



Apéndice

Módulos

Pérdida de vegetación y Vegetación secundaria

Colección 3 | Versión Beta

Equipo responsable

Mylene Gutiérrez
Emanuel Valero
Rodrigo Lazo
Reinaldo Romero

Marzo 2026

Lista de Tablas	1
Lista de Figuras	1
1. Descripción general	1
2. Metodología	1
2.1. Datos de entrada	1
2.2. Análisis de trayectorias de cambio de la Cobertura vegetal	2
2.3 Características de los datos que alimentan los módulos y reglas de trayectorias de cambio	6
2.3.1 Enfoque bidireccional	6
2.3.2 Estabilización de ruido (Regla 1)	10
2.3.3 Pérdida de Vegetación natural (Reglas 2 a 4)	10
2.3.4 Recuperación de la cobertura vegetal y Vegetación Secundaria (Reglas 5 a 13)	10
2.3.5 Reglas del final de la serie (Reglas 14 y 15)	11
2.3.6 Postprocesamiento y frecuencia histórica (Reglas 16 a 19)	11
3. Conclusiones	12
4. Bibliografía	14

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Leyenda de mapas anuales de Cobertura vegetal y clases de origen provenientes de los mapas anuales de LULC.</i>	2
Tabla 2. <i>Origen y descripción de las clases de los mapas de Trayectorias de cambio de la cobertura vegetal.</i>	5
Tabla 3. <i>Secuencia de reglas de trayectorias de cambio de la cobertura vegetal (1-7) en la serie temporal de 40 años.</i>	7
Tabla 4. <i>Secuencia de reglas de trayectorias de cambio de la cobertura vegetal (8-13) en la serie temporal de 40 años.</i>	8
Tabla 5. <i>Secuencia de reglas de trayectorias de cambio de la cobertura vegetal (14-19) en la serie temporal de 40 años.</i>	9

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Comparación entre el mapa de Cobertura y uso del suelo (LULC) y el mapa de Cobertura vegetal para el análisis de las trayectorias de cambio.</i>	1
Figura 2. <i>Resumen metodológico de los módulos de Pérdida de vegetación natural y Vegetación secundaria.</i>	3
Figura 3. <i>Ciclo de vida píxel y leyenda de trayectorias de cambio de la cobertura vegetal.</i>	4

1. Descripción general

Este documento describe los métodos aplicados para generar la colección Beta de mapas anuales de Trayectorias de cambio de la cobertura vegetal, a partir de los mapas anuales de Cobertura y uso del suelo de la Colección 3 de MapBiomás Venezuela. El resultado de la aplicación del modelo de trayectorias conforma la fuente de datos que pueden ser consultados por los usuarios de la plataforma MapBiomás Venezuela en dos módulos: Pérdida de vegetación y Vegetación secundaria.

2. Metodología

2.1. Datos de entrada

El objetivo principal de este modelo de trayectorias de cambio es identificar eventos de pérdida de vegetación natural después de algún evento de perturbación antrópica, así como el establecimiento de coberturas de origen antrópico. Igualmente, la identificación de eventos de recuperación de la cobertura vegetal y establecimiento de la vegetación secundaria. También la detección de eventos de reintervención de áreas previamente recuperadas. La vegetación secundaria, en este modelo de trayectorias de cambio, es una clase producto del comportamiento de un píxel en la serie temporal y no una clase espectral. Para el análisis de trayectorias de cambio, las 25 clases de cobertura y uso del suelo (LULC) que integran la [leyenda](#) de la Colección 3 de MapBiomás Venezuela se agruparon en mapas anuales de Cobertura vegetal integrados por tres clases: Vegetación natural (Vn), cobertura de origen antrópico: Antrópico (A) y Otra cobertura (Figura 1).

