

MAPBIOMAS

[AMAZONIA]

Colección 4.0

Ecuador - Apéndice

Versión 1.0



Diciembre de 2022

Equipo MapBiomias Ecuador

Coordinadora técnica de MapBiomias en Ecuador

María Olga Borja

Especialistas en mapeo

María Olga Borja

Cristina Aguilar

Wagner Holguín

Asistentes a la interpretación

Katherine Terán (*transversal infraestructura*)

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>

Cómo citar

Borja, M. O., C. Aguilar, W. Holguín & C. Josse. (2022). Documento de Bases Teóricas de Algoritmo (ATBD) MapBiomias Amazonía Colección 4.0, Apéndice Ecuador - Colección 4.0 de Mapas Anuales de Cobertura y Uso del Suelo de la Amazonía.

Índice

Lista de Tablas	3
Lista de Figuras	3
1. Características generales del país	2
1.1 Biomas de Ecuador	2
1.1.1 Bioma Andes	4
1.1.2 Bioma Amazonía	5
2. Iniciativas de mapeo de cobertura y uso del suelo a escala nacional	7
3. Detalles metodológicos aplicados durante la Colección 4.0 para la Amazonía ecuatoriana	8
3.1 Composición de mosaicos Landsat basado en cartas	8
3.2 Feature Space	11
3.3 Leyenda	11
3.4 Clasificación del Mapa General	15
3.4.1 Regiones de clasificación	16
3.4.2 Rutinas de clasificación	17
3.4.3 Parámetros de clasificación	20
3.4.4 Post-clasificación	21
3.4.4.1 Filtro para relleno de vacíos (GapFill)	22
3.4.4.2 Filtro temporal	23
3.4.4.3 Filtro espacial	25
3.4.4.4 Filtro de frecuencia	26
3.4.4.5 Filtro de incidentes	27
3.4.4.6 Orden de aplicación de filtros por región en Ecuador	28
3.4.4.7 Máscaras	28
Afloramiento rocoso (ID 29)	28
Silvicultura (ID 9)	29
3.5 Clasificación de los temas transversales	30
3.6 Integración	31
3.6.1 Integración nacional	31
3.6.1 Integración regional	36
4. Referencias	38
5. Anexos	40
Anexo 1: Título	40
5.1 Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental escala 1:100.000	40
5.2. Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra escala 1:25.000	40
5.3 Mapa de Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental (versión editada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en 2020) escala 1:25.000	41
5.4 Mapas de Cobertura y Uso de la Tierra (CUT) del Ecuador Continental escala 1:100.000	42
5.5 Colección 1 de Mapas anuales de Cobertura y Uso del Suelo 2000-2017 de la Amazonía	44
5.6 Colección 2 de Mapas anuales de Cobertura y Uso del Suelo 1985-2018 de la Amazonía	44
5.7 Colección 3 de Mapas anuales de Cobertura y Uso del Suelo 1985-2020 de la Amazonía	45
Anexo 2: Leyenda del Mapa de Ecosistemas de Ecuador	46
Anexo 3: Leyenda del Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental	48
Anexo 4: Feature space de la Colección 3.0 de MapBiomias Amazonía.	49
Anexo 5: Ecosistemas de la Amazonía de Ecuador agrupados según las clases de cobertura y uso de suelo equivalentes de la leyenda MapBiomias Amazonía.	50
Anexo 6: Categorías de Uso del Suelo de Ecuador agrupados según las clases de cobertura y uso de suelo equivalentes de la leyenda MapBiomias Amazonía.	51

Lista de Tablas

- Tabla 1.** Biomás y regiones definidas en la Amazonía ecuatoriana como parte del proyecto MapBiomás Amazonía.
- Tabla 2.** Datos cartográficos de cobertura vegetal y uso del suelo existentes para Ecuador
- Tabla 3.** Cantidad de mosaicos anuales procesados por región
- Tabla 4.** Regiones de clasificación definidas en la Amazonía de Ecuador
- Tabla 5.** Parámetros de muestreo y número de árboles de decisión empleados por región de clasificación
- Tabla 6.** Variables más significativas identificadas por región de clasificación
- Tabla 7.** Parámetros del filtro Gapfill definidos para cada región de clasificación de la Amazonía ecuatoriana para la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Tabla 8.** Parámetros del filtro temporal definidos para cada región de clasificación de la Amazonía ecuatoriana para la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Tabla 9.** Parámetros del filtro espacial definidos para cada región de clasificación de la Amazonía ecuatoriana para la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Tabla 10.** Parámetros del filtro de frecuencia definidos para cada región de clasificación de la Amazonía ecuatoriana para la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Tabla 11.** Orden de aplicación de filtros por región de clasificación en la Amazonía ecuatoriana para la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía

Lista de Figuras

- Figura 1.** Área de estudio en Ecuador de MapBiomás Amazonía
- Figura 2.** Regiones de la Amazonía ecuatoriana empleados para la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Figura 3.** Mapa oficial de los Ecosistemas del Ecuador Continental
- Figura 4.** Mapa oficial de Cobertura y uso de la tierra de Ecuador
- Figura 5.** Mapas oficiales de cobertura y uso de la tierra de Ecuador 1990, 2000, 2008, 2014, 2016 y 2018
- Figura 6.** Mapa mural (año 2017) de la Colección 1 de MapBiomás Amazonía
- Figura 7.** Mapa mural (año 2018) de la Colección 2 de MapBiomás Amazonía
- Figura 8.** Grilla de cartas para la generación de mosaicos anuales en la Amazonía ecuatoriana
- Figura 9.** Efecto de la aplicación de un reductor a una colección de imágenes para componer un mosaico (composite)
- Figura 10.** Mosaicos anuales (años seleccionados de la serie 1985-2020) de la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía para el territorio de la Amazonía ecuatoriana
- Figura 11.** Clases mapeadas en Ecuador en la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Figura 12.** Comparación de leyendas y clases mapeadas en Ecuador en las 3 colecciones de MapBiomás Amazonía
- Figura 13.** Esquema metodológico empleado por clase de la leyenda en Ecuador
- Figura 14.** Esquema del proceso metodológico iterativo de la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Figura 15.** Regiones de clasificación de la Amazonía ecuatoriana para la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Figura 16.** Ejemplo de sorteo de puntos de muestreo de entrenamiento para una región de clasificación de la Amazonía ecuatoriana.
- Figura 17.** Funcionalidad del filtro Gapfill de la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Figura 18.** Funcionalidad del filtro temporal de la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Figura 19.** Funcionalidad del filtro espacial de la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Figura 20.** Funcionalidad del filtro de frecuencia de la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Figura 21.** Flujograma de la cadena de clasificación del Mapa General de la Colección 3.0 MapBiomás Amazonía
- Figura 22.** Reglas de prevalencia empleadas en la Amazonía ecuatoriana durante la fase de integración nacional de la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía
- Figura 23.** Ejemplo del efecto de la integración de capas para una zona en la Amazonía ecuatoriana (región 40201)
- Figura 24.** Ejemplo del efecto de la integración de capas para una zona en la Amazonía ecuatoriana (región 40201)
- Figura 25.** Mapas resultantes de la integración nacional en la Amazonía ecuatoriana
- Figura 26.** Mapa resultante de la integración regional de la Amazonía de la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía

1. Características generales del país

En Ecuador, el ámbito de trabajo de la RAISG corresponde a la superficie del Ecuador continental que forma parte de la cuenca amazónica, definida a partir del límite de divisoria de aguas, obtenida de información cartográfica oficial proporcionada por SENAGUA (2014) y CONALI (2016). Este territorio cubre una extensión total de 132292 km², equivalente al 53% del país y a 1.6% de la cuenca amazónica (Figura 1). Según cifras oficiales, el 50,26% del territorio continental está cubierto por bosque nativo al 2018, es decir, la superficie de bosques de Ecuador tiene una extensión de 12,514,340 hectáreas, de las cuales el mayor porcentaje, 9,260,611 (74%) se encuentran en la Región Amazónica (definida político-administrativamente). Aproximadamente 1,883,674 hectáreas (15%) están en la región Costa y 1,329,947 hectáreas (11%) en la Sierra (MAATE,2020).

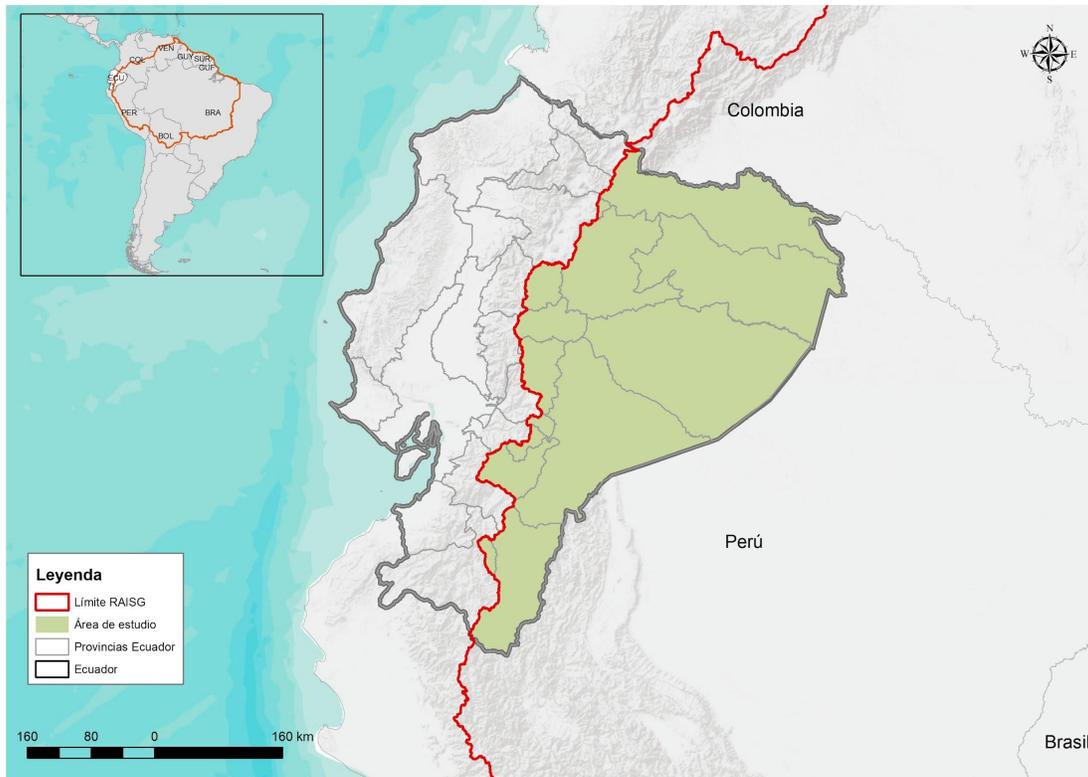


Figura 1. Área de estudio en Ecuador de MapBiomias Amazonía (Elaboración Ecociencia).

1.1 Biomias de Ecuador

El proyecto MapBiomias Amazonía definió para la Amazonía ecuatoriana dos (2) biomias: Andes y Amazonía, esta última subdividida en Amazonía Alta y Baja (Figura 2, Tabla 1). Para la definición de las regiones se emplearon criterios técnicos sobre la distribución de ecosistemas a partir de los siguientes mapas nacionales de referencia:

- Sectores biogeográficos¹ (MAATE, 2013b)
- Ecosistemas del Ecuador Continental (MAATE, 2013a)
- Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro (Josse et al., 2009)
- Modelo digital de elevación SRTM de 90 m (Jarvis et al., 2008)
- Disponibilidad de imágenes Landsat libres de nubes

¹ Definido por MAATE como: "Representación de la biogeografía del Ecuador continental, este mapa nos permite explicar las áreas de distribución de las especies de acuerdo a patrones que permiten identificar los centros de origen y dispersión de las mismas, así como comprender los patrones espaciales de la diversidad biológica. Estas unidades se basan en la fisonomía de la vegetación, criterios de paisaje, condiciones climáticas, y componentes florísticos."

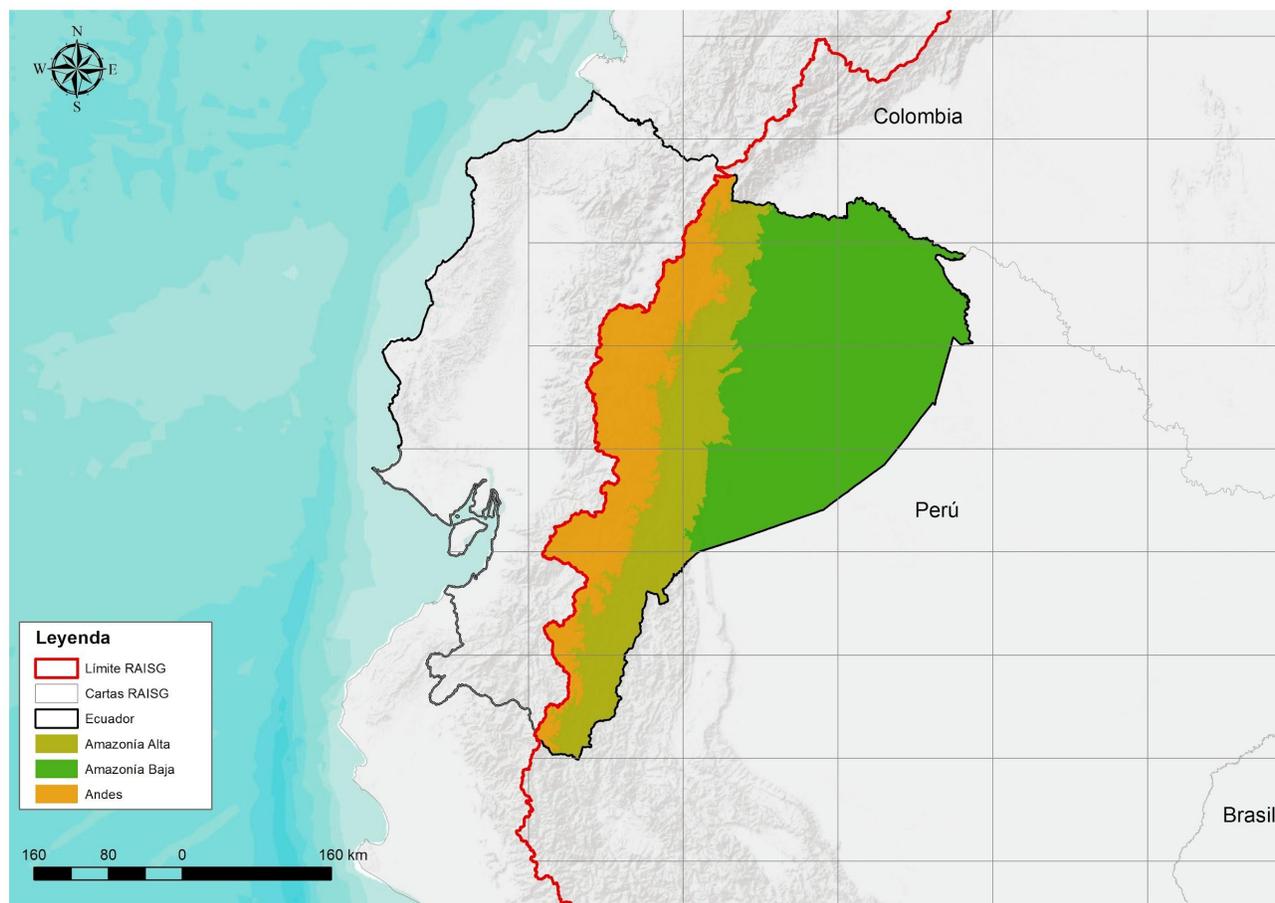


Figura 2. Regiones de la Amazonía ecuatoriana empleados para la Colección 4.0 de MapBiomias Amazonía (Elaboración Ecociencia).

Tabla 1. Biomas y regiones definidas en la Amazonía ecuatoriana como parte del proyecto MapBiomias Amazonía. Áreas medidas empleando sistema de referencia de coordenadas Sphere Sinusoidal (Elaboración Ecociencia).

Bioma/ Subregión	Km ²	%	Descripción	Motivo de separación
Bioma Andes	30 153	22.80	Altitudes entre los 2300 - 5800 msnm. Continuidad de bosques montanos caracterizan las zonas que limitan con la Amazonía Alta. Conforme incrementa la altitud, las formaciones vegetales se reducen en porte, dando paso a arbustales, herbazales naturales inundados, inundables y no inundados, y relictos de bosques adaptados a las condiciones de elevada altitud. La vegetación llega a ser nula en lugares de arenales, roca expuesta, cicatrices de eventos eruptivos y glaciares.	Sus condiciones de mayor estacionalidad y constante cobertura de nubes determinan un periodo temporal de construcción del mosaico distinto al de la Amazonía. Se buscó fortalecer el mapeo de formaciones específicas a esta región (glaciares, páramos) y evitar confusión (dada la similitud espectral) entre las coberturas naturales no forestales con predominancia de especies herbáceas y áreas de uso como la agricultura y los pastos plantados.
Bioma Amazonía Subregión Amazonía Alta	32 729	24.74	Altitudes entre los 700 - 2300 msnm. Zona de transición entre la Amazonía Baja y la región andina. Caracterizada por bosques piemontanos y montano bajos y arbustales y herbazales siempreverdes montanos. Aunque de distribución restringida,	Sus condiciones de vacío de información por nubosidad constante determinan la necesidad de establecer parámetros temporales de construcción del mosaico anual más amplios. Debido a su topografía y nubosidad,

			existen remanentes de bosques pluviestacionales en la zona sur fronteriza con Perú caracterizados por doseles más dispersos.	presenta un aumento de sombras que dificultan la clasificación de bosques en zonas de sombra y cuerpos de agua angostos.
Bioma Amazonía	69 410	52.47	Altitudes de 150 msnm - 700 msnm. Predominan los bosques densos siempreverdes tropicales de tierras bajas, algunos de ellos inundados e inundables, y herbazales lacustre-riparios.	Su fisiografía de llanuras y colinas ligeramente accidentadas facilitan el mapeo de sus bosques siempreverdes, cuerpos de agua anchos y zonas de uso agropecuario.
Total	132 291			

1.1.1 Bioma Andes

La región Andes cubre una superficie de 30153 Km², equivalente al 22.80% del área de estudio (Figura 2). Comprende los pisos bioclimáticos montano, montano alto, montano alto superior, subnival y nival (MAATE, 2013c) con altitudes entre los 2300 y 5800 m.s.n.m. aproximadamente y temperaturas que raramente sobrepasan los 25°C. Su relieve es de cordillera y serranía, con valles de origen glaciar y/o tectónicos, cuyo paisaje está compuesto por cimas de montañas, calderas, cráteres, depósitos de lava y colinas altas entre las que se ubican llanuras y extensos valles. Del deshielo de los glaciares que cubren las cimas de varios volcanes, se forman sistemas de lagunas, humedales y delgados cuerpos de agua que conforman las cabeceras de las cuencas de origen andino de la Cuenca Amazónica.

Esta región, llamada localmente la “Sierra” (para diferenciarla de la región “Costa” y de la “Oriental”), se caracteriza por la presencia de bosques montanos y de páramo y por ecosistemas no forestales como arbustales y herbazales naturales, conocidos como “páramos”, muchos de los cuales son lacustres, inundables o subnivales, cuya fenología varía entre siempreverde, siempreverde estacional y semidecíduo (MAATE, 2013c). Las zonas que limitan con la Amazonía reciben una fuerte influencia de humedad y hay una continuidad de cobertura boscosa. Conforme incrementa la altitud, disminuye el porte y la fisionomía de la vegetación cambia, llegando a ser nula en lugares como por ejemplo en arenales, roca expuesta, cicatrices de eventos eruptivos y glaciares.

Al norte del país, la cordillera Andina presenta una rama oriental y otra occidental, en cuyo centro se ubican valles interandinos densamente poblados, ambas ramas de la cordillera presentan una alta concentración de volcanes. Conforme se avanza de norte a sur, este patrón cambia, los valores de altitud máxima de la cordillera se reducen y el macizo occidental pierde altura considerablemente a la latitud del Golfo de Guayaquil, punto que corresponde a la división entre los Andes septentrionales al norte y los Andes centrales al sur, cuyos orígenes geológicos son diferentes (Cuesta et al. 2009).

Las laderas de los valles interandinos presentan alternancia entre períodos secos y húmedos con gran influencia de efecto de sombra de lluvia.

La zona andina de Ecuador ha sido ampliamente transformada a zonas urbanas, infraestructura y, por la calidad de sus suelos a usos agropecuarios. Parte de estas zonas transformadas presentan actualmente bosques de especies introducidas, algunas con fines comerciales o estéticos (principalmente de eucalipto *Eucalyptus spp* y pino *Pinus spp*).

