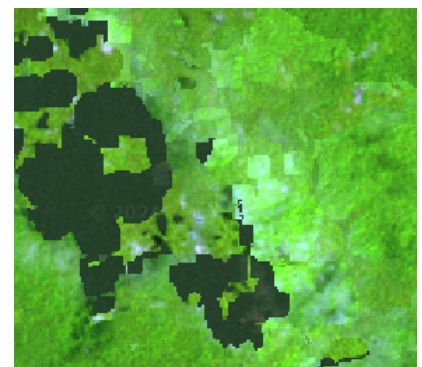
2.3.4.1. Filtro de frecuencias 27: Se usó para corregir la comisión de clasificación por ruido generado por tonos brillantes a los mosaicos los cuales, no necesariamente hacen referencia a agricultura (Figura 17).



**RGB 654 L8 - L9
RGB 543 L7 - L5 - L4**



Sin filtro



Con filtro

Figura 17. Funcionalidad del filtro de frecuencia 27.

2.3.4.2. Filtro de frecuencias 18: Se usó para corregir omisión por tonalidad del mosaico en zonas donde los cultivos no tienen alto dinamismo, es decir, que el comportamiento de agricultura manifiesta una tendencia incremental y de expansión hacia los últimos años, se aplicó el filtro con el fin de regular el aumento consistente de los píxeles de agricultura y evitar fluctuaciones anómalas de un año a otro (Figura 18).

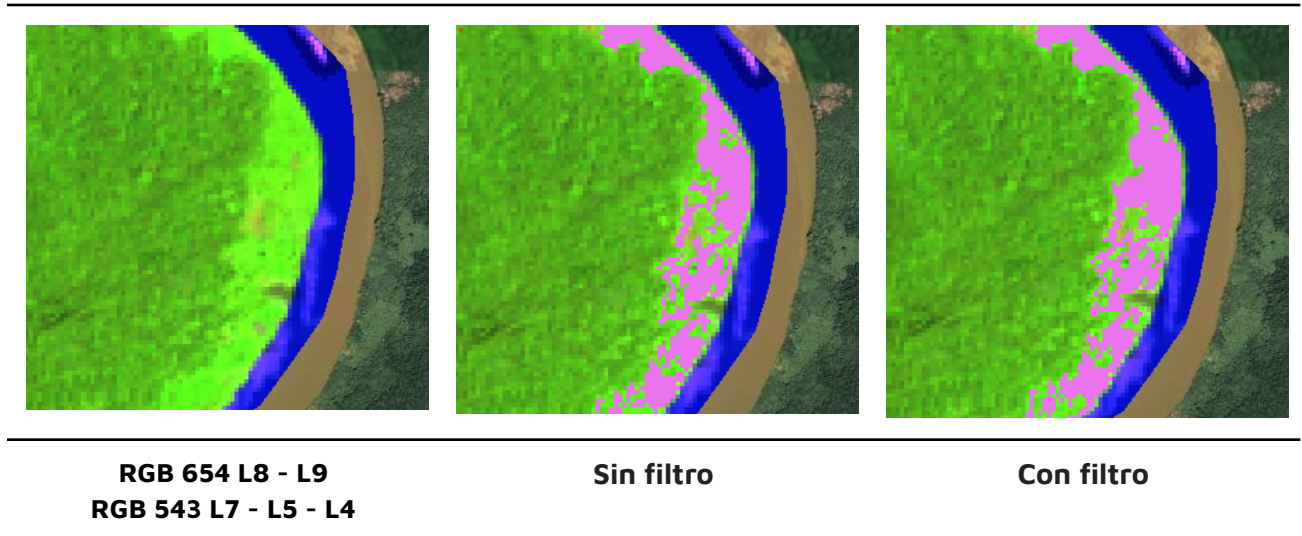


Figura 18. Funcionalidad del filtro de frecuencia 27.

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 agricultura.

| Colección 6 | 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 |
| Pasto | 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 |

3. Referencias

Arauco, R., Brack, A., & Yucra, H. (2005). Importancia estratégica de la Amazonía. 2(3).

IDEAM, I. de H., Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Humboldt, I. de I. de R. B. A. von H., INVEMAR, I. de I. M. y C. J. B. V. de A., & IGAC, I. G. A. C. (2017). Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia. Escala 1:100.000. <https://www.andi.com.co/Uploads/MapaEcosistemas2017.pdf>

Patrimonio natural, F. para la biodiversidad y áreas protegidas. (2013). AMAZONÍA POSIBLE Y SOSTENIBLE.

Vergara, A., Arias, M., Gachet, B., Naranjo, L., Román, L., & Tamayo, V. (2022). Informe, Amazonía Viva 2022 (p. 190). WWF.