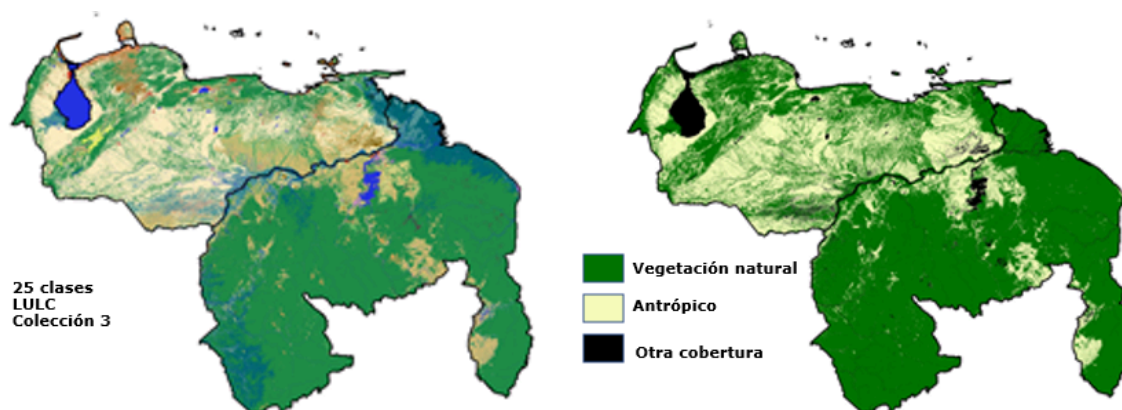


Figura 1. Comparación entre el mapa de cobertura y uso del suelo (LULC) y el mapa de Cobertura vegetal para el análisis de las trayectorias de cambio.

La serie temporal de LULC (1985-2024) se utilizó como fuente de entrada para el análisis de trayectorias de cambio. Para ello, se reclasificaron las clases de LULC en tres clases para conformar los mapas anuales de Cobertura vegetal; la nueva leyenda se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Leyenda de mapas anuales de Cobertura vegetal y clases de origen provenientes de los mapas anuales de LULC.

Clases de Cobertura vegetal	Clases de LULC de origen	ID de Cobertura vegetal
Vegetación natural (Vn)	Bosque, Sabana arbolada, Manglar, Bosque inundable, Herbazal/Arbustal inundable, Sabana/Herbazal, Arbustal, Herbazal/Arbustal xerófilo, Otras formaciones naturales no forestales, Herbazal/Arbustal andino y Herbazal/Arbustal andino inundable.	2
Antrópico (A)	Uso agrícola, Uso pecuario, Uso agropecuario, Uso urbano, Uso minero, Otras áreas antrópicas sin vegetación y Acuicultura.	1
Otra cobertura	Plantación forestal, Afloramiento rocoso,Planicie de marea hipersalina, Playa o duna, Río, lago u océano, Glaciar, Otras áreas naturales sin vegetación.	7

2.2. Análisis de trayectorias de cambio de la Cobertura vegetal

Se desarrolló una metodología para el análisis de trayectorias de cambio de la cobertura vegetal píxel a píxel utilizando un conjunto de reglas de decisión iterativas que emplean diversas ventanas temporales móviles (3, 4 o 5 años), así como reglas que se aplican al penúltimo año, al último año de la serie o a toda la serie temporal. Para filtrar ruido cartográfico derivado de píxeles mixtos (Xie *et al.*, 2020) y asegurar que las transiciones correspondan a eventos reales en el terreno, el modelo integra un criterio de persistencia que exige estabilidad en la clasificación durante un periodo mínimo antes y después de cada cambio. Aquellos registros que no cumplen con esta consistencia temporal se revierten automáticamente a su estado previo para evitar falsas trayectorias.

Con el análisis de trayectorias de cambio se generan nuevas clases, que permiten conformar mapas anuales de Trayectorias de cambio de la cobertura vegetal. Las reglas de decisión consideradas en este modelo, permiten identificar y confirmar las siguientes rutas de cambio: Pérdida de vegetación natural (PVn); establecimiento

de coberturas de origen Antrópico (A); Recuperación de la cobertura vegetal (R); lo que marca el inicio de la vegetación secundaria y Vegetación secundaria (Vs) y reintervenciones que producen Pérdida de vegetación secundaria (PVs).

La metodología general se presenta en la Figura 2, donde se ilustra la secuencia de análisis de trayectorias de cambio desde los datos de origen, su reclasificación, aplicación de reglas de decisión mediante análisis retrospectivo y cronológico, cuyo resultado da lugar a la obtención de la colección de mapas de trayectorias de cambio que posteriormente constituye la fuente de datos que los usuarios pueden consultar en los dos módulos de vegetación: Pérdida de vegetación y Vegetación secundaria.