FOTO

1.1.2 Bioma Amazonía

El bioma “Amazonía” comprende la región “Amazonía Alta” y “Amazonía Baja”. La región Amazonía Alta abarca 32729 Km², lo que corresponde al 24.74.% del total del área de estudio (Figura 2). Comprende las estribaciones de la cordillera Andina y zonas de transición a tierras bajas de la Amazonía, en las que se encuentran los pisos bioclimáticos piemontano, montano bajo y montano (MAATE, 2013c) con altitudes entre los 700 y 2300 m.s.n.m. aproximadamente. Su relieve es piedemonte y cordillera, caracterizado por terrenos escarpados con empinadas pendientes y quebradas profundas. Debido a su topografía, los suelos de las estribaciones sufren deslizamientos de tierra frecuentes, exacerbados por efecto de procesos antropogénicos de deforestación y erosión del suelo.

Son zonas hiperhúmedas, caracterizadas por lluvia intensa y casi constante, nubosidad permanente y bajas temperaturas. Dada la influencia orográfica de la zona, estos ecosistemas captan grandes volúmenes de agua de la neblina que en ellos se acumula (fenómeno conocido como precipitación horizontal o lluvia incidental), lo que ha llevado a que los bosques de esta región, o “bosques montanos de los Andes del Norte” (Cuesta et al. 2009) sean conocidos como ‘bosque pluviales’, ‘bosques de niebla’ o ‘de neblina’. El porte promedio de estos bosques está entre los 20 a 30 metros y su fenología es siempreverde. Los valores de humedad se reducen latitudinalmente en la región Amazonía Alta, alcanzando sus menores valores en zonas de frontera con Perú donde se encuentran remanentes de bosques siempreverde estacionales de distribución restringida. En porciones de esta región también se encuentran arbustales y herbazales siempreverdes montanos, especialmente en zonas donde se alcanzan mayores valores de altitud como ramales de la cordillera de los Andes o en la cima de cordilleras propiamente amazónicas.

Los ecosistemas de esta región juegan un rol especialmente importante como reguladores del flujo hídrico local y regional. Además, en esta región se encuentran los bosques más biodiversos. Sin embargo, ésta región concentra también los ecosistemas más frágiles, en peligro de desaparecer debido a la actual y creciente transformación de bosques a pastizales, cultivos y poblados por efectos de la ocupación humana. En el caso de Ecuador, ciertas porciones de estos ecosistemas se encuentran dentro de áreas protegidas; sin embargo, donde no existen estas figuras de conservación, el grado de transformación es tan elevado que los bosques están restringidos a laderas con topografía accidentada o donde el suelo no es apto para la agricultura.

La región Amazonía Baja abarca 69410 Km², lo que corresponde al 52.47 % del total del área de estudio (Figura 2). Comprende el piso bioclimático de tierras bajas de la Amazonía ecuatoriana (MAATE, 2013c), con altitudes entre los 700 y 100 m.s.n.m. aproximadamente. Su relieve es de piedemonte periandino, penillanura y llanura, cuya topografía varía entre zonas de mesetas y colinas medianas a planicies y terrazas. Por efecto de su topografía y de abundantes precipitaciones, son regiones susceptibles de inundación, inundables estacionalmente o inundadas permanentemente. Se caracteriza por la predominancia de bosques densos siempreverdes tropicales de tierras bajas, algunos de ellos inundados e inundables, portes que superan los 30 metros, además de herbazales lacustre-riparios.

FOTO

2. Iniciativas de mapeo de cobertura y uso del suelo a escala nacional

Las iniciativas más recientes a nivel nacional de carácter oficial y no oficial de mapeo de la cobertura vegetal y uso del suelo en Ecuador, se resumen en la Tabla 2 y se detallan en el Anexo 1.

Tabla 2. Datos cartográficos de cobertura vegetal y uso del suelo existentes para Ecuador (Elaboración Ecociencia).

Mapa	Referencia	Descripción	Escala	Año mapeado
Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental	MAATE, 2013	Distribución espacial de los ecosistemas remanentes al 2012 del Ecuador continental para áreas con cobertura natural.	1:100.000	2012
Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra	MAGAP, SIGTIERRAS, IEE 2009-2015	Información detallada de los sistemas productivos, cobertura del suelo, tamaño de la parcela, y temporalidad del cultivo.	1:25.000	Entre 2009 a 2015, dependiendo del cantón
Mapas de Cobertura y Uso de la Tierra (CUT) del Ecuador Continental	MAATE, MAGAP, 2016 MAATE, MAGAP, 2017 MAATE, MAGAP, 2019	A un 1er nivel mapea las 6 clases definidas por el IPCC (bosque, tierra agropecuaria, vegetación arbustiva y herbácea, cuerpo de agua, zona antrópica y otras tierras). A un 2do nivel define a mayor detalle 16 clases de cobertura y uso de la tierra.	1:100.000	1990, 2000, 2008, 2014, 2016, 2018
Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra y Sistemas Productivos Agropecuarios del Ecuador Continental	MAG, 2009-2015 editado a 2020	Información detallada de los sistemas productivos, cobertura del suelo, tamaño de la parcela, y temporalidad del cultivo. Versión editada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en el año 2020.	1:25.0000	Entre 2009 a 2015.
Colección 1 de Mapas anuales de Cobertura y Uso del Suelo 2000-2017 de la Amazonía	MapBiomias Amazonía, 2019	Mapas anuales de cobertura y uso del suelo de la Amazonia para el periodo 2000 a 2017, generados a partir de imágenes satelitales Landsat clasificados mediante árboles de decisión empíricos.		Anual, 2000 a 2017
Colección 2 de Mapas anuales de Cobertura y Uso del Suelo 1985-2018 de la Amazonía	MapBiomias Amazonía, 2020	Mapas anuales de cobertura y uso del suelo de la Amazonia para el periodo 1985 a 2018, generados a partir de imágenes satelitales Landsat clasificados mediante el algoritmo Random Forest en Google Earth Engine.		Anual, 1985 a 2018
Colección 3 de Mapas anuales de Cobertura y Uso del Suelo 1985-2020 de la Amazonía	MapBiomias Amazonía, 2021	Mapas anuales de cobertura y uso del suelo de la Amazonia para el periodo 1985 a 2020, generados a partir de imágenes satelitales Landsat clasificados mediante el algoritmo Random Forest en Google Earth Engine.		Anual, 1985 a 2020

A través de Google Earth Engine, se evaluó visualmente cada imagen satelital adquirida durante el periodo 1985-2021 y disponible en la Colección 2 del [catálogo de imágenes Landsat](#). Esta colección de imágenes Landsat fue filtrada empleando parámetros definidos individualmente para cada carta que incluyeron: umbrales de nubosidad, periodo de búsqueda de datos (ventana temporal) e inclusive la exclusión de imágenes específicas de calidad insuficiente. Las imágenes seleccionadas por año fueron reducidas a una imagen individual, o mosaico anual (composite de imágenes), empleando operadores llamados reductores existentes en Google Earth Engine, como se ilustra en la Figura 12.

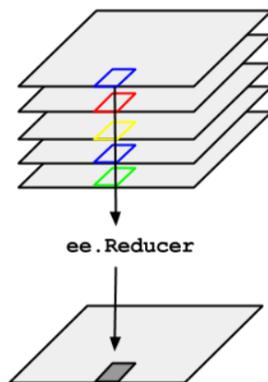


Figura 12. Efecto de la aplicación de un reductor a una colección de imágenes para componer un mosaico (composite) (Google, 2020²).

En total se definieron parámetros para cada uno de los 37 años del periodo 1985 a 2021 para cada una de las 27 “cartas-región”. Sin embargo, debido a vacíos de información en el catálogo de datos de Landsat, se procesaron un total de **882 mosaicos** (Tabla 3) para la Amazonía de Ecuador. La parametrización permitió construir mosaicos anuales con la mejor calidad posible, la mayor cobertura de datos útiles y la menor cantidad de nubes o interferencias (Figura 13). En esta colección se usaron datos de Landsat 4, 5, 7, y 8.

Tabla 3. Cantidad de mosaicos anuales procesados por región (Elaboración Ecociencia).

País	Región	Cartas por región	Mosaicos parametrizados y procesados para la serie temporal 1985-2021
	Andes	8	249
Ecuador	Amazonía Alta	10	366
	Amazonía Baja	9	267
Total		27	882

² Tomado de: https://developers.google.com/earth-engine/guides/reducers_image_collection



Figura 13. Mosaicos anuales 1985-2021 de la Colección 4.0 de MapBiomias Amazonía para el territorio de la Amazonía ecuatoriana (Elaboración Ecociencia).

A pesar de los esfuerzos por recuperar la mayor cantidad de datos útiles de buena calidad, los mosaicos resultantes no están libres de **vacíos de información**. Ecuador es un país donde la disponibilidad de datos satelitales de sensores ópticos como Landsat para el periodo 1985-2020 se ha visto afectada en gran medida por:

- la presencia continua de nubes que limita la cantidad de píxeles útiles (observaciones libre de nubes), siendo las regiones de Andes y Amazonía Alta las que presentan mayor limitaciones;
- fallos en los equipos de recepción y grabación de datos satelitales de órbita baja dentro del alcance de cobertura de la antena de la Estación “Cotopaxi”³, que afectó permanentemente el registro de datos para el periodo 1991-1995, motivo por el cual para estos años no fue posible generar mosaicos para la mayoría de cartas (Tabla 3).

³ Instalada por la NASA y transferida en 1982 al CLIRSEN (actual Instituto Espacial Ecuatoriano), la Estación Cotopaxi tiene por objetivo la recepción, grabación y procesamiento de datos satelitales dentro de su alcance de recepción.

3.2 Feature Space

A partir de cada píxel con datos útiles se derivaron **156 variables** que componen el feature space, el cual está compuesto por: bandas de reflectancia, índices derivados de las bandas espectrales, fracciones espectrales obtenidas de un análisis de mixtura espectral e índices de las fracciones espectrales (Anexo 3). Estas variables representan el insumo principal para el algoritmo de clasificación⁴.

Adicionalmente, se aplicaron los siguientes **reductores estadísticos**⁵ a las variables para obtener:

- *Mediana*: Cálculo de la mediana⁶ aplicada a todos los píxeles disponibles en el mosaico anual en esa ubicación.
- *Mediana época seca*: Cálculo de la mediana estadística aplicada a los píxeles del cuartil con los menores valores de NDVI (proxy de época seca).
- *Mediana época lluviosa*: Cálculo de mediana estadística aplicada a los píxeles del cuartil con los mayores valores de NDVI (proxy de época lluviosa).
- *Amplitud*: Extensión de la variación entre todos los píxeles disponibles en el mosaico anual.
- *Desviación estándar*: Desviación estándar de los valores de todos los píxeles disponibles en el mosaico anual para una ubicación determinada.
- *Mínimo*: Menor valor de todos los píxeles disponibles en el mosaico anual en una ubicación determinada.
- *Máximo*: Mayor valor de todos los píxeles disponibles en el mosaico anual en una ubicación determinada.
- *Mínimo del periodo seco*: 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 lluvioso*: 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*: 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 lluvioso*: 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 lluviosa.

Cada variable conforma una banda en el mosaico anual final. Adicionalmente se incluyeron variables como pendiente, altitud, sombra, inundabilidad, entre otros, de tal modo que **los mosaicos anuales finales están compuestos por 156 bandas** (La lista completa de bandas se adjunta como Anexo 3).

3.3 Leyenda

MapBiomás Amazonía emplea una leyenda común para todos los países de la región, definida por la RAISG, de las cuales, Ecuador utiliza un subconjunto de clases que obedecen a la ocurrencia de las mismas en el país. La definición operativa de cada clase la puede encontrar [aquí](#). Las clases mapeadas en Ecuador (Figura 14) para la Colección 4.0 de MapBiomás Amazonía son: Formación forestal (ID⁷ = 3), Bosque inundable (ID = 6), Formaciones naturales no forestales inundables (ID = 11), Formación campestre o herbazal (ID = 12), Otra formación natural no forestal (ID = 13), Afloramiento rocoso (ID = 29), Pasto (ID = 15), Agricultura (ID = 18) Mosaico de agricultura y pasto (ID = 21), Palma aceitera (ID = 35), Silvicultura (ID = 9) Minería (ID = 30), Infraestructura

⁴ El documento de ATBD General detalla el método para la *interpretación* de imágenes satelitales en mapas de cobertura y uso del suelo.

⁵ La aplicación de los reductores se realiza a nivel de píxeles, de modo que cada píxel en la salida se compone del cálculo de todos los píxeles de las imágenes de la colección en esa ubicación.

⁶ Mediana es el valor que separa la mitad superior de la mitad inferior de una muestra de datos o una población. [Documentación](#) de la herramienta en Google Earth Engine.

⁷ ID, corresponde al valor del píxel en el mapa temático.

urbana (ID = 24), Otra área sin vegetación (ID = 25), Ríos, lagos u océano (ID = 33), Glaciares (ID = 34) y No observado (ID = 27).

3. Formación forestal	
6. Bosque inundable	
11. Formaciones naturales no forestales inundables	
12. Formación campestre	
13. Otra formación natural no forestal	
29. Afloramiento rocoso	
15. Pastos	
18. Agricultura	
21. Mosaico de agricultura y pastos	
35. Palma aceitera	
9. Silvicultura	
30. Minería	
24. Infraestructura urbana	
25. Otra área sin vegetación	

Figura 14. Clases mapeadas en Ecuador en la Colección 4.0 de MapBiomias Amazonía (Elaboración Ecociencia).

Las clases de la leyenda de la Colección 4.0 de MapBiomos Amazonía para Ecuador agrupan a las formaciones vegetales del Mapa de los Ecosistemas de Ecuador (MAATE, 2013a) y del Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra (MAATE, 2014). Los Anexos 4 y 5 muestran su correspondencia.

En Ecuador, la leyenda de la Colección 4.0 de MapBiomos Amazonía presenta una ampliación en términos de detalle temático en relación a Colecciones anteriores (Figura 15). Esta ganancia se debe al mapeo desagregado de clases que en colecciones anteriores no alcanzaron ese nivel de detalle; un ejemplo de ello es la distinción en dos zonas del país (Figura 16) entre las clases pasto, agricultura, silvicultura, palma aceitera y mosaico de agricultura y/o pasto (nivel 2 de la leyenda) que en colecciones anteriores habían sido tratadas al nivel 1 de la leyenda y por lo tanto, agrupadas como uso agropecuario. Sin embargo, cabe resaltar que esta desagregación fue realizada para 2 regiones del país, y se espera ampliar su mapeo al resto del área de estudio en futuras colecciones.

COLECCIÓN 1 y 2	COLECCIÓN 3	COLECCIÓN 4
1. Formación forestal	1. Formación forestal	1. Bosque natural
2. Formación natural no forestal	1.1. Formación forestal	1.1. Formación forestal
3. Uso agropecuario	1.2. Bosque inundable	1.2. Bosque inundable
4. Área sin vegetación	2. Formación natural no forestal	2. Formación natural no forestal
5. Cuerpo de agua	2.1. Formación natural no forestal inundable	2.1. Formación natural no forestal inundable
5.1. Río, lago u océano	2.2. Formación campestre o herbazal	2.2. Formación campestre
5.2. Glaciar	2.4. Otra formación no forestal	2.3. Afloramiento rocoso
6. No observado	3. Uso agropecuario	2.4. Otra formación natural no forestal
	4. Área sin vegetación	3. Agropecuaria y silvicultura
	4.1. Infraestructura urbana	3.1. Pasto
	4.2. Minería	3.2. Agricultura
	4.3. Otra área sin vegetación	3.3. Silvicultura
	5. Cuerpo de agua	3.4. Palma aceitera
	5.1. Río, lago u océano	3.5. Mosaico de agricultura y/o pastos
	5.2. Glaciar	4. Área sin vegetación
	6. No observado	4.1. Infraestructura urbana
		4.2. Minería
		4.3. Otra área sin vegetación
		5. Cuerpo de agua
		5.1. Río, lago u océano
		5.2. Glaciar
		6. No observado

Figura 15. Comparación de leyendas y clases mapeadas en Ecuador en las 4 colecciones de MapBiomos Amazonía (Elaboración Ecociencia).

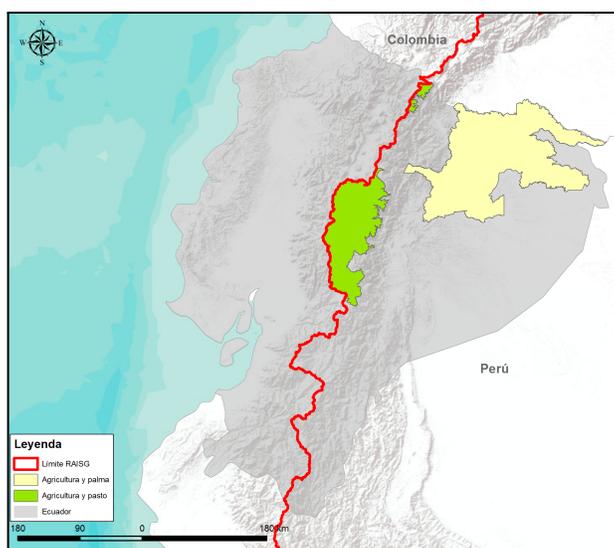


Figura 16. Mapa de las zonas donde se mapeó agricultura vs pastos (Elaboración Ecociencia).

Figura 17. Ejemplos

Figura 18: libre

3.4 Clasificación del Mapa General

La clasificación del mapa base o mapa general de cobertura y uso de la tierra de la Amazonía ecuatoriana se desarrolló siguiendo un protocolo metodológico estandarizado regionalmente por RAISG, o metodología MapBiomias, que se basa en el uso del **algoritmo Random Forest de clasificación supervisada**, a nivel de píxel. La totalidad del proceso fue ejecutado en el ambiente de geoprocresamiento en la nube Google Earth Engine (GEE), siguiendo una secuencia de pasos iterativos que son repetidos cuantas veces sea necesario hasta alcanzar un producto de clasificación con calidad (Figura 19).

La cadena de procesamiento completa para la generación del mapa general de la Colección 4.0 de MapBiomias Amazonía se encuentra sintetizada en la Figura 19.

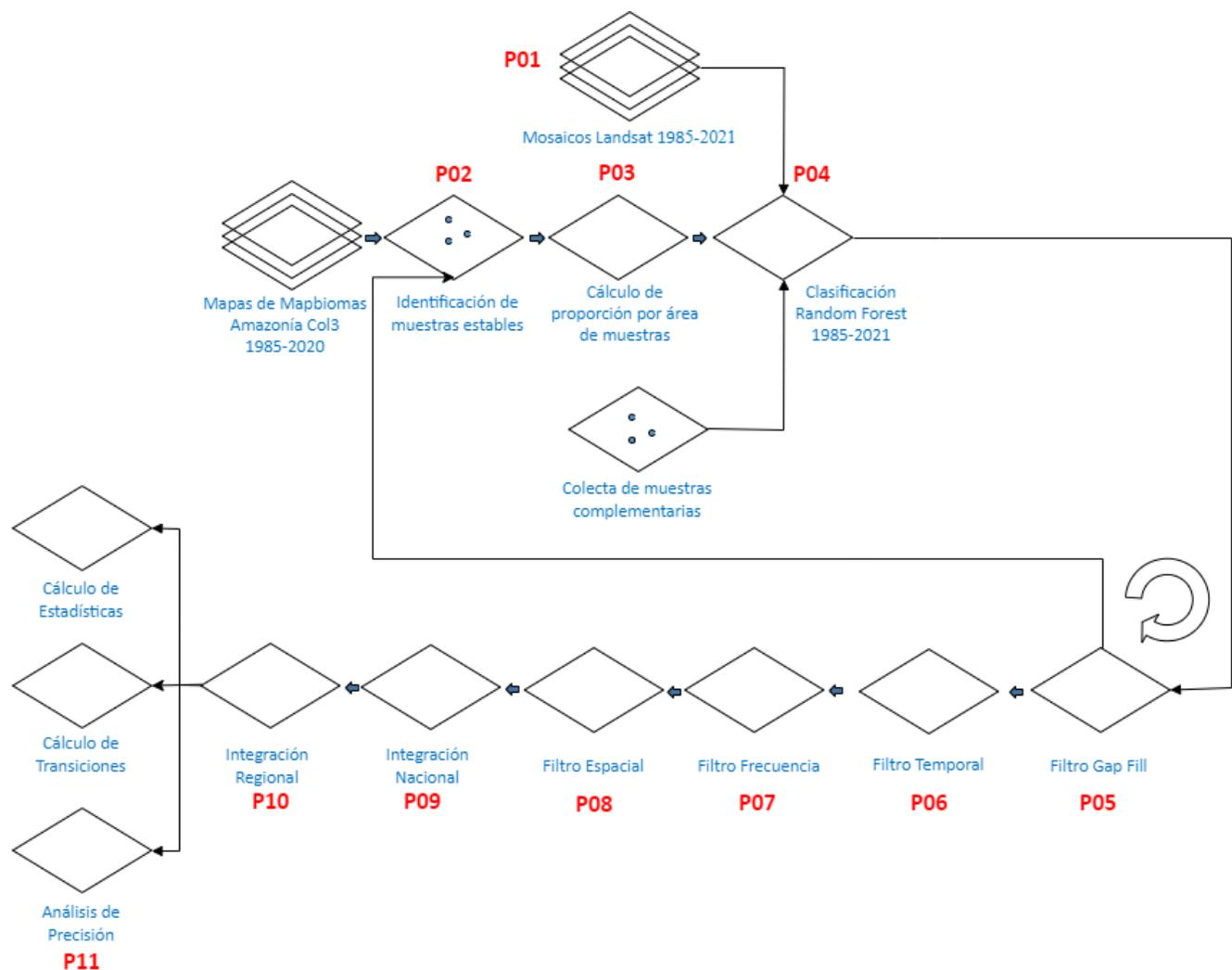


Figura 19. Cadena de procesamiento completa del Mapa General de la Colección 4.0 MapBiomias Amazonía (Elaboración MapBiomias).

