

Equipo de Especialistas

Especialistas en mapeo

- Juan Carlos Amilibia
- Emanuel Valero
- Rodrigo Lazo
- José Sánchez
- Dionis Milla
- Reinaldo Romero
- Mylene Gutiérrez
- Sergio Zambrano

Responsable del proyecto RAISG-MapBiomás de la Amazonía venezolana

- Rodrigo Lazo (rlazo@provitaonline.org)
- Irene Zager (izager@provitaonline.org)

Institución:



Calle La Joya entre Av. Francisco de Miranda
y Av. Libertador. Edif. Unidad Técnica del Este,
Piso 10, Ofic. 29 y 30.
AP 47552, Caracas, Venezuela
Tef: (+58) 212 2637240 / 2656996 / 2670897
<http://www.provita.org.ve/>

Cómo citar:

Lazo, R., E. Valero, J. Sánchez, I. Zager. Documento de Bases Teóricas de Algoritmo (ATBD) RAISG- MapBiomás Amazonía Colección 4, Venezuela - Apéndice Colección 4 (2022).

Índice

Lista de Tablas	4
Lista de Figuras	5
1. Características generales del país	7
2. Otras iniciativas nacionales de cartografía	9
3. Diferencias metodológicas de la colección 4 en la Amazonía venezolana	13
4. Paso 1: Generación del mosaico Landsat	14
4.1 Definición de los parámetros	17
4.2 Generación de los mosaicos	18
5. Clasificación	21
5.1 Leyenda	22
5.2 Subregiones de clasificación	25
5.4 Paso 2: Generación de muestras	28
5.4.1 Paso 2.0: Generación de píxeles estables	28
5.4.2 Paso 2.1: Cálculo de áreas de entrenamiento	29
5.4.3 Paso 2.2: Generación de muestras de entrenamiento	29
5.5 Paso 3: Clasificación preliminar	30
5.5.1 Paso 3.0: Clasificación	30
5.5.2 Paso 3.1: Gap Fill (Llenado de píxeles sin información)	31
6. Paso 4: Post-clasificación - Filtros	32
6.1 Filtro temporal	32
6.2 Filtro espacial	35
6.3 Filtro de frecuencia	35
6.5 Integración	37
7. Referencias	38

Lista de Tablas

Tabla 1: Regiones operativas dentro de la Amazonía venezolana	8
Tabla 2: Resumen de los parámetros de las imágenes Landsat utilizadas en la construcción de los mosaicos para la Amazonía venezolana	18
Tabla 3: Clases de cobertura y uso de la tierra de la colección 4 mapeadas según la metodología del mapa general y los temas transversales.	21
Tabla 4. Clases de cobertura y uso de la tierra de la colección 4 de MapBiomias Amazonía utilizadas por Venezuela	22
Tabla 5: Formaciones vegetales presentes en la Amazonía venezolana reagrupadas según las categorías de la leyenda de la colección 4 de MapBiomias Amazonía.	24
Tabla 6. Subregiones de clasificación	23
Tabla 7: Parámetros utilizados en el clasificador Random Forest	
Tabla 8: Parámetros para el orden de ejecución o prioridad de cada una de las 36 subregiones de la Amazonía venezolana	40
Tabla 9: Parámetros para el porcentaje de vegetación nativa mínima y mayoritaria para que sea considerada en el filtro de frecuencia en cada una de las 36 subregiones de la Amazonía venezolana.	
Tabla 10: Reglas de prioridad para la integración de clases.	38

Lista de Figuras

Figura 1: Límite de la Amazonía venezolana en el ámbito de la RAISG y su división por regiones operativas Límite RAISG (rojo), límites de estado (negro)	7
Figura 2: Mapa Guayana Venezolana (Huber, 1995)	9
Figura 3: Mapa de Vegetación de Venezuela (MARNR, 2003)	10
Figura 4: Mapa de Formaciones Vegetales de Venezuela (Huber y Oliveira, 2010)	10
Figura 5: Mapa de Ecosistema de Venezuela (MPPA, 2014)	11
Figura 6: Mapa de cobertura y uso del suelo (RAISG, 2019)	11
Figura 7: Mapa de cobertura y uso del suelo (RAISG, 2020)	12
Figura 8: Mapa de cobertura y uso del suelo (RAISG, 2021)	13
Figura 9: Síntesis metodológica de la Colección 4 de MapBiomias Amazonía - Venezuela	14
Figura 10: Grilla de cartas MapBiomias para la Amazonía venezolana (44 cartas en total)	15
Figura 11: Grilla de cartas MapBiomias con las regiones operativas para la Amazonía venezolana	16
Figura 12: Salida y visualización del paso 1 en el editor de código de GEE.	18
Figura 13: Mosaicos de imágenes del año 1985 al 2020	20
Figura 14: Regiones de clasificación definidas para la Amazonía venezolana	27
Figura 15: Muestras estables de cuatro regiones de la Amazonía venezolana, con base en los datos de la colección 2 MapBiomias de cobertura y uso. Esquina superior izquierda: 90207, superior derecha 90227, inferior izquierda 90502, inferior derecha 91301	29
Figura 16: Detalle de la subregión 90217 donde se muestran los puntos de muestreo en cada clase de cobertura y uso.	30
Figura 17: Clasificación preliminar de cobertura y uso para la región 90205 de la Amazonía venezolana, año 2005 (izquierda) y 2010 (derecha).	31
Figura 18: Esquema de actuación del Gap Fill	31
Figura 19: Área donde se muestra un ejemplo del antes y después de la aplicación del Gap Fill para el año 2000, región 90203	32
Figura 20: Reglas de uso en el filtro temporal.	33
Figura 21: Representación del antes y después de la aplicación del filtro temporal para el año 2017	34
Figura 22: Ejemplo del antes y después de la aplicación del filtro espacial para el año 2018	35
Figura 23: Gráfica donde se muestra el antes y después de la aplicación del filtro de frecuencia	36

Figura 24: Ejemplo del antes y después de la aplicación del filtro de frecuencia para el año 1994, región 90204. 36

1. Características generales del país

La Amazonía venezolana está ubicada al noreste de América del Sur, abarcando una extensión aproximada de 470.219 km², equivalente al 51,3% de la superficie del país. Está delimitada al norte y oeste por el río Orinoco, al sur por el límite internacional con Brasil y al este por Guyana y el océano Atlántico. Administrativamente está dividida en tres estados: Delta Amacuro en el noreste (abarcando el delta del río Orinoco), Bolívar en el centro, y Amazonas en el suroeste, siendo la entidad política más austral del país (Figura 1). Dentro de esta región se ubican al menos 31 pueblos indígenas. No obstante, el área está caracterizada por una baja densidad poblacional, con un promedio regional de 4,7 habitantes por km² (INE 2018). El 90% de la población se concentra en unas pocas ciudades y pueblos a lo largo de la periferia norte y noroeste de la región, principalmente en el estado Bolívar, donde las actividades mineras y comerciales atraen a personas de otras regiones del país y del extranjero.



Figura 1: Límite de la Amazonía venezolana en el ámbito de la RAISG y su división por regiones operativas

Para los fines de los análisis de MapBiomos Amazonía, la totalidad de la Amazonía venezolana fue clasificada dentro del bioma “Amazonía”. Sin embargo, con el objetivo de facilitar el proceso de clasificación de la cobertura y uso del suelo y obtener mejores resultados, se tomó la decisión de subdividir el área de estudio en regiones operativas definidas por criterios fisiográficos, florísticos y fisonómicos, con base en los mapas de referencia disponibles (e.g., Huber 1995) y la interpretación de imágenes satelitales. De esta forma, se definieron tres regiones operativas: Amazonía baja, Delta y Tepuyes.

Tabla 1: Regiones operativas dentro de la Amazonía venezolana

Región	Descripción	Motivo de separación
Amazonía Baja	<p>Corresponde al 89,5% de la Amazonía venezolana, con una extensión de 421.018,7 km². Se extiende desde la costa atlántica en el delta del Orinoco hasta la frontera con Colombia y Brasil. Se caracteriza por una variedad de bosques tropicales y montanos. Desde bosques de tierras bajas que muestran el patrón típico de un mosaico horizontalmente estructurado, hasta los bosques de montaña que presentan un patrón de distribución vertical más regular dispuesto en cinturones altitudinales. En esta región también están presentes las formaciones de "sabana". Están dominados por un estrato herbáceo de composición de gramíneas mientras que las formaciones de "herbazal", por el contrario, están formadas por hierbas diferentes a las gramíneas. En estas regiones pueden presentarse sabanas con gramíneas que está asociada con un estrato leñoso (sabanas arboladas) o no (sabanas abiertas) - cuando está acompañado por palmas, se denominan sabanas en planicies inundables con palmas o morichales y herbazales sin gramíneas que puede ser abiertas o arbustivas.</p>	<p>Predomina desde las zonas bajas hasta llegar a las zonas pre-montañas y altas de la Amazonía venezolana, cubriendo diferentes zonas climáticas. Está constituida principalmente por formaciones arbóreas de grandes extensiones. Las sabanas se caracterizan por predominar formaciones herbáceas, con presencia de árboles y arbustos de escasa cobertura.</p>
Delta del Orinoco	<p>Abarca una superficie aproximada de 28.889,2 km², equivalente al 6,1% de la Amazonía venezolana. El Delta representa una extensa superficie de acumulación de sedimentos transportados por el río Orinoco, el cual tiene una cuenca de 1.100.000 km² y una longitud de 2.060 km por donde drenan el 94,6% de las aguas superficiales del país. El Delta se ha dividido en tres subregiones naturales (superior, medio e inferior), sobre la base de la mayor o menor influencia de depósitos fluviales y /o marinos y a la mayor o menor acción de las mareas, en la regulación del drenaje superficial.</p>	<p>El delta de Orinoco se diferencia del resto de la región por presentar comunidades boscosas caracterizadas por suelos permanentemente saturados de agua, o al menos con un nivel freático muy cercano a la superficie, aun durante el final de la época de sequía. Estos bosques se combinan con comunidades de herbazales que ocupan extensiones importantes en las planicies cenagosas de toda la región deltaica.</p>
Tepuyes	<p>Los tepuyes son mesetas características del escudo guayanés, con paredes verticales y cimas relativamente planas. Corresponden a las formaciones geológicas, expuestas, más antiguas del planeta y ocupan aproximadamente 30.309,7 km²; sólo el 4,3% del territorio de la amazonia venezolana. La altitud de estas formaciones varía entre los 1.500 msnm hasta casi los 3.000 msnm. Se caracterizan por una variedad de formaciones desde bosques ombrófilo submicrotérmino o bosques tepuyanos y herbazales, hasta vegetación saxícola localizada sobre las superficies rocosas de los grandes tepuyes.</p>	<p>Presenta por su orografía, características propias de clima, substrato y de cobertura del suelo, generando un complejo biogeográfico diferente al resto de la Amazonía venezolana. Gran parte de la flora tepuyana es endémica. El rango de alturas corresponde a las características climáticas de la Amazonía alta.</p>

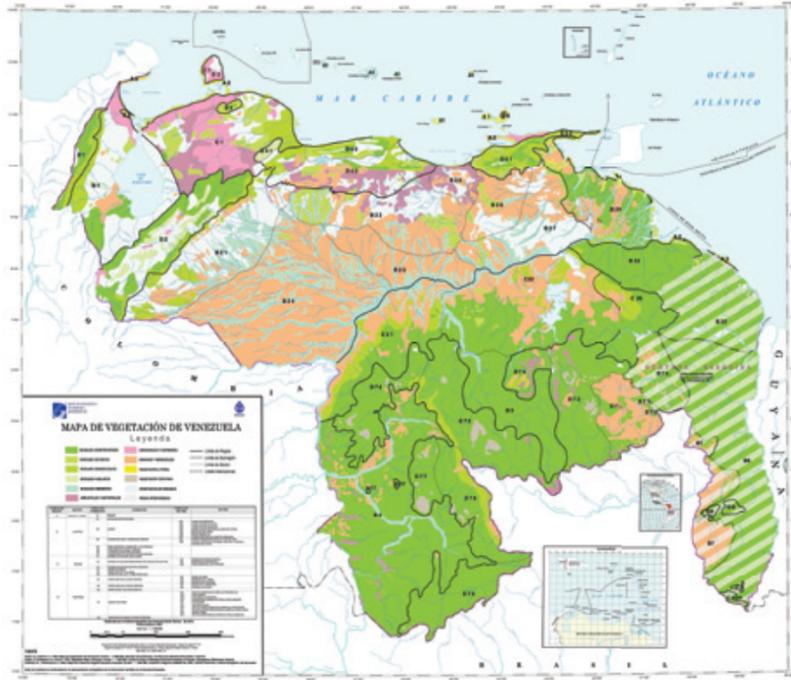


Figura 3: Mapa de Vegetación de Venezuela (MARNR, 2003)

- En el 2010, Provita publica el *Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela*, el cual contiene un mapa de *Formaciones Vegetales de Venezuela* elaborado por Huber y Oliveira (Figura 4).