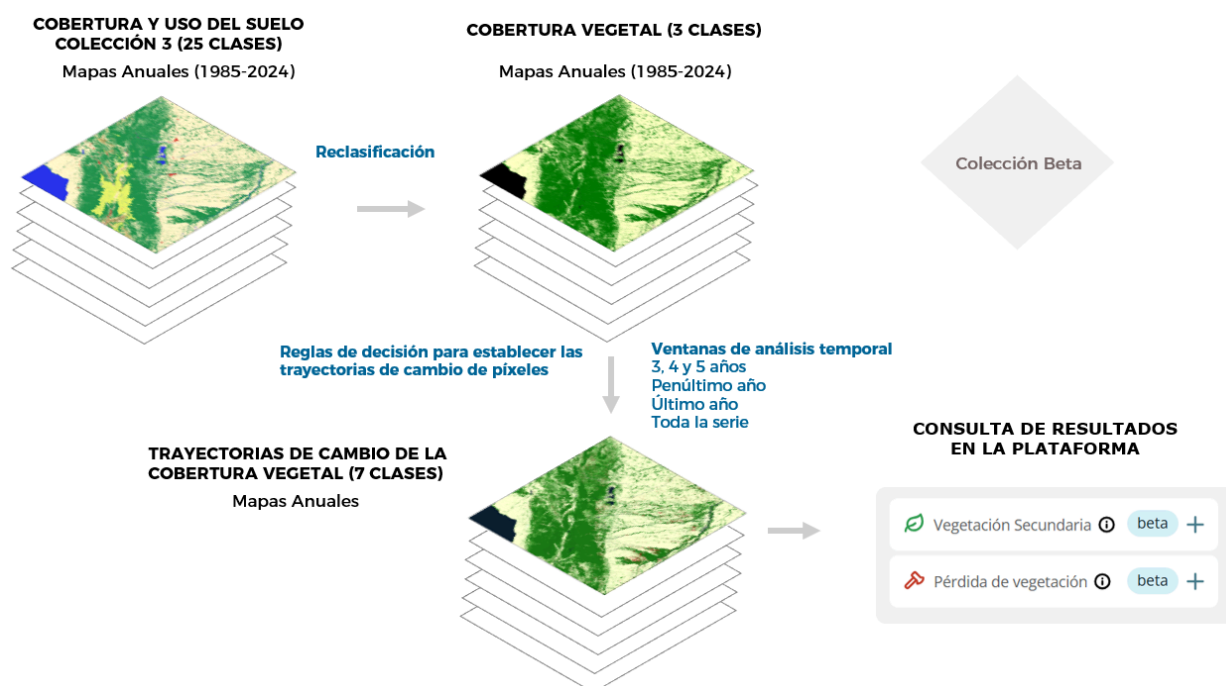


Figura 2. Resumen metodológico de los módulos de Pérdida de vegetación natural y Vegetación secundaria.

Por otra parte, en la Figura 3, se presenta el ciclo de vida de píxeles y las rutas de cambio posibles con la aplicación del modelo y la leyenda de los mapas de Trayectorias de cambio de la cobertura vegetal: Pérdida de vegetación natural (PVn) y establecimiento de Antrópico (A), Recuperación de la cobertura vegetal (R) y establecimiento de la Vegetación secundaria (Vs) y reintervención o Pérdida de vegetación secundaria (PVs). En este ciclo, un píxel intervenido en cualquier tramo de la serie temporal, si experimenta recuperación conservará la memoria de Vegetación secundaria (Vs). Por lo cual nunca regresaría a la condición inicial de Vegetación natural (Vn).

