MAPBIOMAS
COLOMBIA

Apéndice - Pérdida de vegetación y vegetación secundaria

Módulo de pérdida de vegetación y vegetación secundaria Colección 4

Versión 1.0



Noviembre 2026

Coordinación del proyecto MapBiomas Colombia
Adriana Rojas Suárez

Responsable técnico MapBiomas Colombia
Karen Andrea Huertas

Equipo de especialistas
Luis Medina

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:
Fundación Gaia Amazonas (2026). Apéndice - Pérdida de vegetación y vegetación secundaria MapBiomas Colombia, módulo de pérdida de vegetación y vegetación secundaria en Colección 4.

CONTENIDO

1. Metodología 3
    1.1. Datos de entrada 3
    1.2. Análisis de trayectorias de clasificación 5
        1.2.1. Criterios para la pérdida de vegetación primaria 6
        1.2.2. Criterios para la regeneración de la vegetación secundaria 6
        1.2.3. Rango temporal de análisis 7
        1.2.4. Corrección y continuidad de las trayectorias 7
        1.2.5. Esquema de clasificación 9
    1.3. Postprocesamiento 10
2. Conclusiones 11
3. Referencias 12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de mapa general vs clases agrupadas. 4
Figura 2. Resumen metodológico módulo pérdida de vegetación y recuperación de vegetación secundaria 8

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esquema de la agrupación de las clases de la serie temporal anual LULC. 4
Tabla 2. Descripción de las clases cartografiadas en las series temporales anuales de dinámica de la vegetación producidas por el método presentado 9

DESCRIPCIÓN GENERAL

Este documento describe el método aplicado para generar los mapas anuales de pérdida de vegetación y vegetación secundaria a partir de los mapas anuales de cobertura y uso del suelo de la colección 4 de MapBiomas Cobertura Colombia. El procesamiento se realizó a escala nacional para el período 1985-2025.

El procesamiento comprende la agrupación de las clases originales de cobertura, la evaluación de secuencias temporales de clasificación y la aplicación de filtros para reducir inconsistencias espaciales y temporales. Como resultado, se obtiene una serie de mapas anuales en los que se diferencian las coberturas antrópicas, la vegetación primaria, la vegetación secundaria y las transiciones asociadas con su supresión o recuperación.

El procedimiento se implementó en Google Earth Engine (GEE), plataforma que permite gestionar y procesar colecciones de imágenes satelitales mediante operaciones sobre datos ráster. El algoritmo trabaja con una serie temporal de imágenes multibanda, en la que cada banda representa la clasificación de un año. Esta organización permite evaluar las trayectorias de cada píxel a lo largo del período de análisis y aplicar las reglas temporales definidas para identificar los cambios.

Aunque el método y sus parámetros se aplican de manera homogénea a escala nacional, la implementación del código se encuentra parametrizada por unidades regionales. Por consiguiente, el procesamiento se ejecuta para cada unidad y genera los productos correspondientes, manteniendo los mismos criterios metodológicos.

