

MAPBIOMAS
[AMAZONIA]

Venezuela - Apéndice

Colección 2
Versión 1.0



Institución:



Julio 2020

Equipo de Especialistas

Especialistas en mapeo

- Emanuel Valero
- José Sánchez
- Rodrigo Lazo

Responsable del proyecto RAISG-MapBiomias 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:

I. Zager, R. Lazo, E. Valero, J. Sánchez. Documento de Bases Teóricas de Algoritmo (ATBD) RAISG- MapBiomias Amazonía Colección 2, Venezuela - Apéndice Colección 2 (2020).

Índice

Lista de Tablas	4
Lista de Figuras	4
1. Características generales del país	6
2. Otras iniciativas nacionales de cartografía	8
3. Diferencias metodológicas de la colección 2 en la Amazonía venezolana	11
4. Generación del mosaico Landsat (Paso 1)	12
4.1 Definición de los parámetros	14
4.2 Generación de los mosaicos	15
5. Clasificación	18
5.1 Leyenda	18
5.2 Subregiones de clasificación	21
5.3 Muestras estables a partir de la colección 1 de MapBiomias Amazonía (Paso 2)	21
5.4 Puntos aleatorios de entrenamiento (Paso 3)	25
5.5 Clasificación preliminar (Paso 4)	26
5.6 Gap Fill: Llenado de píxeles sin información (Paso 5)	27
5.7 Muestras estables a partir de la clasificación preliminar (Paso 6)	29
5.8 Puntos aleatorios de entrenamiento de las nuevas muestras estables (Paso 7)	29
5.9 Generación de la clasificación definitiva (Paso 8)	30
6. Post-clasificación	32
6.1 Gap Fill (Paso 11)	32
6.2 Filtro temporal (Paso 9)	32
6.3 Filtro espacial (Paso 10)	35
6.4 Filtro de frecuencia (Paso 12)	36
6.5 Reclasificación	37
6.6 Integración	38
6.7 Temas transversales	39
7. Referencias	41

Lista de Tablas

Tabla 1: Regiones operativas dentro de la Amazonía venezolana	7
Tabla 2: Resumen de los parámetros de las imágenes Landsat utilizadas en la construcción de los mosaicos para la Amazonía venezolana	16
Tabla 3. Clases y subclases de cobertura y uso de la tierra de la colección 2 de MapBiomias Amazonía utilizadas por Venezuela. En letras negritas se indican las clases o subclases utilizadas	18
Tabla 4: Formaciones vegetales presentes en la Amazonía venezolana reagrupadas según las categorías de la leyenda de la colección 2 de MapBiomias Amazonía	19
Tabla 5. Subregiones de clasificación	21
Tabla 6: Clases mapeadas en la imagen de muestras estables para las 16 regiones de clasificación de la Amazonía venezolana	23
Tabla 7: Insumos utilizados en la generación del asset de muestras estables para las 16 regiones de la Amazonía venezolana	24
Tabla 8: Parámetros para el orden de ejecución o prioridad de cada una de las 16 subregiones de la Amazonía venezolana	35
Tabla 9: Reclasificación de la cobertura y uso de la tierra por región para la Amazonía venezolana	37

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)	6
Figura 2: Mapa Guayana Venezolana (Huber, 1995)	8
Figura 3: Mapa de Vegetación de Venezuela (MARNR, 2003)	9
Figura 4: Mapa de Formaciones Vegetales de Venezuela (Huber y Oliveira, 2010)	9
Figura 5: Mapa de Ecosistema de Venezuela (MPPA, 2014)	10
Figura 6: Mapa de cobertura y uso del suelo (RAISG, 2019)	10
Figura 7: Síntesis metodológica de la Colección 2 de MapBiomias Amazonía.	11
Figura 8: Grilla de cartas MapBiomias para la Amazonía venezolana (44 cartas en total)	12
Figura 9: Grilla de cartas MapBiomias con las regiones operativas para la Amazonía venezolana	13
Figura 10: Salida y visualización del paso 1 en el editor de código de GEE.	15