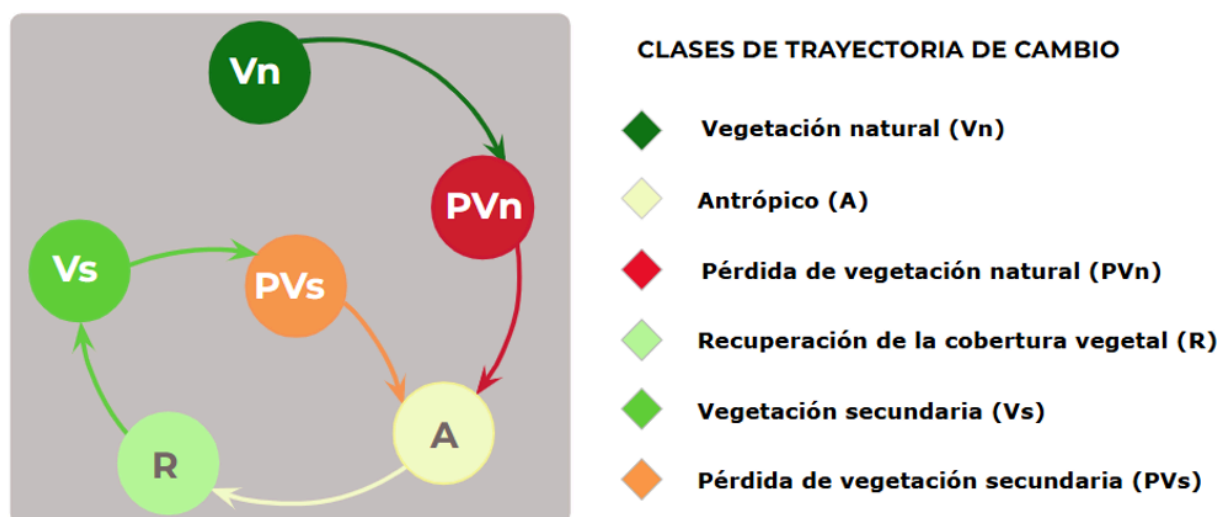


Figura 3. Ciclo de vida píxel y leyenda de trayectorias de cambio de la cobertura vegetal.

A partir de los mapas de cobertura vegetal y de la aplicación de reglas para el análisis de las trayectorias de cambio, se generan los mapas anuales de Trayectorias de cambio de la cobertura vegetal. La leyenda integrada por 7 clases se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Origen y descripción de las clases de los mapas de Trayectorias de cambio de la cobertura vegetal

ID TRAYECTORIA DE CAMBIO	CLASE	ORIGEN	DESCRIPCIÓN
1	Antrópico (A)	Al inicio de la serie corresponde a coberturas de origen antrópico como: Uso agrícola, Uso Pecuario, Mosaico de agricultura y pastos, Uso urbano, Uso minero, Otras áreas antrópicas sin vegetación y Acuicultura. También puede ser producto de trayectorias de cambio en la serie temporal, que corresponden al segundo año de cambio de la cobertura vegetal luego de Pérdida de Vegetación natural (4) o Pérdida de Vegetación secundaria (6).	Coberturas producto de la intervención humana persistente.
2	Vegetación natural (Vn)	Las siguientes clases de LULC: Bosque, Sabana arbolada, Manglar, Bosque inundable, Herbazal/Arbustal inundable, Sabana/Herbazal, Arbustal, Herbazal/Arbustal xerófilo, Otras formaciones naturales no forestales, Herbazal/Arbustal andino y Herbazal/Arbustal andino inundable.	Cobertura vegetal que no ha presentado indicios de intervención humana a partir del año inicial (1985) en la serie histórica analizada.