1. Metodología

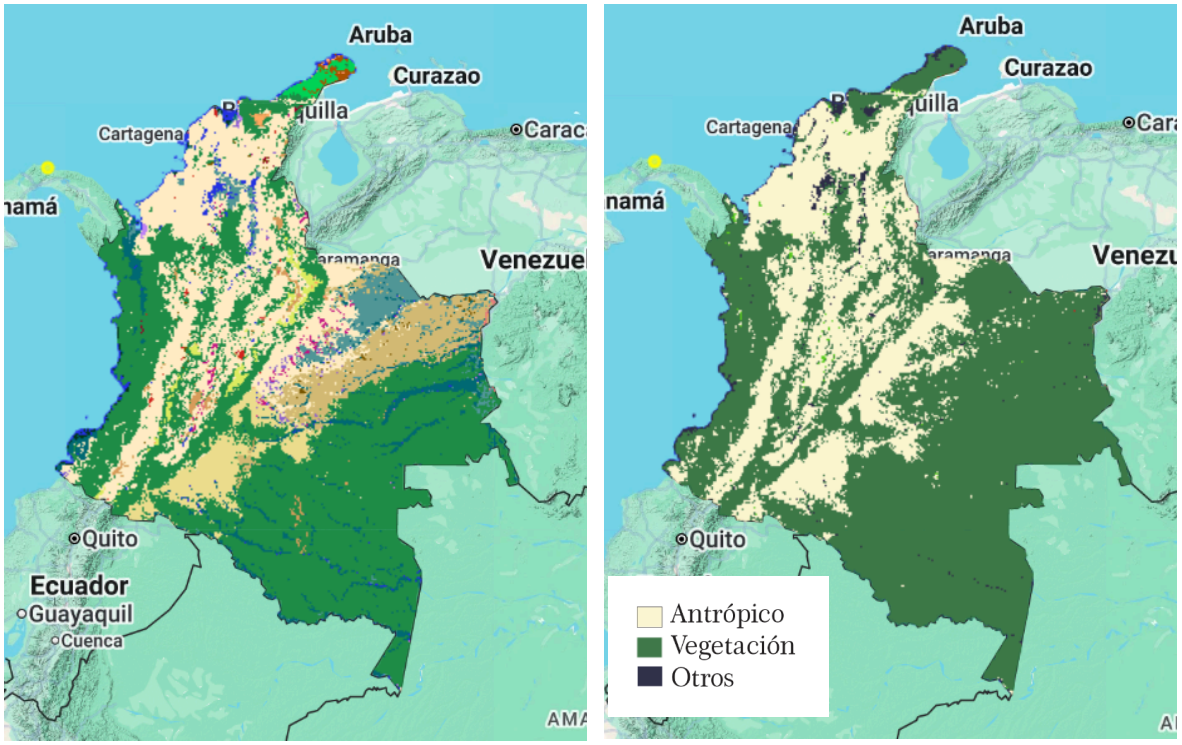
1.1. Datos de entrada

El método utiliza como dato de entrada la serie anual de cobertura y uso del suelo de la colección 4 de MapBiomas Cobertura Colombia, correspondiente al período 1985-2025 y con resolución espacial de 30 m. Las clases de entrada se agruparon en Antrópico, Natural y Otros. Se conservó por separado el valor 0 para los píxeles sin información o ignorados (Tabla 1). Esta agrupación permite analizar los cambios entre usos antrópicos y vegetación natural, independientemente de las clases específicas involucradas.

Antes de la agrupación se aplicó un filtro temporal a las clases Pastos (15), Agricultura (18), Plantaciones forestales (9), Palma aceitera (35) y Mosaico de agricultura y/o pasto (21), en ese orden. Para cada clase se recorrieron los años desde 1986 hasta 2023, en orden descendente. Cuando la clase del año analizado era diferente tanto de la clase del año anterior como de la del año siguiente, y correspondía a la clase evaluada, se reemplazó por la clasificación del año anterior. Los dos próximos años vecinos no necesitan presentar la misma clasificación entre sí. Este filtro no se aplicó a 1985, 2024 ni 2025.

Clases agrupadas	Clases individuales	Valor del Ráster
Antrópico	Plantaciones forestales (9), Palma aceitera (35), Plátano y banano (74), Mosaico de agricultura y/o pasto (21), Arroz (40), Agricultura (18), Pastos (15), Infraestructura urbana (24), Minería (30), Acuicultura (31), Parques solares (75).	1
Natural	Bosque (3), Manglar (5), Bosque inundable (6), Vegetación leñosa sobre arena (49), Formación natural no forestal inundable (11), Formación herbácea (12), Otra formación natural no forestal (13), Vegetación herbácea sobre arena (50), Herbazal inundable de tierras bajas (51), Herbazales o arbustales andinos (81), Herbazales o arbustales andinos inundables (82). Incluye los códigos agregados 1 y 10 cuando están presentes.	2
Otros	Área sin vegetación (22), Playas, dunas y bancos de arena (23), Otra área sin vegetación (25), Cuerpo de agua (26), Afloramiento rocoso (29), Planicie de marea hipersalina (32), Río, lago u océano (33), Glaciar y nival (34), Otra área natural sin vegetación (68).	7
Sin información o ignorado	Sin clase (0), No observado (27) y códigos no incluidos en la correspondencia de clases.	0