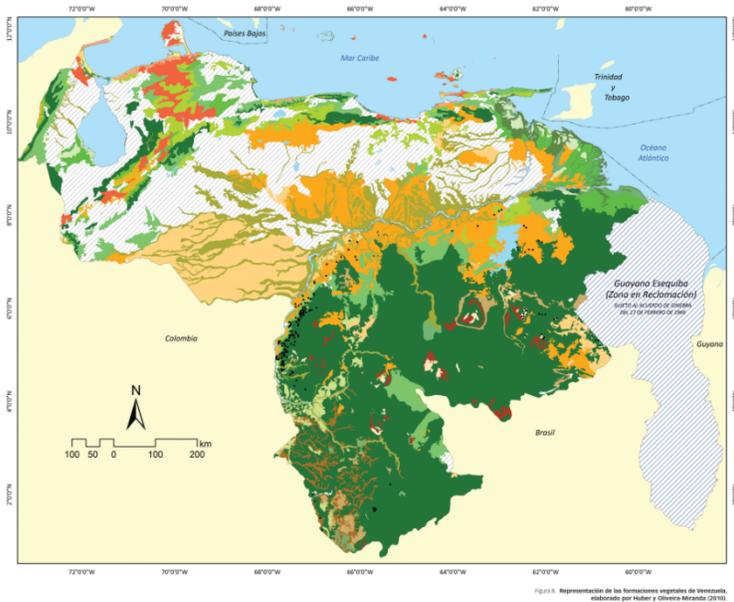


Figura 4: Mapa de Formaciones Vegetales de Venezuela (Huber y Oliveira, 2010)

- En el 2014, el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA) publicó el *Mapa de Ecosistemas de Venezuela* a Escala 1.2.000.000 (Figura 5).



Figura 5: Mapa de Ecosistema de Venezuela (MPPA, 2014)

- En el 2019, RAISG presentó su colección de mapas anuales de cobertura y uso del suelo de la Pan Amazonia: Mapbiomas Amazonía. Se generó a partir de la clasificación de imágenes de satélite Landsat desde el 2000 al 2017. El proyecto fue desarrollado en conjunto por los socios de RAISG en los países amazónicos siguiendo una única metodología.

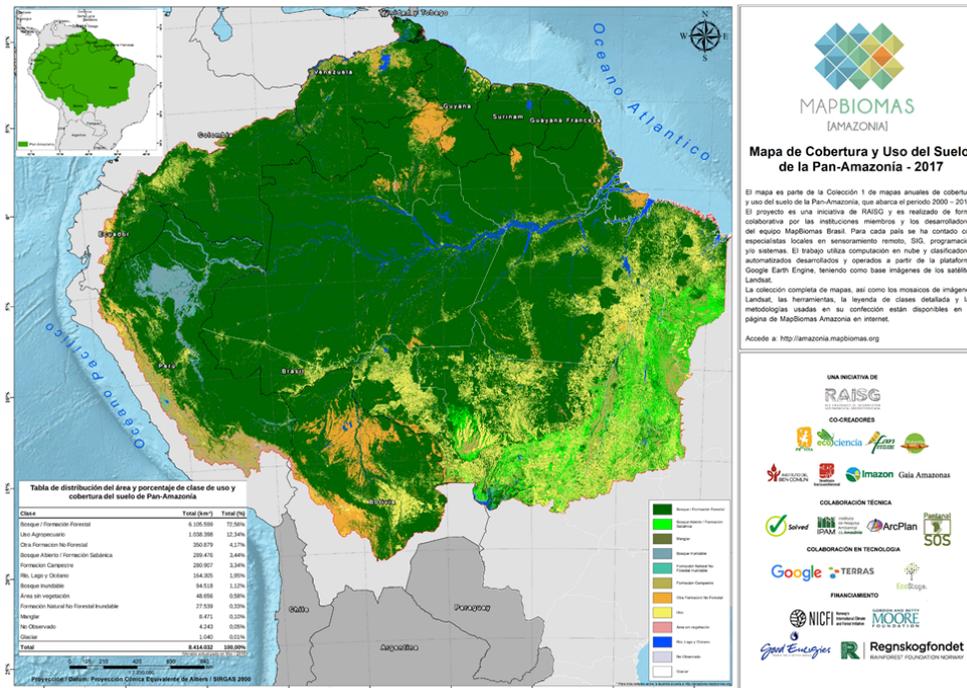


Figura 6: Mapa de cobertura y uso del suelo (RAISG, 2019)

- En el 2020, RAISG presentó la segunda versión mejorada y ampliada de su colección de mapas anuales de cobertura y uso del suelo de la Pan Amazonia: Mapbiomas Amazonia. Se generó a partir de la clasificación de imágenes del satélite Landsat desde 1985 al 2018. El proyecto fue desarrollado en conjunto por los socios de RAISG en los países amazónicos siguiendo una única metodología .

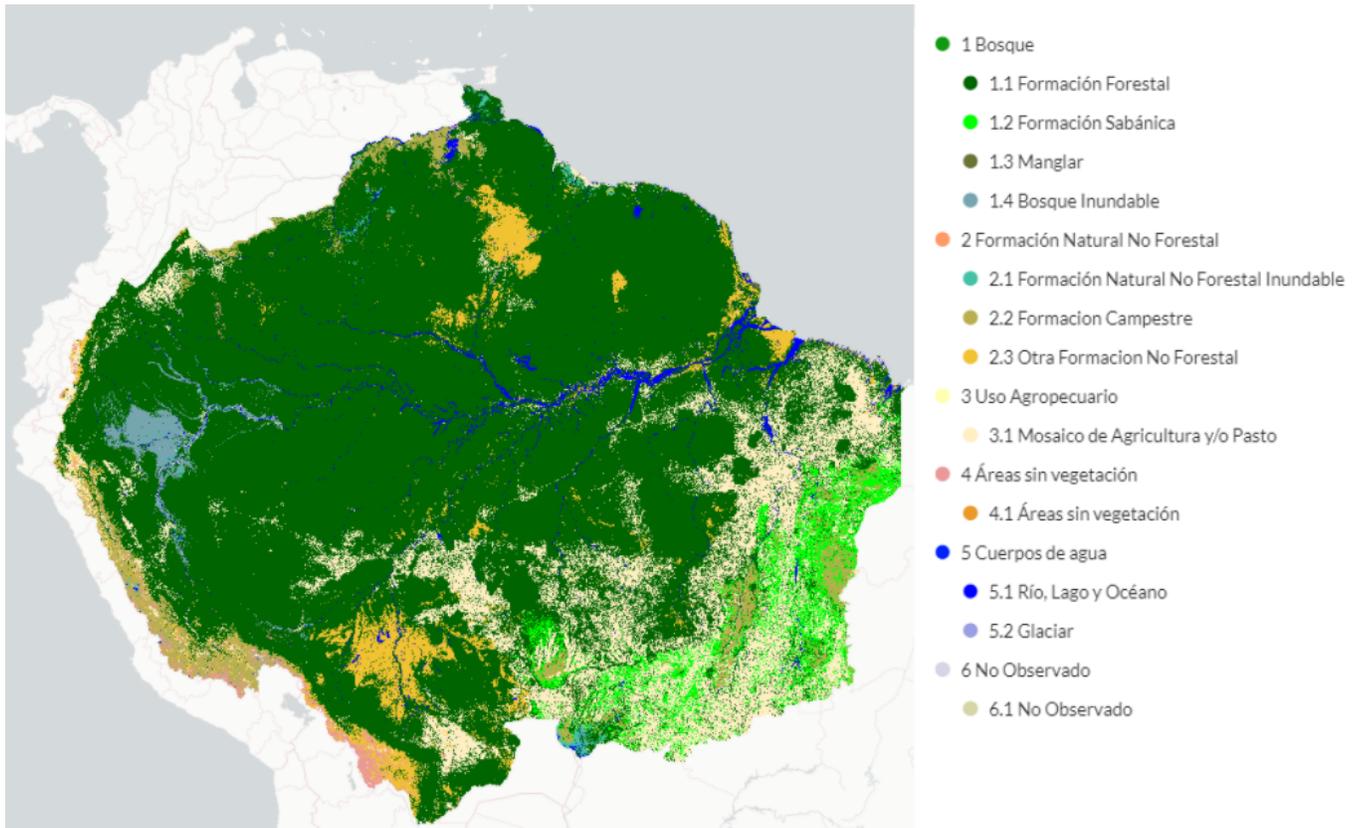


Figura 7: Mapa de cobertura y uso del suelo (RAISG, 2020)

- En el 2021, RAISG presentó nuevamente la tercera versión mejorada y actualizada de su colección de mapas anuales de cobertura y uso del suelo de la Pan Amazonia: Mapbiomas Amazonía. La colección 3 cubre el período 1985-2020.

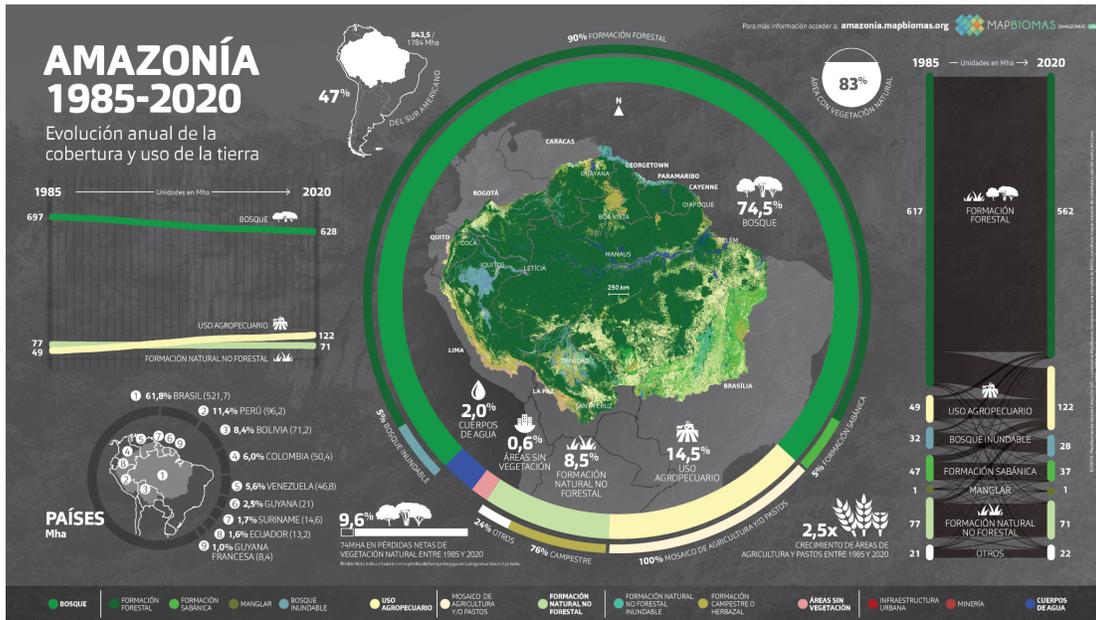


Figura 8: Mapa de cobertura y uso del suelo (RAISG, 2021)

3. Diferencias metodológicas de la colección 4 en la Amazonía venezolana

En el ATBD general se describe, en la sección 3 (Metodología), los pasos generales seguidos por los países miembros de la RAISG para generar la colección 4 de MapBiomias Amazonía (Figura 9).

Con la finalidad de generar una capa de píxeles estables de mayor precisión y calidad se usaron datos de referencia como una capa de altura del dosel (Potapov et. al, 2021) que permitió definir con mayor rigurosidad las coberturas y una capa de monitoreo del cambio continuo de la cobertura y uso de la tierra (Arévalo et al., 2020).

El orden en la aplicación de los filtros se orientó en función de obtener el mejor resultado en las clasificaciones. En el caso de Venezuela el orden predominante fue: gapfill > filtro temporal > filtro espacial > filtro de frecuencia. Además, la aplicación de los filtros se hizo en conjunto a la revisión de las estadísticas correspondientes para evaluar los efectos y cambios que ocasionan los filtros en toda la serie temporal.

En la colección 4 de Venezuela solo se llevó a cabo el ciclo 1 de la metodología propuesta por MapBiomias y luego se pasó a la etapa de post-clasificación.