ID TRAYECTORIA DE CAMBIO	CLASE	ORIGEN	DESCRIPCIÓN
3	Vegetación secundaria (Vs)	La cobertura resultante de la perturbación de la vegetación natural tras la intervención antrópica.	Se inicia en el segundo año de recuperación sostenida de la cobertura vegetal donde se confirma su establecimiento, luego de haber pasado por un año de Recuperación de la cobertura vegetal (R).
4	Pérdida de vegetación natural (PVn)	Trayectoria intermedia entre Vegetación natural (2) y Antrópico (1).	El primer año donde la Vegetación natural es transformada por usos humanos. Marca el inicio de coberturas de origen antrópico.
5	Recuperación de la cobertura vegetal (R)	Trayectoria de cambio intermedia entre Antrópico (1) y Vegetación secundaria (3).	El primer año donde un área Antrópica (1) muestra signos de recuperación de la cobertura vegetal.
6	Pérdida de vegetación secundaria (PVs)	Trayectoria de cambio intermedia entre Vegetación secundaria (3) y Antrópico (1).	Primer año de reintervención de la cobertura vegetal en áreas que tenían Vegetación secundaria. Nuevo ciclo antrópico. Trayectoria de cambio intermedia entre Vegetación secundaria (3) y Antrópico (1).
7	Otra cobertura*	Las siguientes clases de los mapas anuales de cobertura y uso del suelo: Plantación forestal, Playa o duna, Afloramiento rocoso, Planicie de marea hipersalina, Río, lago u océano, Glaciar y Otras áreas naturales sin vegetación.	No forman parte del análisis de la dinámica de la cobertura vegetal. Esta clase está integrada por áreas naturales no vegetadas o cuerpos de agua. También por plantaciones forestales.

*La clase **Otra cobertura** (7) no se muestra en la plataforma de consulta ni en el diagrama del ciclo de vida del píxel debido a que son áreas (píxeles) excluidas del análisis de trayectorias de la cobertura vegetal.

2.3 Características de los datos que alimentan los módulos y reglas de trayectorias de cambio

El procesamiento de datos geoespaciales para la detección de cambios de cobertura vegetal se fundamenta en un esquema de doble direccionalidad analítica, compuesto de 19 reglas de decisión para determinar y comprobar las trayectorias de cambio.

2.3.1 Enfoque bidireccional

Permite que la clasificación no dependa exclusivamente de una observación aislada, sino de la coherencia contextual del píxel en la serie temporal.

- **Fase Retroactiva (hacia atrás):** Implementa filtros de limpieza y estabilidad sobre el historial del píxel desde el último año de la serie hasta el inicio. Su propósito técnico es la mitigación de artefactos del sensor, tales como nubes persistentes o sombras proyectadas, mediante la validación de la persistencia histórica. Esta fase asegura que las clasificaciones actuales sean compatibles con la evidencia acumulada en años anteriores, estableciendo una base de datos limpia antes del análisis de trayectorias de cambio.
- **Fase Cronológica (hacia adelante):** Ejecuta la detección de trayectorias mediante el uso de ventanas temporales o Kernels. Evalúa secuencias móviles para confirmar si un cambio de cobertura es un evento estable o una fluctuación transitoria. Esta fase permite la asignación de identificadores de rutas específicas basándose en el comportamiento del píxel en el año de referencia o tiempo t y su evolución inmediata hacia el futuro. Este enfoque permite distinguir con mayor precisión entre cambios reales y fluctuaciones temporales o ruido en los datos.

La lógica de las reglas de decisión del análisis de las trayectorias de cambio, las funciones y los nombres que puede encontrar en el *script* (disponible para usuarios de Google Earth Engine en el [GitHub](#) de MapBiomás Venezuela) para la aplicación del modelo, las ventanas temporales empleadas para dar consistencia a la confirmación de los cambios, así como el elemento temporal de la ventana que se modifica (tiempo t , años anteriores y posteriores) de cada una de las reglas se presenta en las Tablas 3 a 5.

Tabla 3. Secuencia de reglas de trayectorias de cambio de la cobertura vegetal (1-7) en la