Tabla 1. Esquema de la agrupación de las clases de la serie temporal anual LULC.



a) Clasificación Colección 4, sin agrupar

b) Clases agrupadas

Figura 1. Comparación de mapa general vs clases agrupadas.

1.2. Análisis de trayectorias de clasificación

Se realizó un análisis de trayectorias de clasificación por píxel utilizando una ventana temporal móvil, aplicando criterios de persistencia para diferenciar entre transiciones de clase ruidosas (por ejemplo, cambios causados por píxeles mixtos; Xie et al., 2020) y aquellas transiciones consistentes con eventos de pérdida de vegetación o de regeneración de vegetación secundaria.

El algoritmo evalúa secuencias de clases mediante ventanas temporales móviles. Las reglas consideran la persistencia antes y después de una transición y actualizan la serie durante el procesamiento. Se aplican primero las reglas de pérdida de vegetación primaria, luego las de regeneración y continuidad de vegetación secundaria, y finalmente las de pérdida de vegetación secundaria y las excepciones del último año.

- Las trayectorias que cumplen las reglas se identifican como eventos de pérdida de vegetación primaria, pérdida de vegetación secundaria o regeneración.
- También se aplican reglas de corrección para determinadas trayectorias no persistentes. Estas reglas modifican las secuencias indicadas en la sección 1.2.4. No constituyen una reversión general de todos los cambios que incumplen los criterios de persistencia.

El análisis distingue las siguientes clases de vegetación y eventos de cambio:

- Vegetación primaria
- Vegetación secundaria
- Pérdida de vegetación primaria
- Pérdida de vegetación secundaria
- Regeneración

El producto incluye además las clases Antrópico y Otra transición, para un total de siete clases temáticas, y conserva el valor 0 para los píxeles sin información. Las reglas se aplican sobre la serie actualizada en cada paso del procesamiento.

La evaluación de las trayectorias se realiza mediante comparaciones entre bandas de la imagen multitemporal. En términos operativos, el algoritmo identifica las clases presentes en un conjunto consecutivo de años y verifica si su secuencia coincide con alguno de los patrones establecidos. Cuando se cumple una regla, se modifica el valor de la banda correspondiente al año del evento o a los años definidos por dicha regla. Por tanto, el resultado no corresponde únicamente a una clasificación de los cambios detectados, sino a una serie temporal en la que determinadas clases originales pueden ser corregidas o reclasificadas durante el procesamiento.

1.2.1. Criterios para la pérdida de vegetación primaria

La pérdida de vegetación primaria se definió dentro de un marco temporal de cuatro años. Un píxel se considera como pérdida de vegetación primaria en el año t si cumple con las siguientes condiciones:

- Fue clasificado como Natural durante al menos dos años consecutivos antes de la conversión (es decir, Natural en t-1 y t-2).
- Se mantuvo como Antrópico al menos un año después de la conversión (es decir, Antrópico en t y t+1).

En términos de la secuencia de clasificación, la trayectoria [2, 2, 1, 1] se transforma en [2, 2, 4, 1]. El valor 4 representa el año en el que se identifica la pérdida de vegetación primaria. El año siguiente conserva la categoría Antrópico, lo que permite confirmar que el cambio no corresponde a una ocurrencia aislada.

Adicionalmente, el algoritmo incorpora reglas para corregir dos trayectorias en las que aparece una ocurrencia antrópica aislada entre años clasificados como vegetación natural. Estas secuencias son [2, 2, 1, 2] y [2, 1, 2, 2], que se transforman en [2, 2, 2, 2]. De esta manera, se evita identificar como pérdida una transición que no presenta continuidad temporal.