Figura 11: Mosaicos de imágenes del año 1985 al 2018	17
Figura 12: Regiones de clasificación definidas para la Amazonía venezolana	22
Figura 13: Muestras estables de cuatro regiones de la Amazonía venezolana, con base en los datos de la colección 1 MapBiomass de cobertura y uso. Esquina superior izquierda: 90278, superior derecha 90279, inferior izquierda 90283, inferior derecha 91386	25
Figura 14: Detalle de la subregión 90278 donde se muestran los puntos de muestreo en cada clase de cobertura y uso	26
Figura 15: Clasificación preliminar de cobertura y uso para la región 90278 de la Amazonía venezolana, años 2010 (izquierda) y 2018	27
Figura 16: Esquema de actuación del Gap Fill	27
Figura 17: Resultado de la implementación del gap fill en la región 90275 de la Amazonía venezolana. Arriba: clasificación original obtenida del paso 4. Abajo: Imagen resultado de ejecutar el gap fill.	28
Figura 18: Muestras estables de las regiones 90278 (Izquierda) y 90283 de la Amazonía venezolana, generadas a partir de la clasificación preliminar obtenida del paso 4.	29
Figura 19: Detalle de la región 90279 donde se muestran los puntos de muestreo en cada clase de cobertura y uso	30
Figura 20: Clasificación de cobertura y uso para la región 90290 de la Amazonía venezolana, años 2005 (izquierda) y 2018, resultante de ejecutar el paso 8 de la metodología.	30
Figura 21: Resultado de la clasificación de imágenes Landsat del año 1985 al 2018	31
Figura 22: Presentación antes y después de la aplicación del Gap Fill para el año 2018	32
Figura 23: Representación del antes y después de la aplicación del filtro temporal para el año 2018	35
Figura 24: Ejemplo del antes y después de la aplicación del filtro espacial para el año 2018	36
Figura 25: Gráfica donde se muestra el antes y después de la aplicación del filtro de frecuencia	36
Figura 26: Ejemplo del antes y después de la aplicación del filtro de frecuencia para el año 2018	37
Figura 27: Integración para el año 2018 de las imágenes clasificadas de la Pan-Amazonía	38
Figura 28: (superior) Imagen integrada preliminar. Los recuadros blancos muestran las áreas fronterizas con inconsistencias. (inferior) Los recuadros las zonas fronterizas reclasificadas para mejorar la continuidad del mapa	39
Figura 29: Izquierda: clasificación sin manglares. Derecha: después de la integración, con manglares	40

1. Características generales del país

La Amazonía venezolana está ubicada al noreste de América del Sur, abarcando una extensión aproximada de 470.220 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 de Bolívar, donde las actividades mineras y comerciales atraen a personas de otras regiones del país y del extranjero.