En nuestra experiencia, los factores determinantes en la calidad de la clasificación fueron:

- entrenamiento y clasificación basado en el uso unidades de mapeo que siguen criterios de la distribución espacial de los tipos de coberturas y usos (denominados **regiones de clasificación**),
- la **distribución equilibrada de muestras de entrenamiento**, tanto geográficamente como entre clases (donde la clase menos representada o de distribución restringida alcanza cerca al 12% del total de las muestras para una región),
- la identificación de un umbral o **cantidad de árboles** permitidos (si bien incrementos en la cantidad de árboles arroja mejores resultados, pasado un cierto punto decae la precisión),
- la **cantidad de iteraciones** (cada ronda adicional fortalece el producto final, pues con cada iteración, el mapa de píxeles estables a partir del cual se sortean las muestras de entrenamiento gana precisión, generando cada vez un set de muestras espectralmente menos ambiguas),
- la evaluación y **selección de las variables** que más aportan a la distinción de clases (si bien nuestro feature space está compuesto por 156 variables, se obtuvo mejores resultados cuando se excluyó las variables que menos aportan al clasificador, ajuste que se realizó individualmente para cada región de clasificación).

3.4.1 Regiones de clasificación

La secuencia de pasos de clasificación son aplicadas de modo independiente a cada unidad de mapeo o región de clasificación. En la Amazonía de Ecuador se definieron doce (12) regiones de clasificación (Figura 20, Tabla 4), siguiendo criterios de la distribución espacial de los tipos de coberturas y usos⁸.

⁸ Las regiones de clasificación fueron definidas siguiendo criterios de unidades ecológicas e hidrológicas basados en Mapa de Ecosistemas de Ecuador (MAATE, 2013) junto con la presencia o ausencia de intervención antropogénica y lecciones aprendidas en Colecciones pasadas.

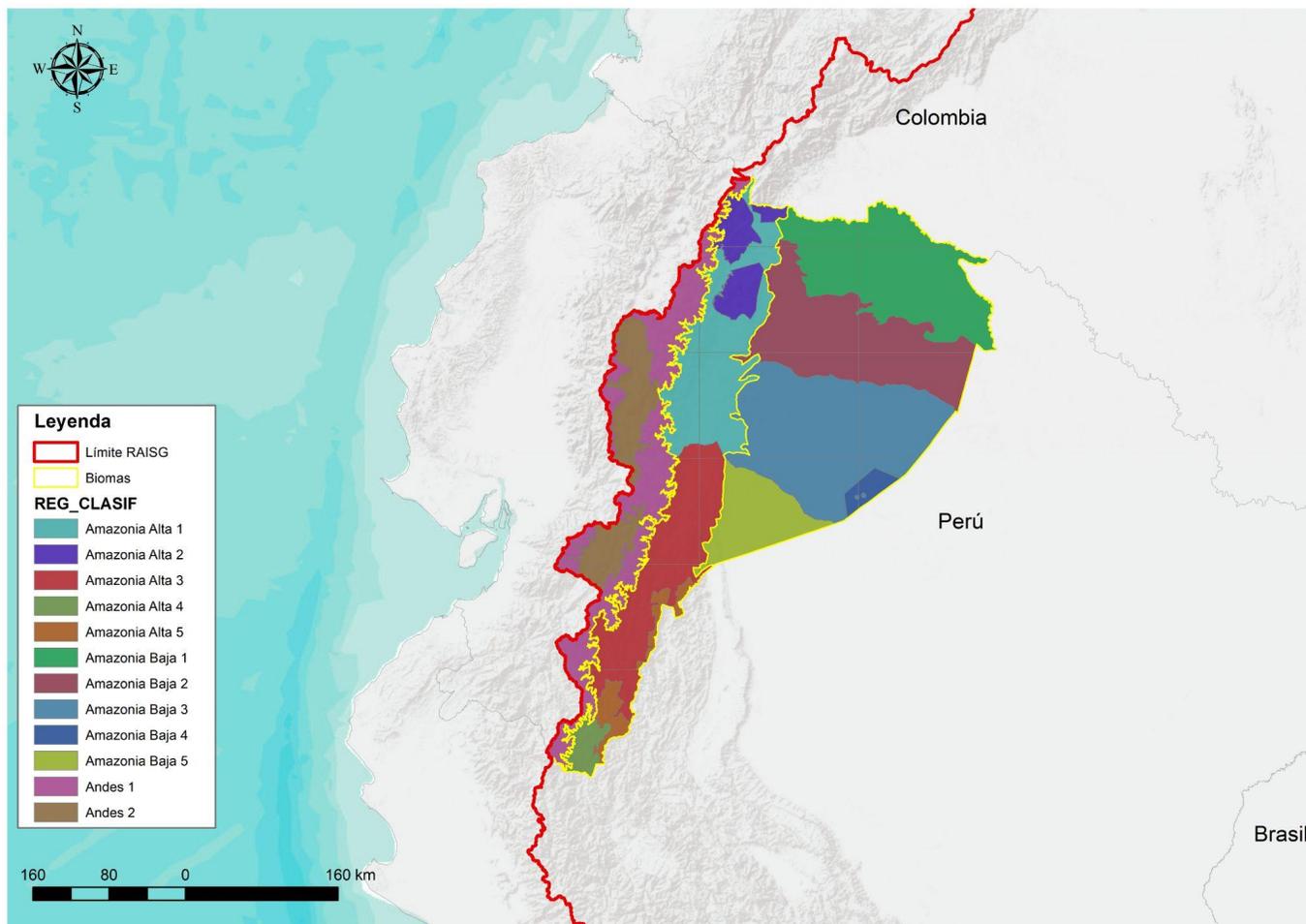


Figura 20. Regiones de clasificación de la Amazonía ecuatoriana para la Colección 4.0 de MapBiomás Amazonía (Elaboración Ecociencia).

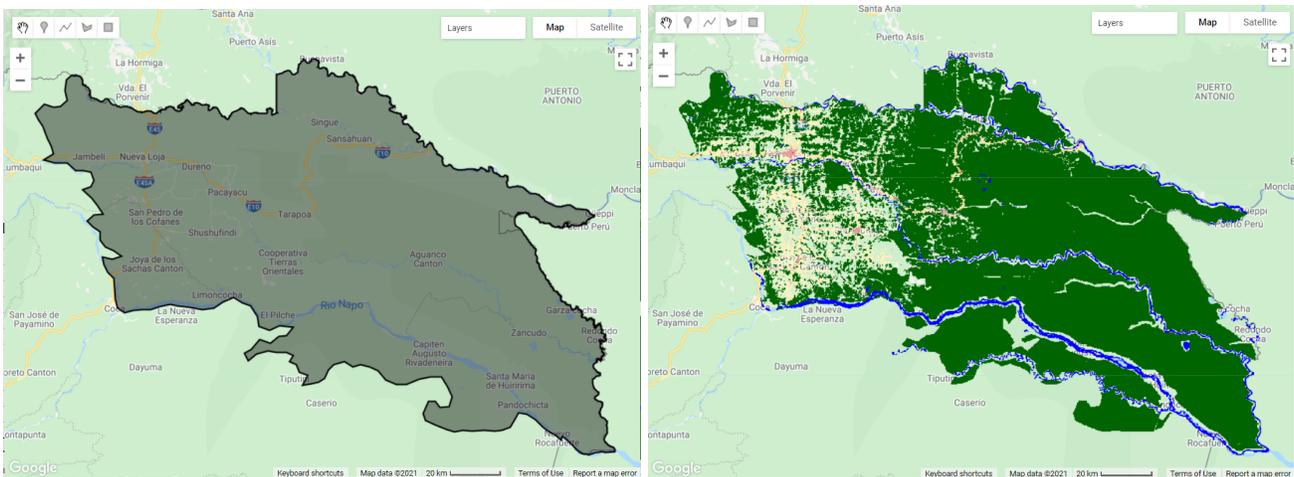
Tabla 4. Regiones de clasificación definidas en la Amazonía de Ecuador (Elaboración Ecociencia).

	Código	Region clasificación	Área (km2)	%	Región de mosaico
1	40201	Amazonía Baja 1	19025	14.38	Amazonía Baja
2	40202	Amazonía Baja 2	18176	13.74	Amazonía Baja
3	40203	Amazonía Baja 3	23646	17.87	Amazonía Baja
4	40204	Amazonía Baja 4	1283	0.97	Amazonía Baja
5	40205	Amazonía Baja 5	7279	5.50	Amazonía Baja
6	40101	Amazonía Alta 1	11226	8.49	Amazonía Alta
			2900	2.19	Andes
7	40102	Amazonía Alta 2	2716	2.05	Amazonía Alta
			1876	1.42	Andes
8	40103	Amazonía Alta 3	14358	10.85	Amazonía Alta
9	40104	Amazonía Alta 4	1817	1.37	Amazonía Alta
10	40105	Amazonía Alta 5	2611	1.97	Amazonía Alta
11	40601	Andes 1	17238	13.03	Andes
12	40602	Andes 2	8139	6.15	Andes

3.4.2 Rutinas de clasificación

La siguiente secuencia de pasos describe las rutinas que componen el método de clasificación. La totalidad de la secuencia fue implementada en javascript y ejecutada en el ambiente de procesamiento Google Earth Engine (GEE). La siguiente secuencia fue repetida para cada una de las 12 regiones de modo independiente, ajustando los parámetros⁹ de cada paso hasta alcanzar una clasificación de calidad satisfactoria.

1. En un primer ciclo, se identificaron los píxeles que mantuvieron de modo estable una misma clase a lo largo de la serie de 36 años (1985-2020) en los mapas de la Colección 3 de MapBiomás Amazonía (Figura 16b). A partir de esta información se generó un **mapa de píxeles estables** para cada una de las clases de la leyenda. El mapa fue inspeccionado visualmente y corregido manualmente. La corrección manual incluyó 1) la **exclusión de píxeles** que mediante inspección visual de las imágenes Landsat se identificó no fueron estables, y 2) la reasignación (reclasificación) de píxeles equivocados).
2. Dentro del ámbito del mapa de píxeles estables, se sortearon puntos (Figura 21c) o localidades de entrenamiento. Para cada una se extrajo los valores de cada variable que componen el feature space (156 valores por cada localidad, uno por cada variable; ver sección 3.1 composición de mosaicos Landsat y sección 3.2 feature space). Estos valores describen espectralmente los tipos de coberturas que se busca clasificar y por lo tanto representan las muestras para el entrenamiento del algoritmo de clasificación supervisada Random Forest.
3. De la totalidad de píxeles estables se obtuvo una muestra de puntos por sorteo aleatorio. El sorteo fue balanceado y estratificado, con lo cual se buscó que la cantidad de muestras obtenidas por clase sea proporcional a la extensión conocida de cada clase (estimada a priori para cada región). En esta fase, la/el intérprete evalúa la correcta distribución espacial de las muestras, la distribución de puntos por clase y ajusta los parámetros (Tabla 5) para asegurar un equilibrio en el muestreo. Tras varias rondas de evaluación, se identificó que los mejores resultados se obtuvieron cuando el sorteo aseguraba que por entre 10% y 15% de la muestra total corresponde a puntos de la clase menos abundante. De considerarse necesario, se colectó muestras adicionales, denominadas “muestras complementarias”, para fortalecer la clasificación de clases poco representadas o cuya clasificación requería ser fortalecida.



⁹ Los parámetros empleados para cada región se detallan en la sección 3.4.3 “Parámetros de clasificación”.

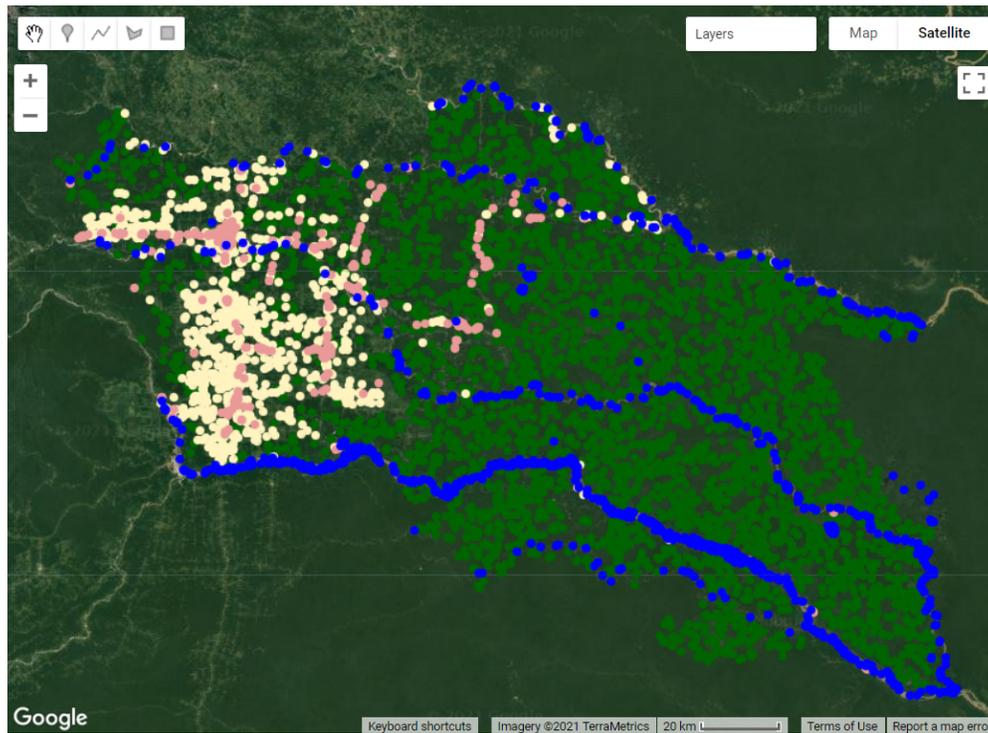


Figura 21. Ejemplo de sorteo de puntos de muestreo de entrenamiento para una región de clasificación de la Amazonía ecuatoriana. a) Límite de la región de clasificación 40201 “Amazonía Baja 1”. b) Mapa de píxeles estables para sorteo de puntos de muestreo. c) Puntos de muestreo sorteados en la región 40201 (Elaboración Ecociencia).

4. Otro elemento que determina la calidad de la clasificación es la **cantidad de árboles** que el clasificador emplea para solucionar la clasificación. Tras varias pruebas, se identificó que 120 árboles resultó ser el número óptimo, valor que estandarizamos para todas las regiones (Tabla 5). Valores menores representan disminuciones en la precisión de la clasificación, mientras que valores mayores no representan ganancias en calidad, y demandan más recursos de procesamiento.
5. Se generó una clasificación para cada año de la serie temporal (1985-2021, con lo cual se extiende el mapeo para incluir el año más reciente: 2021). La clasificación resultante representa el producto culminante de la ronda de clasificación, listo para pasar a la fase de post-clasificación (ver sección 3.4.4) y posteriormente a la fase de integración (ver sección 3.6).
6. Si bien el proceso de clasificación puede ser iterado (repetido) tantas veces cuantas el/la intérprete considere necesario hasta alcanzar un producto satisfactorio, para la Colección actual adoptamos la estrategia de corregir los pasos 1 y 2 cuantas veces fuera necesario, con lo cual se redujo la cantidad de productos intermedios que requieren de almacenamiento físico.
7. Cabe recalcar que para a partir de la Colección 3 se incrementó un paso adicional que favorece la calidad de la clasificación: inicialmente se entrenó al clasificador con el feature space completo (156 variables) y se obtuvo un diagnóstico del aporte de las 156 variables en la separabilidad de las clases. A partir de estos resultados, se filtró la cantidad de variables disponibles para el clasificador, de tal modo que en el entrenamiento definitivo del clasificador, éste emplee únicamente la información de las variables más determinantes (es decir, se excluyeron aquellas variables que menos aportaron a la separabilidad de clases). Esta reducción de dimensionalidad (feature space) permitió adecuar el uso de las variables más significativas acorde a las formaciones naturales y tipos de uso del suelo específicos de cada región. Este proceso fue repetido para cada una de las 12 regiones. Las variables seleccionadas para cada región se detallan en la Tabla 6.
8. **A diferencia de colecciones pasadas**, esta colección se apoyó en el uso de imágenes Planet del año 2020-2022 para inspeccionar y corregir la calidad de mapa de muestras estables (paso X), el uso de datos de altura del dosel derivados de GEDI (citar fuente) para eliminar zonas con baja probabilidad de ser bosques y en Andes, el mapa de píxeles estables empleó el mapa corregido de la Colección 3 para

excluir zonas que ya habían sido corregidas en la colección anterior. Estas correcciones permitieron la mejora del pool de datos de entrenamiento.

3.4.3 Parámetros de clasificación

Tabla 5. Parámetros de muestreo y número de árboles de decisión empleados por región de clasificación (Elaboración Ecociencia).

Bioma	Código región	Cantidad de iteraciones	Parámetros para muestreo estratificado			Muestras estables exportadas		Número de árboles Random Forest
			Iteración	Muestra máxima	Muestra mínima	Muestra de la clase menos representada	Tamaño de muestra final	
AMAZONI A	40101	1	1	3000	250	250 (6.73%)	3716	120
	40102	1	1	2100	350	350 (10.17%)	3442	120
	40103	1	1	3000	250	250 (6.73%)	3712	120
	40104	2	1	4500	500	500 (9.98%)	5011	120
			2	5000	750	1000 (11.28%)	8869	120
	40105	1	1	1000	200	200 (11.46%)	1745	120
	40201	1	1	4000	1000	1000 (13.77%)	7264	120
	40202	1	1	4000	1000	1000 (13.09%)	7642	120
	40203	1	1	6000	1000	1000 (10.11%)	9893	120
	40204	1	1	1000	150	150 (11.64%)	1289	120
40205	1	1	4000	200	231 (5.08%)	4548	120	
ANDES	40601	1	1	5000	1000	1000 (10,20%)	9803	120
	40602	1	1	2000	1000	1000 (14,17%)	7055	120

Tabla 6. Variables más significativas identificadas por región de clasificación (Elaboración Ecociencia).

