MAPBIOMAS
ECUADOR

Apéndice

Pérdida de Vegetación y Vegetación Secundaria

Colección 1

Versión 1

Documento ajustado y traducido del original: ATBD Brasil

Equipo MapBiomas Ecuador

Coordinador técnico de MapBiomas en Ecuador
Wagner Holguín

Responsable técnica
Katherine Terán

Desarrollador
Fabricio Garces

Directora Ejecutiva de Fundación Ecociencia
Carmen Josse

Institución
Fundación de Estudios Ecológicos Ecociencia

Lizardo García E10-80 y 12 de Octubre.
Edificio Alto Aragón, Oficina 5C
Quito-Ecuador
+593 2 2523 066
http://ecociencia.org

1. Visión General

Este documento describe la metodología aplicada para generar los mapas anuales de pérdida de vegetación y vegetación secundaria, producidos utilizando los mapas anuales de cobertura/uso del suelo (LULC) proporcionados por MapBiomas Ecuador Colección 3 (Metodología de los Mapas Anuales de cobertura y uso del suelo Ecuador). Se produjo una serie temporal de la dinámica de la cobertura vegetal natural de todo el territorio ecuatoriano que abarca el período 2001-2024, mediante la identificación de patrones de trayectorias de clasificación a nivel de píxel.

2. Metodología

Se realizaron ajustes previos antes de proceder con el proceso de obtención de los datos de pérdida de vegetación y vegetación secundarias. Con el propósito de reducir inconsistencias temporales y reducir ruidos de las clasificaciones de los mapas anuales de cobertura y uso del suelo. Se aplicó el siguiente filtro al resultado final de estos mapas. Para ello se utilizaron herramientas implementadas en la plataforma Earth Engine de Google:

Filtro Temporal post-integración

El filtro temporal inspecciona el valor de cada píxel clasificado en relación al valor de ese píxel en clasificaciones temporalmente consecutivas. Para ello emplea una ventana móvil unidireccional que toma en consideración secuencias de clasificaciones (para este proceso se usó una secuencia de 3 años) e identifica transiciones temporales no permitidas. El filtro temporal se aplica a cada píxel de todos los años de la colección.

2.1 Datos de Entrada: Pérdida de Vegetación y Vegetación Secundaria

El objetivo principal de este método es identificar eventos de pérdida y regeneración de vegetación natural tras un periodo de uso del suelo, independientemente de las clases específicas de vegetación/uso del suelo del que se trate.

Por lo tanto, las 21 clases de la leyenda original del conjunto de datos de MapBiomas Ecuador, se agruparon en tres grupos genéricos: Antrópico, Natural y No incluido (Tabla 1). La serie temporal (1999 - 2024) se utilizó como datos de entrada para el algoritmo de análisis de trayectorias descrito en la siguiente sección de este documento.

Tabla 1 - Esquema de la agrupación de las clases de la serie temporal anual LULC de MapBiomas Ecuador Collection 3.

Clase agregada	Clases originales incluidas	Valor Raster
Antrópico	Silvicultura, Mosaico de agricultura y/o pastos, Infraestructura urbana, Minería, Otra área antrópica sin vegetación, Acuicultura, Banano.	1
Natural	Bosque, Bosque abierto, Manglar, Bosque inundable, Formación natural no forestal inundable, Herbazal, Otra formación natural no forestal,Herbazales y arbustales andinos, Herbazales andinos inundables	2
No incluido	Playa, duna o banco de arena,Río, Lago y Océano, Glaciar, Afloramiento rocoso, Otra área natural sin vegetación	7