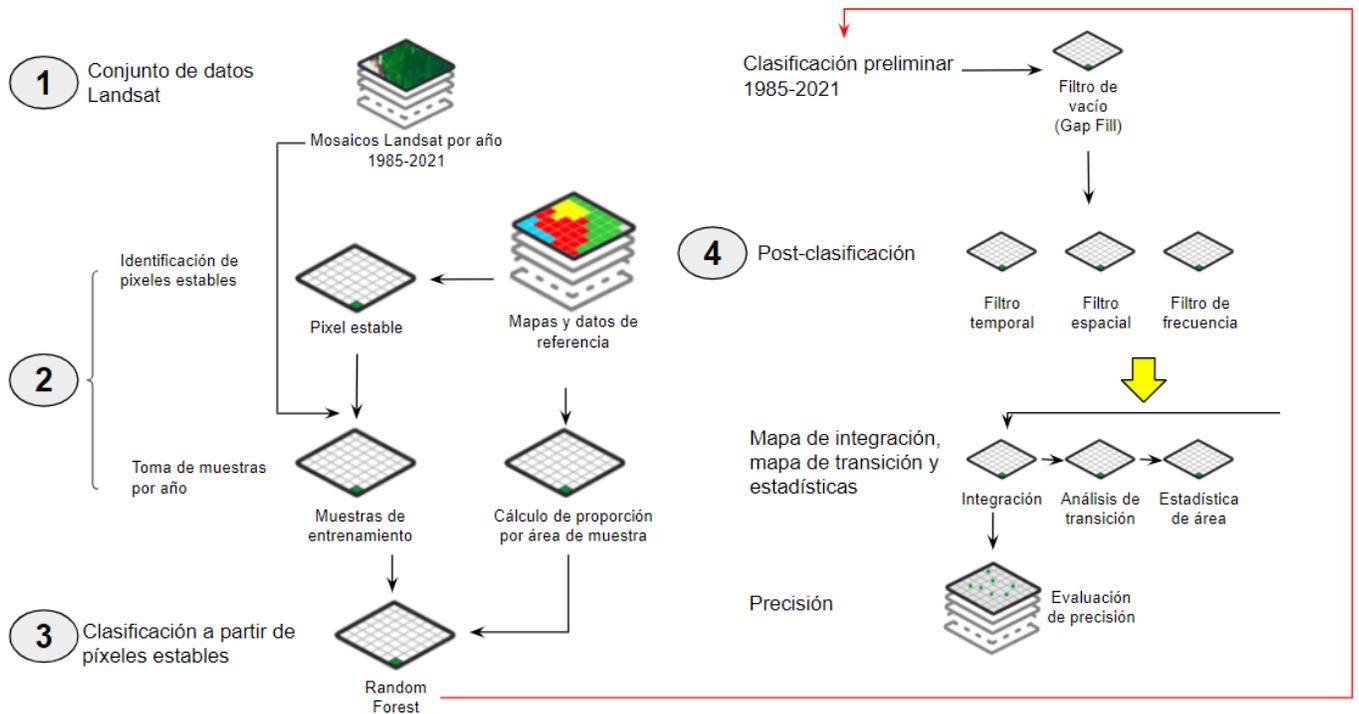


Figura 9: Síntesis metodológica de la Colección 4 de MapBiomias Amazonía - Venezuela.

4. Paso 1: Generación del mosaico Landsat

La extensión de la Amazonía venezolana está cubierta por 44 cartas de la grilla del Mapa Mundial al Millón a escala 1:250.000 utilizada para las clasificaciones de MapBiomias Amazonía (Figura 10). Cada una de estas cartas cubre un área de 1°30' de longitud por 1° de latitud. De las 44 cartas, 9 son compartidas con Colombia, 14 con Brasil y 5 con Guyana.

Para los análisis de cobertura y uso de la tierra de la Amazonía venezolana, estas cartas a su vez fueron subdivididas según la presencia de tres regiones operativas (ver sección 1). En consecuencia, la generación de mosaicos de MapBiomias para la Amazonía venezolana se llevó a cabo al nivel de 68 cartas/región (Figura 11). Considerando que el período de análisis abarca 37 años, desde 1985 hasta 2021, fue necesario definir un total de 2.516 mosaicos Landsat (68 cartas/región x 37 años).

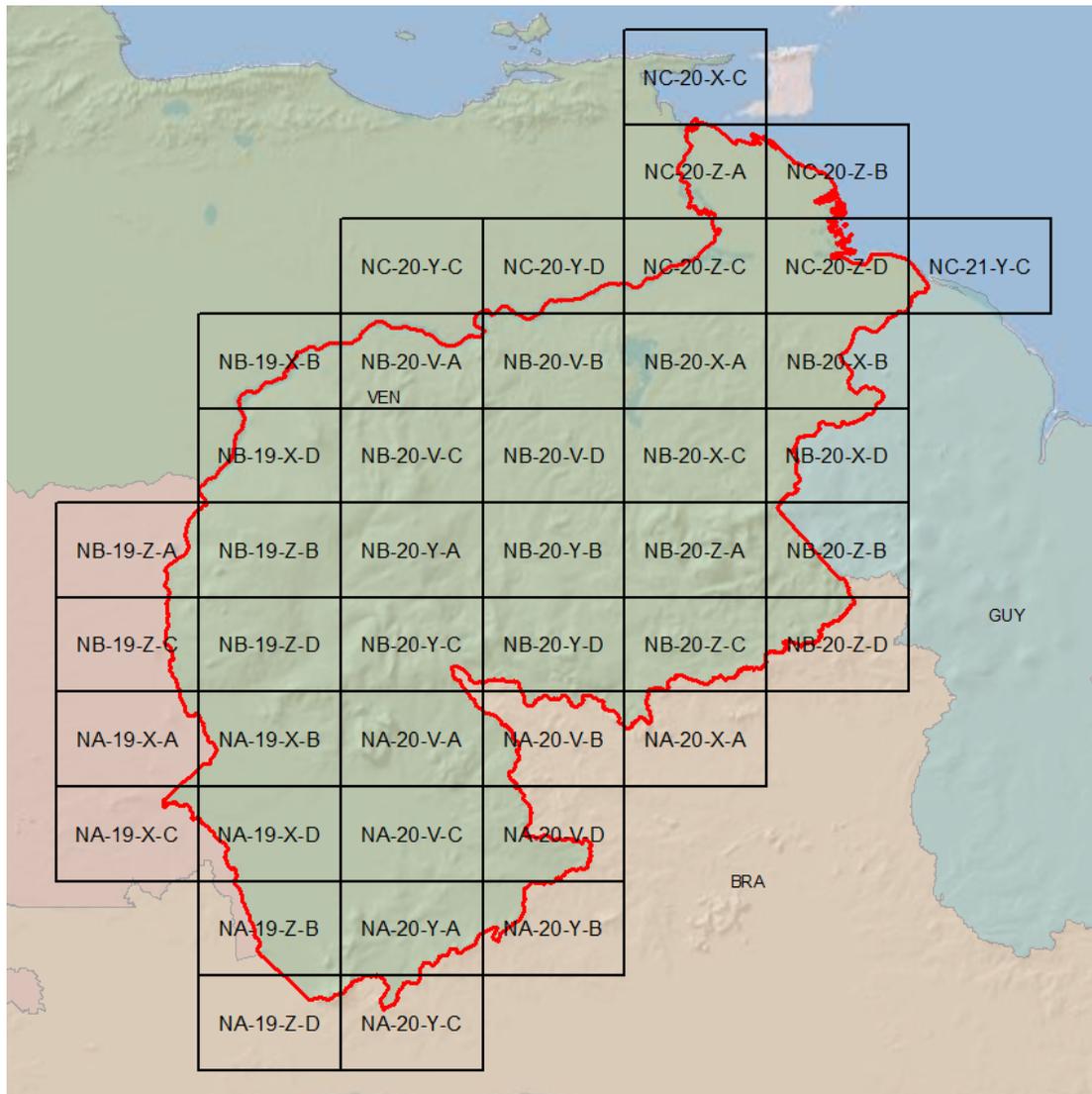


Figura 10: Grilla de cartas MapBiomos para la Amazonía venezolana (44 cartas en total)

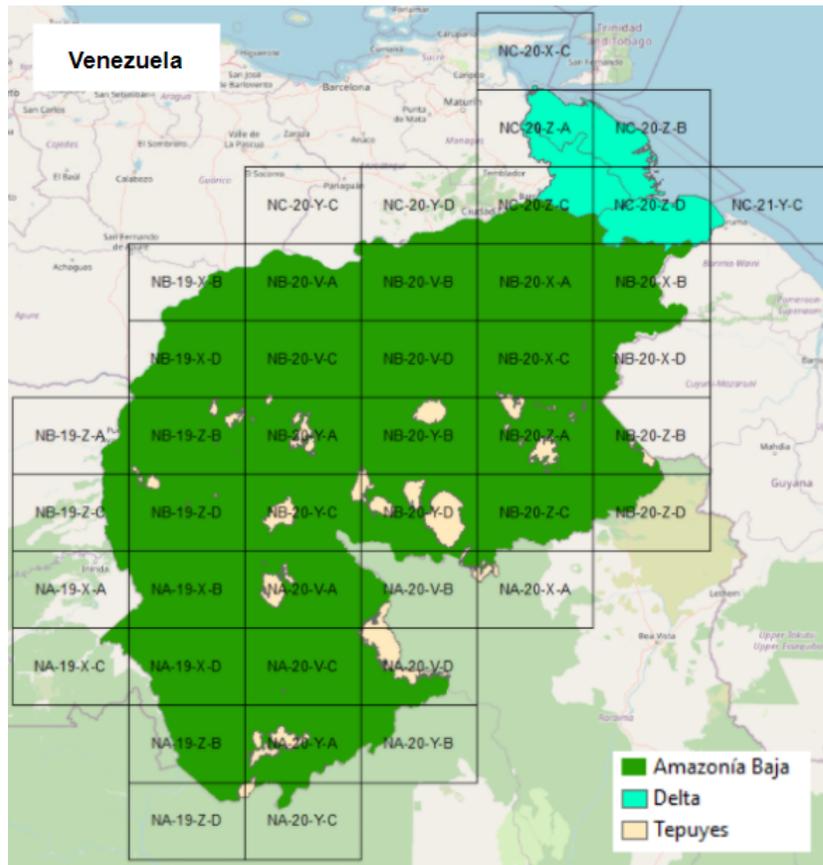


Figura 11: Grilla de cartas MapBiomas con las regiones operativas para la Amazonía venezolana (68 cartas/región en total)

Es necesario señalar que la Amazonía venezolana se encuentra en la zona de convergencia intertropical (ITCZ, por sus iniciales en inglés). Debido a esto, la zona se caracteriza por presentar, en general, un promedio mensual y anual de nubosidad mayor al 70%. En consecuencia, para lograr una buena cobertura de la región fue necesario trabajar en general con ventanas temporales amplias para la selección de las imágenes, tomando incluso el año completo de imágenes disponibles.

Para las cartas de las regiones de Amazonía Baja, en general, se seleccionaron ventanas de 12 meses de imágenes Landsat, es decir, el año completo para lograr una mejor cobertura espacial debido a la poca disponibilidad de imágenes Landsat, a la presencia de artefactos relacionados a sombras de nubes y a la alta nubosidad presente en las imágenes.

La región de Tepuyes, por sus características orográficas, en general presenta un alto índice de nubosidad a lo largo de todo el año, en particular en las zonas de barlovento de las mesetas. Debido a esto, para las cartas de esta región también fue necesario trabajar con una ventana temporal de selección de imágenes que abarca desde el mes de enero hasta diciembre. Es importante indicar que las características de cobertura de vegetación en los tepuyes no son estacionales por lo que la decisión de ampliar la ventana temporal de selección de imágenes Landsat permitía lograr una mejor cobertura de información, sin añadir ruidos por diferencias estacionales.

En la región del Delta se usó el año completo de imágenes (enero-diciembre), debido a que esta zona presenta un alto porcentaje de nubes ya que se ve influenciada por los vientos alisios provenientes del

Atlántico. Además, esta región presenta una gran cantidad de vacíos asociados a la falta de imágenes Landsat para los años anteriores al 1999.

Para la generación de los mosaicos de imágenes Landsat se siguieron los siguientes pasos:

4.1 Definición de los parámetros

Los parámetros a definir para cada carta/región son los siguientes:

- **Período (fecha de inicio, fecha final):** El período de imágenes a considerar. Para ello se define una fecha inicial y final. Se toman en cuenta los criterios de temporalidad anual definidos en los párrafos anteriores para cada región.
- **Sensor:** Dependiendo del año, se utilizan diferentes sensores, en función de la disponibilidad de imágenes. Estos sensores son: Landsat 5 (1985 a 2009), Landsat 7 (2001 al presente) y Landsat 8 (2013 al presente)
- **Porcentaje máximo de cobertura de nubes de las imágenes:** De 10% hasta 100% dependiendo de la región y el período estudiado.

Los valores de estos parámetros se guardaron en una tabla de datos en Google Drive, que se utilizó posteriormente para la creación de los mosaicos finales. El archivo puede accederse en Google Drive, en:

- Nombre: [Inventario Landsat Mosaicos Blacklist_JS_DM](#)
- Carpeta: [RAISG_PROVITA/MapBiomass/Colección-2/Mosaicos](#)
- Enlace: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1FuraH421ua6vZLKWWmc-hnY03oQDISDOZg_p6T62Cs/edit#gid=0

En la construcción de cada mosaico por carta/región se evaluó visualmente el resultado obtenido en función del número de imágenes que abarcaba la carta, de la presencia de nubes, sombras o ruido y por bandeo (como por ejemplo al usar Landsat 7). En caso de no ser un mosaico de calidad, se modifica el porcentaje de nubes o la selección de fechas de las imágenes del satélite.

En caso de que el mosaico no mejore después del ajuste de los parámetros, se procedía a evaluar cada una de las imágenes Landsat de la colección, y aquellas que no eran de calidad pasaban a formar parte del blacklist (lista negra, de su traducción del inglés) y se eliminaban de la colección de imágenes que formaban el mosaico. La tabla contiene una columna con el título de "Blacklist", en esta se colocan los identificadores únicos de imágenes Landsat a excluir en la construcción de los mosaicos.