Bioma	Código región	Variables seleccionadas
AMAZONIA	40101	swir2_median;'hallcover_median';longitude';swir1_min';hand30_5000';green_median';swir1_median';nir_median';swir1_dry_qmo';swir1_wet';swir1_dry_max';swir1_wet_min';hand30_1000';nir_dry';green_wet_qmo';latitude';gcvl_dry';mndwi_wet';savi_dry';swir2_dry';green_wet_min';hand90_1000';ndvi_wet';nir_wet';nir_wet_qmo';savi_median';savi_wet';swir1_dry';swir2_min';mndwi_dry';ndsi_median';swir1_wet_max';swir1_wet_qmo';swir2_wet';red_min';ndmir_wet';ndwi_gao_wet_min';green_dry';ndvi_dry';cai_wet_min';evi2_dry';evi2_wet';mndwi_max';red_dry_max';swir2_dry_min';swir2_wet_qmo';altitude';ndmi_median';ndsi_min';ndwi_gao_wet';nir_dry_qmo';ndsi2_wet';ndwi_mcfeters_median';swir2_wet_max';blue_median';green_min';ndbi_dry';ndmir_min';ndsi2_dry';evi2_median';ndmir_max';ndrb_min';red_wet_max';gcvl_median';gcvl_wet';ndbi_max';ndvi_median';nir_min';red_dry_qmo';red_wet';swir2_dry_qmo';shade_median';cai_median';cai_min';ndbi_min';ndmi_dry';red_dry';red_median';gli_median';green_dry_qmo';ndsi2_median';ndwi_gao_wet_max';red_dry_min';cai_max';ndwi_gao_median';ndwi_gao_wet_qmo';textG_median'
	40102	latitude';slppest';longitude';hand90_1000';hand30_5000';altitude';hand30_1000';green_median';ndsi_median';gcvl_wet';ndvi_dry';nir_wet';savi_dry';ndwi_mcfeters_median';evi2_median';ndvi_median';ndvi_wet';nir_wet_qmo';nir_dry_qmo';savi_wet';gcvl_median';green_wet_qmo';mndwi_dry';ndmir_max';mndwi_wet';mndwi_max';gcvl_dry';green_wet_min';ndmir_wet';ndgb_max';ndgb_median';ndsi2_max';red_min';swir1_wet_max';blue_median';ndsi2_wet';ndsi_min';swir1_min';swir1_median';red_median';nir_median'
	40103	swir1_median';hand90_1000';savi_dry';gcvl_dry';green_min';nir_min';gcvl_median';green_median';hand30_5000';swir1_wet_max';savi_wet';evi2_dry';swir1_wet_qmo';ndsi_median';swir1_wet';hallcover_median';mndwi_wet';nir_dry_qmo';hand30_1000';nir_wet';green_wet_min';swir2_median';savi_median';slope';gcvl_wet';swir1_dry';swir2_dry';swir2_wet';mndwi_max';ndvi_median';ndvi_dry';nir_wet_qmo';swir2_dry_min';evi2_median';nir_median';swir1_dry_qmo';mndwi_dry';ndsi_min';swir1_wet_min';swir2_wet_qmo';green_dry_qmo';red_min';swir2_wet_max';evi2_wet';swir1_dry_max';swir2_min';mndwi_median';red_wet';gv_wet';shade_median';hand30_100';nir_dry';slppest';green_wet_qmo';ndbi_median';ndwi_mcfeters_median';red_dry';altitude';cai_wet_min';latitude';longitude'
	40104	red_median';swir1_median';hand30_5000';ndvi_median';green_median';ndsi_min';green_wet_qmo';swir1_dry_qmo';green_dry';mndwi_median';ndgb_max';nir_median';slppest';swir1_wet';gcvl_dry';ndvi_wet';red_wet_max';longitude';ndsi_wet';swir1_dry_max';swir1_wet_min';altitude';gcvl_wet';hallcover_median';mndwi_dry';evi2_wet';green_wet_min';mndwi_wet';blue_median';swir1_dry';hand30_1000';hand90_1000';cai_median';green_min';mndwi_max';ndsi2_max';n

		dwi_gao_wet_min','red_wet','swir2_wet_qmo','evi2_dry','ndwi_gao_dry_min'
40105		altitude,'hand90_1000','slppost','hand30_5000','hand30_1000','gcvl_wet','ndvi_median','mndwi_wet','ndgb_median','ndvi_wet','pri_median','evi2_median','ndvi_dry','gcvl_median','ndrb_wet','ndgb_wet','savi_dry','ndwi_mcfeters_median','ndsi2_min','textG_median','ndmir_median','ndwi_gao_dry','savi_median','ndbi_max','ndrb_min','ndwi_gao_dry_min','ndgb_dry','nir_dry_qmo','swir2_wet_max','mndwi_max','gli_min','ndsi_median','nir_median','red_dry','ndsi2_max','gli_max','savi_wet','ndwi_gao_wet_qmo','swir1_wet','nir_min','red_dry_max','mndwi_median','mndwi_dry','ndmir_wet','ndsi_min','ndsi2_wet','ndsi2_median','ndmir_max','ndmi_median','slope','red_wet_max','hand30_100','evi2_wet','nir_wet','green_dry_qmo','nir_wet_qmo','ndmi_dry','swir1_wet_min','swir1_dry_max','ndbi_min','red_min','green_median','ndwi_gao_wet','ndbi_median','red_dry','swir1_dry_max'
40201		longitude,'latitude','altitude','ndsi_median','gcvl_median','ndsi_min','savi_dry','nir_median','mndwi_max','savi_median','swir1_min','green_min','green_median','ndvi_median','mndwi_wet','ndvi_wet','evi2_median','nir_min','red_wet_max','swir1_dry_max','swir2_min','nir_wet_qmo','savi_wet','cai_min','green_wet_min','ndvi_dry','red_wet','swir1_median','cai_wet_min','hallcover_median','swir1_wet','swir1_wet_min','swir2_dry_min','ndwi_mcfeters_median','shade_median','evi2_wet','mndwi_median','evi2_dry','nir_dry','red_median','nir_dry_qmo','swir1_wet_qmo','textG_median','cai_max','mndwi_dry'
40202		longitude,'ndsi_min','swir2_min','savi_median','mndwi_wet','ndsi_median','swir1_wet_max','hallcover_median','swir1_min','swir1_wet','latitude','savi_wet','swir2_median','swir2_wet_qmo','swir1_wet_qmo','swir1_dry','mndwi_max','swir2_wet_max','altitude','ndvi_dry','nir_median','savi_dry','evi2_dry','ndvi_wet','swir1_median','swir1_wet_min','evi2_wet','ndwi_mcfeters_median','evi2_median','mndwi_median','red_min','swir1_dry_qmo','cai_min','nir_wet','nir_wet_qmo','swir1_dry_max','mndwi_dry','nir_min','shade_median','green_wet_qmo','gcvl_median','gcvl_wet','nir_dry','nir_dry_qmo','red_wet','hand30_5000','green_min','ndbi_dry','textG_median','ndgb_wet','ndrb_min','red_median','red_wet_max','red_dry_qmo','gcvl_dry','green_dry','ndwi_gao_wet','ndwi_gao_wet_min','cai_wet_min','gli_max','slppost'
40203		red_median','nir_median','altitude','latitude','longitude','slppost','savi_median','swir1_median','swir2_median','ndvi_median','swir2_dry_qmo','evi2_median','savi_dry','swir1_wet','swir2_wet_max','gcvl_wet','ndsi_median','ndvi_wet','savi_wet','nir_dry_qmo','mndwi_max','swir1_wet_qmo','swir1_dry','ndsi_min','swir2_dry_min','evi2_wet','swir2_dry','hand90_1000','ndvi_dry','swir1_dry_qmo','swir1_min'
40204		gv_median','nir_median','swir1_wet_min','nir_wet_qmo','swir1_dry_max','evi2_dry','savi_median','evi2_median','savi_wet','swir1_wet_qmo','swir1_wet','swir2_median','mndwi_median','nir_wet','blue_median','nir_dry_qmo','evi2_wet','ndvi_wet','swir1_wet','swir2_wet','red_min','shade_median','swir2_min','green_wet_min','green_wet_qmo','swir1_dry','swir1_min','swir2_wet_max','savi_dry','hallcover_median','red_median'
40205		swir2_wet','swir1_dry','swir1_dry_qmo','green_median','swir2_median','swir1_wet','nir_dry_qmo','nir_min','green_wet_qmo','nir_median','red_wet_max','swir1_dry_max','swir1_wet_min','swir1_min','nir_wet_qmo','swir1_wet_min','swir1_wet_qmo','swir2_wet_qmo','green_wet_min','swir2_wet_max','swir2_dry_qmo','red_dry_max','swir2_dry_min','nir_dry','nir_wet','red_min','swir2_min','textG_median','blue_median','swir1_wet_max','red_median'
ANDES	40601	altitude,'savi_median','gli_max','ndvi_median','ndvi_dry','savi_wet','nir_wet','ndvi_wet','red_min','ndrb_wet','mndwi_max','red_wet','swir1_wet_qmo','nir_median','swir2_min','gcvl_median','ndwi_mcfeters_median','red_dry','green_dry','evi2_wet','ndsi_median','savi_dry','ndbi_dry','swir1_dry','evi2_median','green_median','slope','red_wet_max','ndwi_gao_median','swir2_wet','mndwi_median','mndwi_dry','gcvl_wet','swir1_wet_max','red_median','red_dry_qmo','nir_dry','red_dry_max','ndbi_min','nir_wet_qmo','swir1_wet_min','green_min','pri_median','ndmi_median','hallcover_median','ndgb_dry','nir_dry_qmo','shade_median','ndbi_max','hand30_1000','textG_median','ndsi_min','hand30_5000','cai_median','hand90_1000','swir2_median','ndrb_min','evi2_dry','ndmi_max','cai_wet_min','gli_median','ndmir_wet','ndwi_gao_wet_max','swir1_wet_min'
	40602	altitude,'ndwi_mcfeters_median','slppost','gcvl_median','savi_median','savi_wet','mndwi_max','ndvi_wet','cai_median','ndmir_wet','ndsi_min','ndsi2_wet','mndwi_wet','evi2_dry','hallcover_median','ndmir_max','nir_wet','hand30_5000','cai_wet_min','ndmir_wet','ndmir_min','ndsi2_wet','ndsi_min','gcvl_dry','ndvi_dry','swir1_dry_qmo','red_dry_min','swir2_dry_min','nir_wet_qmo','green_wet_qmo','green_wet_min','swir1_wet_max','red_min','swir2_wet','nir_min','nir_dry_qmo','blue_median','swir1_wet_min','swir2_dry_qmo','evi2_wet','green_min','pri_dry','shade_median','hand90_1000','textG_median','swir2_wet','swir1_wet_qmo','hand30_1000','swir2_dry','ndrb_min','ndwi_gao_wet_max','gli_min','swir1_wet_min','cai_min','ndbi_max','red_dry','red_wet_max','green_wet_min','green_dry','ndrb_wet','swir1_dry_max','ndwi_gao_wet'

3.4.4 Post-clasificación

La fase de post-clasificación consiste de la aplicación de distintos tipos de filtros cuyo propósito es la reducción de vacíos de información y la comparabilidad de los mapas entre los distintos años de la serie temporal. Todos los filtros son aplicados a la clasificación resultante del proceso arriba descrito (ningún filtro es aplicado a los mosaicos Landsat).

En el caso de la Amazonía de Ecuador se utilizaron 4 de los 5 tipos de filtros existentes. El proceso se llevó a cabo por región. A partir de la Colección 3, hemos aplicado los filtros en un orden definido según las necesidades y condiciones de cada región, a criterio de los intérpretes, incluyendo la opción de utilizar un filtro más de una ocasión. Esta flexibilidad representó un cambio en la metodología y redujo fuentes de error identificadas en colecciones pasadas. También se incluyó la posibilidad de excluir de los efectos de cualquier filtro a clases y años específicos, seleccionados por los intérpretes.

Una descripción de cada herramienta puede ser encontrada en el documento de [ATBD General](#); sin embargo aquí se los describe brevemente.

3.4.4.1 Filtro para relleno de vacíos (GapFill)

Según la leyenda de MapBiomias, los píxeles que presentan ausencia de información debido a limitantes a su observación al momento de la adquisición de las imágenes satelitales son clasificados como “no observados” (ID = 27). Este filtro es especialmente útil en regiones como Ecuador, severamente afectadas por una persistente presencia de nubes que obstruyen la adquisición de datos de sensores remotos ópticos como Landsat. El filtro de relleno o Gapfill llena estos vacíos de información en la serie temporal, de tal modo que los píxeles carentes de un valor de clasificación asumen el valor conocido (clase) temporalmente más cercano (es decir, el último valor para el cual hubo una observación). Como efecto de este filtro, se obtiene una clasificación prácticamente sin vacíos (Figura 22). Se puede dar el caso de vacíos persistentes, lo cual ocurre cuando no se obtuvo ni una observación a lo largo de toda la serie temporal. Este filtro fue aplicado en todas las regiones del área de estudio de la Amazonía de Ecuador y los parámetros empleados se resumen en la tabla 7.

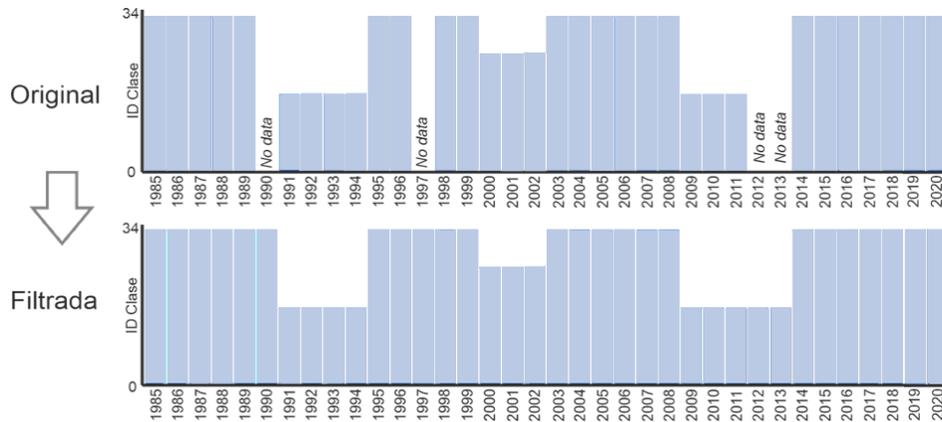


Figura 22. Funcionalidad del filtro Gapfill de la Colección 4.0 de MapBiomias Amazonía (Elaboración MapBiomias).

Tabla 7. Parámetros del filtro Gapfill definidos para cada región de clasificación de la Amazonía ecuatoriana para la Colección 4.0 de MapBiomias Amazonía (Elaboración Ecociencia).

Bioma	Código región	Cantidad aplicaciones	Orden	clases excluidas	años excluidos	Motivo de aplicación repetida		
AMAZONIA	40101	2	tnt0, t0tn	33,25	1985,1987	Exclusión de clases y años		
			t0tn, tnt0					
	40102	4	tnt0, t0tn	25, 33	1985, 1986, 1987, 1988	Exclusión de clases y años		
			t0tn, tnt0	25, 33			1985, 1987, 1991, 1996, 2006, 2007, 2017, 2020	
			tnt0, t0tn				1985	Exclusión de años
			tnt0, t0tn					
	40103	2	t0tn, tnt0	33,25	1985	Exclusión de clases y años		
			t0tn, tnt0					
	40104	4	t0tn, tnt0			Corrida intermedia entre ciclo 1 y ciclo 2 de clasificación		
			t0tn, tnt0	25,33	1985,1986,1987,1989,1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996,1997	Exclusión de clases y años		
			t0tn, tnt0		1985, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995			
			tnt0, t0tn		1986,1987,1989, 1996,1997,1998	Exclusión de años		

40105	3	t0tn, tnt0	25,33		Exclusión de clases	
		t0tn, tnt0		1992, 1986, 1989, 1991, 1997, 2009, 2012, 2019, 2020	Exclusión de años	
		t0tn, tnt0				
40201	3	t0tn, tnt0		1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1992, 1996, 1998	Exclusión de años	
		t0tn, tnt0		1986, 1987, 1988	Exclusión de años	
		t0tn, tnt0				
40202	2	t0tn, tnt0	33	1988, 1992	Exclusión de clases y años	
		t0tn, tnt0				
40203	4	t0tn, tnt0	33, 25	1987, 1990	Exclusión de clases y años	
		t0tn, tnt0	25	1986, 1990	Exclusión de clases y años	
		t0tn, tnt0	25		Exclusión de clases	
		tnt0, t0tn				
40204	2	t0tn, tnt0	25, 33		Exclusión de clases	
		t0tn, tnt0				
40205	2	t0tn, tnt0	11, 13	1986	Exclusión de clases y años	
		t0tn, tnt0				
ANDES	40601	2	t0tn, tnt0	33, 34, 21	1985, 2002, 2006, 2009, 2015, 2017, 2000	Exclusión de clases y años
			tnt0, t0tn	34		
	40602	1	t0tn, tnt0			

3.4.4.2 Filtro temporal

Este filtro busca reducir vacíos de información, inconsistencias temporales, ruidos o errores de clasificación empleando el registro histórico en base a tres tipos de reglas (Figura 23):

- Reglas generales (RG)**, buscan corregir el dato del año central (T), en función de los valores de píxeles de años que le anteceden (T-1, T-2) y suceden (T+1, T+2). Esta regla modifica valores en las clasificaciones de los años 1986 al 2021. Pueden emplearse ventanas o períodos de tiempo de tres, cuatro y cinco años.
- Reglas de primer año (RP)**, corrige el valor del primer año (1985) con base en los valores de los siguientes dos años consecutivos.
- Reglas de último año (RU)**, corrige el valor del último año (2021) tomando en cuenta los valores de los dos años que le preceden.

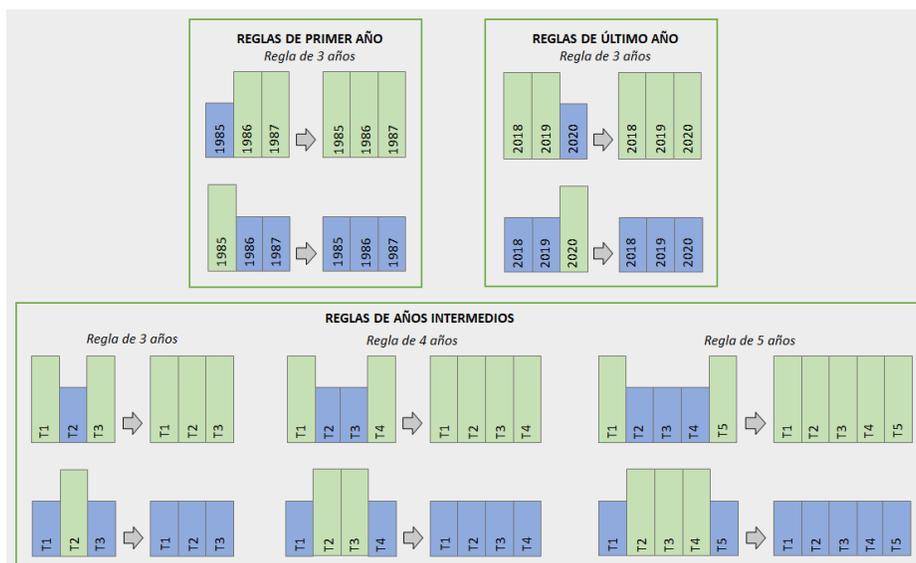


Figura 23. Funcionalidad del filtro temporal de la Colección 4.0 de MapBiomos Amazonía (Elaboración MapBiomos).

En la Amazonía de Ecuador se aplicaron filtros temporales en todas las regiones de clasificación. Los parámetros de cada regla fueron definidos en función a las necesidades de cada región (Tabla 8):

- `ordem_exec_first`: orden de ejecución de las clases para la regla del primer año.
- `ordem_exec_last`: orden de ejecución de las clases para la regla del último año.
- `ordem_exec_middle`: orden de ejecución de las clases para las reglas de los años intermedios.

Tabla 8. Parámetros del filtro temporal definidos para cada región de clasificación de la Amazonía ecuatoriana para la Colección 4.0 de MapBiomos Amazonía (Elaboración Ecociencia).