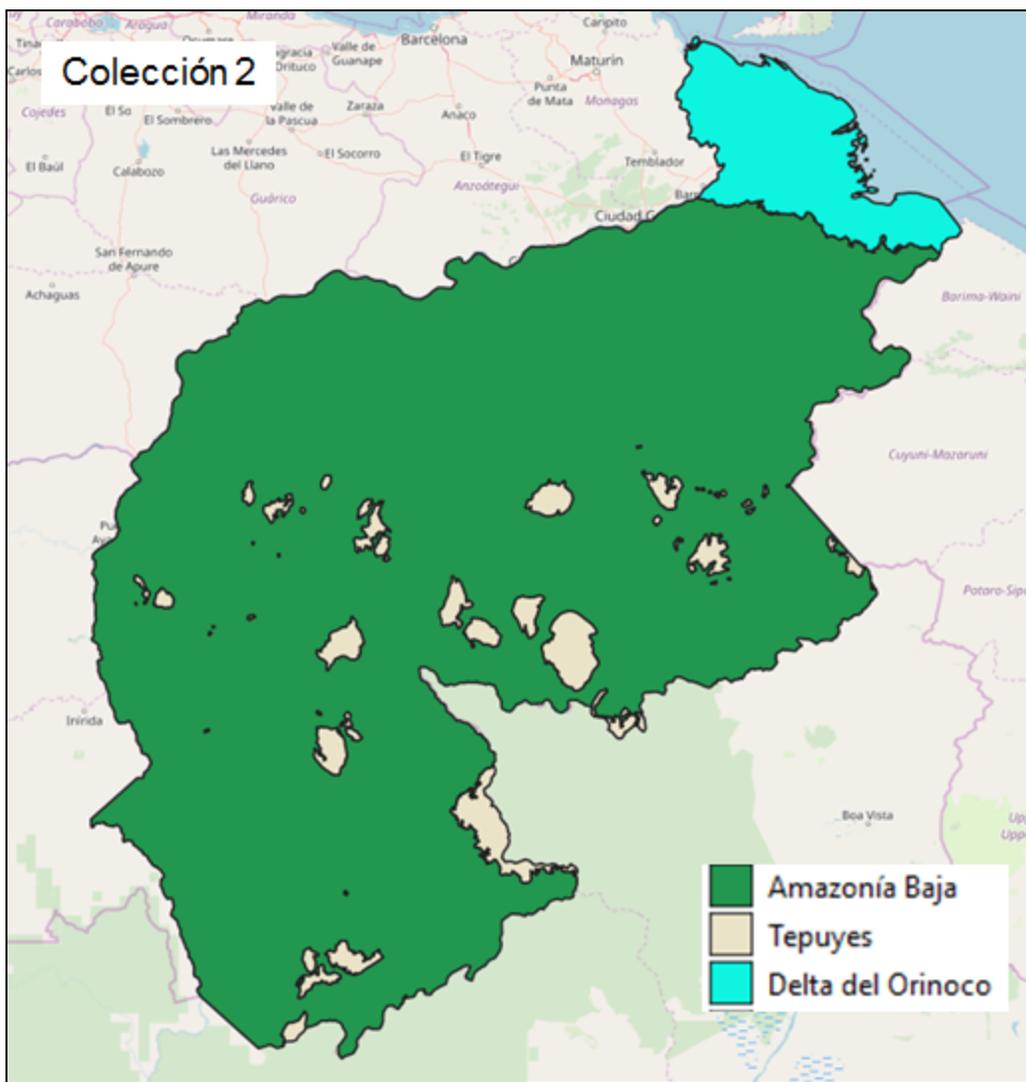


Figura 1: Límite de la Amazonía venezolana en el ámbito de la RAISG y su división por regiones operativas

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 dominado por un estrato herbáceo de composición de gramíneas mientras que las formaciones de "herbazal", por el contrario, están formado por hierbas diferentes a las gramíneas. En estas regiones pueden presentarse sabanas con gramíneas que están asociada con un estrato leñoso (sabanas arboladas) o no (sabanas abiertas) - cuando está acompañado por palmas, las 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-montanas 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 que se caracterizan por presentar 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. Esto 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 de 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, es decir, solo el 4,3% del territorio de la amazonia venezolana. La altitud de estas formaciones varía entre los 1500 msnm hasta casi los 3000 msnm. Se caracterizan por una variedad de formaciones desde bosques ombrófilo submicrotérmino o bosques tepuyanos, 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. Por el rango de alturas corresponde a las características climáticas de la Amazonía alta.</p>

2. Otras iniciativas nacionales de cartografía

En Venezuela la cartografía vegetal con carácter científico se inicia en 1920, con la publicación del *Mapa Ecológico de Venezuela* por parte del botánico suizo Henri Pittier, a escala 1:2.000.000.

Posteriormente se presentan publicaciones en 1955 con el *Mapa Fitogeográfico preliminar de la República de Venezuela* de Francisco Tamayo, seguido en 1960 del tercer *Mapa de Vegetación* a escala 1:2.000.000, titulado *Mapa de la vegetación de la República de Venezuela*, de Kurt Hueck. Para 1968 el Ministerio de Agricultura y Cría publica el *Mapa ecológico según la clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge*. Con la utilización de las primeras imágenes de Landsat se produjo el *Mapa de la Vegetación actual de Venezuela*, publicado en 1982, a escala 1:250.000. En 1988, Otto Huber y Clara Alarcón publican el *Mapa de vegetación de Venezuela*, a escala 1:2.000.000

En los últimos 25 años se han generado pocas iniciativas cartográficas de la cobertura vegetal y uso de la tierra a escala nacional o regional que pudieran servir de referencia para el presente proyecto. Las principales son:

- En 1995 Otto Huber presenta el *Mapa Guayana Venezolana*, basado en su publicación de 1988, a escala 1: 2.000.000. Este mapa acompañó la serie de ocho volúmenes titulado *Flora of the Venezuelan Guayana* (Steyermark et al. 1995). (Figura 2).