La identificación de la pérdida de vegetación primaria se basa, por tanto, en la combinación de dos condiciones: la presencia previa de vegetación natural y la persistencia posterior de una cobertura antrópica. Esta aproximación permite reducir la incidencia de cambios temporales aislados, aunque no implica que todas las transiciones clasificadas como pérdida hayan sido verificadas mediante observaciones independientes.

1.2.2. Criterios para la regeneración de la vegetación secundaria

A diferencia de la pérdida de vegetación primaria, la regeneración de vegetación secundaria es un proceso gradual que puede extenderse por varios años y depende de múltiples factores ecológicos (como el uso previo del suelo, la disponibilidad de fuentes de propágulos, el clima y la topografía; Aide et al., 2000; Ferreira et al., 2015; Sobrinho et al., 2016; Uriarte et al., 2010).

Por lo tanto, se definió como regeneración un cambio de clase que cumpla con:

- Clasificación persistente como Antrópico durante al menos dos años antes del cambio (t-1 y t-2).
- Clasificación persistente como Natural durante al menos tres años después del cambio (t, t+1 y t+2).

La trayectoria [1, 1, 2, 2, 2] se convierte en [1, 1, 5, 3, 3]. El valor 5 identifica el primer año de recuperación, y el valor 3 los dos años siguientes de vegetación secundaria. La pérdida secundaria se identifica también mediante la regla [3, 4, 1] → [3, 6, 1], que reclasifica una pérdida previamente detectada cuando está precedida por vegetación secundaria.

La regla de cinco años permite identificar el primer año de una trayectoria de recuperación cuando existe persistencia antrópica previa y continuidad de la cobertura natural posterior. La

asignación del valor 5 al primer año de recuperación permite diferenciar temporalmente el inicio del proceso respecto de los años siguientes, que se representan con el valor 3.

Adicionalmente, el código aplica reglas de cuatro años orientadas a mantener la continuidad de la vegetación secundaria y resolver determinadas trayectorias en las que aparecen cambios entre vegetación secundaria, vegetación natural y eventos de pérdida. Estas reglas permiten ajustar la clasificación de años consecutivos cuando la secuencia observada corresponde a alguno de los patrones definidos en el algoritmo.

1.2.3. Rango temporal de análisis

La serie de salida comprende 1985-2025. Los eventos que requieren dos años previos de información pueden identificarse a partir de 1987. Los años 1985 y 1986 se conservan como parte de la serie, pero no cuentan con los antecedentes necesarios para aplicar esos criterios de detección.

- Último año disponible en los datos de entrada: 2025
- Último año con pérdida de vegetación confirmada mediante la ventana temporal ordinaria: 2024.
- Para identificar pérdidas en 2025 se aplicó una regla excepcional: tres años consecutivos de vegetación primaria o secundaria en 2022, 2023 y 2024, seguidos de uso antrópico en 2025. Estos eventos no cuentan con confirmación posterior. Se aplicó además el filtro espacial descrito en la sección 1.3.
- Último año con eventos de regeneración identificados mediante la ventana de cinco años: 2023.
- En 2024 y 2025 no se identifican nuevos eventos de regeneración con esa ventana. Se aplican ajustes de cierre de la serie para las trayectorias de vegetación secundaria que no cuentan con información suficiente.

En los ajustes de cierre, si 2023 permanece como Antrópico, las asignaciones de vegetación secundaria en 2024 y 2025 se reemplazan por Antrópico. Además, si 2024 permanece como vegetación secundaria y 2025 como Antrópico, este último se reemplaza por vegetación secundaria cuando la transición no fue identificada previamente como un evento de pérdida.