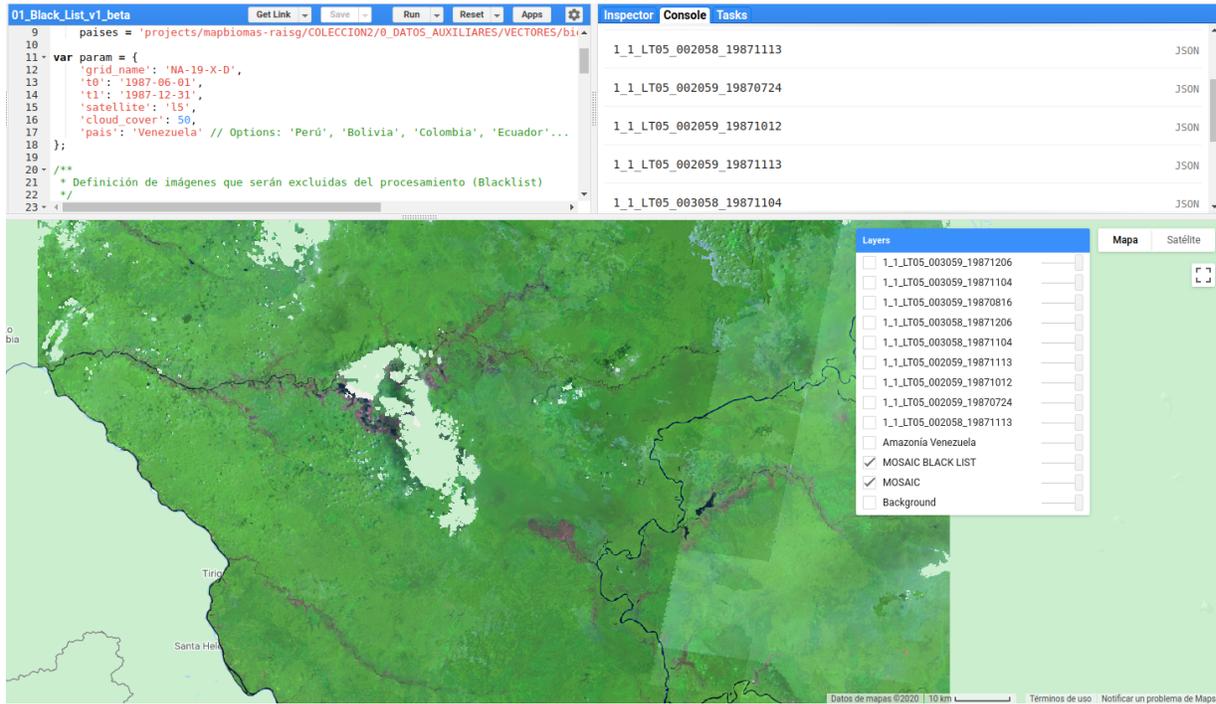


Figura 12: Salida y visualización del paso 1 en el editor de código de GEE.

En la tabla 2 se resumen por región los parámetros de las imágenes Landsat seleccionadas para generar los mosaicos para la Amazonía venezolana.

4.2 Generación de los mosaicos

En esta etapa se generaron los mosaicos Landsat correspondientes a los 37 años que comprende la serie 1985-2021, como un asset en Google Earth Engine. Se utilizaron los siguientes insumos:

- La tabla de parámetros construida en el paso anterior.
- Un paquete desarrollado en Python, que realiza todo el proceso de generación de mosaicos, de manera automática, a partir de la tabla de datos. Este paquete genera todos los mosaicos, e implementa una máscara para remover las nubes y almacena las imágenes resultantes en la colección de Google Earth Engine en: [projects/mapbiomas-raisg/MOSAICOS/mosaics-2](https://code.earthengine.google.com/projects/mapbiomas-raisg/MOSAICOS/mosaics-2)

El resultado de los 37 mosaicos anuales de imágenes Landsat (1985 - 2021) se puede apreciar en la Figura 13.

Tabla 2: Resumen de los parámetros de las imágenes Landsat utilizadas en la construcción de los mosaicos para la Amazonía venezolana

Región	Sensor	Año	Período	% Nubes
Amazonía Baja	L5	1985-1999, 2004, 2008, 2009	enero a diciembre	20% a 100% moda: 80%
	L7	2001-2012, 2015		
	L5/L7	2000-2011		
	L8	2013-2021		
Tepuyes	L5	1985-1999, 2004, 2008	enero a diciembre	20% a 100% moda: 60%
	L7	2001-2003, 2008, 2010-2016, 2018		
	L5/L7	2000-2011, 2015		
	L8	2013-2021		
Delta	L5	1985-1999	enero a diciembre	10% a 100% moda: 80%
	L7	2001-2012		
	L5/L7	1999, 2000, 2003-2011		
	L8	2013-2021		

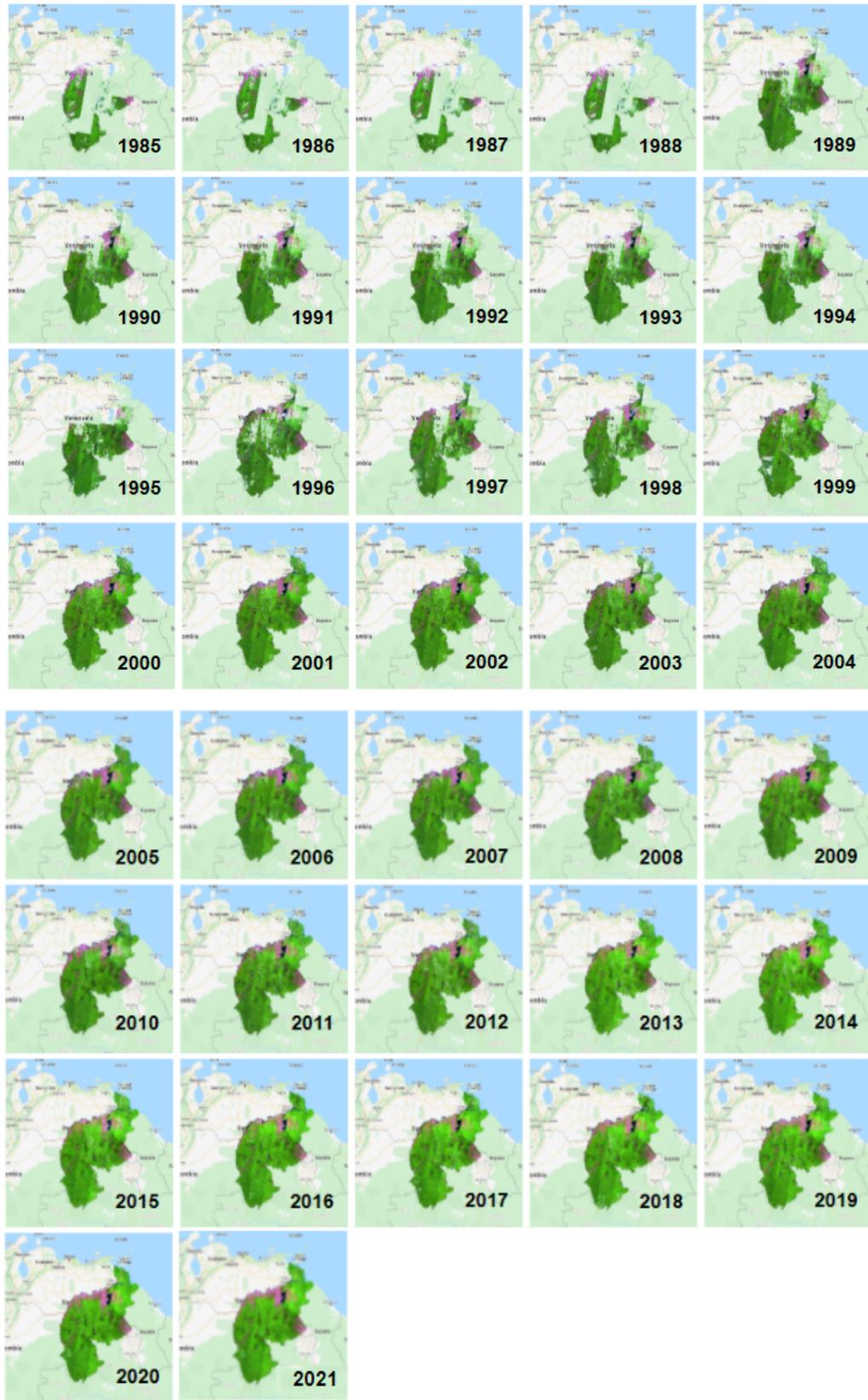


Figura 13: Mosaicos de imágenes Landsat del año 1985 al 2021

5. Clasificación

La clasificación contempla dos etapas con el objetivo de facilitar el proceso y obtener un resultado más preciso:

- Clasificación del mapa general donde se mapean las clases de la leyenda de menor incertidumbre y variabilidad espectral (el presente documento describe esta etapa)
- Clasificación de los temas transversales (la metodología de cada uno es descrita en documentos específicos, ver la sección de apéndices de ATBD General MapBiomás Amazonia 4.0) donde se clasifican aquellas clases que presentan la mayor variabilidad y confusión espectral con otras clases. Los temas transversales son mapeados con algoritmos de clasificación binaria (clase de interés y clase “No observado”).

En la tabla 3 se presentan las clases que fueron clasificadas en la metodología del mapa general y en los temas transversales.

Tabla 3. Clases de cobertura y uso de la tierra de la colección 4 mapeadas según la metodología del mapa general y los temas transversales.

Clase	Metodología
1. Bosque	
Formación forestal / Bosque denso	Mapa General
Manglar	Tema transversal
Bosque inundable	Tema transversal
Formación natural no forestal	
Formación natural no forestal inundable	Tema transversal
Formación campestre	Mapa General
Otra formación natural no forestal	Mapa General
Uso agropecuario	
Pasto	Mapa General y Tema transversal
Agricultura	Mapa General y Tema Transversal
Mosaico de agricultura y pasto	Mapa General
Área sin vegetación	
Infraestructura urbana	Tema transversal
Minería	Tema transversal
Otra área sin vegetación	Mapa General
Afloramiento rocoso	Mapa General
Cuerpo de agua	
Río, lago u océano	Mapa General
6. No observado	Mapa General

5.1 Leyenda

Venezuela utiliza un subconjunto de categorías de la leyenda definida por la RAISG para MapBiomás Amazonía (Tabla 4). Las categorías son: formación forestal (ID: 3), manglar (ID: 5), bosque inundable (ID: 6), formación natural no forestal inundable (ID: 11), formación campestre (ID: 12), otra formación natural no forestal (ID: 13), pasto (ID:15), agricultura (ID:18), mosaico de agricultura y/o pasto (ID: 21), infraestructura urbana (ID: 24), otra área sin vegetación (ID: 25), afloramiento rocoso (ID: 29), minería (ID: 30) y río, lago u océano (ID: 33).

Tabla 4. Clases de cobertura y uso de la tierra de la colección 4 de MapBiomás Amazonía utilizadas por Venezuela.

ID	CLASE	COBERTURA / USO
3	Bosque/Formación Forestal	Cobertura
5	Manglar	Cobertura
6	Bosque Inundable	Cobertura
11	Formación Natural No Forestal Inundable	Cobertura
12	Formación Campestre	Cobertura
13	Otra Formación Natural No Forestal	Cobertura
29	Afloramieno Rocosos	Cobertura
15	Pasto	Uso
18	Agricultura	Uso
21	Mosaico de Agricultura y/o Pasto	Uso
24	Infraestructura Urbana	Uso
25	Otra Área sin Vegetación	Uso
30	Minería	Uso
33	Río, Lago u Océano	Cobertura / Uso
27	No Observado	

Las siguientes líneas muestran la definición detallada de las clases para el mapa de cobertura por agrupación de clases.

- Bosque Natural:

Bosque/Formación forestal (Id: 3): Área continua de cobertura arbórea natural mayor a media hectárea (circa > 6 píxeles Landsat), siempreverdes, semidecuidos o deciduos. Puede incluir: plantaciones forestales, áreas naturales con predominancia de bambú y palmas nativas, bosques riparios inundados e inundables, bosques secundarios fragmentados, bosques abiertos.

Manglar (Id: 5): Área de bosques densos de hoja perenne, que crece en aguas costeras salinas o salobres, asociados con el ecosistema costero de manglares.

Bosque inundable (Id: 6): Área continua de cobertura boscosa (arbórea) natural mayor a media hectárea (circa > 6 píxeles Landsat) inundadas estacional o permanentemente.

- Formación natural no forestal:

Formación natural no forestal inundable (Id: 11): Área de vegetación natural herbácea o arbustiva sujeta a inundaciones periódicas o permanentes.

Formación campestre (Id: 12): Áreas con predominio de estrato herbáceo. Pueden presentar arbustos o árboles dispersos.

Otra formación natural no forestal (Id: 13): Áreas con predominio de formaciones arbustales con presencia de herbazales. Pueden también presentar árboles dispersos. Esta clase ha sido asignada únicamente a las regiones de tepuyes dentro de la clasificación de Venezuela.

Afloramiento rocoso (Id: 29): Rocas expuestas naturalmente en la superficie de la tierra, a menudo con presencia parcial de vegetación saxícola o rupícola.

- Agropecuaria y silvicultura:

Pasto (Id: 15): Áreas de vegetación que sirven para el sustento y desarrollo de animales de cría. Predomina la vegetación herbácea (como leguminosas, gramíneas, entre otras) que el ganado consume en el mismo terreno donde se cría y se mantiene.