Código región	Cantidad de aplicaciones	Orden reglas	Orden de ejecución	Clases/años excluidos
40101	2	R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU, RP, R3	var <code>ordem_exec_first</code> = [3, 33,13] var <code>ordem_exec_last</code> = [21, 3, 33, 25,13] var <code>ordem_exec_middle</code> = [21, 3, 33, 25,13]	1987
		R3, R4, R3, R5, R4, R3, RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3	var <code>ordem_exec_first</code> = [3] var <code>ordem_exec_last</code> = [3]	2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010,2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021
40102	1	RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU	var <code>ordem_exec_first</code> = [3, 21] var <code>ordem_exec_last</code> = [33, 21, 3, 13] var <code>ordem_exec_middle</code> = [33, 21, 3, 13]	1985
40103	1	R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU, RP, R3	var <code>ordem_exec_first</code> = [3, 13] var <code>ordem_exec_last</code> = [21, 3, 33, 25,13] var <code>ordem_exec_middle</code> = [21, 3, 33, 25,13]	
40104	2	RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU	var <code>ordem_exec_first</code> = [3, 21] var <code>ordem_exec_last</code> = [21, 25, 3] var <code>ordem_exec_middle</code> = [21, 25, 3]	1985, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995
		RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU	var <code>ordem_exec_first</code> = [3, 21,33] var <code>ordem_exec_last</code> = [21, 25, 3,33] var <code>ordem_exec_middle</code> = [21, 25, 3,33]	3
40105	1	RP, R3, RP, R4, R3, R5, R4, R3, RU, R3, RP	var <code>ordem_exec_first</code> = [13, 3, 33] var <code>ordem_exec_last</code> = [13, 3, 25, 33] var <code>ordem_exec_middle</code> = [13, 3, 25, 33]	
40201	1	R3, R4, R3, R5, R4, R3, RP, RU	var <code>ordem_exec_first</code> = [3,33,25] var <code>ordem_exec_last</code> = [21,3,25,33] var <code>ordem_exec_middle</code> = [21,3,25,33]	
40202	1	RP, RU, R3, R4, R3, R5, R4, R3	var <code>ordem_exec_first</code> = [3,33] var <code>ordem_exec_last</code> = [21,3,25,33] var <code>ordem_exec_middle</code> = [21,3,25,33]	
40203	1	RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU	var <code>ordem_exec_first</code> = [3, 21] var <code>ordem_exec_last</code> = [21, 25, 3, 13] var <code>ordem_exec_middle</code> = [21, 25, 3, 13]	

40204	1	RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU	var ordem_exec_first = [13, 3, 33, 25] var ordem_exec_last = [33, 13, 3, 25] var ordem_exec_middle = [33, 13, 3, 25]	
40205	1	RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU	var ordem_exec_first = [3, 33, 21, 25] var ordem_exec_last = [33, 11, 3, 21, 25] var ordem_exec_middle = [33, 11, 3, 21, 25]	
40601	2	RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU, RP, R3	var ordem_exec_first = [3, 12, 11, 13, 25, 21] var ordem_exec_last = [3, 12, 11, 13, 25, 21] var ordem_exec_middle = [3, 12, 11, 13, 25, 21]	
		RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU, RP, R3	var ordem_exec_first = [3, 12, 11, 13, 25, 21, 33] var ordem_exec_last = [3, 12, 11, 13, 25, 21, 33] var ordem_exec_middle = [3, 12, 11, 13, 25, 21, 33]	
40602	3	RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU, RP, R3	var ordem_exec_first = [29, 9, 3, 12, 11, 33] var ordem_exec_last = [29, 9, 3, 12, 11, 33] var ordem_exec_middle = [29, 9, 3, 12, 11, 33]	
		RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3, RU, RP, R3	var ordem_exec_first = [21, 13, 25] var ordem_exec_last = [21, 13, 25] var ordem_exec_middle = [21, 13, 25]	3,9
		RP, R3, R4, R3, R5, R4, R3, R U, R P, R3	var ordem_exec_first = [3, 9, 21, 13, 12, 33] var ordem_exec_last = [3, 9, 21, 13, 12, 33] var ordem_exec_middle = [3, 9, 21, 13, 12, 33]	3,9

3.4.4.3 Filtro espacial

El filtro espacial busca reducir la cantidad de píxeles aislados y/o discontinuos (Figura 24). Conjuntos de píxeles que no cumplen el equivalente a la unidad mínima de mapeo (\approx media hectárea; circa 5 píxeles) son identificados mediante reglas de vecindad y reclasificados (asumen el valor de la clase circundante). El detalle de esta herramienta puede ser consultado en el ATBD general de la Colección 4.0 de MapBiomás Amazonía.

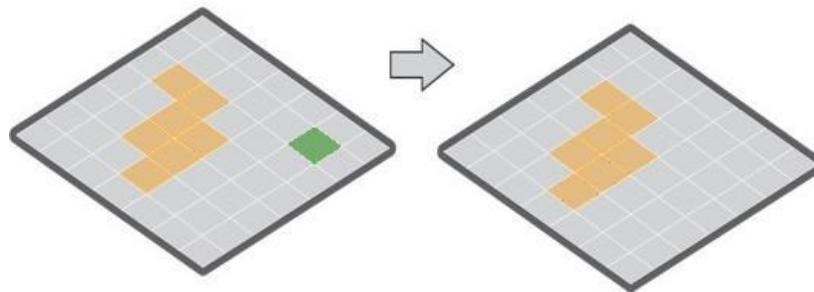


Figura 24. Funcionalidad del filtro espacial de la Colección 4.0 de MapBiomás Amazonía (Elaboración MapBiomás).

En la Amazonía de Ecuador se utilizó un filtro espacial en todas las regiones de clasificación, cuyos parámetros fueron ajustados según la región y se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 9. Parámetros del filtro espacial definidos para cada región de clasificación de la Amazonía ecuatoriana para la Colección 4.0 de MapBiomás Amazonía (Elaboración Ecociencia).

Bioma	Código región	Cantidad aplicaciones	Cantidad mínima de píxeles conectados	clases/años excluidos	
AMAZONIA	40101	1	5		
	40102	1	5		
	40103	1	5		
	40104	1	5		
	40105		2	5	33
				3	3,13,25
	40201	1	5		
	40202	1	5		

ANDES	40203	1	5	
	40204	1	5	33
	40205	1	5	
	40601	2	5	
			10	3,9,12,21,25,29,33,34
	40602	2	5	33
			3	3,9,11,12,13,21,25,29

3.4.4.4 Filtro de frecuencia

Este filtro toma en consideración la frecuencia de ocurrencia de clases naturales (IDs 3, 6, 11, 12, 13, 29, 33, 34) a lo largo de toda la serie temporal, donde, clases con ocurrencias esporádicas a lo largo de la serie son reemplazadas por el valor de la clase más frecuente (temporalmente), siempre y cuando esta clase más frecuente cumpla con un criterio de estabilidad a lo largo de la serie temporal. Este filtro contribuye a reducir oscilaciones temporales asociadas a dinámicas naturales que son clasificadas erróneamente como una clase distinta o un cambio de clase. La aplicación de este filtro da como resultado una clasificación de clases naturales más consistente al disminuir la frecuencia de falsos positivos relacionados a dinámicas naturales y preservando trayectorias consolidadas. Mayores detalles de esta herramienta pueden ser consultados en el ATBD general de la Colección 4.0 de MapBiomás Amazonía.

Cada píxel, evaluado a la largo de la serie histórica, debe cumplir con dos criterios simultáneamente para que el filtro sea aplicado: la ocurrencia de una sola clase natural debe superar un porcentaje mínimo a lo largo de la serie (presentar una relativa estabilidad), y la clase mayoritaria debe superar un porcentaje mínimo de ocurrencia para que prevalzca como la clase definitiva. A partir del valor de la clase que cumple este último porcentaje se actualiza aquellos píxeles “temporalmente aislados” que tienen una alta probabilidad de ser errores de clasificación (Figura 25).

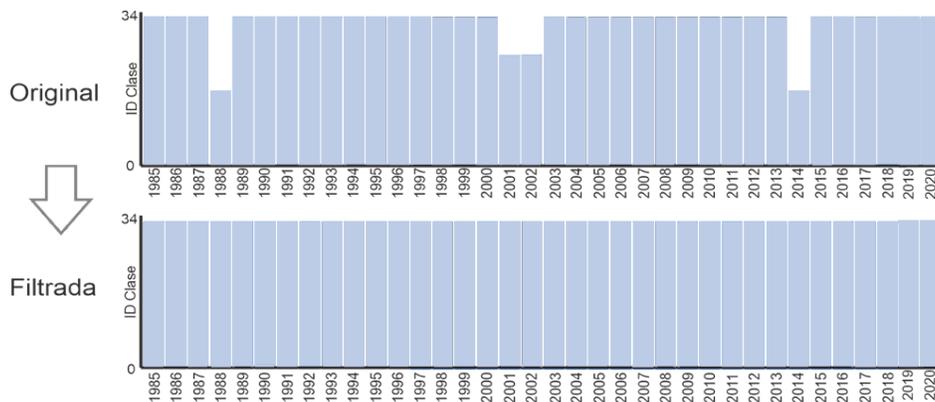


Figura 25. Funcionalidad del filtro de frecuencia de la Colección 4.0 de MapBiomás Amazonía (Elaboración MapBiomás).

En la Amazonía de Ecuador, los dos criterios fueron ajustados según las necesidades de cada región de clasificación y se resumen en la tabla 10.

Tabla 10. Parámetros del filtro de frecuencia definidos para cada región de clasificación de la Amazonía ecuatoriana para la Colección 4.0 de MapBiomás Amazonía (Elaboración Ecociencia).

Código región	Cantidad aplicaciones	Vegetación Nativa			Usos cobertura			Clases/ años excluidos	Primer y último año excluido
		% vegetación nativa	% clase mayoritaria	Clases incluidas	% usos cobertura	% clase mayoritaria	Clases incluidas		

40101	1	30	45	13,25,33, 3	NA	NA	NA	21 / 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021	FALSO
40102	4	60	50	3,13	60	40	25	21	VERDADERO
		60	50	3,33	60	40	25	21,25	VERDADERO
		60	50	3,33	60	40	25	21/ 2021	FALSO
		60	50	13,12,3,33	60	40	21	25	FALSO
40103	1	30	45	13,25,33, 3			21/ 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021	FALSO	
40104	2	60	50	3,33	60	40	25	21,25	FALSO
		60	50	3,33				21,25	FALSO
40105	2	95	70	3,13					FALSO
		60	50	3,33					VERDADERO
40201	1	90	40	3,33				21	FALSO
40202	1	90	40	3,33				21	FALSO
40203	3	60	50	3,33	60	40	25	21	VERDADERO
		60	50	3,33	80	40	25	21/2021	FALSO
		60	50	3,33	80	40	25	21,25	FALSO
40204	1	60	50	3, 6, 11, 12, 13	60	40	21, 25		VERDADERO
40205	3	30	45	3, 11, 12, 13, 33				21, 25, 3	FALSO
		85	50	3, 11, 12, 13, 33				21	VERDADERO
		60	50	13				3, 25	VERDADERO
40601	3	94	57	11,12,13,25				9	FALSO
		85	77	3				9,21	FALSO
		65	40	11				3,9,29,33,25	FALSO
40602	3	70	60	11,12,13,29				3,9,21	FALSO
		30	40	11,12,13,29					FALSO
		30	40	11,12,13,29				21,3,9,33	FALSO

3.4.4.5 Filtro de incidentes

Este filtro no fue aplicado en la Amazonía ecuatoriana durante la Colección 4.0 de MapBiomás Amazonía.

3.4.4.6 Orden de aplicación de filtros por región en Ecuador

Según las necesidades de cada región de clasificación, se ajustó el orden (Tabla 11) y los parámetros de cada filtro (tablas 7 a 10).

Tabla 11. Orden de aplicación de filtros por región de clasificación en la Amazonía ecuatoriana para la Colección 4.0 de MapBiomias Amazonía (Elaboración Ecociencia).

Bioma	Código región	Filtros	Máscara
AMAZONIA	40101	Gapfill, Gapfill, Temporal, Temporal, Frecuencia, Espacial//	
	40102	Gapfill, Gapfill, Temporal, Gapfill, Frecuencia, Frecuencia, Gapfill, Frecuencia, Frecuencia, Espacial//	Afloramiento rocoso (ID 29)
	40103	Gapfill, Gapfill, Temporal, Frecuencia, Espacial//	
	40104	Gapfill, Gapfill, Gapfill, Temporal, Frecuencia, Gapfill, Temporal, Frecuencia, Espacial//	
	40105	Gapfill, Gapfill, Gapfill, Temporal, Frecuencia, Frecuencia, Espacial, Espacial//	
	40201	Gapfill, Gapfill, Temporal, Gapfill, Frecuencia, Espacial//	
	40202	Gapfill, Gapfill, Temporal, Frecuencia, Espacial//	
	40203	Gapfill, Gapfill, Temporal, Gapfill, Gapfill, Frecuencia, Frecuencia, Frecuencia, Espacial//	
	40204	Gapfill, Frecuencia, Gapfill, Temporal, Espacial//	
	40205	Gapfill, Temporal, Gapfill, Frecuencia, Frecuencia, Frecuencia, Espacial//	
	ANDES	40601	Gapfill, Temporal, Gapfill, Temporal, Frecuencia, Frecuencia, Frecuencia, Espacial, Espacial//
40602		Gapfill, Temporal, Temporal, Temporal, Frecuencia, Frecuencia, Frecuencia, Espacial, Espacial//	Afloramiento rocoso (ID 29) y silvicultura (ID 9)

3.4.4.7 Máscaras

Afloramiento rocoso (ID 29)

Hay que tomar en cuenta que a partir de cierta cota altitudinal la vegetación se ve reducida y afectada por algunos elementos como por ejemplo la temperatura. Según las zonas de vida de Holdridge¹⁰, a partir de los 4000 metros sobre el nivel del mar, encontramos los pisos altitudinales subalpino, alpino, y nival que se caracterizan por su baja o nula vegetación. Con este conocimiento se combinaron distintas fuentes de información como las curvas de nivel del Instituto Geográfico Militar a escala 1: 250.000, el Mapa de Cobertura de MapBiomias colección 3, el Mapa de Uso y Cobertura de las Tierras y Sistemas Productivos del MAG e imágenes satelitales. Aplicando técnicas de análisis espacial y análisis visual de todos de estos insumos, se logró determinar cómo una constante que a partir de la cota altitudinal de 4000 metros sobre el nivel del mar encontramos los afloramientos rocosos. De esta forma se construyó una máscara a partir de dicha altitud para remapear los píxeles categorizados como áreas sin vegetación a la clase de afloramiento rocoso. Sin embargo, al realizar este análisis se pudo identificar que en las laderas del volcán Sumaco y Reventador también existen afloramientos rocosos pero no a esa altitud. Por lo que para estos dos casos el criterio altitudinal fue a partir de los 2400 metros para el Sumaco y 2000 para el Reventador, esto se realizó exclusivamente en la zona de clasificación amazonía alta 2 (ID 40102).

Falta detallar el motivo de la separación de la clase 25 a 29 (MO)

Para construir la máscara se tomó el modelo digital de terreno del instituto geográfico militar y se extrajo todos los píxeles que correspondían a los valores mayores a 4000 m.s.n.m. Para el caso de excepción de amazonía alta 2, se extrajeron los píxeles con una altitud mayor a los 2400 metros en la zona del Sumaco y 2000 metros

¹⁰ Las zonas de vida de Holdridge es un modelo que divide al suelo en zonas de vida ordenadas de acuerdo a la región latitudinal, piso altitudinal y humedad. Se van definiendo diferentes zonas en función de la precipitación media anual, temperatura promedio anual y altitud.

en la zona del Reventador. Obtenida esta máscara con valores altitudinales, se transformó el raster a un vector obteniendo así un archivo cartográfico final.

Esta máscara se la puede encontrar en el siguiente enlace:

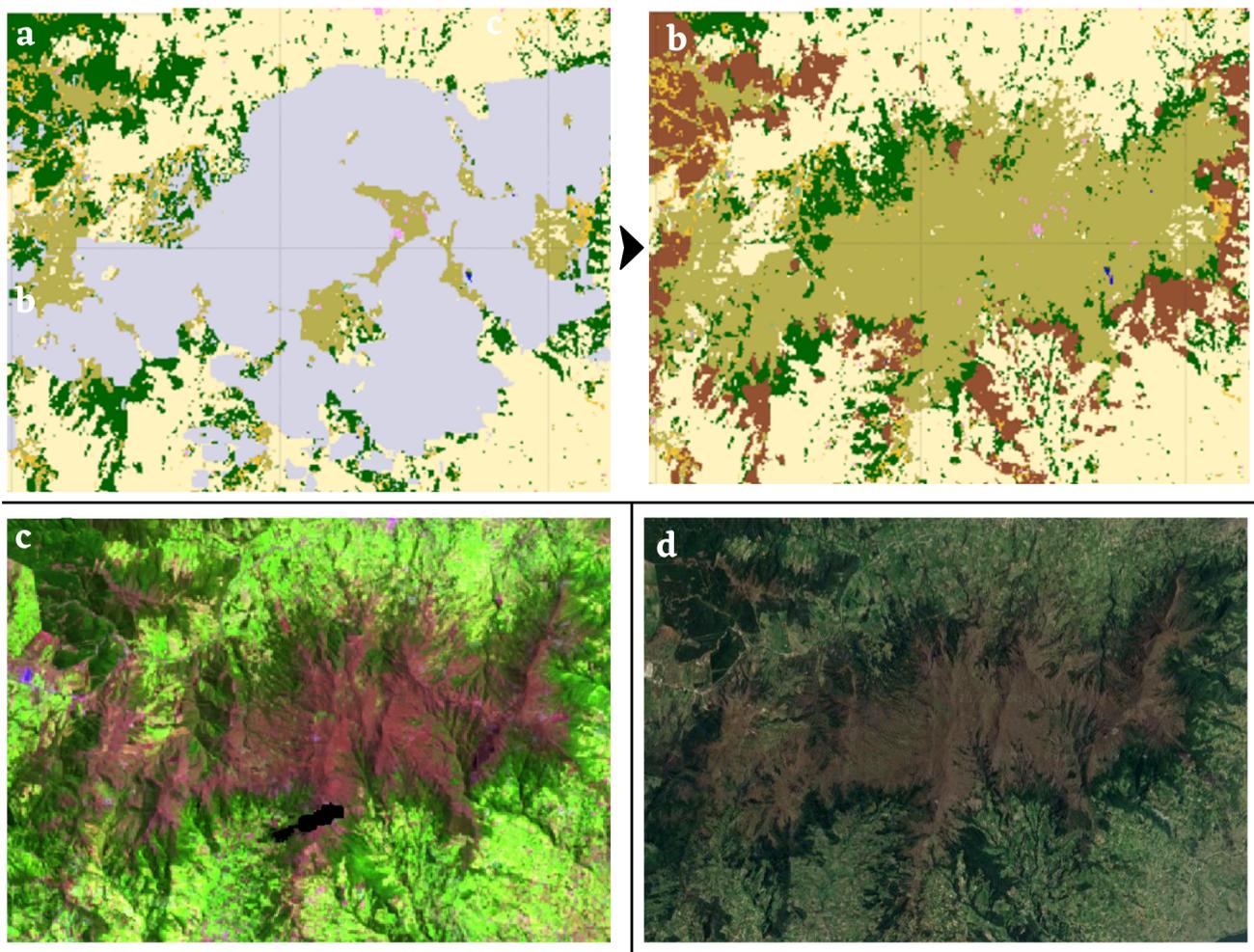


Figura 26. Máscara de afloramiento rocoso (ID 29). a) Mapa general. b) Aplicación de máscara de afloramiento rocoso. c) Mosaico Landsat año 2021 d) Imagen de alta resolución de Google Earth (Elaboración MapBiomás).

Silvicultura (ID 9)

Falta toda esta sección y mapa

Figura 27. Máscara de silvicultura

3.5 Clasificación de los temas transversales

Durante la generación de las colecciones 1 y 2 se detectaron limitaciones en la diferenciación de ciertas clases. Esto motivó el desarrollo de metodologías específicas enfocadas a superar estas limitaciones. Estas metodologías se denominan “temas transversales” pues mapean de modo independiente al mapa general -o transversalmente- información para estas clases. Cada metodología desarrollada considera únicamente la clase

de interés. En la Amazonía de Ecuador se mapearon 6 clases transversalmente (Figura 13): bosques inundables, minería, infraestructura urbana, glaciares, pastos y agricultura. Esta información es incluida en el mapa final en una etapa posterior, denominada “integración”. Cada metodología transversal es descrita en su respectivo [ATBD temático](#).

Parte de la ganancia de detalle temático se debió al mapeo transversal de ciertas clases, para lo cual se desarrollaron metodologías específicas para su identificación. A continuación se detalla qué clases fueron mapeadas siguiendo la metodología del Mapa General o como temas transversales (Figura 18).

ID	COLECCIÓN 4	TIPO	MAPA GENERAL	TEMA TRANSVERSAL
	1. Bosque natural			
3	1.1. Formación forestal	COBERTURA	X	
6	1.2. Bosque inundable	COBERTURA		X
	2. Formación natural no forestal			
11	2.1. Formación natural no forestal inundable	COBERTURA	X	
12	2.2. Formación campestre	COBERTURA	X	
29	2.3. Afloramiento rocoso	COBERTURA	X	
13	2.4. Otra formación natural no forestal	COBERTURA	X	
	3. Agropecuaria y silvicultura			
15	3.1. Pasto	USO		X
18	3.2. Agricultura	USO		X
9	3.3. Silvicultura	USO	X	
35	3.4. Palma aceitera	USO		X
21	3.5. Mosaico de agricultura y/o pastos	USO	X	
	4. Área sin vegetación			
24	4.1. Infraestructura urbana	USO		X
30	4.2. Minería	USO		X
25	4.3. Otra área sin vegetación	COBERTURA/USO	X	
	5. Cuerpo de agua			
33	5.1. Río, lago u océano	COBERTURA	X	
34	5.2. Glaciar	COBERTURA		X
27	6. No observado			

Figura 28. Esquema metodológico empleado por clase de la leyenda en Ecuador (Elaboración Ecociencia).