1.2.4. Corrección y continuidad de las trayectorias

Las reglas de pérdida primaria corrigen dos secuencias no persistentes: [2, 2, 1, 2] y [2, 1, 2, 2] se convierten en [2, 2, 2, 2]. En estas secuencias, 1 representa Antrópico y 2 representa vegetación natural antes de su diferenciación en primaria o secundaria.

Por ejemplo, una trayectoria de cuatro años con las siguientes clases se corrige mediante la primera de estas reglas:

- Natural en 1986 y 1987.
- Antrópico en 1988.
- Natural en 1989.

En este caso, la clasificación de 1988 se reemplaza por Natural. Para la continuidad de la vegetación secundaria se aplican además reglas de cuatro años: [5, 3, 3, 2] pasa a [5, 3, 3, 3]; [3, 2, 2, 2] pasa a [3, 3, 3, 3]; [3, 2, 2, 4] y [3, 3, 2, 4] pasan a [3, 3, 3, 6]; [3, 3, 2, 2] y [3, 3, 3, 2] pasan a [3, 3, 3, 3]. La secuencia [1, 2, 2, 4] se convierte en [1, 1, 1, 1]. Los valores corresponden a las clases de la Tabla 2.

Estas correcciones permiten mantener la coherencia temporal de determinadas trayectorias y evitar que cambios aislados o inconsistentes generen eventos que no cumplen con los criterios definidos. Sin embargo, las reglas no representan un filtro general de persistencia aplicado a todas las clases. Su alcance está limitado a las secuencias expresamente definidas en los parámetros del algoritmo.

Una visión general de los procesos mediante los cuales la serie temporal anual de uso y cobertura del suelo (LULC) de la colección 4 de MapBiomas Cobertura Colombia se utiliza para mapear la pérdida o la regeneración de vegetación se presenta en la Figura 2. Las siete clases que representan dinámicas o estabilidad de la vegetación, derivadas del análisis de trayectorias aplicado al conjunto de datos original con tres clases, se explican en detalle en la siguiente sección.