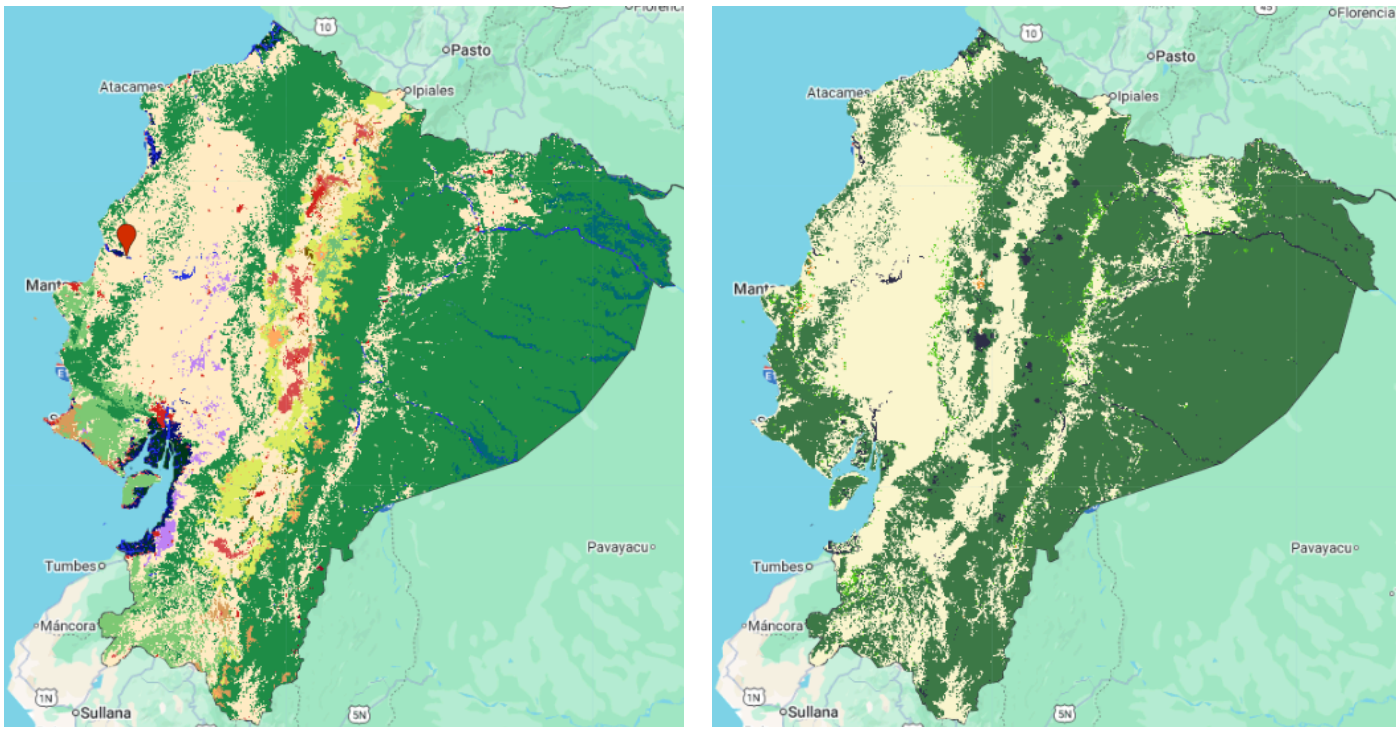


Figura 1. Comparación de mapa general en Ecuador continental vs clases agrupadas

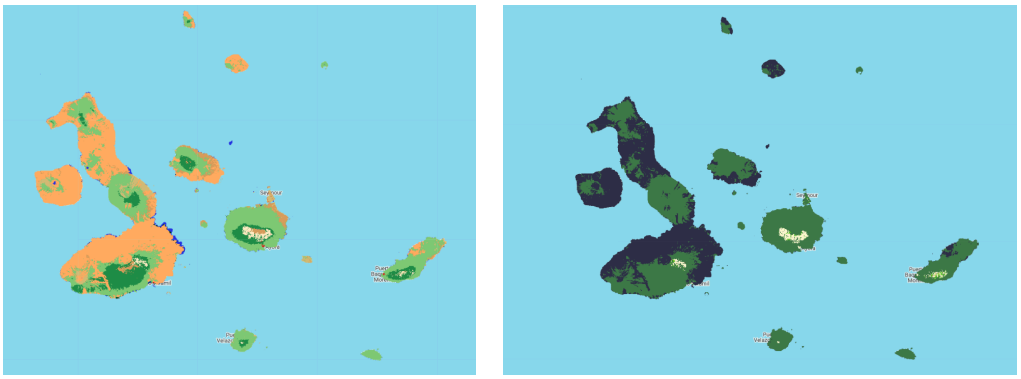


Figura 2. Comparación de mapa general en Galápagos vs clases agrupadas

2.2 Análisis de trayectoria de clasificación

El análisis de la trayectoria de clasificación por píxel se realizó dentro de una ventana temporal móvil mientras se aplican criterios de persistencia para diferenciar entre transiciones de clase ruidosas (p. ej., alternancias temporales causadas por píxeles mezclados Xie et al., 2020) de transiciones coherentes con eventos de pérdida y crecimiento de vegetación secundaria. Para el mapa anual, el algoritmo identifica los píxeles en los que se ha producido un cambio respecto al año anterior y, a continuación, comprueba si la clasificación era persistente antes y después de la transición. El periodo que un píxel debe presentar una clasificación constante antes y después de un cambio de clase para ser cartografiado como pérdida o vegetación secundaria, se utilizaron criterios de persistencia.

