

MAPBIOMAS  
COLOMBIA

Apéndice - Pérdida de vegetación y vegetación secundaria

Módulo de pérdida de vegetación y vegetación secundaria en  
Colección 3

Versión 1.0

Equipo responsable

Karen Andrea Huertas  
Adriana Rojas  
Luis Medina

Octubre 2025

# Índice

<b>1. Descripción general</b>	<b>3</b>
<b>2. Metodología</b>	<b>3</b>
2.1. Datos de entrada	3
2.2. Análisis de trayectorias de clasificación	4
2.2.1 Criterios para la pérdida de Vegetación Primaria	5
2.2.2 Criterios para la regeneración de la vegetación secundaria	5
2.2.3 Rango temporal de análisis	5
2.2.4 Píxeles no persistentes en la ventana temporal	6
2.3. Esquema de clasificación	7
2.4. Post procesamiento	9
<b>3. Conclusiones</b>	<b>10</b>
<b>4. Bibliografía</b>	<b>10</b>

# Índice de tablas

Tabla 1. Esquema de la agrupación de las clases de la serie temporal anual LULC	3
Tabla 2. Descripción de las clases cartografiadas en las series temporales anuales de dinámica de la vegetación producidas por el método presentado	8

# 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	7

## 1. Descripción general

Este documento describe el método aplicado para generar los mapas anuales de pérdida de vegetación y vegetación secundaria utilizando los mapas anuales de cobertura y uso del suelo proporcionados por la colección 3 de MapBiomás Colombia. Se construyó una serie temporal de la dinámica de pérdida de vegetación y vegetación secundaria para los cinco biomas de Colombia, abarcando el período 1985-2024, mediante la identificación de patrones de trayectorias de clasificación a nivel de píxel relacionadas con la pérdida de vegetación.

## 2. Metodología

### 2.1. Datos de entrada

El objetivo principal de este método es identificar eventos de pérdida de vegetación natural después de algún período de uso del suelo, independientemente de las clases específicas de vegetación/uso del suelo involucradas. Por lo tanto, las 25 clases de la leyenda original del conjunto de datos de la colección 3 se agruparon en tres clases genéricas: Antrópico, Natural y No Incluido (Tabla 1). La serie temporal (1985-2024) se utilizó como dato de entrada para el algoritmo de análisis de trayectoria descrito en la siguiente sección de este documento.

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

Clases agrupadas	Clases individuales	Valor del Ráster
Antrópico	Pastos, Agricultura, Silvicultura, Palma aceitera, Mosaico de agricultura y/o pasto, Infraestructura urbana, Minería, Acuicultura	1
Natural	Bosque, Manglar, Bosque inundable, formación natural no forestal inundable, Formación herbácea, Otra formación natural no forestal	2
No Incluido	Planicie de marea hipersalina, otras áreas sin vegetación, Río lago u océano, Glaciar y nival, No observado	0