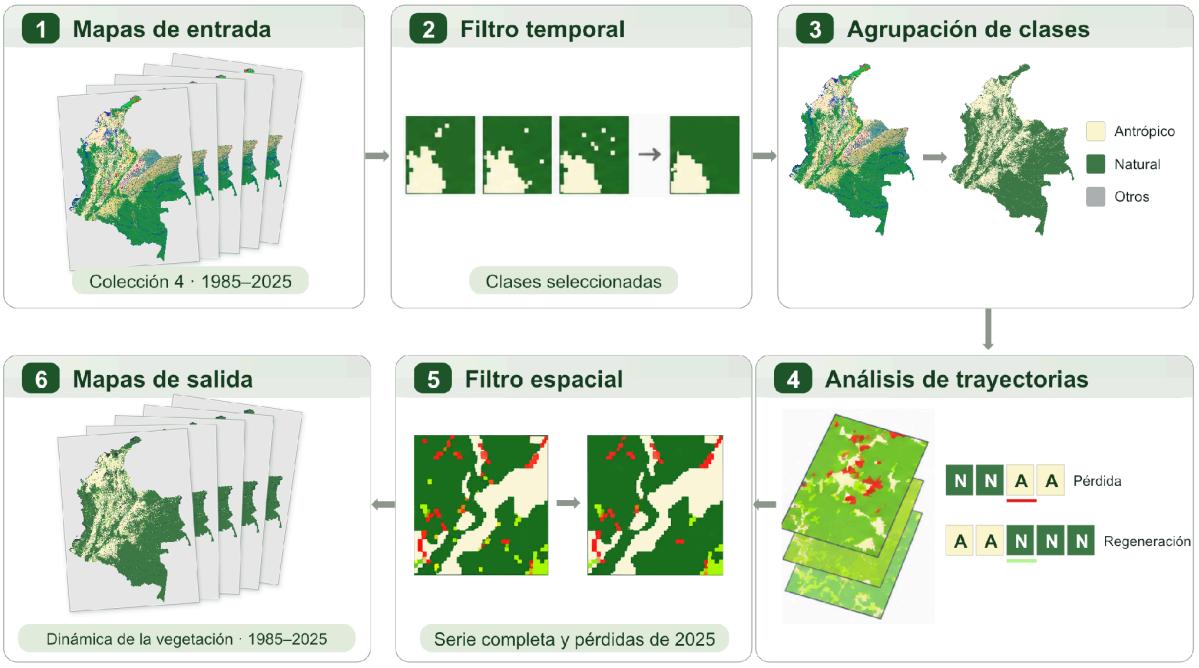


Figura 2. Resumen metodológico módulo pérdida de vegetación y recuperación de vegetación secundaria

1.2.5. Esquema de clasificación

Los mapas anuales finales contienen siete clases temáticas, que pueden representar un estado de cobertura del suelo o un evento de cambio (Tabla 2). El valor 0 identifica los píxeles sin información y se mantiene separado de estas clases.

NOMBRE DE LA CLASE	DESCRIPCIÓN DE LA CLASE	REGLA	VALOR DE RASTER
Antrópico	Áreas clasificadas como uso antrópico después de las reglas temporales.	Clase agrupada 1 que no fue asignada a un evento de pérdida o regeneración.	1
Vegetación primaria	Vegetación natural sin historial antrópico observado hasta el año analizado.	Clase 2 que permanece después de las reglas y no presenta años antrópicos acumulados hasta el año analizado.	2
Vegetación secundaria	Vegetación con historial antrópico observado en la serie.	Continuidad posterior a la regeneración, reglas de cuatro años o reclasificación de la clase 2 por historial antrópico acumulado.	3
Pérdida de vegetación primaria	Cambio de vegetación primaria a uso antrópico en el año analizado.	[2, 2, 1, 1] → [2, 2, 4, 1]. Para 2025: [2, 2, 2, 1] → [2, 2, 2, 4]. Se aplica después el ajuste por historial antrópico.	4
Regeneración	Primer año de recuperación de vegetación natural después de uso antrópico persistente.	[1, 1, 2, 2, 2] → [1, 1, 5, 3, 3]: dos años antrópicos seguidos de tres años naturales, incluido el año del evento.	5
Pérdida de vegetación secundaria	Cambio de vegetación secundaria a uso antrópico en el año analizado.	Reglas de continuidad y pérdida secundaria, y reclasificación de eventos 4 por historial antrópico. Para 2025: [3, 3, 3, 1] → [3, 3, 3, 6].	6
Otra transición	Coberturas agrupadas como Otros y ocurrencias excluidas por los filtros espaciales.	Clase agrupada 7 o reclasificación de las clases 3, 4, 5 y 6 según los umbrales espaciales.	7

Tabla 2. Descripción de las clases cartografiadas en las series temporales anuales de dinámica de la vegetación producidas por el método presentado

La diferenciación entre vegetación primaria y secundaria incorpora el historial antrópico acumulado por píxel en la serie agrupada, después del filtro temporal inicial. Los píxeles que permanecen con valor 2 y presentan al menos un año antrópico hasta el año analizado se

reclasifican como vegetación secundaria. Los eventos con valor 4 se reclasifican como pérdida secundaria cuando el conteo acumulado de años antrópicos es mayor que uno, incluyendo el año del evento.

Por lo tanto, la clase Vegetación secundaria incluye tanto la continuidad posterior a un evento de regeneración confirmado como los píxeles reclasificados por su historial antrópico. La clase Otra transición reúne las coberturas agrupadas como Otros y los píxeles reclasificados durante el filtrado espacial.

1.3. Postprocesamiento

Se aplicaron dos filtros espaciales con parámetros comunes para todo el territorio nacional: un filtro sobre las ocurrencias acumuladas en la serie y un filtro adicional para los eventos de pérdida de 2025. En ambos casos se evaluaron grupos de píxeles conectados por sus lados o diagonales, mediante conectividad de ocho vecinos.