3.6 Integración

3.6.1 Integración nacional

Esta fase integra todos los resultados en un único producto nacional. Para el caso de la Amazonía de Ecuador, este proceso significó juntar los resultados clasificados de las 12 regiones de clasificación que componen el Mapa General, y los resultados de los temas transversales. Para ello, se definieron reglas (Figura 29) que dictan un orden de prevalencia y definen qué clase predomina en el mapa integrado cuando más de un solo valor es posible para un mismo píxel debido a la superposición de las capas resultantes.

ORIGEN	Andes		Amazonía baja y Amazonía alta	
	Clases	ID	Clases	ID
1	Glaciar (T)	34	Glaciar (T)	34
2	Infraestructura Urbana (T)	24	Infraestructura Urbana (T)	24
3	Formación Campestre o Sabana (G)	12	Formación Campestre o Sabana (G)	12
4	Otra Formación Natural No Forestal (G)	13	Otra Formación Natural No Forestal (G)	13
5	Afloramiento rocoso (G)	29	Afloramiento rocoso (G)	29
6	Silvicultura (G)	9	Silvicultura (G)	9
7	Río, Lago u Oceano (G)	33	Río, Lago u Oceano (G)	33
8	Minería (T)	30	Minería (T)	30
9	Pastos (T)	15	Otra Área Sin Vegetación (G)	25
10	Formación Natural No Forestal Inundable (G)	11	Pastos (T)	15
11	Agricultura (T)	18	Formación Natural No Forestal Inundable (G)	11
12	Palma (G)	35	Agricultura (T)	18
13	Mosaico de Agricultura y/o Pasto (G)	21	Palma (T)	35
14	Bosque Inundable (T)	6	Mosaico de Agricultura y/o Pasto (G)	21
15	Otra Área Sin Vegetación (G)	25	Bosque Inundable (T)	6
16	Formación Forestal (G)	3	Formación Forestal (G)	3
17	No observado (G)	27	No observado (G)	27

Figura 29. Reglas de prevalencia empleadas en la Amazonía ecuatoriana durante la fase de integración nacional de la Colección 4.0 de MapBiomias Amazonía. Las letras “G” (Mapa General) y “T” (Tema Transversal) junto al nombre de cada clase diferencian el origen del dato. (Elaboración Ecociencia).

Las reglas de prevalencia son el producto de la evaluación de la superposición de capas para cada región de clasificación. Se buscó generar la mejor combinación que atienda las necesidades de todas las regiones de clasificación; sin embargo, se concluyó que para las regiones de “Amazonía”, el mejor resultado se obtenía al colocar los datos de Otra área sin vegetación mapeados dentro del Mapa General (G) en 9no lugar en lugar (con prevalencia sobre agricultura) que en 15to lugar como en Andes (donde los datos del transversal agricultura tienen prevalencia pues ayudaron a recuperar datos de zonas productivas que en la colección pasada se mapearon como áreas sin vegetación)(Figura 29). Salvando esta particularidad, el orden de prevalencia es el mismo para todas las demás clases.

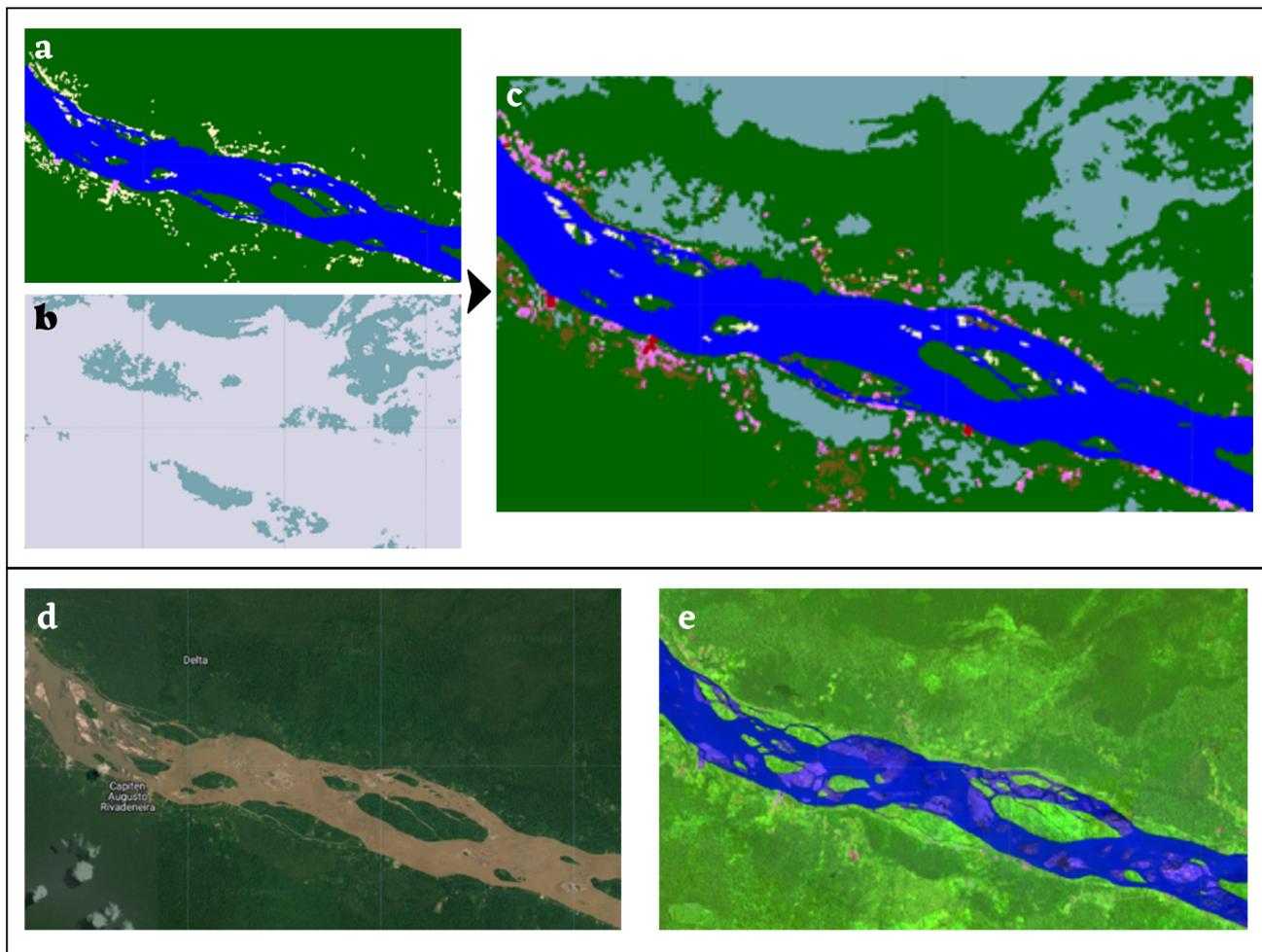


Figura 30. Ejemplo del efecto de la integración de capas para una zona en la Amazonía ecuatoriana (región 40201). a) Resultado clasificado del Mapa General 2021; b) Resultado clasificado del Tema transversal "**bosque inundable**" 2021; c) Mapa final que muestra el resultado del tema "**bosque inundable**" integrado al resultado del mapa general 2021; d) Mapa base de Google Earth Engine (imagen de alta resolución sin fecha); e) Mosaico Landsat para el año 2021; (Elaboración Ecociencia).

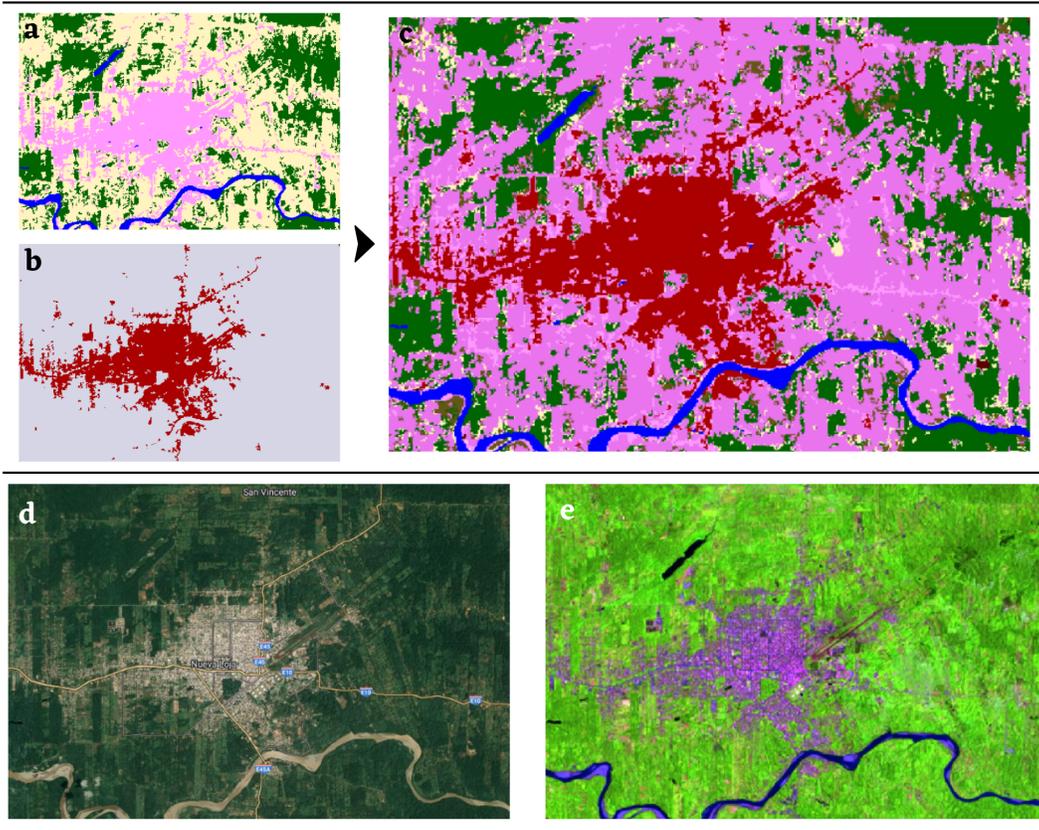


Figura 31. Ejemplo del efecto de la integración de capas para una zona en la Amazonía ecuatoriana (región 40201). a) Resultado clasificado del Mapa General 2021; b) Resultado clasificado del Tema transversal **"infraestructura urbana"** 2021; c) Mapa final que muestra el resultado del tema **"infraestructura urbana"** integrado al resultado del mapa general 2021; d) Mapa base de Google Earth Engine (imagen de alta resolución sin fecha); e) Mosaico Landsat para el año 2021; (Elaboración Ecociencia).

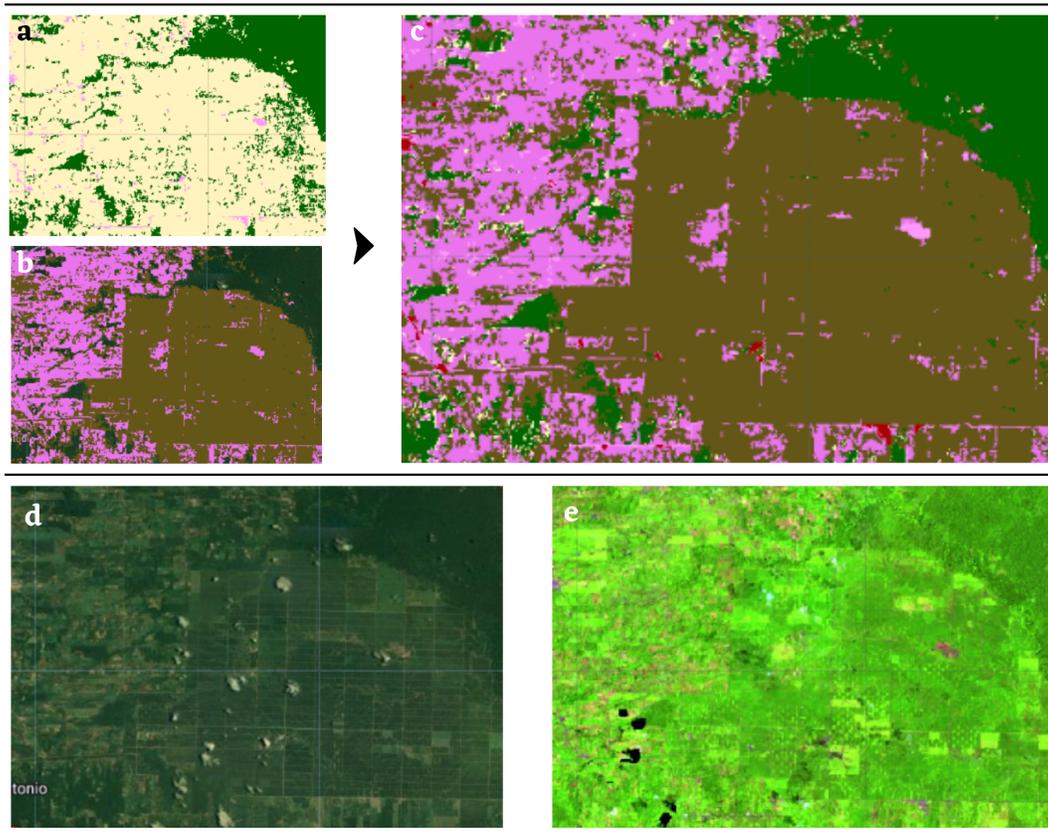


Figura 32. Ejemplo del efecto de la integración de capas para una zona en la Amazonía ecuatoriana (región 40201). a) Resultado clasificado del Mapa General 2021; b) Resultado clasificado del Tema transversal “agricultura” 2021 en el que se puede observar también la clase “palma africana”; c) Mapa final que muestra el resultado del tema “agricultura” integrado al resultado del mapa general 2021; d) Mapa base de Google Earth Engine (imagen de alta resolución sin fecha); e) Mosaico Landsat para el año 2021; (Elaboración Ecociencia).

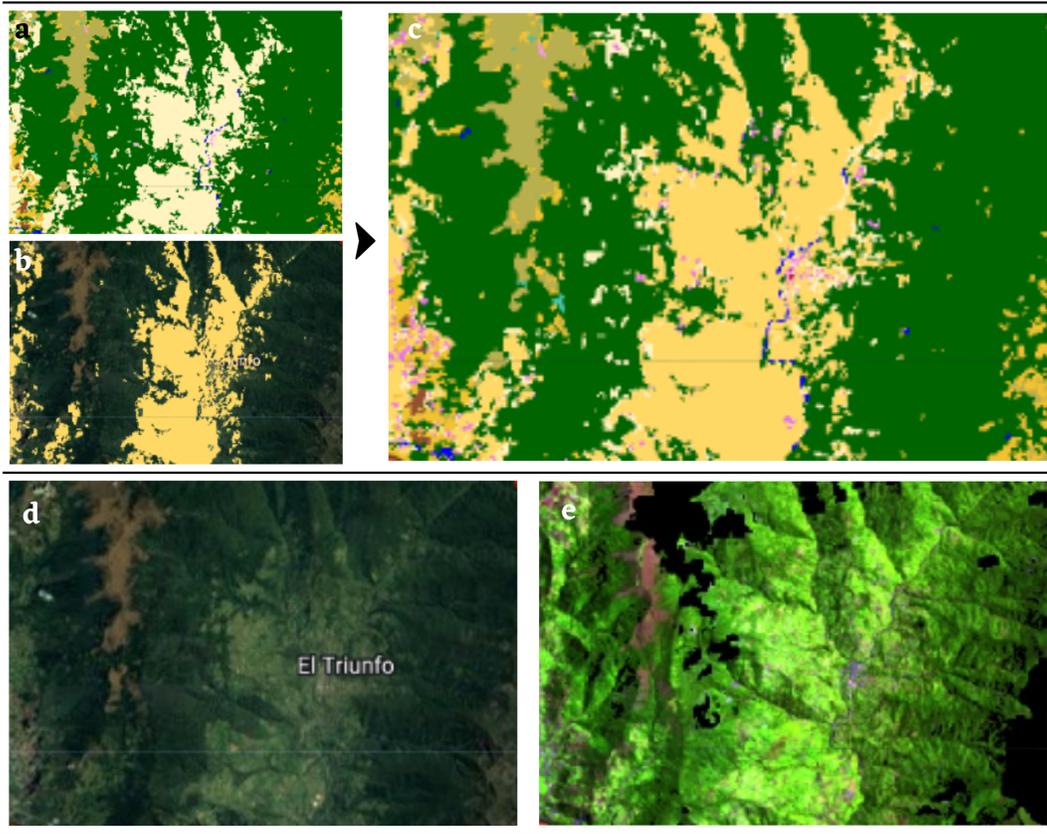


Figura 33. Ejemplo del efecto de la integración de capas para una zona en la Amazonía ecuatoriana (región 40602). a) Resultado clasificado del Mapa General 2021; b) Resultado clasificado del Tema transversal “pastos” 2021; c) Mapa final que muestra el resultado del tema “pastos” integrado al resultado del mapa general 2021; d) Mapa base de Google Earth Engine (imagen de alta resolución sin fecha); e) Mosaico Landsat para el año 2021; (Elaboración Ecociencia).

El resultado de esta fase es un único producto nacional

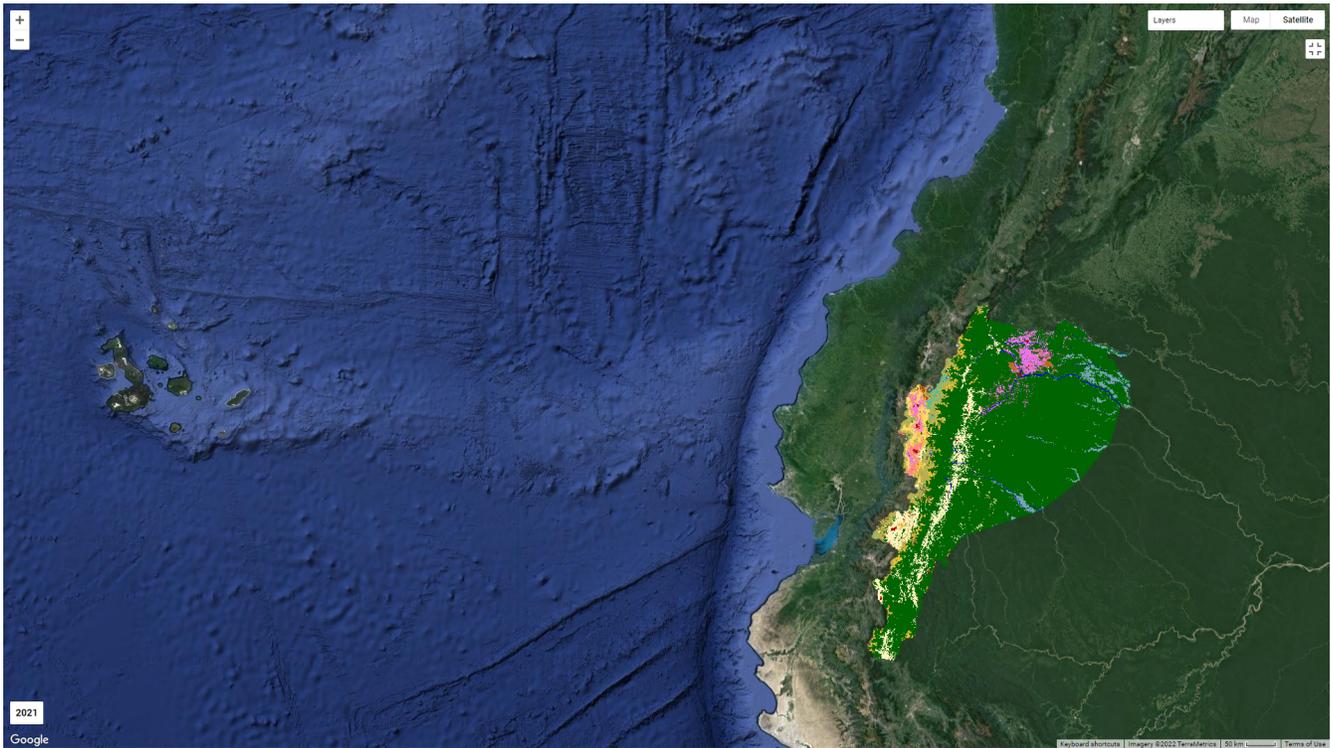


Figura 34. Mapas 2021 resultante de la integración nacional de la Amazonía ecuatoriana (Elaboración Ecociencia).

A continuación se presenta la serie temporal (1985-2021) completa para la Amazonía de Ecuador:



Figura 35. Mapas anuales 1985-2021 resultantes de la integración nacional de la Amazonía ecuatoriana (Elaboración Ecociencia).