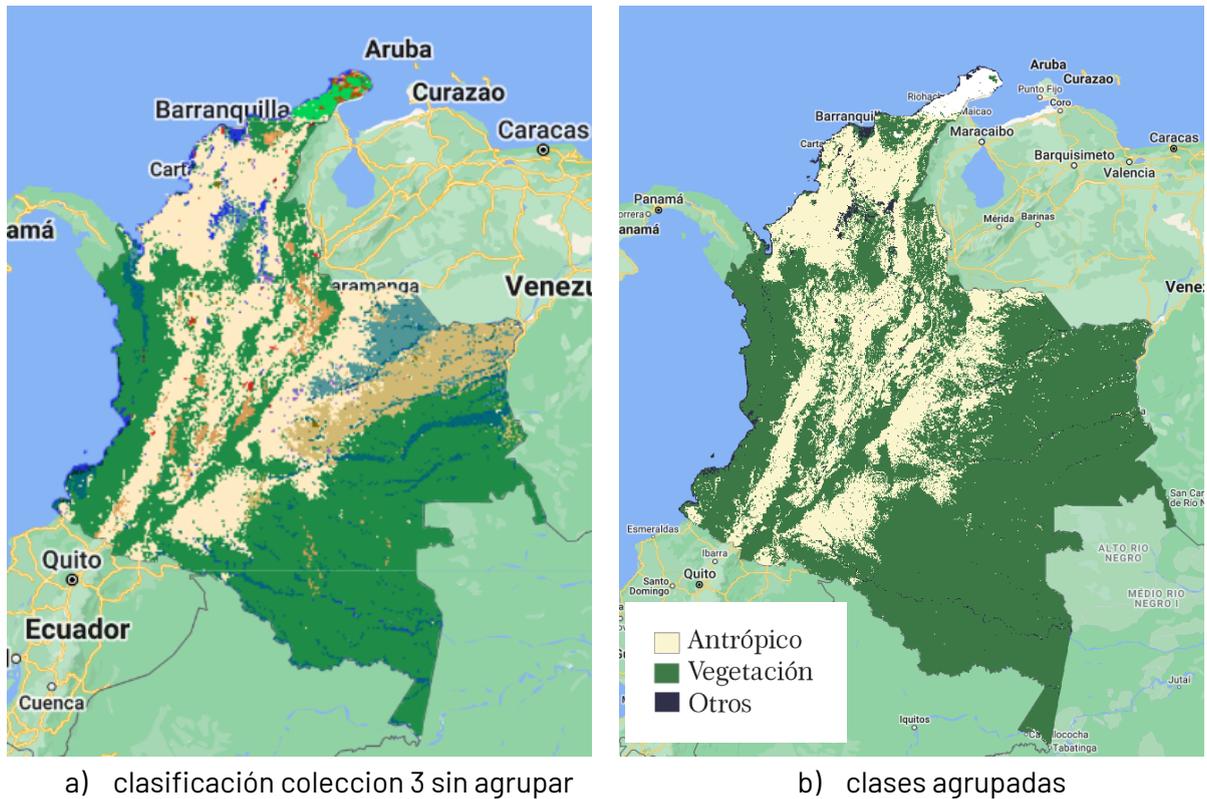


Figura 1 Comparación de mapa general vs clases agrupadas

## 2.2. 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.

Para cada mapa anual del conjunto de datos de entrada (con tres clases), el algoritmo identifica los píxeles que presentan un cambio respecto al año anterior. Luego, evalúa si la clasificación fue persistente antes y después de la transición. Esta condición, denominada criterio de persistencia, requiere que un píxel mantenga una misma clase durante un número mínimo de años antes y después de un cambio para que este sea reconocido como pérdida de vegetación o regeneración.

- Cambios que cumplen con este criterio se clasifican como pérdida de vegetación primaria, pérdida de vegetación secundaria y regeneración.
- Cambios que no lo cumplen se revierten, asignándoles la misma clase del año anterior, reflejando así ningún cambio.

El mapa de salida resultante incluye cinco clases:

- Vegetación primaria
- Vegetación secundaria

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

Además, conserva las tres clases originales del conjunto de datos de entrada. En cada paso iterativo para generar el mapa del siguiente año, se utilizan los mapas de salida del paso anterior como referencia de las trayectorias pasadas de clasificación.

### **2.2.1 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  $t+1$ ).

### **2.2.2 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  $t+2$ ).

### **2.2.3 Rango temporal de análisis**

Dado que los criterios de persistencia requieren información de al menos dos años previos, el análisis se inicia en 1987. Los años 1985 y 1986 no pueden ser evaluados por falta de datos anteriores.

- Último año disponible en los datos de entrada: 2024
- Último año con deforestación mapeada: 2023
- Para mapear deforestación en 2024, se evaluó la persistencia como Natural en 2021, 2022 y 2023, y se aplicó un filtro espacial (de 1 a 3 ha, según el bioma) para eliminar ruidos (ver sección 2.4).
- Último año con regeneración mapeada: 2022
- En 2023 y 2024 sólo se identificaron pérdidas de vegetación secundaria.