Para el primer filtro se construyeron dos máscaras: una con los píxeles que presentaron pérdida de vegetación primaria o secundaria (clases 4 y 6) en cualquier año, y otra con los píxeles que presentaron vegetación secundaria o regeneración (clases 3 y 5) en cualquier año. Se reclasificaron como Otra transición (valor 7) las ocurrencias de estas clases pertenecientes a grupos de cinco píxeles o menos en su máscara respectiva. El tamaño se evalúa sobre la máscara acumulada y no sobre los parches de cada año por separado.

La identificación de los grupos conectados se realiza mediante la función connectedPixelCount, que calcula el número de píxeles pertenecientes a un mismo grupo espacial bajo el criterio de conectividad definido. En este caso, la conectividad de ocho vecinos considera como contiguos tanto los píxeles que comparten un lado como aquellos que se encuentran en posición diagonal. Esta configuración permite evaluar la continuidad espacial de las ocurrencias identificadas en las máscaras.

La construcción de máscaras acumuladas implica que el filtro general no evalúa el tamaño de cada evento de manera independiente para cada año. En su lugar, considera la distribución espacial de los píxeles que presentaron alguna de las categorías seleccionadas durante cualquier momento de la serie. Por consiguiente, un píxel puede formar parte de un grupo conectado debido a su relación espacial con ocurrencias registradas en años diferentes. Esta característica debe tenerse en cuenta al interpretar los tamaños de los grupos retenidos, ya que no representan necesariamente la extensión de un evento individual de pérdida o regeneración.

El segundo filtro se aplicó únicamente a las pérdidas de vegetación primaria y secundaria de 2025, sobre una máscara de ese año. Los eventos que permanecieron después del primer filtro y pertenecían a grupos de 34 píxeles o menos en la máscara de pérdidas de 2025 se reclasificaron como Otra transición. Este filtro no se aplicó a las clases de vegetación secundaria o regeneración.

A una resolución nominal de 30 m, cinco píxeles equivalen aproximadamente a 0,45 ha y 34 píxeles a 3,06 ha. Como se excluyen los grupos iguales o inferiores a esos valores, los tamaños mínimos retenidos son seis píxeles (aproximadamente 0,54 ha) para el filtro de la serie y 35

píxeles (aproximadamente 3,15 ha) para las pérdidas de 2025. Estos valores corresponden a la configuración nacional utilizada.

La aplicación de los filtros espaciales busca reducir la representación de ocurrencias aisladas o de grupos pequeños que pueden estar asociados con inconsistencias en la clasificación. No obstante, el tamaño de un grupo de píxeles no constituye por sí mismo una medida de exactitud temática. La eliminación de grupos pequeños puede excluir tanto errores de clasificación como eventos reales de extensión reducida. Por esta razón, los umbrales espaciales deben entenderse como criterios operativos de selección del producto y no como una validación de las detecciones.

2. Conclusiones

El método aquí presentado conceptualiza categorías de dinámica de la vegetación basadas en trayectorias de clasificación de cobertura y uso del suelo (LULC) por píxel, lo que requiere adoptar ciertas premisas. Por ejemplo, toda la vegetación natural mapeada al inicio de la serie temporal (1985) se considera Vegetación Primaria hasta que experimenta un cambio, a pesar de que algunas de estas áreas ya habían sido alteradas antes de 1985. Asimismo, la identificación de Vegetación Secundaria mediante este método no puede determinar la calidad de la vegetación en desarrollo, por lo que puede representar procesos ecológicos contrastantes, como regeneración natural, restauración activa o incluso invasión biológica (ej., bosques secundarios vs. pastos invasores).

La interpretación de los resultados depende de la calidad de la serie de cobertura y uso del suelo de entrada y de las reglas de persistencia adoptadas. La aplicación de parámetros comunes permite describir el procesamiento nacional de manera consistente, aunque las trayectorias pueden representar procesos distintos según las condiciones de cada ecosistema. La evaluación de la exactitud de las clases de dinámica de vegetación requiere una validación independiente.