Agricultura (Id: 18): Comprende zonas de vegetación destinadas al conjunto de actividades económicas y técnicas relacionadas con el tratamiento del suelo y el cultivo de la tierra para la producción de alimentos. Dentro de estas áreas también se encuentra la agricultura propia de los pueblos indígenas (conucos).

Mosaico de agricultura y/o pastos (Id: 21): Áreas donde la cobertura original ha sido modificada, eliminada o reemplazada por otros tipos de cubiertas vegetales para uso antrópico. Áreas convertidas en cultivos agrícolas y pastos plantados o naturales, en actividad o descanso.

- Área sin vegetación:

Infraestructura urbana (Id:24): Área de asentamiento humano con infraestructura de entorno construido (vialidad, edificaciones, etc.).

Otra área sin vegetación (Id:25): Áreas de poca o nula vegetación natural o de origen antrópico no mapeadas en sus clases. Dentro de esta clase se incluye la infraestructura asociada a embalses, patios industriales, puertos mineros y principales vías terrestres.

Minería (Id:30): Áreas de extracción de minerales, con clara exposición del suelo. No se diferencia si es industrial, artesanal, ribereña o ilegal.

- Cuerpo de agua y No observado:

Río, lago u océano (Id:33): Extensión de agua superficial natural o artificial. Comprende ríos, lagos, embalses, depósitos y otros cuerpos de agua.

No observado (Id: 27): Áreas que no han podido ser identificadas en sus clases por presencia de nubes, sombra de nubes, ruido atmosférico o calidad de la imagen de satélite.

La clasificación de cobertura y uso de la tierra de la Amazonía venezolana se desarrolló siguiendo la metodología de MapBiomias, utilizando el algoritmo Random Forest y una leyenda común para toda la región. En el caso de Venezuela, las principales referencias utilizadas para mapear la cobertura vegetal fueron:

- El mapa de *Guayana Venezolana* de Huber (1995),
- El mapa de *Formaciones Vegetales de Venezuela* elaborado por Huber y Oliveira (2010),
- La colección 3 de cobertura y uso de la tierra generada con la plataforma Mapbiomas Amazonía (2021).

Las formaciones vegetales propuestas por Huber (1995) fueron reagrupadas en función a las categorías de la leyenda de MapBiomias Amazonía (Tabla 5). El mapa de formaciones vegetales se utilizó como referencia para delimitar las regiones de clasificación. La colección 3 se utilizó como base para generar la nueva colección.

Tabla 5: Formaciones vegetales presentes en la Amazonía venezolana reagrupadas según las categorías de la leyenda de la colección 4 de MapBiomias Amazonía.

MapBiomias CLASE (ID)	REGIÓN	FORMACIONES VEGETALES (Huber 1995)
Bosque/Formación Forestal (ID:3)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja ● Delta ● Tepuyes 	<ul style="list-style-type: none"> - Bosque, no inundable, siempreverdes de tierras bajas - Bosque, no inundable, premontano siempreverdes de tierras bajas. - Bosque, no inundable, semidecuidos de tierras bajas. - Bosque, no inundable, decuidos de tierras bajas. - Bosque, no inundable, premontano semidecuidos de tierras bajas. - Bosque basi y submontano siempreverdes. - Bosques montanos siempreverdes. - Bosques altimontanos siempreverdes - Bosques basi y submontano, decuidos. - Bosques basi y submontano siempreverdes. - Bosques submontano a montano siempreverdes. - Bosques altimontanos siempreverdes. - Bosques montanos semidecuidos. - Bosques basimontano semidecuidos. - Bosques sobre bauxitas, basimontano siempreverdes. - Bosques submontano a montano siempreverdes. - Bosques submontano semidecuidos. - Bosques submontano a montano siempreverdes. - Bosques submontano siempreverdes. - Bosques montanos siempreverdes. - Bosques montanos semidecuidos o subsiempreverdes. - Bosques basimontano,decuidos.
Manglar (ID:5)	<ul style="list-style-type: none"> ● Delta 	
Bosque inundable (ID:6)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja ● Delta 	
Formación natural no forestal inundable (ID: 11)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja ● Delta 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbustales inundable permanente. - Arbustales ribereño. - Sabanas arbustivas y/o con palmas, inundable. periódico. - Sabanas abiertas con palmares ribereños. - Sabanas abiertas, inundable periódico. - Sabanas abiertas con palmas, inundable periódico. - Herbazales de hoja ancha, en pantanos sobre turba, inundable permanente. - Herbazales de hoja ancha, en pantanos, inundable permanente. - Herbazales de hoja ancha, arbustivo, anegadizo sobre arena blanca, inundable periódico. - Vegetación acuática
Formación campestre (ID:12)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbustales - Sabanas arbustivas mixtas con chaparrales - Sabanas abiertas - Sabanas arboladas

		<ul style="list-style-type: none"> - Sabanas arbustivas con palmas y chaparrales - Sabanas arbolada y arbustiva, no inundable - Sabanas arbustivas - Sabanas abiertas secundarias
Otra formación natural no forestal (ID: 13)	<ul style="list-style-type: none"> ● Tepuyes 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbustales sobre arena y rocas - Arbustales y herbazales sobre turba y roca, altotepuyano - Arbustales sobre roca y turba, altimontanos - Arbustales sobre roca y turba - Arbustales sobre bauxita - Arbustales sobre arena blanca - Arbustales sobre turba, altotepuyano - Herbazales de hoja ancha, arbustivo sobre turba - Herbazales - Vegetación pionera
Pasto (ID: 15)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja ● Delta 	
Agricultura (ID: 18)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja ● Delta 	
Mosaico de Agricultura y/o pasto (ID: 21)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja ● Delta 	
Infraestructura urbana (ID: 24)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja ● Delta 	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas urbanas
Otra área sin vegetación (ID: 25)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja 	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas industriales, puertos mineros e infraestructura ubicada en embalses
Afloramiento rocoso (ID: 29)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja ● Tepuyes 	<ul style="list-style-type: none"> - Afloramientos rocosos
Minería (ID: 30)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso minero
Río, lago u océano (ID: 33)	<ul style="list-style-type: none"> ● Amazonía baja ● Delta 	

5.2 Subregiones de clasificación

Las tres (3) regiones de los mosaicos se subdividieron en 36 subregiones de clasificación, tomando en cuenta criterios biofísicos y de cuencas hidrográficas disponibles para la Amazonía venezolana (ver tabla 6). A cada subregión se les asignó un código único.

Tabla 6. Subregiones de clasificación

Regiones	Código de la Subregión	Descripción
----------	------------------------	-------------

Amazonía Baja (27)	90201, 90202 90203, 90204 90205, 90206 90207, 90208 90209, 90210 90211, 90212 90213, 90214 90215, 90216 90217, 90218 90219, 90220 90221, 90222 90223, 90224 90225, 90226 90227	Corresponde al 89,5% de la Amazonía venezolana, con una extensión de 421.018,7 km ² . Se extiende desde la costa atlántica en el delta del Orinoco hasta la frontera con Colombia y Brasil. Se caracteriza por una variedad de bosques tropicales y montanos. Desde bosques de tierras bajas que muestran el patrón típico de un mosaico horizontalmente estructurado, hasta los bosques de montaña que presentan un patrón de distribución vertical más regular dispuesto en cinturones altitudinales. En esta región también están presentes las formaciones de “sabana”. Están dominados por un estrato herbáceo de composición de gramíneas mientras que las formaciones de “herbazal”, por el contrario, están formados por hierbas diferentes a las gramíneas. En estas regiones pueden presentarse sabanas con gramíneas que está asociada con un estrato leñoso (sabanas arboladas) o no (sabanas abiertas) - cuando está acompañado por palmas, se denominan sabanas en planicies inundables con palmas o morichales y herbazales sin gramíneas que puede ser abiertas o arbustivas.
Delta (03)	91301 91302 91303	Abarca una superficie aproximada de 28.889,2 km ² , equivalente al 6,1% de la Amazonía venezolana. El Delta representa una extensa superficie de acumulación de sedimentos transportados por el río Orinoco, el cual tiene una cuenca de 1.100.000 km ² y una longitud de 2.060 km por donde drenan el 94,6% de las aguas superficiales del país. El Delta se ha dividido en tres subregiones naturales (superior, medio e inferior), sobre la base de la mayor o menor influencia de depósitos fluviales y /o marinos y a la mayor o menor acción de las mareas, en la regulación del drenaje superficial.
Tepuyes (06)	90501 90502 90503 90504 90505 90506	Los tepuyes son mesetas características del escudo guayanés, con paredes verticales y cimas relativamente planas. Corresponden a las formaciones geológicas expuestas más antiguas del planeta y ocupan aproximadamente 30.309,7 km ² ; sólo el 4,3% del territorio de la amazonia venezolana. La altitud de estas formaciones varía entre los 1.500 msnm hasta casi los 3.000 msnm. Se caracterizan por una variedad de formaciones desde bosques ombrófilo submicrotérmino o bosques tepuyanos y herbazales, hasta vegetación saxícola localizada sobre las superficies rocosas de los grandes tepuyes.

Las subregiones de clasificación se crearon con la finalidad de:

- Ajustar los parámetros de la metodología a cada subregión en particular y así obtener una clasificación más acorde a cada una.
- Reducir los tiempos de procesamiento en cada uno de los pasos de la metodología.

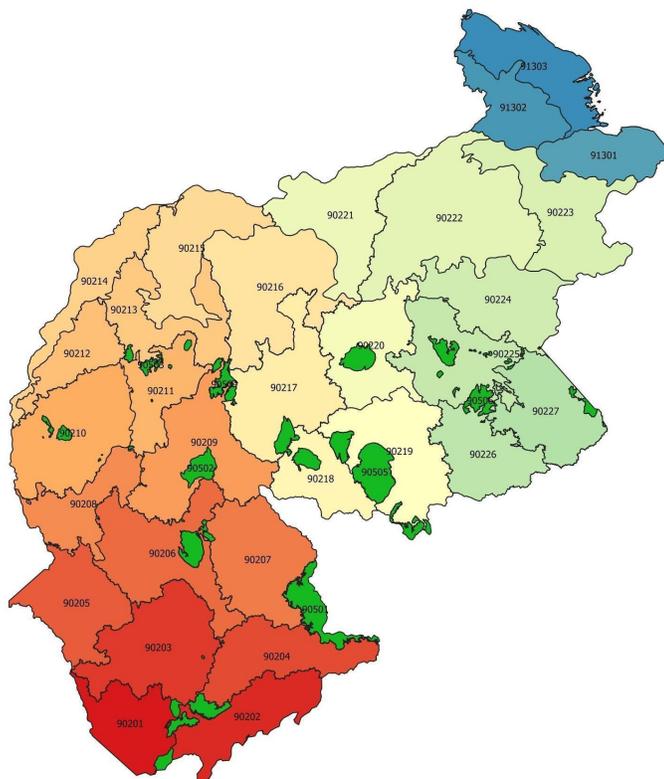


Figura 14: Regiones de clasificación definidas para la Amazonía venezolana

5.3 Metodología general

La clasificación de la colección 4 se hizo empleando el método de clasificación de random forest. Como paso inicial se realizó una colecta de muestras estables, para cada una de las categorías de la leyenda que se buscaba mapear, a partir de los productos de la Colección 3 MapBiomos Amazonía (36 años). Para la colección 4 las muestras de entrenamiento fueron generadas en lote para todas las subregiones (ver tabla 7). El intérprete contribuye con la inclusión de muestras complementarias para la mejora de las clasificaciones. A continuación se generó una clasificación preliminar para los 37 años de la Colección 4 MapBiomos Amazonía (1985-2021) usando como insumo principal las muestras de entrenamiento generadas (tabla 7) y la información obtenida de los mosaicos Landsat. En la siguiente sección se detalla cada uno de los pasos de la metodología general.

Tabla 7: Parámetros utilizados en el clasificador Random Forest

Región	Códigos	Número de muestras de entrenamiento exportadas		Número de árboles Random Forest
		Número de muestras (mínimo)	Número de muestras	
Amazonía baja	90201 a 90227	10.000	30.000	120
Delta	91301 a 91303	10.000	30.000	120
Tepuyes	90501 a 90506	10.000	30.000	120

5.4 Paso 2: Generación de muestras

5.4.1 Paso 2.0: Generación de píxeles estables

Una vez construidos los mosaicos de imágenes Landsat y definidas las diferentes clases a identificar dentro del área de estudio, se inició la generación de las primeras clasificaciones de cobertura, probando y adaptando los scripts metodológicos previamente utilizados por el equipo de MapBiomias-Brasil.

Las clasificaciones se iniciaron con la generación de las muestras estables de cada subregión. Estas se utilizan como dato de entrenamiento para identificar cada una de las clases de cobertura que serán clasificadas en los pasos posteriores. Se define como píxel estable a aquel cuya clase de cobertura se repite en todos los años de una serie temporal de imágenes. Una muestra estable en GEE, es aquella que se genera con los píxeles de cada clase que se repiten en todos los años (1985-2020) de la colección 3 de MapBiomias Amazonía. Por ejemplo, una muestra estable de la clase formación forestal, serían todos los píxeles que fueron clasificados como bosque, en todos los años.