## 2.2.4 Píxeles no persistentes en la ventana temporal

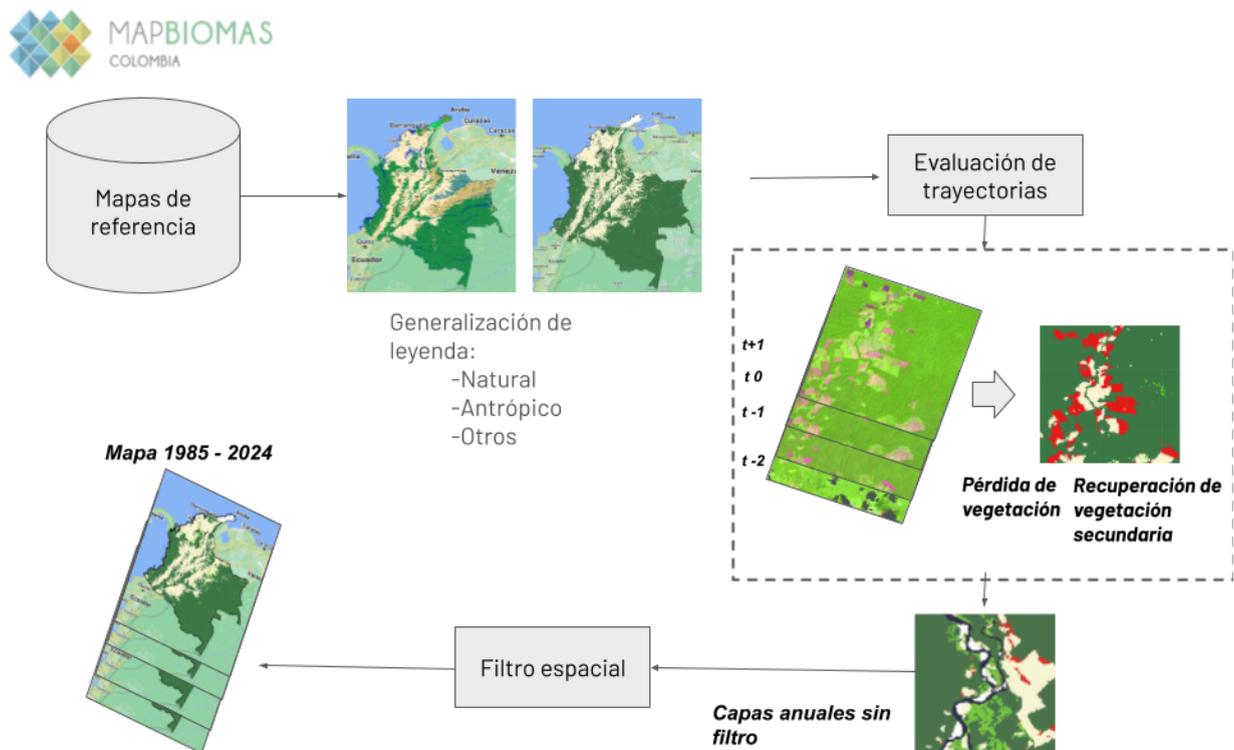
Los píxeles que mostraron cambios entre clases Natural y Antrópico (o viceversa) pero no cumplieron con los criterios de persistencia fueron reclasificados para reflejar correctamente el uso/cobertura del suelo en el paso siguiente del algoritmo.

Ejemplo, un píxel clasificado como:

1. Natural en 1987
2. Antrópico en 1988
3. y nuevamente Natural en 1989, no se consideró como deforestación en 1988, ya que no cumplió el criterio de persistencia.

En su lugar, el píxel fue reclasificado para que mantuviera la clase del año anterior (Natural), asegurando que la información disponible para el análisis del año siguiente (1989) refleje una trayectoria estable hasta que ocurra un cambio consistente con los criterios establecidos.

Una visión general de los procesos mediante los cuales la serie temporal anual de uso y cobertura del suelo (LCLU) de la colección 3 de MapBiomás 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.



### 2.3. Esquema de clasificación

Los mapas anuales finales generados mediante el análisis de trayectorias contienen siete clases, que pueden representar tanto un tipo de cobertura del suelo como un evento de cambio de clase:

1. Vegetación primaria (cobertura)
2. Vegetación secundaria (cobertura)
3. Antrópico (cobertura)
4. Regeneración (cambio)
5. Pérdida de vegetación primaria (cambio)
6. Pérdida de vegetación secundaria (cambio)
7. Otros (cobertura)

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

Clase	Descripción	Regla	Valor Ráster
Antrópico	Píxeles clasificados como Antrópico en el conjunto de datos de entrada y que no presentaron cambio en el año de análisis.	No aplica	1
Vegetación primaria	Vegetación natural que se mantuvo desde el inicio de la serie (1987) hasta el año de análisis. Se consideraron todas las clases de vegetación natural del conjunto de datos.	Clasificación persistente como Natural en el conjunto de datos de entrada, desde el inicio de la serie hasta el año de análisis.	2