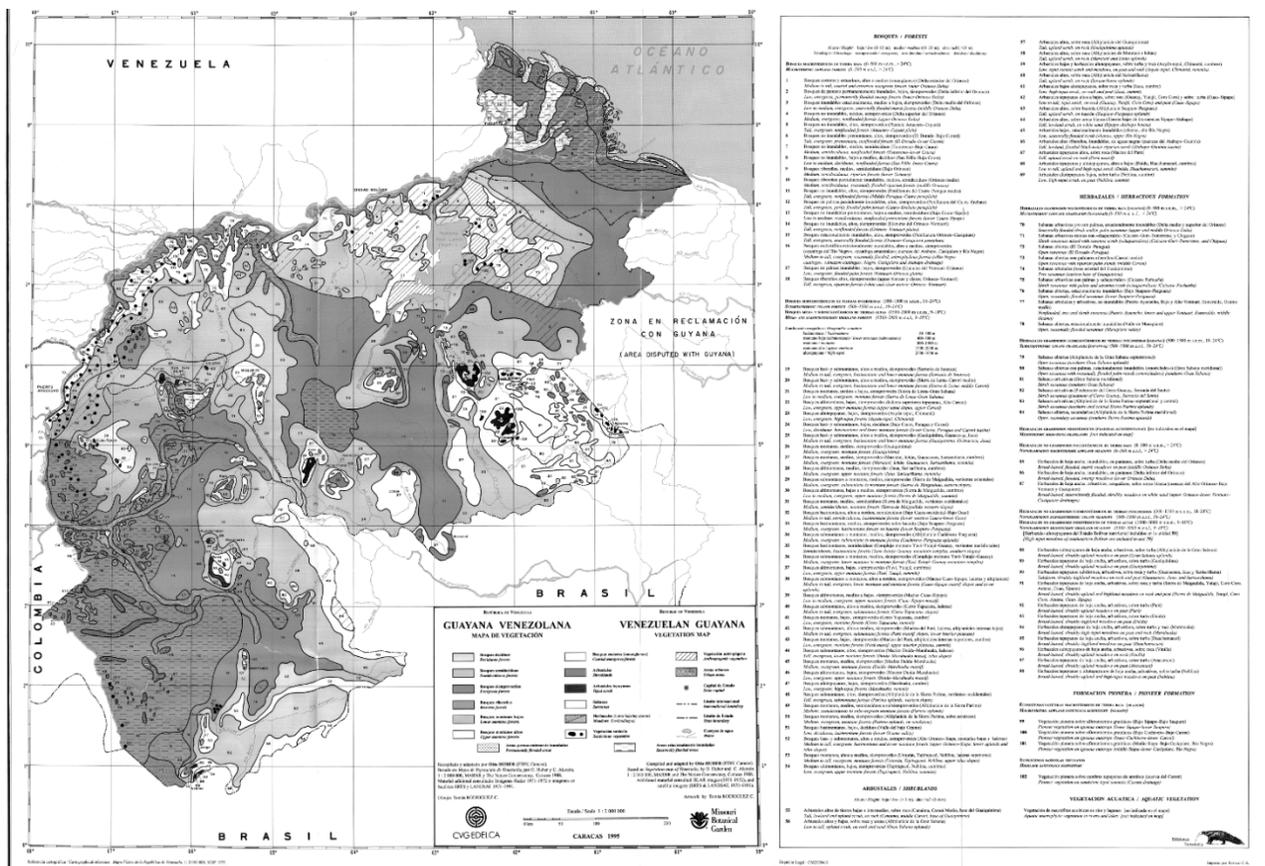


Figura 2: Mapa Guayana Venezolana (Huber, 1995)

- En el 2003 el Ministerio del Ambiente publica una actualización del mapa de Huber y Alarcón, bajo el título de *Mapa de Vegetación de Venezuela*, a escala 1:2.000.000 (Figura 3).

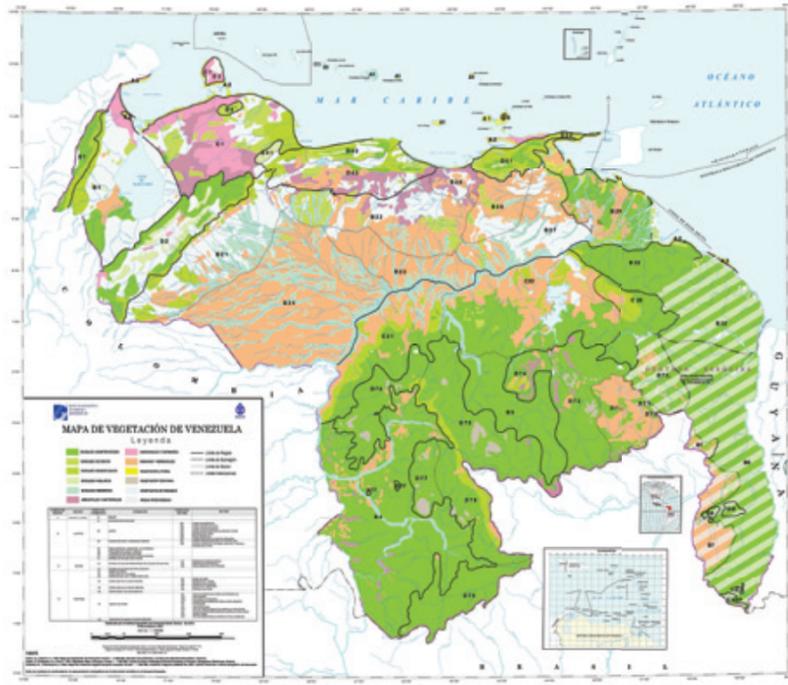


Figura 3: Mapa de Vegetación de Venezuela (MARNR, 2003)

- 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).