serie temporal de 40 años

REGLA	FUNCIÓN (CÓDIGO)	ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL	VENTANA DE APLICACIÓN TIEMPO QUE MODIFICA
1	Filtro temporal (applyRules) Limpia ruidos (saltos de 1 año) en las clases naturales. Retrospectiva (hacia atrás), el primer año central es el 2023.	[t-1, t , t+1]	[t-1, t , t+1]	2023 a 1986 3 años (t-1, t ,t+1)
2	Estabiliza la Vegetación natural (2) (rules) (R1) Cronológica (Itera de la serie hasta N-3).	[2, 2, 1 , 2]	[2, 2, 2 , 2]	1985 a 2021 4 años (t, t+1, t+2 , t+3)
3	Corrige error Antrópico (1) (rules) (R2) Cronológica (Itera de la serie hasta N-3).	[2, 1 , 2, 2]	[2, 2 , 2, 2]	1985 a 2021 4 años (t, t+1 ,t+2, t+3)
4	Detecta la Pérdida de vegetación natural (4) (rules)(R3) Cronológica (Itera de la serie hasta N-3). El tiempo exacto de la pérdida de vegetación natural confirmada. El cambio a Antrópico (1) persiste al menos dos años.	[2, 2, 1 , 1]	[2, 2, 4 , 1]	1985 a 2021 4 años (t, t+1, t+2 , t+3)
5	Detecta Recuperación de la cobertura vegetal (5): inicio de Vegetación secundaria (rulesSecVegK5). Cronológica (Itera de la serie hasta N-4).	[1, 1, 2 , 2 , 2]	[1, 1, 5 , 3 , 3]	1985 a 2020 5 años (t, t+1, t+2 , t+3 , t+4)
6	Evita el retorno de Recuperación de la cobertura vegetal (5) a Vegetación natural (2) (rulesSecVegK4) (R1) Cronológica (Itera de la serie hasta N-3).	[5, 3, 3, 2]	[5, 3, 3, 3]	1985 a 2021 4 años (t, t+1,t+2, t+3)
7	Mantiene la Vegetación secundaria (3) por origen antrópico (rulesSecVegK4) (R2) Cronológica (Itera de la serie hasta N-3).	[3, 2 , 2 , 2]	[3, 3 , 3 , 3]	1985 a 2021 4 años (t, t+1 , t+2 , t+3)

Tabla 4. Secuencia de reglas de trayectorias de cambio de la cobertura vegetal (8-13) en la

serie temporal de 40 años

REGLA	FUNCIÓN (CÓDIGO)	ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL	VENTANA DE APLICACIÓN TIEMPO QUE MODIFICA
8	Reclasifica a Vegetación secundaria (3) y a Pérdida de Vegetación secundaria (6) si tiene precedentes antrópicos (rulesSecVegK4) (R3) Cronológica (Itera de la serie hasta N-3). Los 3 últimos años de la ventana.	[3, 2, 2, 4]	[3, 3, 3, 6]	1985 a 2021 4 años (t, t+1, t+2, t+3)
9	Reclasifica a Vegetación secundaria (3) y a Pérdida de Vegetación secundaria (6) si tiene precedentes antrópicos (rulesSecVegK4) (R4) Cronológica (Itera de la serie hasta N-3). Los 2 últimos años de la ventana.	[3, 3, 2, 4]	[3, 3, 3, 6]	1985 a 2021 4 años (t, t+1, t+2, t+3)
10	Estabiliza a la Vegetación secundaria (3), modifica los dos últimos años de la ventana de 4 años (rulesSecVegK4) (R5) Cronológica (Itera de la serie hasta N-3).	[3, 3, 2, 2]	[3, 3, 3, 3]	1985 a 2021 4 años (t, t+1, t+2, t+3)
11	Persistencia de la Vegetación secundaria (3), modifica el último año de la ventana de 4 años (rulesSecVegK4) (R6) Cronológica (Itera de la serie hasta N-3).	[3, 3, 3, 2]	[3, 3, 3, 3]	1985 a 2021 4 años (t, t+1, t+2, t+3)
12	Corrige errores de falsa Vegetación natural (2) (rulesSecVegK4) (R7) Cronológica (Itera de la serie hasta N-3)	[1, 2, 2, 4]	[1, 1, 1, 1]	1985 a 2021 4 años (t, t+1, t+2, t+3)
13	Confirma la pérdida de Vegetación secundaria (3) por antecedentes antrópicos (rulesDefSecVeg) Cronológica (Itera de la serie hasta N-3)	[3, 4, 1]	[3, 6, 1]	1985 a 2022 3 años (t, t+1, t+2)