El paso 2.0 de la metodología general, para la generación de las muestras o píxeles estables, en el caso de la Amazonía venezolana fue diferente comparada con los demás países de la RAISG (como se explicó en la sección 3 de este documento). Con la finalidad de obtener un resultado más exacto y preciso se hizo lo siguiente:

- Se generó una primera imagen de muestras estables a partir de los datos 1985-2020 de la colección 3 de cobertura y uso.
- Se agregó el shapefile 'bosque-mal-clasificado' como polígono de exclusión para delimitar aquellas zonas que no serían consideradas como bosque dentro de los píxeles estables. Este asset se creó a partir de un archivo shapefile construido y trabajado localmente.
- Se hizo una corrección a todas las clases en la capa de píxeles estables a partir de la altura haciendo uso la capa de altura del dosel (Potapov et. al, 2021).
- Para evaluar los cambios en la serie temporal, principalmente de las clases antrópicas, se usó una capa de monitoreo del cambio continuo de la cobertura y uso de la tierra (Arévalo et al., 2020).

Los scripts utilizados para generar las clases estables finales se encuentran en la dirección de Google Earth Engine: [users/raisgmb01/projects-mapbiomas](https://code.earthengine.google.com/users/raisgmb01/projects-mapbiomas)

El script utilizado es el siguiente:

- [02-0-mapbiomas-ven-stable-pixels-amazonia.js](#): para todas las subregiones de Amazonía Baja, Delta y Tepuyes.

Un ejemplo de los resultados obtenidos se observa en la figura 15.

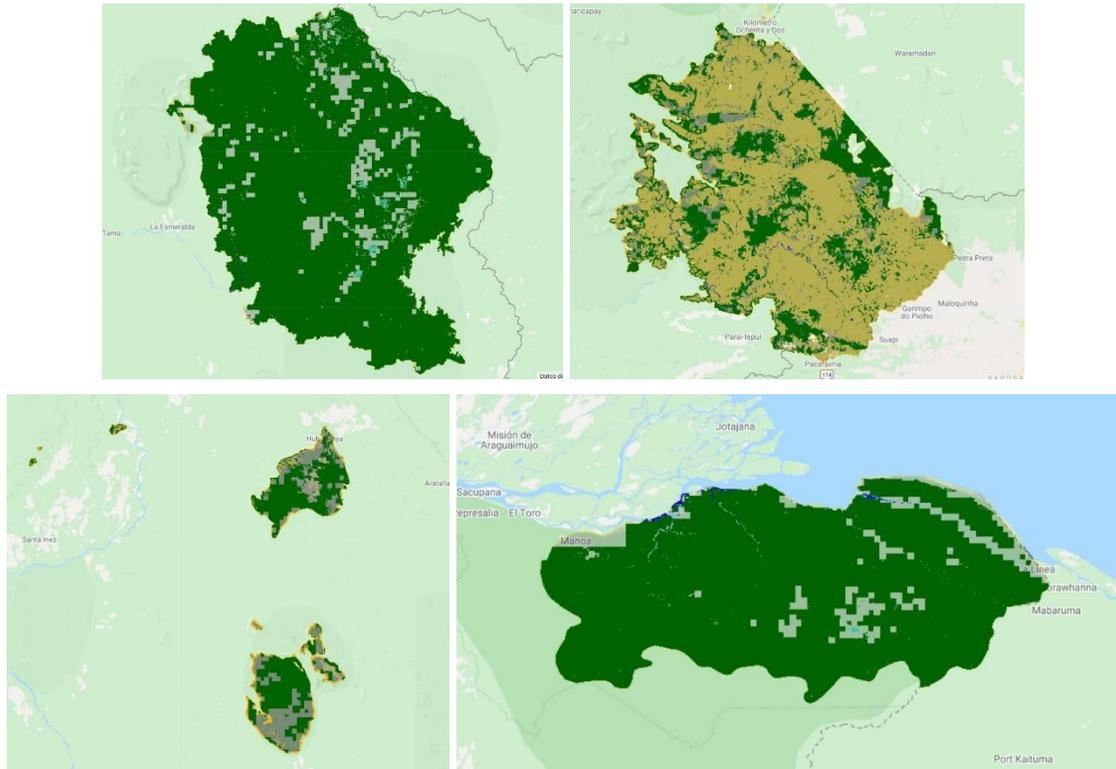


Figura 15: Muestras estables de cuatro regiones de la Amazonía venezolana. Esquina superior izquierda: 90207, superior derecha 90227, inferior izquierda 90502, inferior derecha 91301

5.4.2 Paso 2.1: Cálculo de áreas de entrenamiento

El paso 2.1 permitió obtener una capa vectorial con las áreas (en Km²) de cada cobertura presente en la imagen de píxeles estables generada en el paso 2.0. Esta capa vectorial se usó para ponderar el número de muestras de entrenamiento que se generarán por cada una de esas clases presentes en la leyenda.

El script utilizado para calcular el área de cada clase estable se encuentra en la dirección de Google Earth Engine: [users/raisgmb01/projects-mapbiomas](https://code.earthengine.google.com/users/raisgmb01/projects-mapbiomas)

El script es el siguiente:

- [03-1-mapbiomas-ven-training-areas-amazonia.js](#): Se utilizó para calcular las áreas que cubren cada una de las clases estables obtenidas del paso 2.0, para todas las subregiones de Amazonía Baja, Delta y Tepuyes.

5.4.3 Paso 2.2: Generación de muestras de entrenamiento

En esta etapa del procesamiento se generaron los puntos de entrenamiento correspondientes a cada clase estable de cobertura y/o uso del suelo. Estos puntos se generaron aleatoriamente sobre la imagen de muestras estables obtenida del paso 2.0; siendo la muestra de entrenamiento proporcional al área que ocupa cada clase.

El script utilizado para para generar los puntos de entrenamiento se encuentra en la siguiente dirección de Google Earth Engine: [users/raisgmb01/projects-mapbiomas](https://code.earthengine.google.com/users/raisgmb01/projects-mapbiomas)

El script es el siguiente:

- [03-2-mapbiomas-ven-training-points-amazonia.js](#): este script permite obtener los puntos (muestras tomadas de los mosaicos Landsat) de cada cobertura presente en la imagen de píxeles estables obtenida del paso 2.0.

En la figura 16 se muestra un ejemplo de los puntos de entrenamiento generados sobre la subregión 90217 de la Amazonía venezolana.

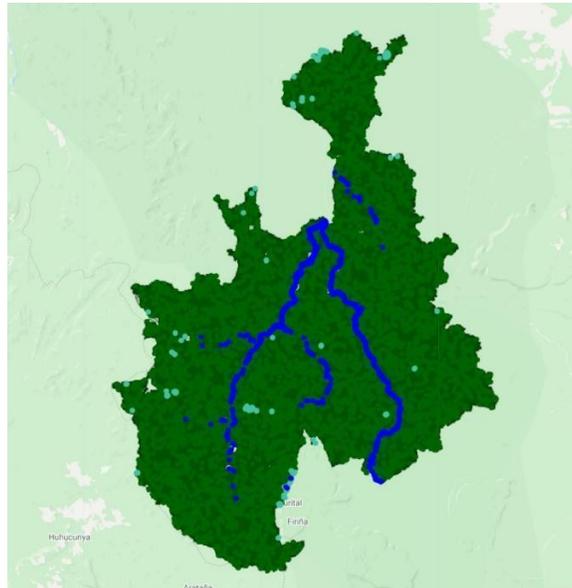


Figura 16: Detalle de la subregión 90217 donde se muestran los puntos de muestreo en cada clase de cobertura y uso.

5.5 Paso 3: Clasificación preliminar

5.5.1 Paso 3.0: Clasificación

Utilizando los mosaicos Landsat generados en el paso 1 y los puntos de entrenamiento obtenidos en el paso 2, se construyeron las clasificaciones anuales preliminares de cobertura y uso para las 36 subregiones de la Amazonía venezolana. Estas clasificaciones se crearon con el algoritmo de clasificación 'Random Forests', con una cantidad definida de árboles de decisión por región.

Los scripts utilizados para construir estas clasificaciones están disponibles en la dirección de Google Earth Engine: [users/raisgmb01/projects-mapbiomas](#)

El script utilizado para generar la clasificación es el siguiente:

- [04-0-mapbiomas-ven-classifications-amazonia.js](#): script utilizado para generar la clasificación preliminar de cobertura y uso de la tierra de las 36 subregiones de Amazonía Baja, Delta y Tepuyes.

En la figura 17 se muestra la clasificación generada para la subregión 90205, años 2005 y 2010.

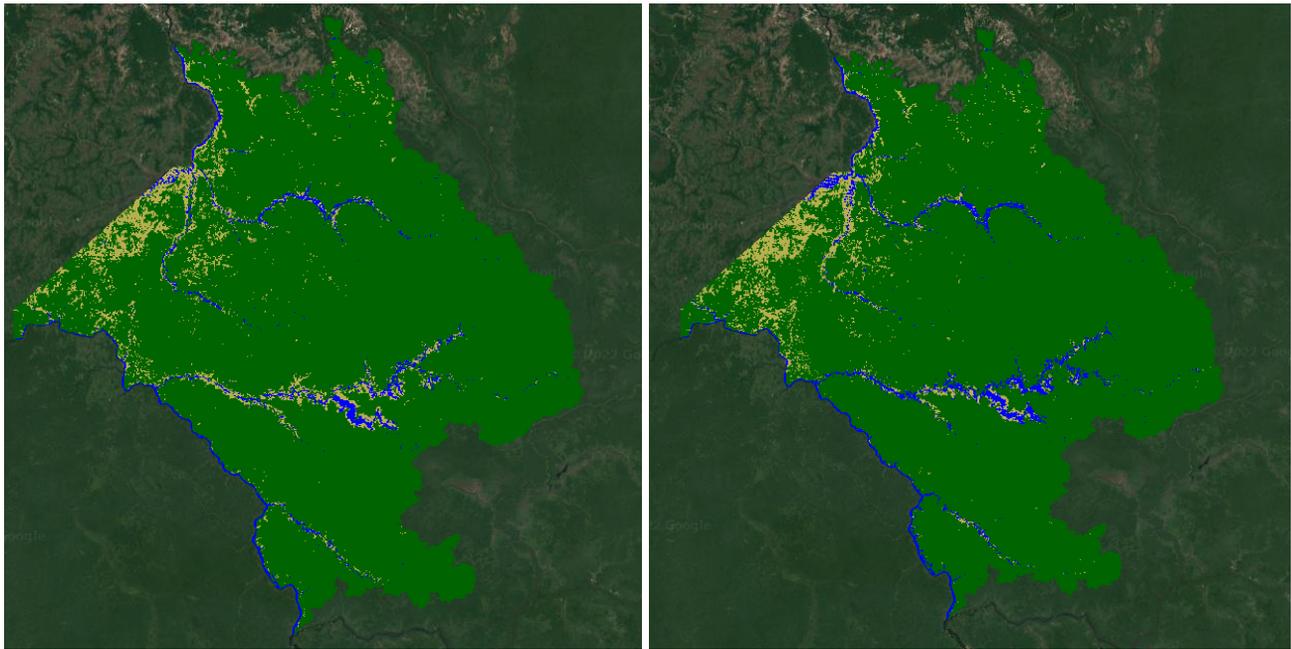


Figura 17: Clasificación preliminar de cobertura y uso para la región 90205 de la Amazonía venezolana, año 2005 (izquierda) y 2010 (derecha).

5.5.2 Paso 3.1: Gap Fill (Llenado de píxeles sin información)

En este paso se busca disminuir la cantidad de píxeles vacíos a través del procedimiento de Gap Fill (nombre en inglés para relleno de vacíos). Este consiste en sustituir el valor del píxel sin información por el valor de un píxel de años anteriores o posteriores que sí presenta un valor diferente de vacío (figura 18).

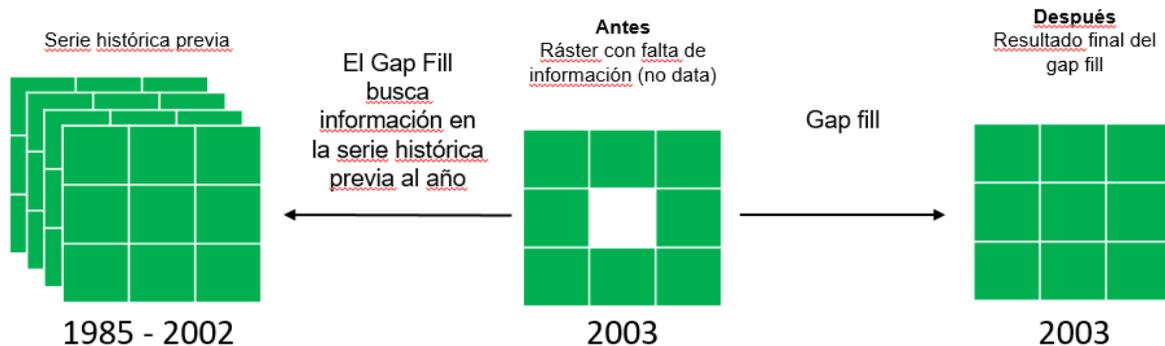


Figura 18: Esquema de actuación del Gap Fill

Este procedimiento tiene dos etapas:

- **Etapas 1.** Para los píxeles que están vacíos en un año determinado, se busca secuencialmente en los años previos píxeles con valores. Cuando se encuentra un dato válido, éste se asigna a los píxeles sin datos.