Los cambios en el insumo de entrada que coincidían con los criterios definidos se clasificaban en la categoría respectiva de pérdida de vegetación/vegetación secundaria. El resultado tiene cinco clases (vegetación primaria, vegetación secundaria, pérdida de vegetación primaria, pérdida de vegetación secundaria y recuperación de vegetación secundaria), además de las tres clases originales de los datos de entrada. En el siguiente paso iterativo, que producirá el mapa del año siguiente, los mapas de salida de los pasos anteriores se utilizan como referencia para las trayectorias de clasificación posteriores.

Para la pérdida de vegetación, los criterios de persistencia se definieron dentro de un núcleo temporal de cuatro años: un píxel que se mapeó como evento de pérdida en el año t si persistía como Natural durante al menos dos años antes de la conversión a Antrópico (es decir, Natural en t-1 y t-2) y persistía como Antrópico durante al menos un año después de la conversión (es decir, Antrópico en t y t+1).

A diferencia de la pérdida, la vegetación secundaria no es un acontecimiento puntualmente observable a partir de las diferencias en los mapas LULC anuales consecutivos. Se trata más bien de un proceso gradual que abarca varios años y cuya duración está controlada por varios factores ecológicos: el tipo y la

duración del régimen de uso de la tierra anterior, la abundancia de fuentes de propágulos en el paisaje (es decir, fragmentos de vegetación natural), el clima y la topografía, entre otras variables que pueden variar ampliamente a escala en los biomas (Aide et al., 2000; Ferreira et al., 2015; Sobrinho et al., 2016; Uriarte et al., 2010).

Por lo tanto, se realizó un análisis de trayectorias considerando tres criterios de persistencia distintos (es decir, considerando tres núcleos temporales diferentes). La evaluación de cada versión se basó en el conocimiento de cómo varía el crecimiento de la vegetación en función de los distintos regímenes climáticos, tipos de vegetación y regímenes de uso de la tierra en el pasado. Los tres conjuntos de criterios de persistencia para identificar píxeles de vegetación secundaria en el año t fueron:

- **a)** Clasificación persistente como Antrópico durante al menos dos años antes de la conversión (es decir, Antrópico en t-1 y t-2) y persistencia como Natural durante al menos tres años después de la transición (es decir, Natural en t, t+1 y t+2);
- **b)** Clasificación persistente como Antrópico durante al menos dos años antes de la conversión (es decir, Antrópico en t-1 y t-2) y persistencia como Natural durante al menos cinco años después de la transición (es decir, Natural en el periodo de t a t+5);
- **c)** Clasificación persistente como Antrópico durante al menos dos años antes de la conversión (es decir, Antrópico en t-1 y t-2) y persistencia como Natural durante al menos siete años después de la transición (es decir, Natural en el periodo de t a t+7).

Dado que los criterios de persistencia, tanto para la pérdida de vegetación como para el crecimiento de vegetación secundaria, implican un periodo de dos años antes de la conversión para verificar cambios consistentes de clase, el inicio de la serie temporal de salida se establece en el 2001. Esta elección se debe al hecho de que los años 1999 y 2000 encontramos mayor consistencia de datos a nivel del país, dado que años anteriores se encuentran falta de imágenes satelitales en varios sectores.

Los píxeles que mostraban cambios de clase entre Natural y Antrópico (o viceversa) pero que no seguían las reglas definidas se reclasificaron para representar correctamente la cobertura/uso del suelo en el siguiente paso del algoritmo iterativo (es decir, al analizar el siguiente año de la serie).