Tabla 5. Secuencia de reglas de trayectorias de cambio de la cobertura vegetal (14-19) en

la serie temporal de 40 años

REGLA	FUNCIÓN (CÓDIGO)	ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL	VENTANA DE APLICACIÓN TIEMPO QUE MODIFICA
14	Pérdida de vegetación natural (4) al final de la serie (rulesEnd) (R1) Cronológica	[2, 2, 2, 1]	[2, 2, 2, 4]	2024 (2021,2022,2023, 2024) 4 años al final de la serie
15	Pérdida de vegetación secundaria (6) al final de la serie (rulesEnd) (R2) Cronológica	[3, 3, 3, 1]	[3, 3, 3, 6]	2024 (2021,2022,2023, 2024) 4 años al final de la serie
16	Transforma a Pérdida de vegetación secundaria (6), la Pérdida de vegetación natural (4) si hay uso previo en el píxel (where Freq A).	Freq > 1 & 4	Cambia 4 a 6 si cumple con 2 años de intervención	1985 a 2024 toda la serie
17	Transforma a Vegetación secundaria (3), la Vegetación natural (2) si hay uso previo en el píxel (where Freq B)	Freq > 0 & 2	Cambia 2 a 3 si cumple con 1 año de intervención	1985 a 2022 toda la serie
18	Anula la falsa recuperación por trayectoria de Antrópico (1) a Vegetación secundaria (3) en el penúltimo año (where Final A) Retrospectiva No ha pasado suficiente tiempo para confirmar la recuperación de la cobertura vegetal; mejor lo mantenemos como antrópico.	[1, 3]	[1, 1]	2023 (2022, 2023) 2 años (t-1, t)
19	Anula la falsa pérdida por transición de Vegetación secundaria (3) a Antrópico (1) en el penúltimo año (where Final B) Retrospectiva Es el último año de la serie, podría ser un error de la imagen (nubes, sombras). Vamos a darle el beneficio de la duda y mantenerlo como Vegetación secundaria.	[3, 1]	[3, 3]	2024 (2023, 2024)

2.3.2 Estabilización de ruido (Regla 1)

Es un filtro temporal que utiliza una ventana de 3 años $[t-1, t, t+1]$. Se aplica de forma retrospectiva (desde 2023 hacia 1986). Su función es eliminar "saltos" de un solo año en las clases naturales. Si un píxel cambia solo en el año central, se corrige para que coincida con los años adyacentes, garantizando estabilidad antes de procesar cambios reales.

2.3.3 Pérdida de Vegetación natural (Reglas 2 a 4)

Estas reglas identifican la transición de Vegetación natural hacia Antrópico (A).

- Ventana de Análisis: 4 años consecutivos $[t, t+1, t+2, t+3]$.
- Reglas 2 y 3: Estabilizan la Vegetación natural (2) corrigiendo errores donde un píxel parece ser antrópico por un solo año.
- Regla 4: Detecta la Pérdida de vegetación natural (4). Para que el cambio se confirme, la clase Antrópico (1) debe persistir al menos dos años seguidos tras el evento de pérdida.

2.3.4 Recuperación de la cobertura vegetal y Vegetación Secundaria (Reglas 5 a 13)

A diferencia de la pérdida de vegetación natural, la recuperación 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). Esta fase es el núcleo de la persistencia: una vez que un píxel es intervenido, el sistema "recuerda" su origen.

- Regla 5 (Identificación de Recuperación de la cobertura vegetal): Utiliza una ventana de 5 años $[t, t+1, t+2, t+3, t+4]$. Identifica el inicio de la Recuperación (5). Si un área antrópica muestra vegetación persistente por al menos 3 años, el píxel se reclasifica inmediatamente como Vegetación secundaria (3).
- Reglas 6 a 13 (Persistencia): Utilizan ventanas de 4 años. Su función es evitar que la vegetación que está creciendo en áreas intervenidas vuelva a ser clasificada como cobertura vegetal. Estas reglas fuerzan la clase Vegetación secundaria (3), incluso si el clasificador anual indica vegetación natural, basándose en el historial de uso.

2.3.5 Reglas del final de la serie (Reglas 14 y 15)

Debido a que no se dispone de años futuros para confirmar la persistencia en el cierre de la serie (2021-2024), se aplican criterios específicos:

- Reglas 14 y 15: Confirman la Pérdida de vegetación natural (4) o Pérdida de vegetación secundaria (6) basándose en la estabilidad previa de 3 años.