Los filtros temporales y espaciales forman parte de la definición del producto y modifican las clases originales de entrada. Su aplicación no permite, por sí sola, cuantificar la reducción de errores. En particular, las pérdidas de 2025 deben interpretarse considerando la ausencia de observaciones posteriores y el umbral espacial adicional aplicado.

Adicionalmente, la identificación de vegetación primaria y secundaria depende del historial de clasificación disponible desde 1985. Por esta razón, la categoría de vegetación primaria no representa necesariamente vegetación sin intervención humana histórica, sino áreas que no presentan antecedentes antrópicos identificados dentro del período analizado. De igual manera, la categoría de vegetación secundaria no debe interpretarse como una estimación directa de la edad o del estado sucesional de la cobertura.

Finalmente, el método permite generar una representación espacial y temporal homogénea de las dinámicas de pérdida y recuperación de vegetación a partir de la serie de cobertura y uso del suelo de MapBiomas Cobertura Colombia. Su principal alcance consiste en identificar trayectorias compatibles con los criterios establecidos y organizar sus resultados en categorías comparables a lo largo del territorio nacional. Sin embargo, la interpretación ecológica de estas categorías requiere considerar las limitaciones de la información de entrada, las condiciones

particulares de cada ecosistema y la incertidumbre inherente a los procesos de clasificación satelital.

3. Referencias

Aide, T. M., Zimmerman, J. K., Pascarella, J. B., Rivera, L., & Marcano-Vega, H. (2000). Forest Regeneration in a Chronosequence of Tropical Abandoned Pastures: Implications for Restoration Ecology. Restoration Ecology, 8(4), 328–338. https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80048.x

Damasceno, G., Souza, L., Pivello, V. R., Gorgone-Barbosa, E., Giroldo, P. Z., & Fidelis, A. (2018). Impact of invasive grasses on Cerrado under natural regeneration. BiologicalInvasions, 20(12), 3621–3629. https://doi.org/10.1007/s10530-018-1800-6

Fernandes, G. W., Coelho, M. S., Machado, R. B., Ferreira, M. E., Aguiar, L. M. de S., Dirzo, R.,Scariot, A., & Lopes, C. R. (2016). Afforestation of savannas: an impending ecological disaster. Natureza & Conservação, 14(2), 146–151 https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.08.002

Ferreira, M. C., Walter, B. M. T., & Vieira, D. L. M. (2015). Topsoil translocation for Brazilian savanna restoration: propagation of herbs, shrubs, and trees. Restoration Ecology, 23(6), 723–728. https://doi.org/10.1111/rec.12252

Pinheiro, E. D. S., & Durigan, G. (2009). Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das

fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Botânica, 32(3), 441–454.

https://doi.org/10.1590/S0100-84042009000300005

Rosa, M. R., Brancalion, P. H. S., Crouzeilles, R., Tambosi, L. R., Piffer, P. R., Lenti, F. E. B., Hirota, M., Santiami, E., & Metzger, J. P. (2021). Hidden destruction of older forests

threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. Science

Advances, 7(4). https://doi.org/10.1126/sciadv.abc4547

Sobrinho, M. S., Tabarelli, M., Machado, I. C., Sfair, J. C., Bruna, E. M., & Lopes, A. V. (2016).Land use, fallow period and the recovery of a Caatinga forest. Biotropica, 48(5),586–597. https://doi.org/10.1111/btp.12334

Uriarte, M., Schneider, L., & Rudel, T. K. (2010). Land Transitions in the Tropics: Going Beyond the Case Studies. Biotropica, 42(1), 1–2. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00580.x

Xie, Z., Pontius, R. G., Huang, J., & Nitivattananon, V. (2020). Enhanced intensity analysis to quantify categorical change and to identify suspicious land transitions: A case study of

Nanchang, China. Remote Sensing, 12(20), 1–16. https://doi.org/10.3390/rs12203323https://doi.org/10.3390/rs12203323