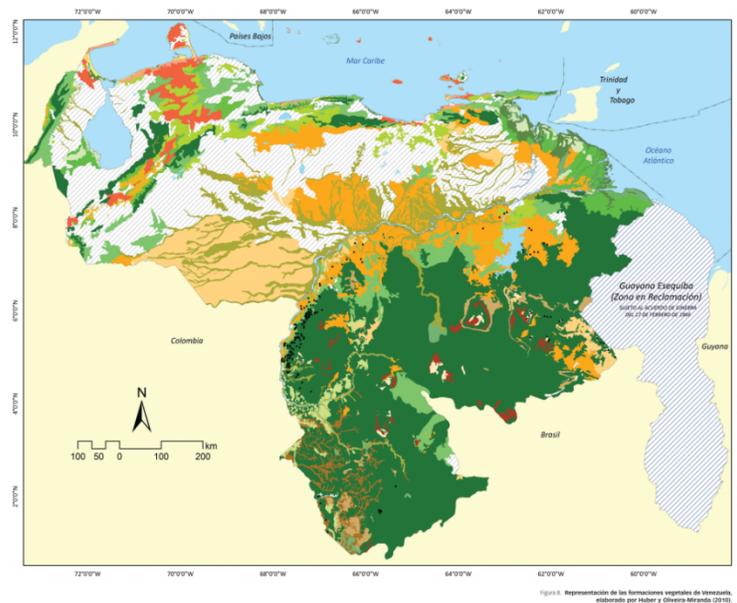


Figura 4: Mapa de Formaciones Vegetales de Venezuela (Huber y Oliveira, 2010)

- 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 Amazonia. 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.

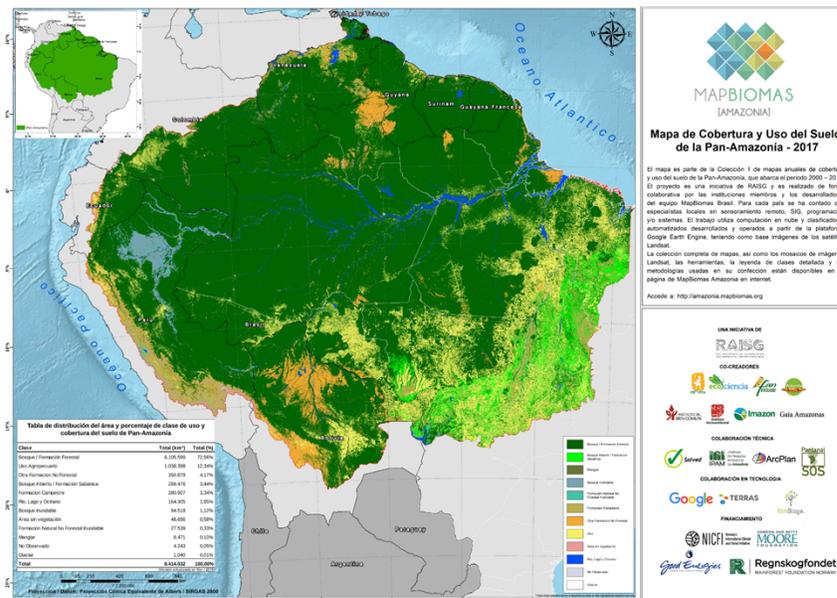


Figura 6: Mapa de cobertura y uso del suelo (RAISG, 2019)

3. Diferencias metodológicas de la colección 2 en la Amazonía venezolana

En el ATBD general se describe, en la sección 3 (Metodología), los pasos seguidos por los países miembros de la RAISG para generar la colección 2 de MapBiomias Amazonía (Figura 7).

En el caso de Venezuela, debido a la calidad de los resultados de la colección 1, fue necesario modificar el paso 2 (Identificación de muestras estables) para mejorar los resultados de las muestras estables. Inicialmente se utilizaron las muestras estables de la colección 1, pero adicionalmente se definieron polígonos de exclusión y polígonos de reclasificación según los siguientes criterios:

- Polígonos de exclusión: Estos se utilizaron para excluir zonas determinadas de la toma de muestras estables de la colección 1 de MapBiomias Amazonía.
- Polígonos de reclasificación: Estos se utilizaron para reasignar (remapear) algunas clases dentro de las área que delimitan.