En la Figura 1 se ofrece una visión general de los procesos a través de los cuales se utiliza la información de la serie temporal anual LULC de MapBiomas para cartografiar la pérdida de vegetación y vegetación secundaria. Las siete clases que representan la dinámica o la estabilidad de la vegetación que se derivan del análisis de la trayectoria del conjunto de datos de entrada original:

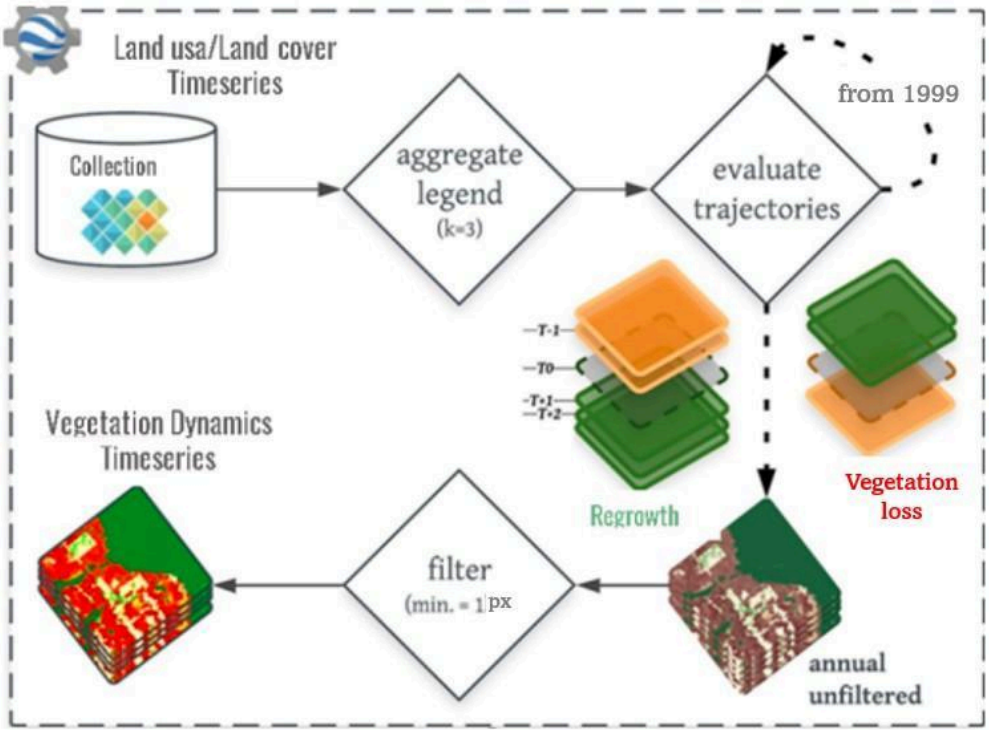


Figura 1 - Resumen de los pasos necesarios para cartografiar la dinámica de la vegetación utilizando como entrada una serie temporal anual LULC, siguiendo el método presentado:

- El primer paso consiste en agregar las 21 clases LULC de los conjuntos de datos originales en tres clases (Natural, Antrópico y No incluido).
- En el segundo paso, se analiza la trayectoria de los píxeles de la serie temporal anual agregada resultante para identificar los cambios coherentes con los criterios de persistencia definidos.
- Para que un píxel sea identificado como vegetación secundaria tiene que estar clasificado como Natural en el año actual de análisis (pixel con borde verde discontinuo; T0), en (al menos) los dos años siguientes (pixeles verdes; T+1 y T+2) y también estar clasificado como Antrópico en los dos años inmediatamente anteriores al año de análisis (pixeles amarillos, T -1 y T -2, pixeles amarillos).
- Para que un píxel sea identificado como pérdida de vegetación (es decir, Pérdida de Vegetación Primaria o Pérdida de Vegetación Secundaria) tiene que estar clasificado como Antrópico en el año actual de análisis (pixel con borde amarillo discontinuo; T0), en los años siguientes (pixeles amarillos; T+1) y también estar clasificado como Natural (Vegetación Primaria o Vegetación Secundaria) en los dos años inmediatamente anteriores al año de análisis (pixeles verdes; T-1 y T-2).
- El proceso se lleva a cabo de forma iterativa a partir del mapa de 2001 (los mapas de entrada de 1999 y 2000 se utilizan para comprobar los criterios de persistencia) y el resultado es una serie temporal anual con siete clases, que pueden representar un tipo de cobertura terrestre o un cambio de clase: Vegetación primaria (cobertura), Vegetación secundaria (cobertura), Antrópica (cobertura), Regeneración (cambio), Pérdida de vegetación primaria (cambio) y Pérdida de vegetación secundaria (cambio).

- El postprocesamiento de las series temporales anuales resultantes del análisis de trayectorias consistió en un filtro espacial de dos pasos que elimina los parches de píxeles pequeños y aislados. Se utilizó filtro espacial de 12 pixel, con el propósito de eliminar ruidos.