Vegetación secundaria	Áreas con historial de uso antrópico que cambiaron a vegetación natural antes del año de análisis.	Clasificadas como Natural en el conjunto de datos de entrada en el año de análisis y como Regeneración o Vegetación secundaria en el paso iterativo anterior (es decir, en el mapa producido para el año previo).	3
Pérdida de vegetación primaria	de Áreas que cambiaron de Vegetación primaria a Antrópico en el año de análisis.	Clasificación persistente como Vegetación primaria en los mapas producidos en pasos iterativos anteriores, durante al menos dos años, seguida por clasificación persistente como Antrópico durante tres, cinco o siete años incluyendo el año de análisis.	4
Regeneración	Áreas con historial de uso antrópico que cambiaron a vegetación natural específicamente en el año de análisis.	Clasificación persistente como Antrópico durante al menos dos años antes del año de análisis y clasificación persistente como Natural durante tres, cinco o siete años después de la conversión.	5
Pérdida de vegetación secundaria	de Áreas que cambiaron de Vegetación secundaria a Antrópico en el año de análisis.	Clasificación persistente como Vegetación secundaria en los mapas producidos en pasos iterativos anteriores, durante al menos dos años, seguida por clasificación persistente como Antrópico durante tres, cinco o siete años incluyendo el año de análisis.	6
Otro	Áreas clasificadas en el conjunto de datos de entrada como ni Antrópico ni vegetación natural. Incluye, entre otras, las clases de afloramiento rocoso, cuerpos de agua y otras áreas no vegetadas del dataset de MapBiomias.	Clasificadas como "Otro" en cualquier momento de la serie de entrada.	7

---

Cada una de estas clases sigue reglas específicas de persistencia, las cuales determinan cómo se identifican y validan los cambios en el tiempo. Por ejemplo, la clase Regeneración requiere que un píxel haya sido previamente clasificado como Antrópico y luego haya transitado a Vegetación Secundaria de manera persistente, mientras que las clases de Pérdida exigen que un píxel haya pasado de Vegetación Primaria o Secundaria a Antrópico cumpliendo ciertos umbrales temporales.

Estas reglas, junto con la definición detallada de cada clase, se presentan en la Tabla 2, donde se especifican los criterios necesarios para que un píxel sea asignado a una u otra categoría en función de su trayectoria a lo largo de la serie temporal. Este enfoque permite distinguir con mayor precisión entre cambios reales y fluctuaciones temporales o ruido en los datos.

## 2.4. Post procesamiento

Se probaron diferentes opciones de filtros de post procesamiento, y los especialistas de cada bioma seleccionaron aquellos que mejor se adaptaban a las características particulares de los procesos de deforestación y regeneración en sus respectivas regiones. Como resultado, se aplicaron dos tipos de filtros con parámetros específicos para cada bioma.

El primer filtro (filtro de serie temporal) consistió en acumular todos los píxeles con regeneración de vegetación a lo largo de la serie temporal (es decir, clasificados como Regeneración al menos una vez) en una única capa, haciendo lo mismo con los píxeles de pérdida de vegetación.

El segundo filtro (filtro de 2024) se aplicó exclusivamente a los datos del año 2024, eliminando aquellas áreas que no superan un umbral mínimo de tamaño, también ajustado por bioma. Este enfoque permitió reducir el ruido y mejorar la precisión en la identificación de cambios recientes.

Los umbrales específicos por bioma para cada uno de estos filtros se detallan en la Tabla 3, proporcionando una referencia clara de los criterios utilizados en el procesamiento final de los datos. Esta metodología asegura que los resultados reflejen de manera más fidedigna los patrones de deforestación y regeneración, adaptándose a las dinámicas particulares de cada ecosistema.

## 3. Conclusiones

El método aquí presentado conceptualiza categorías de dinámica de la vegetación basadas en trayectorias de clasificación de cobertura y uso del suelo (LCLU) 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).

Si bien la calidad de los mapas resultantes está directamente vinculada a la precisión del conjunto de datos de entrada (colección 3 MapBiomas Colombia), se está desarrollando un protocolo de validación independiente para evaluar la exactitud de las clases de dinámica de vegetación en cada bioma. Este protocolo busca reducir incertidumbres y eliminar sesgos en la estimación de áreas y métricas de precisión, especialmente para clases poco prevalentes en el territorio. La validación diferenciada por bioma es clave, ya que procesos como la regeneración pueden manifestarse de manera distinta en la Amazonía (rápida recuperación de biomasa) frente a la Orinoquía o Andes, lo que exige ajustes metodológicos específicos.

Esta aproximación reconoce limitaciones inherentes, como la imposibilidad de distinguir entre vegetación secundaria de alta y baja diversidad, pero busca optimizar la consistencia temporal

para apoyar políticas de conservación y restauración. Los resultados preliminares sugieren que los filtros de persistencia y postprocesamiento (Tabla 3) mitigan significativamente falsos positivos, aunque los desafíos persisten en biomas con alta variabilidad interanual (ej., Mojana). El protocolo en desarrollo incluirá muestreo estratificado y evaluación con imágenes de alta resolución para cuantificar errores de omisión/comisión en las clases de cambio.

#### 4. Bibliografía

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. *Biological Invasions*, 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/rs12203323>