El resultado de las muestras estables, fue modificado al aplicar los polígonos de exclusión y el remapeo con los polígonos de reclasificación.

Otro cambio que se realizó en la secuencia de pasos de la metodología fue ejecutar el paso 11 (Gap Fill) antes que el paso 10 (Filtro temporal) y el paso 11 (Filtro espacial).

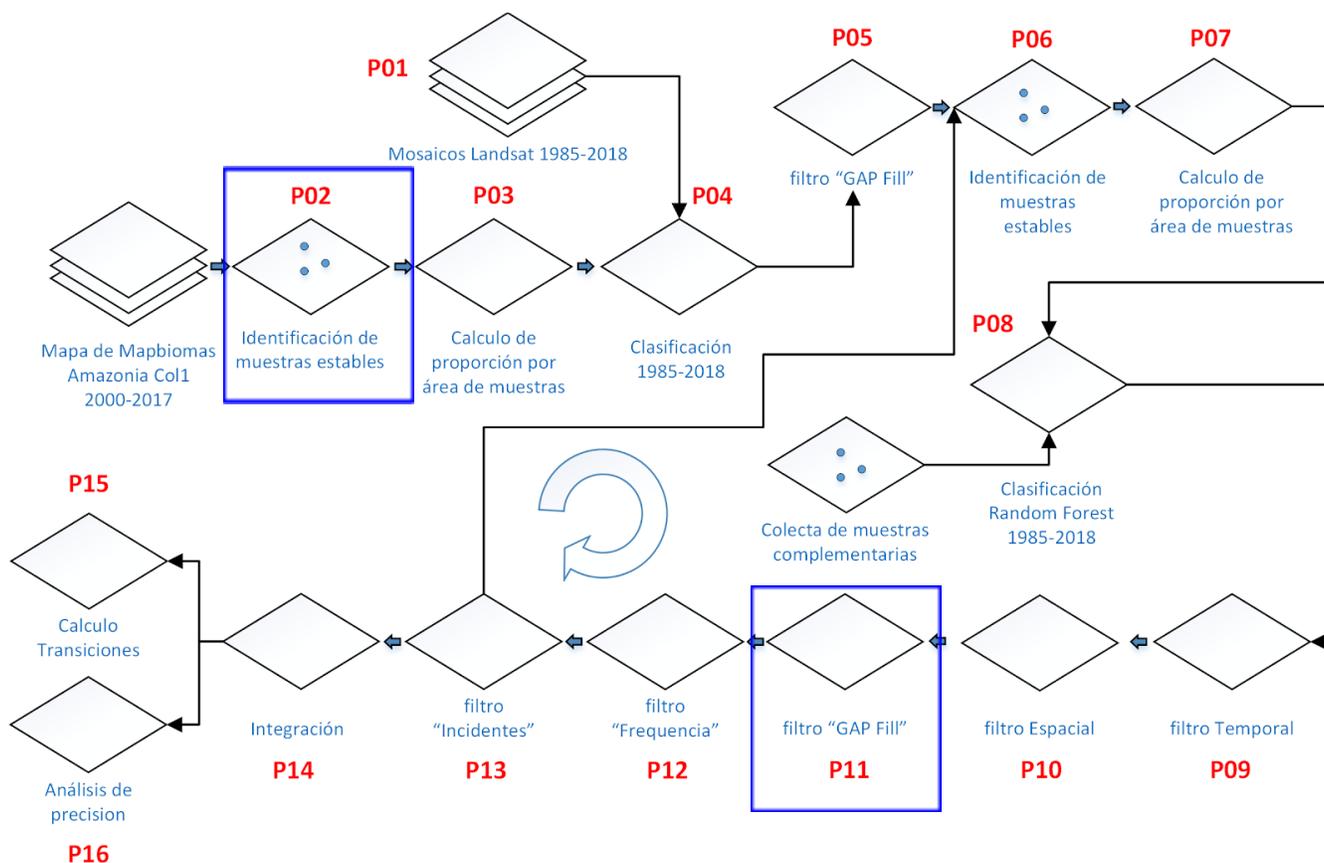


Figura 7: Síntesis metodológica de la Colección 2 de MapBiomias Amazonía.