- **Etapa 2.** En esta etapa se toma el resultado del procesamiento anterior y se repite el método de llenado de datos para aquellos píxeles que todavía quedan sin información, pero ahora utilizando los años posteriores.

Los scripts utilizados para realizar el llenado de datos vacíos están disponibles en la dirección de Google Earth Engine: [users/raisgmb01/projects-mapbiomas](https://code.earthengine.google.com/users/raisgmb01/projects-mapbiomas)

En la figura 19 se observa el resultado de las clasificaciones antes y después de aplicar el gap fill.

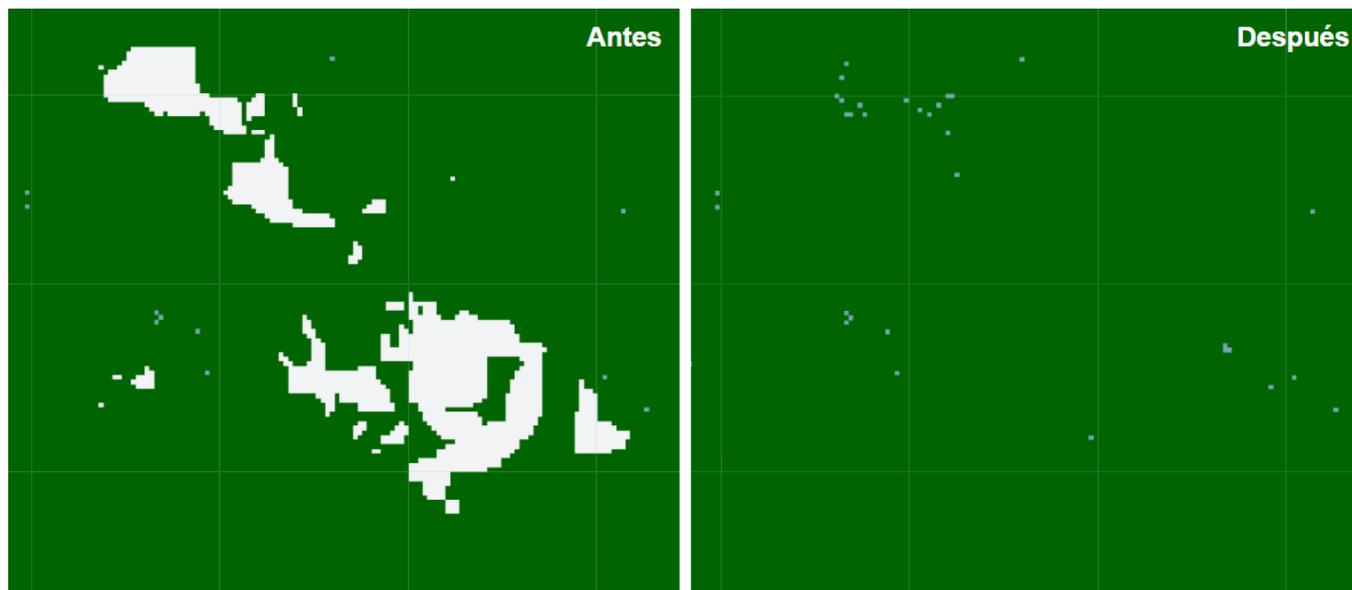


Figura 19: Área donde se muestra un ejemplo del antes y después de la aplicación del Gap Fill para el año 2000, región 90203

6. Paso 4: Post-clasificación - Filtros

6.1 Filtro temporal

A las clasificaciones obtenidas, luego de la aplicación del Gap Fill, se les aplicó un filtro temporal con el fin de mejorar el resultado general, con base a la información de la serie histórica. Este proceso se llevó a cabo por región y por año. El filtro temporal se ejecutó implementando tres tipos de reglas:

- **Regla del primer año (RP):** Esta regla corrige el valor del primer año (1985), con base en los valores de los siguientes 3, 4 o hasta 5 años.
- **Regla del último año (RU):** Corrige el valor del último año (2021) de la colección tomando en cuenta los valores de los 2 años anteriores a este.
- **Regla del valor medio o general:** Con esta regla se busca corregir el dato de los píxeles de años intermedios de la serie, que no son los extremos, en función de los valores de los píxeles de años que le anteceden y suceden. Esta regla modifica valores en las clasificaciones de los años 1986 al 2020 y es aplicada en secuencias de 3 a 5 años. La regla se aplica únicamente en casos donde hay una inconsistencia temporal; por ejemplo, cuando secuencias de años consecutivos tienen valores idénticos a excepción del píxel en posición central. En estos casos, el filtro modificará el valor del píxel central para que guarde consistencia con los píxeles que le

antecedentes y suceden. En el caso de secuencias de 3 años, solo existe una opción de posición central o año intermedio. En el caso de secuencias de 4 o 5 años, existen dos o tres alternativas de posiciones centrales.

En la figura 20 se muestran las reglas de uso en el filtro temporal, con estos tres tipos de reglas se busca llenar píxeles con vacíos de información y corregir inconsistencias temporales. Por ejemplo, si en tres años consecutivos un píxel tiene los siguientes valores: Formación forestal > Área sin vegetación > Formación forestal, el filtro corregirá el año intermedio asignándole el valor de formación forestal. Además, estas reglas se aplicaron dentro de ventanas o períodos de tiempo de tres, cuatro y cinco años, en cada uno de los casos.

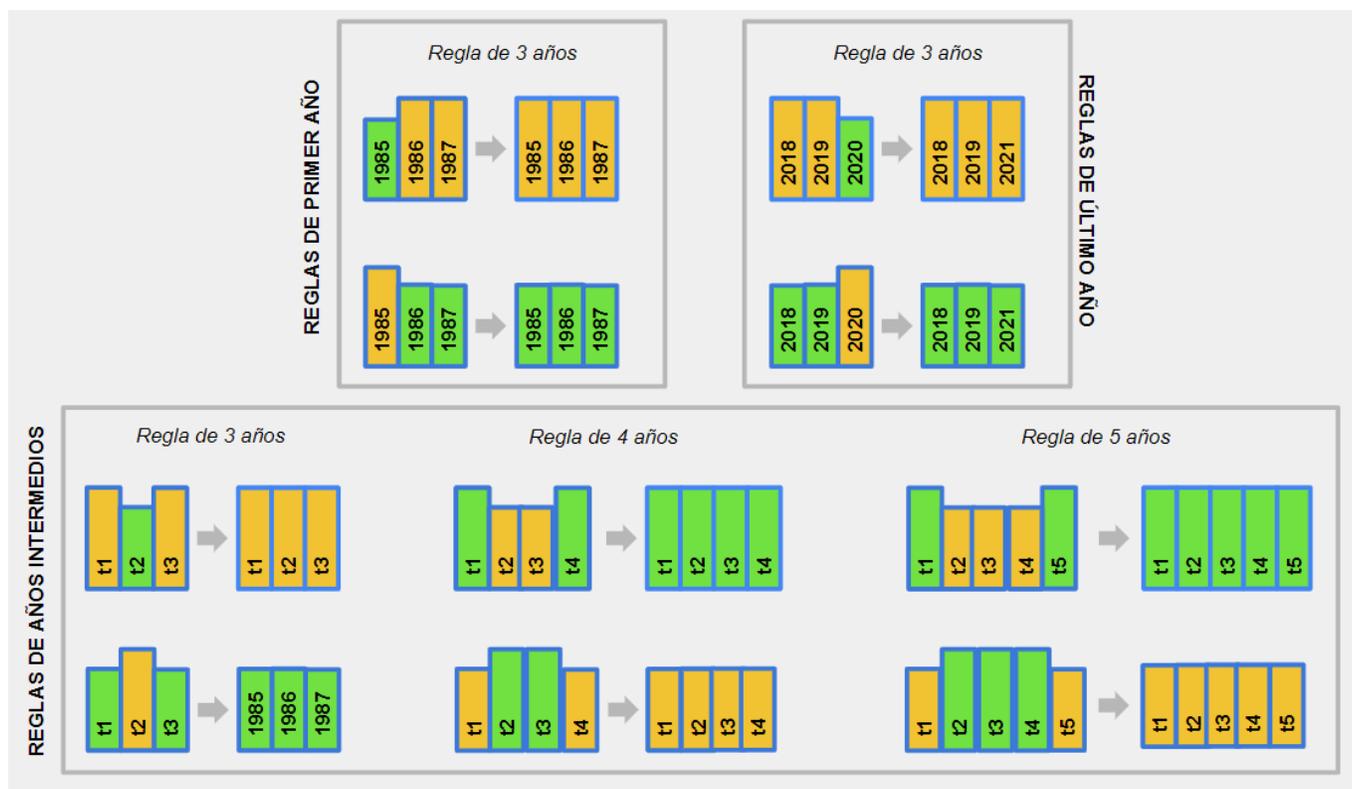


Figura 20: Reglas de uso en el filtro temporal.

Para cada región se definió un orden de ejecución (tabla 8) de los filtros que se aplicaron a cada una de las clases, por ello fue necesario modificar tres parámetros del script:

- `ordem_exec_first`: orden de ejecución de las clases para el primer año
- `ordem_exec_last`: orden de ejecución de las clases para el último año
- `ordem_exec_middle`: orden de ejecución de las clases para los años intermedios

Tabla 8: Parámetros para el orden de ejecución o prioridad de cada una de las 36 subregiones de la Amazonía venezolana

Código de la región	Orden de ejecución del primer año	Orden de ejecución del último año	Orden de ejecución de los años intermedios
90201	3, 12, 11	3, 12, 11	33, 3, 12
90202	3,12	3,12	3,12
90203	3, 12, 33	3, 12	3, 12, 33
90207	33	33	33

90208	3	3, 12	3, 12
90209	Primer filtro temporal: 3,12 Segundo filtro temporal: 3	Primer filtro temporal: 3,12 Segundo filtro temporal: 3	Primer filtro temporal: 3,12 Segundo filtro temporal: 3
90210	3	3	3, 12, 33
90211	33	33	33
90213	3	3	3
90214	3, 12, 33	3, 12	3, 12, 33
90215	3, 12	3	3, 12, 33
90218	33	33	33
90220	12	12	12
90221	3, 12, 33	3	3, 12, 33
90222	3, 12, 33	3	3, 12, 33
90223	3	3, 12, 33	3, 12
90224	3, 12	3	3, 12
90226	Primer filtro temporal: 3 Segundo filtro temporal: 12	Primer filtro temporal: 3 Segundo filtro temporal: 12	Primer filtro temporal: 3 Segundo filtro temporal: 12
90501	3, 6, 12, 11, 13,29	25	14, 3, 30, 12, 33
90502	29, 12	29, 12	29, 12
90503	3,12,29	3,12	33, 3, 12, 29
90504	29,12	29,12	29,12
90505	3, 29	3, 12	3
90506	3, 29,12	3, 29	33, 3, 29,12
91302	3, 12, 33	3, 12, 33	3, 12, 33

En la figura 21 se muestra un ejemplo del resultado del filtro temporal aplicado a la clasificación del año 2017, donde se puede observar como los píxeles aislados y que generaban ruido en la clasificación son corregidos con valores consistentes espacialmente.

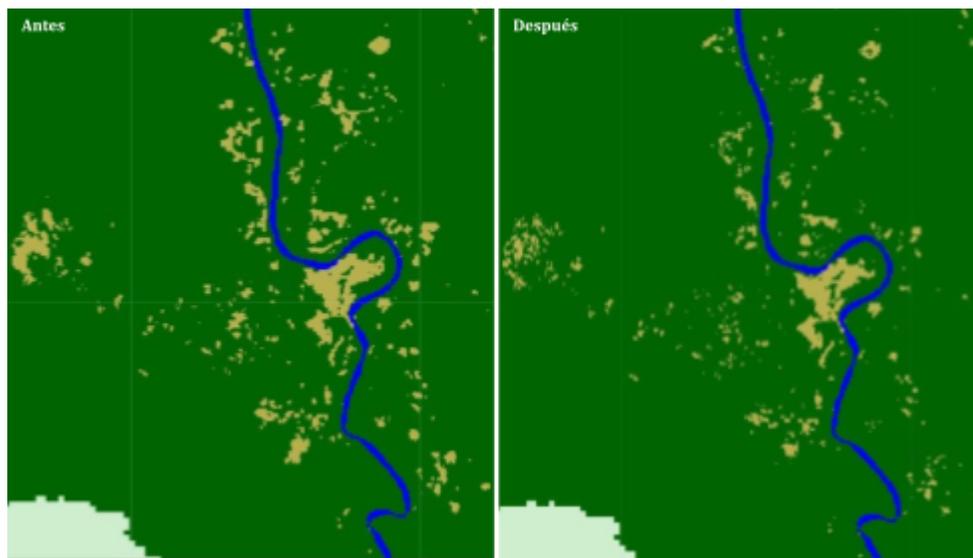
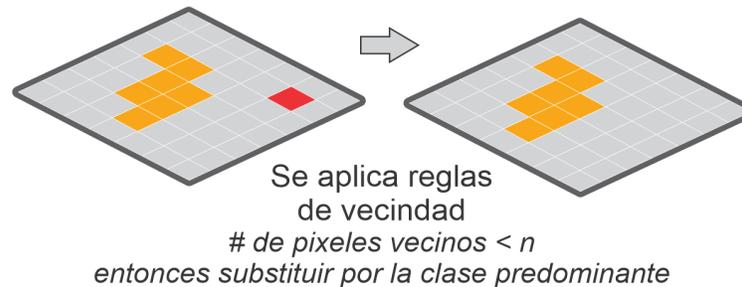


Figura 21: Representación del antes y después de la aplicación del filtro temporal para el año 2017

6.2 Filtro espacial

La aplicación del filtro espacial tiene como finalidad eliminar píxeles aislados e inconsistencias de continuidad. Este filtro se basa en la función “connectedPixelCount” de GEE. Esta función localiza píxeles conectados (vecinos) que compartan el mismo valor empleando una ventana móvil. Únicamente los píxeles que no comparten una conexión con un número predefinido de vecinos idénticos son considerados como píxeles aislados.