2.3.6 Postprocesamiento y frecuencia histórica (Reglas 16 a 19)

- Reglas 16 y 17 (Frecuencia Histórica): Analizan toda la serie de 40 años. Si un píxel muestra haber sido Antrópico (1) en el pasado (Frecuencia > 0 o 1), cualquier pérdida detectada se etiqueta como Pérdida de vegetación secundaria (6) y no como Pérdida de vegetación natural (4).
- Reglas 18 y 19 (Ajustes Finales): Actúan sobre los años 2023 y 2024. Anulan falsas recuperaciones o pérdidas que ocurren en el último año de la serie, aplicando el "beneficio de la duda" para mantener el estado más probable y evitar sobreestimar trayectorias de cambio no confirmadas.

3. Conclusiones

El método de análisis de trayectorias de cambio de la cobertura vegetal que se aplica en los módulos de *Pérdida de vegetación* y *Vegetación secundaria*, presenta el análisis de la dinámica de la cobertura vegetal basado en el análisis de dos clases contrastantes: *Vegetación natural* (Vn) y *coberturas de origen antrópico* (A). Las clases derivadas de las trayectorias de cambio en el tiempo se obtienen mediante un conjunto de reglas aplicadas en diversas ventanas temporales que garantizan la consistencia de los cambios detectados.

Se parte de la premisa de que toda cobertura vegetal mapeada al inicio de la serie temporal (1985) es *Vegetación natural* (Vn) hasta que experimenta una perturbación humana que la transforma en Antrópico (A). Este supuesto es el punto de partida del análisis, a pesar de que muchas áreas del país, en especial al norte del río Orinoco, ya habían sido intervenidas antes de 1985, lo que produce una subestimación de la *Vegetación secundaria* a lo largo de la serie temporal, siendo más relevante en los primeros años de la serie.

En esta metodología, la *Vegetación secundaria* no corresponde a categoría espectral, sino a una categoría histórica, producto de la trayectoria de cambio de un píxel que inicialmente era *Vegetación natural* y luego se transforma en *Antrópico* (A) y posteriormente puede experimentar otras rutas de cambio hacia la *Recuperación de la cobertura vegetal* (R) y luego a *Vegetación secundaria* (Vs).

La combinación de reglas de cambio retrospectivas y ventanas de confirmación garantiza que el reporte de pérdida de vegetación en Venezuela sea consistente con la dinámica real del territorio.

Mediante la evaluación de la trayectoria de cambios del píxel en la serie temporal, con criterios de memoria de la intervención, se garantiza la persistencia de la *Vegetación secundaria* una vez que un píxel abandona su condición inicial de *Vegetación natural*.

El modelo aplicado permite evaluar las pérdidas reales de vegetación producto de una primera intervención (Pérdida de vegetación natural) o de intervenciones recurrentes (Pérdida de vegetación secundaria) en la serie temporal.

La identificación de *Vegetación secundaria* mediante este método no puede determinar los distintos estadios sucesionales, ni diferencias en las coberturas vegetales en desarrollo, por lo que puede representar procesos ecológicos contrastantes, como recuperación natural de herbazales, arbustales o de bosques, e incluso incremento de la cobertura de especies invasoras.

La calidad de los mapas resultantes de estos módulos está directamente vinculada a la precisión del conjunto de datos de entrada (Colección 3 MapBiomás Venezuela), se está desarrollando un protocolo de validación independiente para evaluar la exactitud de las clases de dinámica de vegetación al norte y al sur del río Orinoco a lo largo de la serie temporal de cada nueva colección.

Esta aproximación reconoce las limitaciones inherentes, como la imposibilidad de distinguir entre vegetación secundaria, las diferentes formas de crecimiento de la cobertura vegetal como bosque, arbustal y herbazal, aunque es robusta en la detección de la consistencia temporal.

Estos módulos se diseñaron para apoyar políticas de conservación y restauración. Los resultados preliminares sugieren que los filtros de persistencia y postprocesamiento (Tablas 3 a 5) mitigan significativamente falsos positivos, aunque los desafíos persisten en las regiones con alta variabilidad interanual. 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., & Marciano-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., Santiãmi, 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>