4. Generación del mosaico Landsat (Paso 1)

La extensión de la Amazonía venezolana es cubierta por 44 cartas de la grilla del Mapa Mundial al Millón a escala 1:250.000 utilizada para las clasificaciones de MapBiomás Amazonía (Figura 8). 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 sub-divididas según la presencia de tres regiones operativas (ver sección 1). En consecuencia, la generación de mosaicos de MapBiomás para la Amazonía venezolana se llevó a cabo al nivel de 68 cartas/región (Figura 9). Considerando que el período de análisis abarca 34 años, desde 1985 hasta 2018, fue necesario definir un total de 2.312 mosaicos Landsat (68 cartas/región x 34 años).

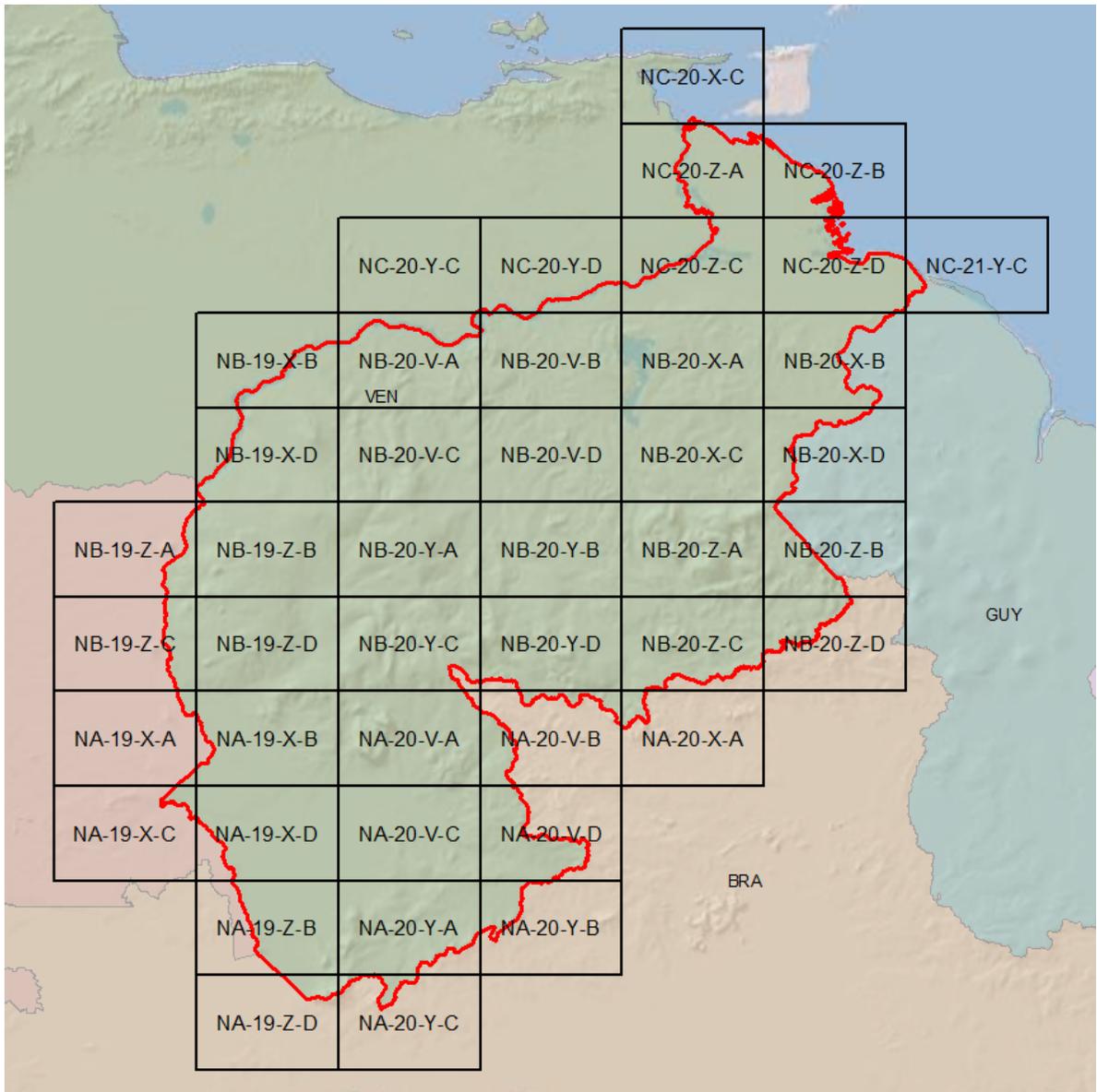


Figura 8: Grilla de cartas MapBiomás para la Amazonía venezolana (44 cartas en total)