3.6.1 Integración regional

Esta fase integra los resultados nacionales de clasificación en un único producto regional. (Figura 36).

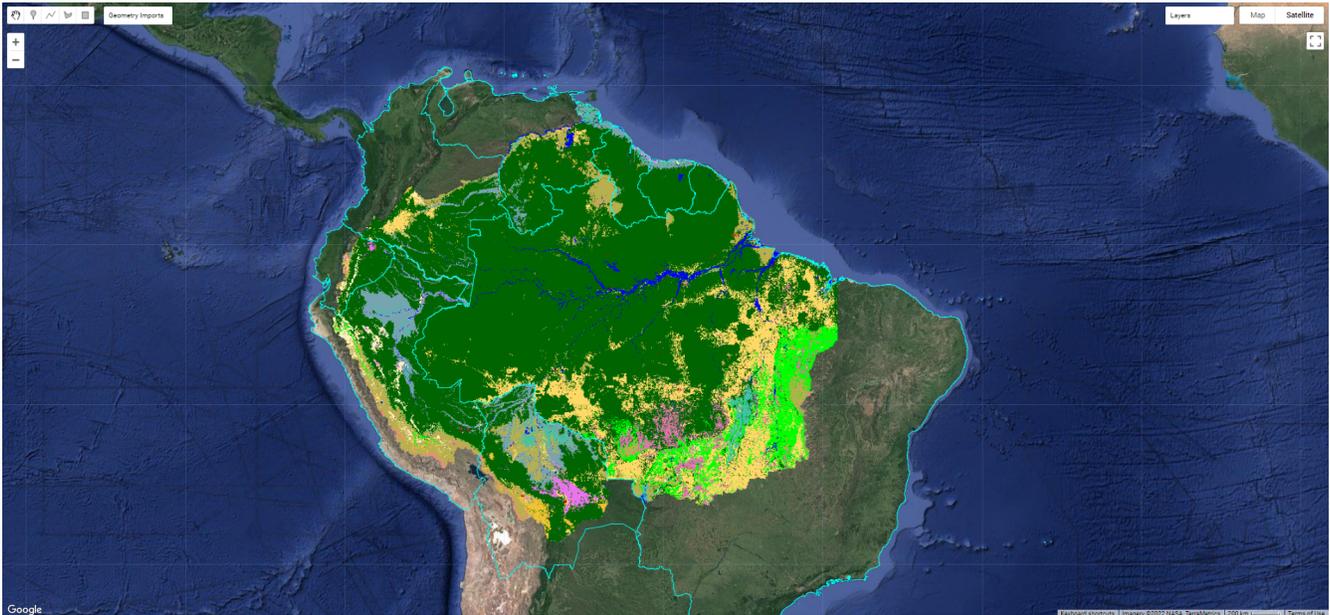


Figura 36. Mapa resultante para el año 2021 de la integración regional de la Amazonía de la Colección 4.0 de MapBiomas Amazonía (Elaboración Ecociencia).

4. Referencias

- Comité Nacional de Límites Internos - CONALI (2016). Organización Territorial del Estado.
- Cuesta F., M. Peralvo and N. Valarezo. 2009. Los Bosques Montanos de los Andes Tropicales. Quito: Biblioteca Asocam. 74 pp.
- Jarvis, A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole-filled SRTM for the globe Version 4, disponible de la base de datos de CGIAR-CSI SRTM 90m (<http://srtm.csi.cgiar.org>).
- Josse, Carmen & Cuesta, Francisco & Navarro, Gonzalo & Barrena, Víctor & Cabrera, Edersson & Chacón-Moreno, Eulogio & Ferreira, Wanderley & Peralvo, Manuel & J. y Tovar A., Saito. (2009). Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2013a). Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental. Escala 1:100000. Quito - Ecuador. Disponible en: <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2013b) Mapa de Sectores biogeográficos, Proyecto Mapa de Vegetación del Ecuador Continental. Quito. Disponible en: <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2013c). Metodología para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2017). Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental. Escala 1:25.000. Disponible en: <http://geoportala.gric.gob.ec/>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, (2016). Mapa De Cobertura y Uso De La Tierra Del Ecuador Continental año 2000, 2008, 2014. Quito - Ecuador. Disponible en: <http://mapainteractivo.ambiente.gob.ec/portal/>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, (2017). Mapa De Cobertura y Uso De La Tierra Del Ecuador Continental año 2016. Quito - Ecuador. Disponible en: <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, (2019). Mapa De Cobertura y Uso De La Tierra Del Ecuador Continental año 2018. Quito - Ecuador. Disponible en: <http://mapainteractivo.ambiente.gob.ec/portal/>
- SENAGUA (2014) Unidades hidrográficas del Ecuador, nivel 5, escala 1:50000

5. Anexos

Anexo 1: Título

5.1 Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental escala 1:100.000

El mapa de ecosistemas (Figura 3) fue elaborado en el 2013 por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador a escala 1:100.000 (MAATE, 2013a). Este mapa provee información detallada sobre la caracterización, localización y distribución espacial de los ecosistemas remanentes al 2012 del Ecuador continental para áreas con cobertura natural permitiendo distinguir tipos de formaciones naturales forestales y no forestales de áreas intervenidas. La metodología desarrolló un modelo biofísico a partir de factores ambientales bióticos y abióticos relevantes para la distribución de ecosistemas, cuya delimitación se apoyó en información sobre cobertura del suelo derivada de la interpretación de imágenes satelitales. El mapa presenta un sistema de clasificación jerárquica anidada. El mapa define 87 ecosistemas para la totalidad del territorio nacional continental, cuyo detalle puede ser revisado en el Anexo 1 del presente documento. Descrito por MAATE como: “Esta cobertura representa la caracterización, localización y distribución de los ecosistemas del Ecuador Continental al año 2012. Elaborado a escala 1: 100 000 a partir de modelamientos biofísicos, interpretación de imágenes satelitales (2010-2012) y validación en campo. Es un insumo base para explicar el estado de la biodiversidad a través de distintos tipos de análisis y una herramienta para facilitar la gestión y creación de políticas coherentes con el adecuado uso y manejo de los recursos naturales.” Estos datos están disponibles para descarga en: <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>

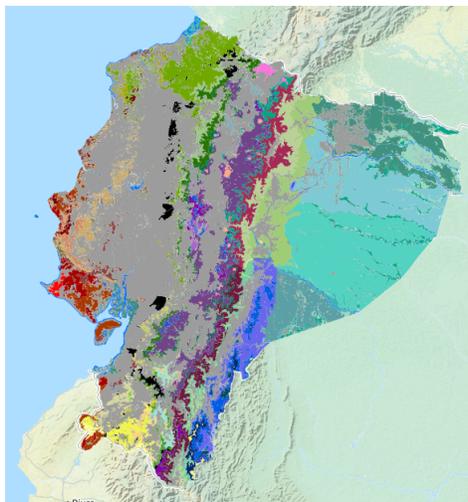


Figura 3. Mapa oficial de los Ecosistemas del Ecuador Continental. El detalle de la leyenda se encuentra en el Anexo 1 de este documento. Imagen tomada del [Mapa Interactivo Ambiental SUJA](http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/).

5.2. Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra escala 1:25.000

El mapa de cobertura y uso de la tierra a escala 1:25.000 (Figura 4) es un producto creado a nivel nacional desde el año 2009 al 2015, en un trabajo colaborativo entre Ministerio de Ganadería ex MAGAP, SIGTIERRAS y el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) y SENPLADES 2017. La información fue generada a nivel cantonal, con una periodicidad distinta para cada cantón dentro del periodo mencionado. Este mapa proporciona información detallada de los sistemas productivos, cobertura del suelo, tamaño de la parcela, y temporalidad del cultivo. En el 2017 el Ministerio de Agricultura homologó la información cantonal generando el mapa de cobertura y uso de la tierra nacional. Estos datos están disponibles como geo-servicio en http://www.geoportaligm.gob.ec/p_afc/ows?service=wms&version=1.3.0&request=GetCapabilities

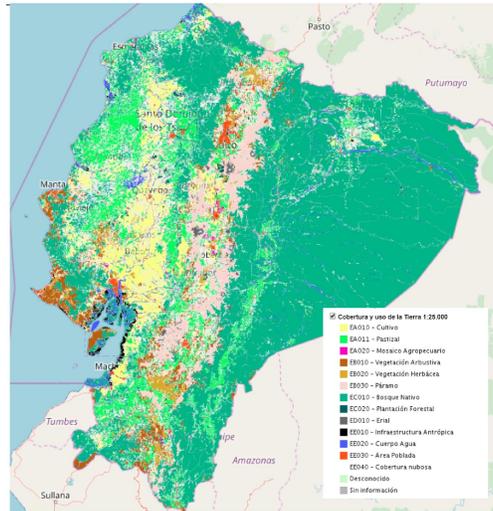


Figura 4. Mapa oficial de Cobertura y uso de la tierra de Ecuador. El detalle de la leyenda se encuentra en el Anexo 2 de este documento. Imagen tomada del Geoportal del Ministerio de Agricultura y Ganadería

5.3 Mapa de Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental (versión editada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en 2020) escala 1:25.000

El mapa de Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental (versión editada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en 2020) estuvo a cargo del Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) a través del Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (programa SIGTIERRAS). En el producto de 2015 se identificaron inconsistencias, por lo que se corrigió la información de algunas variables en el año 2020. Este mapa identifica los diferentes tipos de coberturas que ocupan la superficie de la tierra y determina el uso que da el hombre a cada una de ellas caracterizando el sistema de producción. La escala de trabajo es 1:25.000, lo que implica que la información del mapa no puede utilizarse para estudios que requieran escalas más detalladas ya que la Unidad Mínima Cartografiada (UMC) establecida es de 1.0 hectárea. Estos datos están disponibles para descarga en: <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>

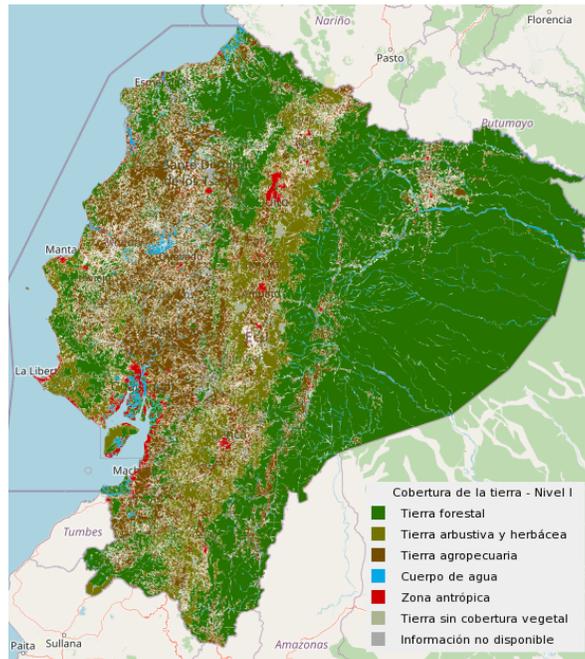
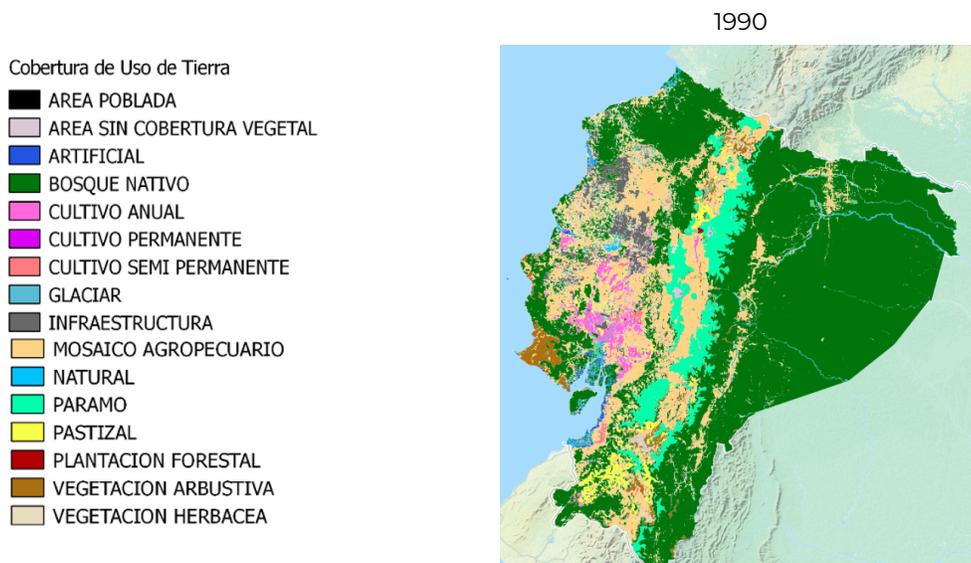


Figura 5. Mapa oficial de la Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental. . Imagen tomada del Geoportal del Ministerio de Agricultura y Ganadería

5.4 Mapas de Cobertura y Uso de la Tierra (CUT) del Ecuador Continental escala 1:100.000

Los mapas de cobertura y uso de la tierra generados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica y MAGAP (2014) para los años 1990, 2000, 2008, 2014, 2016 y 2018 a nivel nacional continental (Figura 5), identifican unidades con características comunes, desde bosques, zonas agrícolas y zonas transformadas a escala 1:100.000. Los mapas generados cuentan con dos niveles de detalle: a) nivel I corresponde a las 6 clases definidas por el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático); b) el nivel II corresponde a 16 clases (más detalladas) acordadas en mesas de diálogo intersectoriales. Disponible para descarga en: <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>



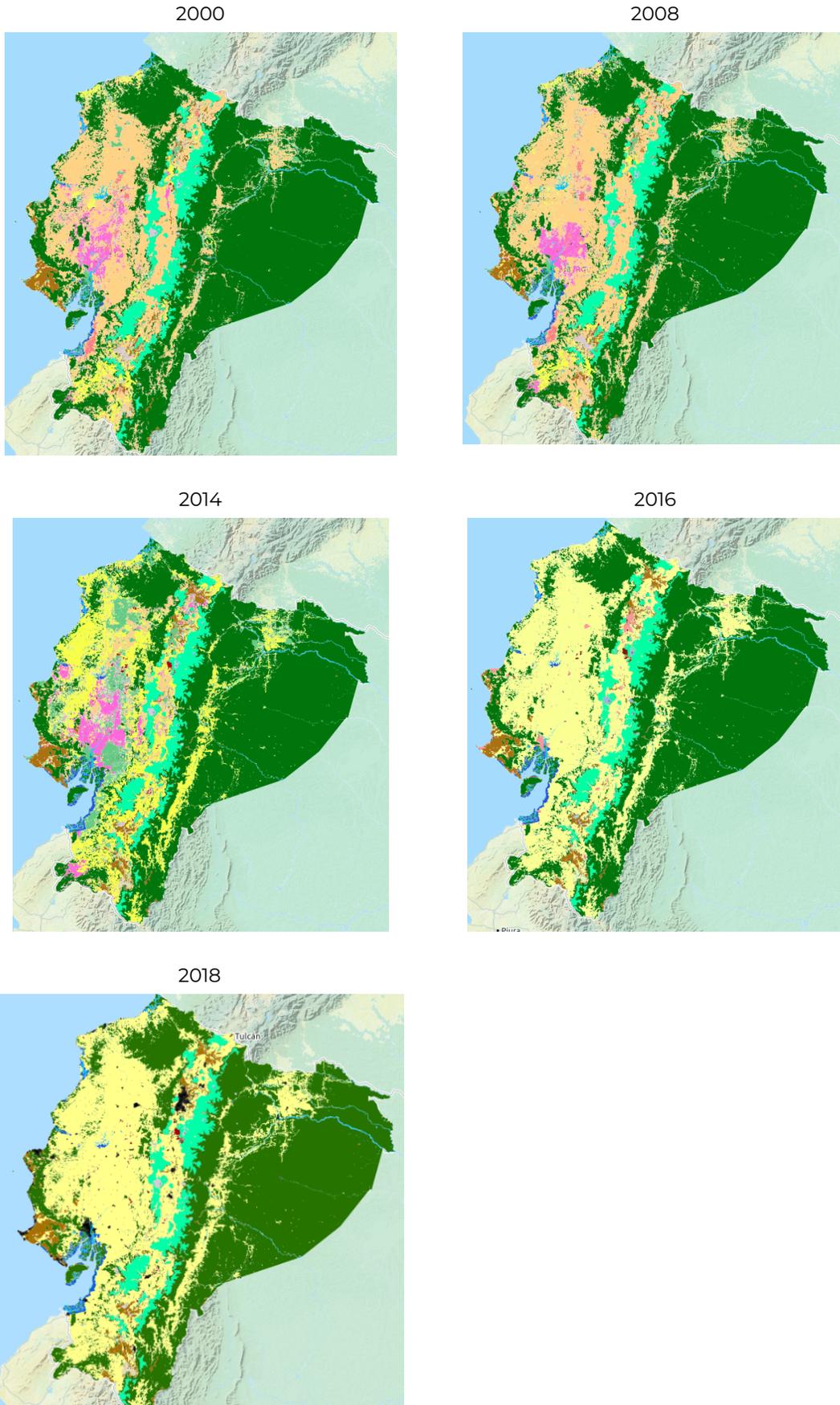


Figura 6. Mapas oficiales de cobertura y uso de la tierra de Ecuador 1990, 2000, 2008, 2014, 2016 y 2018. Imágenes tomadas del [Mapa Interactivo Ambiental SUJA](#).

5.7 Colección 3 de Mapas anuales de Cobertura y Uso del Suelo 1985-2020 de la Amazonía

En 2021, RAISG presentó su tercera colección de mapas anuales de cobertura y uso del suelo de la Pan Amazonia. A diferencia de la 2da colección, este mapa actualizado abarca los años del periodo 1985 a 2020. Los mapas fueron generados a partir de la clasificación de imágenes de satélite Landsat empleando Random Forest mediante scripts implementados enteramente en la plataforma Google Earth Engine.

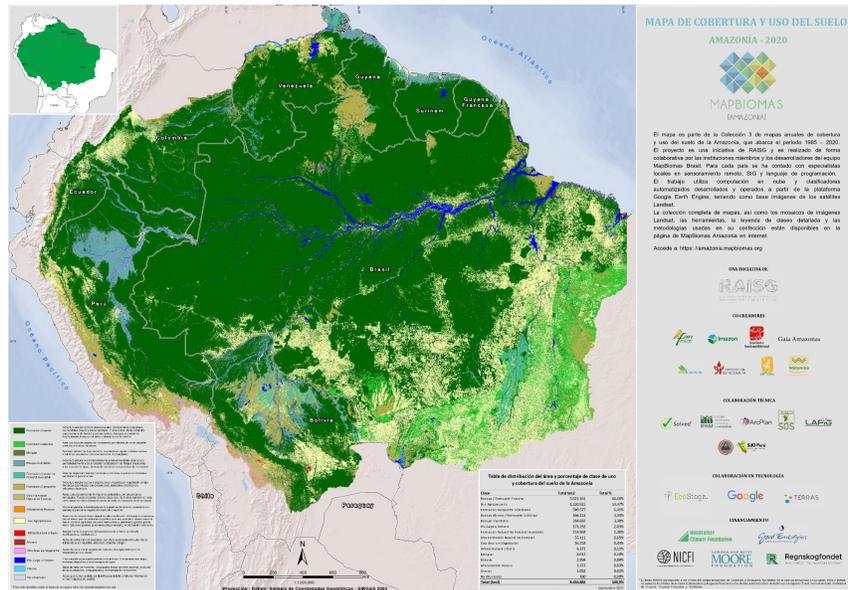


Figura 9. Mapa mural (año 2020) de la Colección 3 de MapBiomas Amazonía (RAISG, 2021).

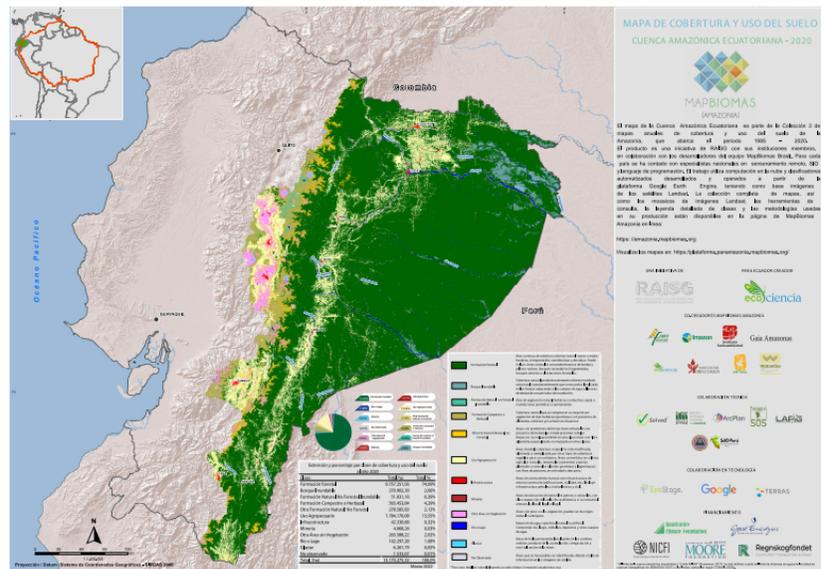


Figura 10. Mapa mural (año 2020) de Ecuador de la Colección 3 de MapBiomas Amazonía (RAISG, 2021).