1.1. Esquema de Clasificación

Los mapas anuales finales elaborados mediante el análisis de trayectorias contienen siete clases, que pueden representar un tipo de cobertura terrestre o un evento de cambio de clase: Vegetación primaria (cobertura), Vegetación secundaria (cobertura), Antrópica (cobertura), Regeneración (cambio), Pérdida de vegetación primaria (cambio) y Pérdida de vegetación secundaria (cambio). La definición de estas clases y las reglas de persistencia relacionadas con cada una de ellas se muestran en la Tabla 2.

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 Raster
Antrópico	Píxel clasificado como antrópico en el conjunto de datos de entrada y que no experimentó cambios en el año de análisis.	Ninguno.	1
Recuperación de vegetación secundaria	Áreas que presentan un histórico de uso Antrópico seguido de cambio a vegetación natural específicamente en el año de análisis (año de primer cambio a clase natural).	Clasificación persistente como Antrópico durante al menos dos años previos al año de análisis y clasificación persistente como Natural durante tres/cinco/siete años después de la conversión.	5
Vegetación Primaria	Vegetación natural que persiste desde el inicio de la serie (1999) hasta el año de análisis. Se consideraron todas las clases de vegetación natural del conjunto de datos de entrada.	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 que presentan un histórico de uso Antrópico seguido de cambio a vegetación natural previo al año de análisis.	Clasificada como natural en el conjunto de datos de entrada en el año de análisis y clasificada como vegetación secundaria en el paso iterativo previo (es decir, en el mapa elaborado para el año anterior).	3
Pérdida de Vegetación Primaria	Áreas que cambian de Vegetación Primaria a Antrópico en el año de análisis.	Clasificación persistente como Vegetación Primaria en los mapas elaborados en etapas iterativas anteriores (es decir, años anteriores), durante al menos dos años, seguida de clasificación persistente como Antrópica en el conjunto de datos de entrada durante tres/cinco/siete años, incluido el año de análisis.	4
Pérdida de Vegetación Secundaria	Áreas que cambian de Vegetación Secundaria a Antrópico en el año de análisis.	Clasificación persistente como Vegetación Secundaria en los mapas elaborados en etapas iterativas anteriores (es decir, años anteriores), durante al menos dos años, seguida de clasificación persistente como Antrópica en el conjunto de datos de entrada durante tres/cinco/siete años, incluido el año de análisis.	6
Otros	Zonas cartografiadas en el conjunto de datos de entrada como otras clases que no son antrópicas o naturales. Entre otras, incluye las clases de Río, Lago y Océano, Glaciar, Acuicultura.	Clasificado como Otros en cualquier momento del conjunto de datos de entrada.	7

1.2.Post procesamiento

Se utilizó un filtro espacial de 0.5 hectáreas para toda la serie analizada, dónde todos los píxeles con crecimiento de vegetación a lo largo de la serie temporal (es decir, clasificados como Vegetación

secundaria al menos una vez) fueron acumulados en una sola capa, y se hizo lo mismo con la pérdida de vegetación. Los parches (es decir, píxeles conectados de la misma clase) que contenían menos de un umbral dentro de cada máscara fueron eliminados. Estos píxeles fueron reclasificados según la moda en su vecindad espacial (considerando una ventana de tres por tres píxeles).

2. Conclusiones

El método aquí presentado conceptualiza categorías de dinámica de la vegetación basadas en trayectorias de clasificación LULC por píxel, lo que exige la adopción de algunas premisas. Por ejemplo, cualquier vegetación natural mapeada al inicio de la serie temporal de entrada se considera Vegetación Primaria hasta que cambie a otras clases, aunque algunas de esas áreas de cobertura vegetal natural ya han tenido uso antes de 1999. Además, el mapeo de la Vegetación Secundaria siguiendo el método presentado no es capaz de informar sobre la calidad de la vegetación en desarrollo y, por lo tanto, puede representar procesos ecológicos contrastantes, como regeneración, restauración o invasión biológica (por ejemplo, Damasceno et al., 2018; Fernandes et al., 2016; Pinheiro & Durigan, 2009).

Aunque la calidad de los mapas producidos está estrechamente vinculada a la precisión del conjunto de datos de entrada (MapBiomas), se está elaborando un protocolo de validación para permitir la evaluación de la calidad de la clasificación de la dinámica de la vegetación. El objetivo principal es reducir las incertidumbres y eliminar los sesgos a la hora de estimar el área y las métricas de precisión para las clases de dinámica de la vegetación que no son prevalentes en el territorio.

3. 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