El valor fijado de píxeles conectados fue 5. De este modo, el filtro espacial elimina píxeles aislados o de borde menores a 0,5 ha (5 píxeles) unidad mínima de mapeo, incrementando la consistencia espacial de las calificaciones, como puede observarse en el ejemplo de la figura 22.

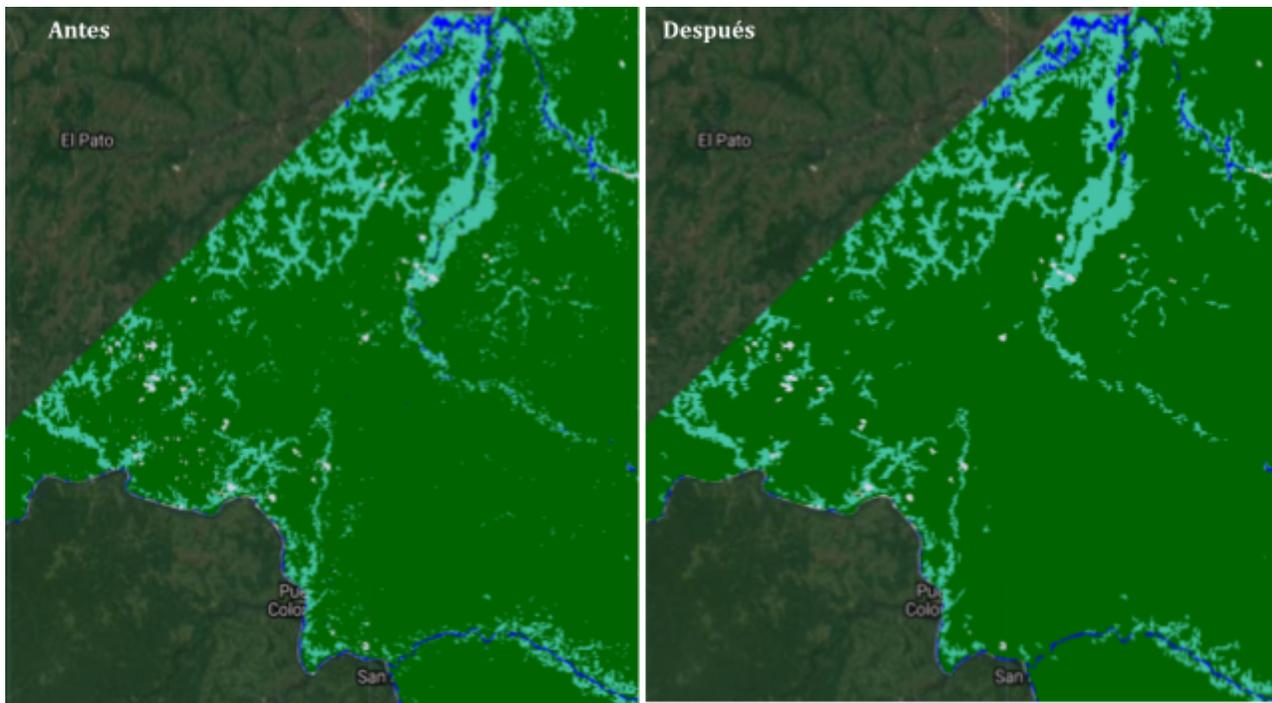


Figura 22: Ejemplo del antes y después de la aplicación del filtro espacial para el año 2018

6.3 Filtro de frecuencia

El uso del filtro de frecuencia tiene como objetivo mejorar las clasificaciones según la información histórica de los 37 años por región. Este filtro toma en cuenta el porcentaje de repeticiones de las clases naturales de la clasificación MapBiomas Amazonía (3, 6, 11, 12, 13, 29, 33) y a partir de este porcentaje actualiza aquellos valores minoritarios que pueden considerarse como posibles errores de clasificación.

En la figura 23 se presenta un ejemplo gráfico de lo que ocurre al aplicar este filtro en la región 90203, en donde se observa que el valor ID 3 (formaciones forestales) está presente en 33 años de la serie histórica, representando el 92% de toda la clasificación; y luego de la aplicación del filtro se observa que este valor se actualiza en los años en los que no había información (ID 27 No data), dando como resultado una clasificación más consistente.

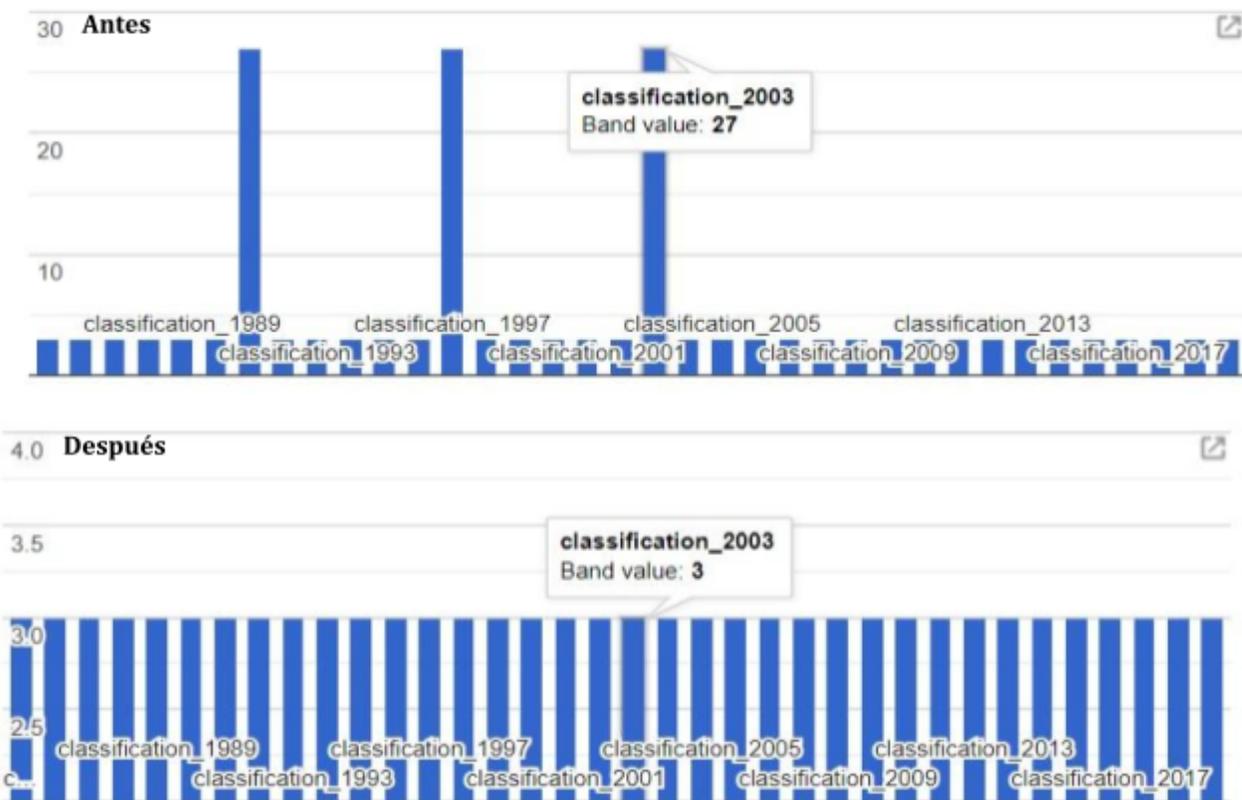


Figura 23: Gráfica donde se muestra el antes y después de la aplicación del filtro de frecuencia

En la figura 24 se muestra el resultado del antes y después de usar el filtro de frecuencia en un área de la región 90204.



Figura 24: Ejemplo del antes y después de la aplicación del filtro de frecuencia para el año 1994, región 90204.

Para cada región se definió el porcentaje de vegetación natural mínima para que sea considerado el filtro de frecuencia y el porcentaje mayoritario para que prevalezca una clase (Tabla 9). El porcentaje establecido en la metodología es 90% sin embargo ciertas regiones disminuyeron los valores porcentuales en uno u otro parámetro para mejorar los resultados que mostraron resultados no esperados cuando posteriormente se aplicaba el Gapfill.

Tabla 9: Parámetros para el porcentaje de vegetación nativa mínima y mayoritaria para que sea considerada en el filtro de frecuencia en cada una de las 36 subregiones de la Amazonía venezolana.

Región	Códigos de región	% native_vegetation ¹	perc_majority ²
Amazonía Baja	90201 a 90227	entre 40% y 99%	entre 10% y 70%
Delta	91301 a 91303	50%	entre 50% y 90%
Tepuy	90501 a 90506	entre 50% y 70%	50%

6.5 Integración

El proceso de integración consistió en generar la versión final de los mapas de cobertura y uso de la tierra 1985-2021 generando assets finales de las clasificaciones donde se acoplaron los resultados obtenidos de la clasificación del mapa general y los temas transversales. Se tomaron en cuenta una serie de reglas de prevalencia o también llamadas orden de integración que permitieron la obtención del mejor resultado posible según los criterios de mapeo de cada una de las clases consideradas dentro de la leyenda. En la tabla 10 se presentan las reglas de integración para Venezuela:

Tabla 10. Reglas de prioridad para la integración de clases

Prevalencia	Nombre de la clase	ID de clase	Fuente
1	Aflaramiento rocoso	29	Mapa general
2	Minería	30	Tema transversal
3	Pasto	15	Mapa general y tema transversal
4	Agricultura	18	Mapa general y tema transversal
5	Mosaico de agricultura y/o pasto	21	Mapa general
6	Infraestructura urbana	24	Tema transversal
7	Bosque inundable	6	Tema transversal
8	Formación natural no forestal inundable	11	Tema transversal
9	Formación campestre	12	Mapa general
10	Río, lago u océano	33	Tema transversal
11	Otra formación natural no forestal	13	Mapa general
12	Manglar	5	Tema transversal
13	Formación Forestal/Bosque	3	Mapa general
14	Otra área sin vegetación	25	Mapa general
15	No observado	27	Mapa general

¹ % vegetación nativa mínima para que sea considerado el filtro de frecuencia.

² porcentaje mayoritario para que prevalezca una clase

7. Referencias

- Diniz, C.; Cortinhas, L.; Nerino, G.; Rodrigues, J.; Sadeck, L.; Adami, M.; Souza-Filho, P.W.M. (2019). Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis. *Remote Sens.* 11, 808.
- Huber, Otto (1995). Guayana Venezolana: Mapa de Vegetación. 1:2.000.000. Anexo a Steyermark et al 1995, Flora of the Venezuelan Guayana Volume 1.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2018). Proyecciones de Población 2018, Enlace: <http://www.ine.gov.ve/>.
- MARN. (2003). Mapa de Vegetación de Venezuela 1:2.000.000. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN), Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar; Caracas.
- MPPAMB. (2014). Ecosistemas de Venezuela. 1: 2.000.000. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente; Caracas.
- Proyecto MapBiomias Amazonía - Colección 2 de los mapas anuales de cobertura y uso del suelo. Enlace: <http://amazonia.mapbiomas.org> (2020).
- Proyecto MapBiomias Amazonía - Colección 3 de los mapas anuales de cobertura y uso del suelo. Enlace: <http://amazonia.mapbiomas.org> (2021).
- Rodríguez, J.P., F. Rojas-Suárez y D. Giraldo Hernández (eds.) (2010). Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela. Provita, Shell Venezuela, Lenovo (Venezuela). Caracas: Venezuela. 324 pp.
- Señaris, J. C., D. Lew y C. Lasso (eds.). (2009). Biodiversidad del Parque Nacional Canaima: bases técnicas para la conservación de la Guayana venezolana. Fundación La Salle de Ciencias Naturales y The Nature Conservancy. Caracas. 256 pp
- Steyermark, Julian; Berry, Paul; Holst, Bruce (eds.) (1995). Flora of the Venezuelan Guayana Volume 1: Introduction. Missouri Botanical Garden. ISBN 0-88192-313-3.
- Potapov, P; Xinyuan, Li; Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A.; Hansen M. C.; Kommareddy, a. et al. (2021). Mapping global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data *Remote Sensing of Environment*, 253, Article 112165.
- Arévalo, P.; Bullock, E.; Woodcock, c. y Olofsson, P. (2020). A Suite of Tools for Continuous Land Change Monitoring in Google Earth Engine. *Front. Clim.* 2, 576740.