Anexo 2: Leyenda del Mapa de Ecosistemas de Ecuador

Ecosistemas

- Agua
- Arbustal deciduo y Herbazal de playas del Litoral
- Arbustal desértico de tierras bajas del Jama-Zapotillo
- Arbustal desértico del sur de los Valles
- Arbustal semideciduo del sur de los Valles
- Arbustal siempreverde montano alto del Páramo del sur
- Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes
- Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes
- Arbustal siempreverde ripario de la Cordillera Oriental de los Andes
- Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo
- Arbustal siempreverde y Herbazal montano de la cordillera del Cóndor
- Bosque bajo y Arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo
- Bosque deciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
- Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo
- Bosque deciduo montano bajo del Catamayo-Alamor
- Bosque deciduo piemontano del Catamayo-Alamor
- Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen amazónico
- Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen andino y de Cordilleras Amazónicas
- Bosque inundable de llanura intermareal del Chocó Ecuatorial
- Bosque inundable y vegetación lacustre-riparia de aguas negras de la Amazonía
- Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonía
- Bosque inundado de llanura aluvial del Chocó Ecuatorial
- Bosque inundado de palmas de la llanura aluvial de la Amazonía
- Bosque semideciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
- Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo
- Bosque semideciduo montano bajo del Catamayo-Alamor
- Bosque semideciduo piemontano del Catamayo-Alamor
- Bosque semideciduo piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde de tierras bajas con bambú de la Amazonía
- Bosque siempreverde de tierras bajas del Abanico del Pastaza
- Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá
- Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial
- Bosque siempreverde de tierras bajas del Napo-Curaray
- Bosque siempreverde de tierras bajas del Tigre-Pastaza
- Bosque siempreverde del Páramo
- Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Chocó Ecuatorial
- Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo
- Bosque siempreverde estacional inundable de llanura aluvial del Jama-Zapotillo
- Bosque siempreverde estacional montano bajo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
- Bosque siempreverde estacional montano bajo del Catamayo-Alamor
- Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Chocó
- Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
- Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Occidental de los Andes
- Bosque siempreverde estacional piemontano del Catamayo-Alamor
- Bosque siempreverde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes
- Bosque siempreverde montano alto del Catamayo-Alamor

- Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Costera del Chocó
- Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes
- Bosque siempreverde montano bajo de Galeras
- Bosque siempreverde montano bajo de las cordilleras del Cóndor-Kutukú
- Bosque siempreverde montano bajo del Catamayo-Alamor
- Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde montano bajo sobre mesetas de arenisca de las cordilleras del Cóndor-Kutukú
- Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes
- Bosque siempreverde montano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú
- Bosque siempreverde montano del Catamayo-Alamor
- Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde montano sobre mesetas de arenisca de la cordillera del Cóndor

- Bosque siempreverde piemontano de Cordillera Occidental de los Andes
- Bosque siempreverde piemontano de Galeras
- Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú
- Bosque siempreverde piemontano del Catamayo-Alamor
- Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde piemontano sobre afloramientos de roca caliza de las Cordilleras Amazónicas
- Bosque siempreverde piemontano sobre mesetas de arenisca de las cordilleras del Cóndor-Kutukú
- Bosque siempreverde sobre mesetas de arenisca de la cordillera del Cóndor en la baja Amazonía ecuatoriana
- Bosque y Arbustal semideciduo del norte de los Valles
- Bosque y Arbustal semideciduo del sur de los Valles
- Herbazal del Páramo
- Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo
- Herbazal húmedo subnival del Páramo
- Herbazal inundable del Páramo
- Herbazal inundable ripario de tierras bajas del Chocó Ecuatorial
- Herbazal inundable ripario de tierras bajas del Jama-Zapotillo

- Herbazal inundado lacustre del Pacífico Ecuatorial
- Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonía
- Herbazal lacustre montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
- Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo
- Herbazal y Arbustal siempreverde del Páramo del volcán Sumaco
- Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo
- Intervención
- Manglar del Chocó Ecuatorial
- Manglar del Jama-Zapotillo
- Otras áreas
- Rosetal caulescente y Herbazal del Páramo (frailejones)
- Sin información
- Otros

Anexo 3: Leyenda del Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental

Nivel I	Nivel II	Definición Operativa	Fuente
Bosque	Bosque Nativo	Ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural; se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos.	MAE (2016)
	Plantación Forestal	Masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies forestales.	MAE (2011)
Vegetación Arbustiva y Herbácea	Vegetación Arbustiva	Áreas con un componente substancial de especies leñosas nativas no arbóreas. Incluye áreas degradadas en transición a una cobertura densa del dosel.	MAE (2011)
	Páramo	Vegetación tropical altoandino caracterizada por especies dominantes no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios de la zona.	MAGAP - IEE (2012)
	Vegetación Herbácea	Áreas constituidas por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales, utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.	MAGAP - IEE (2012)
Tierra Agropecuaria	Cultivo Anual	Comprende aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas, cuyo ciclo vegetativo es estacional, pudiendo ser cosechados una o más veces al año.	MAGAP - IEE (2012)
	Cultivo Semipermanente	Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo dura entre uno y tres años.	MAGAP - IEE (2012)
	Cultivo Permanente	Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo es mayor a tres años, y ofrece durante éste periodo varias cosechas.	MAGAP - IEE (2012)
Tierra Agropecuaria	Pastizal	Vegetaciones herbáceas dominadas por especies de gramíneas y leguminosas introducidas, utilizadas con fines pecuarios, que para su establecimiento y conservación, requieren de labores de cultivo y manejo.	MAGAP - IEE (2012)
	Mosaico Agropecuario (Asociación)	Son agrupaciones de especies cultivadas que se encuentran mezcladas entre sí y que no pueden ser individualizadas; y excepcionalmente pueden estar asociadas con vegetación natural.	MAGAP - IEE (2012)
Cuerpo de Agua	Natural	Superficie y volumen asociado de agua estática o en movimiento.	MAGAP - IEE (2012)
	Artificial	Superficie y volumen asociado de agua estática o en movimiento asociadas con las actividades antrópicas y el manejo del recurso hídrico.	MAGAP - IEE (2012)
Zona Antrópica	Área Poblada	Áreas principalmente ocupadas por viviendas y edificios destinados a colectividades o servicios públicos.	MAGAP - IEE (2012)
	Infraestructura	Obra civil de transporte, comunicación, agroindustrial y social.	MAGAP - IEE (2012)
Otras Tierras	Área sin cobertura vegetal	Áreas generalmente desprovistas de vegetación, que por sus limitaciones edáficas, climáticas, topográficas o antrópicas, no son aprovechadas para uso agropecuario o forestal, sin embargo pueden tener otros usos.	MAGAP - IEE (2012)
	Glaciar	Nieve y hielo localizados en las cumbres de las elevaciones andinas.	MAGAP - IEE (2012)

Anexo 4: Feature space de la Colección 3.0 de MapBiomás Amazonía.

Tipo	Variable	Fórmula	Descripción	Reductor aplicado														
				Med	DryMed	WetMed	Max	Min	Amp	StdDev	DryMin	DryMax	WetMin	WetMax	DryQme	WetQme		
Banda	blue	B1 (L5 y L7); B2 (L8)	Espectro visible azul															
	green	B2 (L5 y L7); B3 (L8)	Espectro visible verde															
	red	B3 (L5 y L7); B4 (L8)	Espectro visible rojo															
	nir	B4 (L5 y L7); B5 (L8)	Infrarrojo cercano															
	swir1	B5 (L5 y L7); B6 (L8)	Infrarrojo de onda corta 1															
Indices	swir2	B7 (L5); B8 (L7); B7(L8)	Infrarrojo de onda corta 2															
	cai	$(swir2 / swir1)$																
	evi2	$(2.5 * (nir - red)) / (nir + 2.4 * red + 1)$	Modificación del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) que solo utiliza NIR y Red, obviando la banda azul.															
	gfi	$(2 * GREEN - RED - BLUE) / (2 * GREEN + RED + BLUE)$	green leaf index															
	mdwi	$(Green - NIR) / (Green + NIR)$	Modificación del índice de diferencia normalizada de agua															
	ndbi	$(SWIR1 - NIR) / (SWIR1 + NIR)$	Normalized Difference Built-Up Index															
	ndgb	$(Green - Blue) / (Green + Blue)$	Diferencia normalizada de las bandas verde y azul															
	ndmi	$(NIR - SWIR1) / (NIR + SWIR1)$	Diferencia normalizada de las bandas del infrarrojo cercano y mediano															
	ndmir	$(SWIR1 - SWIR2) / (SWIR1 + SWIR2)$	Diferencia normalizada de las bandas del infrarrojo mediano															
	ndrb	$(Red - Blue) / (Red + Blue)$	Diferencia normalizada de las bandas rojo y azul															
	ndsi	$(green - swir1) / (green + swir1)$	Índice Diferencial Normalizado de Nieve															
	ndsi2	$(SWIR1 - NIR) / (SWIR1 + NIR)$																
	ndvi	$(nir - red) / (nir + red)$	Índice de vegetación de diferencia normalizada															
	ndwi_gao	$(nir - swir1) / (nir + swir1)$	Índice de agua de diferencia normalizada (gao)															
	ndwi_mcfeters	$(green - nir) / (green + nir)$	Índice de agua de diferencia normalizada (mcfeters)															
	govi	$(nir / green) - 1$	Green Chlorophyll Vegetation Index															
	halcover	$(-red * 0.017) - (nir * 0.007) - (swir2 * 0.079) + 5.22$	Índice espectral de cubierta terrestre															
	pri	$(blue - green) / (blue + green)$	Índice de reflectancia fotoquímica (Photochemical Reflectance Index)															
	savi	$(1 + L) * (nir - red) / (nir + red + 0.5)$	Índice de vegetación ajustada al suelo															
	textG	$(median_green) \cdot entropy(ee.Kernel.square(radius: 5))$	Entropía en la banda Azul															
nuaci	$UNTLE * (1 - \sqrt{(NDWI - aNDWI)^2 + (NDVI - aNDVI)^2}) / (NDBI - aNDBI)^2$	Índice Normalizado Compuesto de Áreas Urbanas																
Fracción MME	gv		Abundancia fraccional de vegetación verde dentro del píxel															
	npv		Abundancia fraccional de vegetación no fotosintética dentro del píxel															
	soil		Abundancia fraccional de suelo dentro del píxel															
	snow		Abundancia fraccional de nieve dentro del píxel															
	cloud		Abundancia fraccional de nube dentro del píxel															
	shade	$100 - (gv + npv + soil + cloud)$	Abundancia fraccional de sombra dentro del píxel															
	gvs	$gv / (gv + npv + soil + cloud)$	Vegetación verde normalizada por sombra															
Índice MEM	ndfi	$(gvs - (npv + soil)) / (gvs + (npv + soil))$	Índice de fracción de diferencia normalizada															
	sefi	$(gv + npv - soil) / (gv + npv + soil)$	Índice de fracción del ecosistema de sabana															
	wefi	$((gv + npv) - (soil + shade)) / ((gv + npv) + (soil + shade))$	Índice de fracciones del ecosistema de humedales															
	fns	$((gv + shade) - soil) / ((gv + shade) + soil)$	Índice basada en fracciones gv, shade y soil															
ndfib	$GV - (NPV + Soil + Snow) / (GV + (NPV + Soil + Snow))$	Adaptación del NDFI para los Andes																
Estáticas	altitud		Altitud															
	slope		Pendiente															
	slppost		Pendiente Estratificada															
	latitude		Latitud															
	longitude		Longitud															
	Shademask		Mapa de sombras															
	hand30_100		Inundabilidad															
	hand30_1000		Inundabilidad															
	hand30_5000		Inundabilidad															
	hand90_1000		Inundabilidad															
	water_HAND_0m		Inundabilidad															
	water_HAND_10m		Inundabilidad															
	water_HAND_1m		Inundabilidad															
	water_HAND_2m		Inundabilidad															
water_HAND_5m		Inundabilidad																

Anexo 5: Ecosistemas de la Amazonía de Ecuador agrupados según las clases de cobertura y uso de suelo equivalentes de la leyenda MapBiomás Amazonía.

NIVEL 1	NIVEL 2	REGIÓN	ECOSISTEMAS (MAATE, 2013a)
BOSQUE	Formación forestal (ID = 3)	Amazonía	- BOSQUE SEMIDECIDUO PIEMONTANO DEL SUR DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES
			- BOSQUE SIEMPREVERDE DE TIERRAS BAJAS CON BAMBÁ DE LA AMAZONÍA
			- BOSQUE SIEMPREVERDE DE TIERRAS BAJAS DEL ABANICO DEL PASTAZA
			- BOSQUE SIEMPREVERDE DE TIERRAS BAJAS DEL AGUARICO-PUTUMAYO-CAQUETÁ
			- BOSQUE SIEMPREVERDE DE TIERRAS BAJAS DEL NAPO-CURARAY
- BOSQUE SIEMPREVERDE DE TIERRAS BAJAS DEL TIGRE-PASTAZA			
- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO ALTO DEL NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES			
- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO BAJO DE GALERAS			
- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO BAJO DE LAS CORDILLERAS DEL CÓNDOR-KUTUKÚ			
- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO BAJO DEL NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES			
- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO BAJO DEL SUR DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES			
- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO BAJO SOBRE MESETAS DE ARENISCA DE LAS CORDILLERAS DEL CÓNDOR-KUTUKÚ			
- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO DE LAS CORDILLERAS DEL CÓNDOR-KUTUKÚ			
- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO DEL NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES			
- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO DEL SUR DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES			
- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO SOBRE MESETAS DE ARENISCA DE LA CORDILLERA DEL CÓNDOR			
- BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO DE GALERAS			
- BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO DE LAS CORDILLERAS DEL CÓNDOR-KUTUKÚ			
- BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO DEL NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES			
- BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO DEL SUR DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES			
- BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO SOBRE AFLORAMIENTOS DE ROCA CALIZA DE LAS CORDILLERAS AMAZÓNICAS			
- BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO SOBRE MESETAS DE ARENISCA DE LAS CORDILLERAS DEL CÓNDOR-KUTUKÚ			
- BOSQUE SIEMPREVERDE SOBRE MESETAS DE ARENISCA DE LA CORDILLERA DEL CÓNDOR EN LA BAJA AMAZONÍA			
	Bosque Inundable (ID=6)	Amazonía	- BOSQUE INUNDABLE DE LA LLANURA ALUVIAL DE LOS RÍOS DE ORIGEN AMAZÓNICO
			- BOSQUE INUNDABLE DE LA LLANURA ALUVIAL DE LOS RÍOS DE ORIGEN ANDINO Y DE CORDILLERAS AMAZÓNICAS
			- BOSQUE INUNDABLE Y VEGETACIÓN LACUSTRE RIPARIA DE AGUAS NEGRAS DE LA AMAZONÍA
			- BOSQUE INUNDADO DE LA LLANURA ALUVIAL DE LA AMAZONÍA
	Formación forestal (ID = 3)	Andes	- BOSQUE SIEMPREVERDE DEL PÁRAMO
			- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO ALTO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DE LOS ANDES
			- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO ALTO DEL CATAMAYO-ALAMOR
			- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO ALTO DEL NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES
			- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO ALTO DEL SUR DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES
			- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO BAJO DEL NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES
			- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO BAJO DEL SUR DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES
			- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DE LOS ANDES
			- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO DEL CATAMAYO-ALAMOR
			- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO DEL NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES
	- BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO DEL SUR DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES		
	- BOSQUE Y ARBUSTAL SEMIDECIDUO DEL NORTE DE LOS VALLES		
FORMACIÓN NATURAL NO FORESTAL	Área Húmeda Natural no Forestal (ID=11)	Amazonía	- HERBAZAL INUNDADO LACUSTRE-RIPARIO DE LA LLANURA ALUVIAL DE LA AMAZONÍA
	Otra Formación Natural no Forestal (ID=13)	Amazonía	- ARBUSTAL SIEMPREVERDE RIPARIO DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES
			- ARBUSTAL SIEMPREVERDE Y HERBAZAL DEL PÁRAMO
			- ARBUSTAL SIEMPREVERDE Y HERBAZAL MONTANO DE LA CORDILLERA DEL CÓNDOR
	Área Húmeda Natural no Forestal (ID=11)	Andes	- HERBAZAL HÚMEDO MONTANO ALTO SUPERIOR DEL PÁRAMO
			- HERBAZAL HÚMEDO SUBNIVAL DEL PÁRAMO
		- HERBAZAL INUNDABLE DEL PÁRAMO	
		- HERBAZAL LACUSTRE MONTANO BAJO DEL SUR DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES	
		- HERBAZAL ULTRA HÚMEDO SUBNIVAL DEL PÁRAMO	
		- HERBAZAL Y ARBUSTAL SIEMPREVERDE SUBNIVAL DEL PÁRAMO	
	Formación Campestre (ID=12)	Andes	- HERBAZAL DEL PÁRAMO
			- HERBAZAL HÚMEDO MONTANO ALTO SUPERIOR DEL PÁRAMO
			- HERBAZAL HÚMEDO SUBNIVAL DEL PÁRAMO
			- HERBAZAL ULTRA HÚMEDO SUBNIVAL DEL PÁRAMO
			- HERBAZAL Y ARBUSTAL SIEMPREVERDE SUBNIVAL DEL PÁRAMO
	Otra Formación Natural no Forestal (ID=13)	Andes	- ARBUSTAL SIEMPREVERDE MONTANO ALTO DEL PÁRAMO DEL SUR
			- ARBUSTAL SIEMPREVERDE MONTANO DEL NORTE DE LOS ANDES
			- ARBUSTAL SIEMPREVERDE MONTANO DEL SUR DE LOS ANDES
			- ARBUSTAL SIEMPREVERDE Y HERBAZAL DEL PÁRAMO
			- HERBAZAL Y ARBUSTAL SIEMPREVERDE SUBNIVAL DEL PÁRAMO
			- ROSETAL CAULESCENTE Y HERBAZAL DE PÁRAMO (FRAILEJONES)

Anexo 6: Categorías de Uso del Suelo de Ecuador agrupados según las clases de cobertura y uso de suelo equivalentes de la leyenda MapBiomás Amazonía.

LEYENDA		REGIÓN	CLASES DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA SEGÚN MAATE, 2019
NIVEL 1	NIVEL 2		
BOSQUE NATURAL	Formación Forestal (ID = 3)	Amazonía Andes	- Bosque nativo
	Bosque Inundable (ID = 6)	Amazonía	- Bosque nativo
FORMACIÓN NATURAL NO FORESTAL	Formación Natural no Forestal Inundable (ID = 11)	Amazonía Andes	- Vegetación herbácea - Páramo
	Formación Campestre (ID = 12)	Andes	- Vegetación herbácea - Páramo
	Afloramiento rocoso (ID= 29)	Amazonía Andes	- Área sin cobertura vegetal
	Otra Formación Natural no Forestal (ID = 13)	Amazonía Andes	- Vegetación arbustiva
AGROPECUARIA Y SILVICULTURA	Pasto (ID= 15)	Amazonía Andes	- Pastizal
	Agricultura (ID= 18)	Amazonía Andes	- Cultivo anual - Cultivo semipermanente - Cultivo permanente
	Silvicultura (ID= 9)	Amazonía Andes	- Plantación forestal
	Palma aceitera (ID= 35)	Amazonía Andes	- Cultivo permanente
	Mosaico de agricultura y/o pastos (ID= 21)	Amazonía Andes	- Mosaico agropecuario
ÁREA SIN VEGETACIÓN	Infraestructura Urbana (ID = 24)	Amazonía Andes	- Área poblada - Infraestructura
	Minería (ID = 30)	Amazonía	- Área sin cobertura vegetal
	Otra área sin vegetación (ID = 25)	Amazonía Andes	- Área sin cobertura vegetal
CUERPO DE AGUA	Río, Lago u Océano (ID = 33)	Amazonía Andes	- Cuerpo de agua - Natural - Artificial
	Glaciar (ID = 34)	Andes	- Glaciar