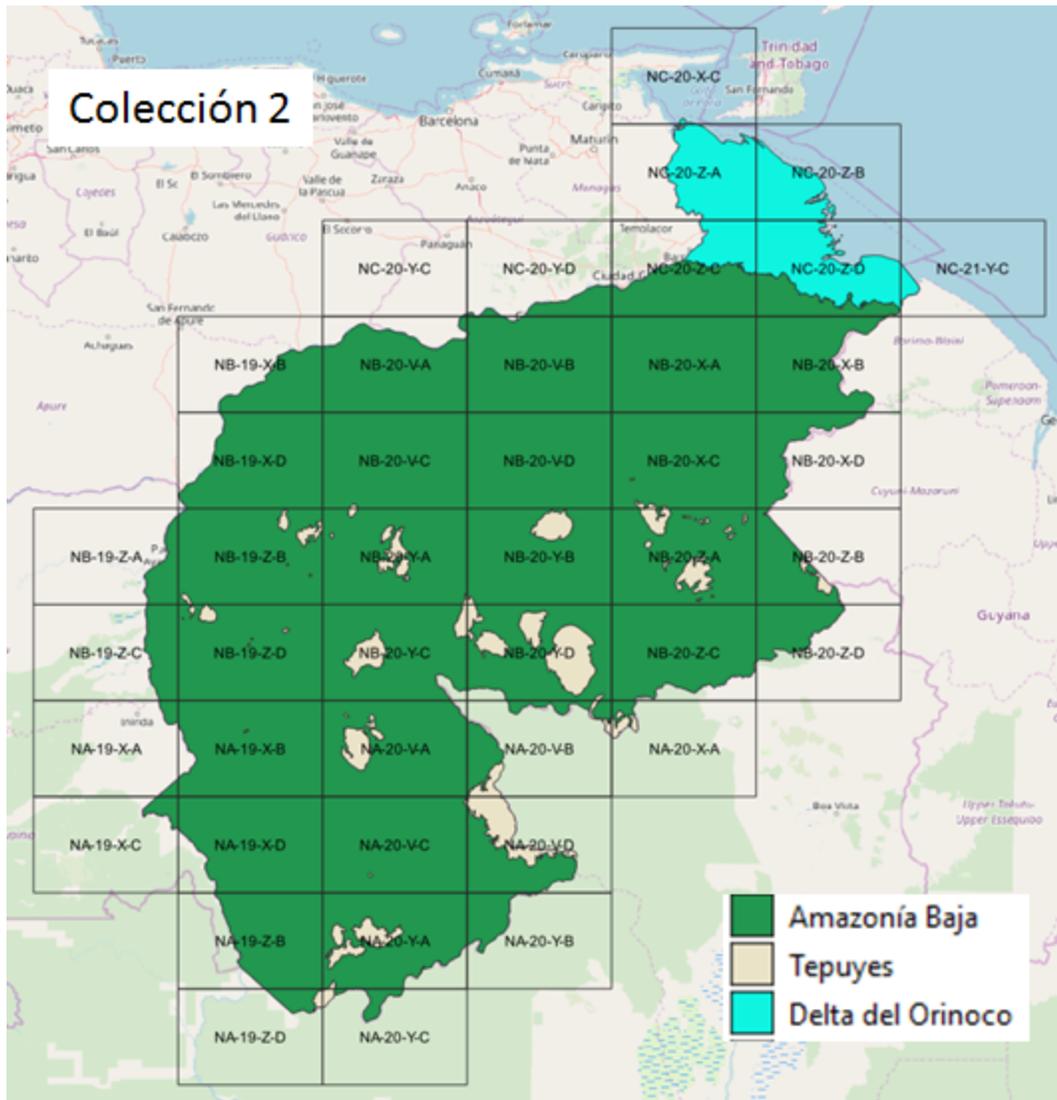


Figura 9: Grilla de cartas MapBiomass con las regiones operativas para la Amazonía venezolana (68 cartas/región en total)

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.

Para las cartas de las regiones de “Amazonía Baja”, en general, se seleccionaron ventanas de 5 a 6 meses de imágenes Landsat dentro del período junio a diciembre de cada año. En zonas como aquellas cercanas al embalse de Guri, la ventana temporal fue mayor para lograr una mejor cobertura, esto 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 del todo el año, en particular en las zonas de barlovento de las mesetas. Debido a esto, para las cartas de esta región fue necesario trabajar con una ventana temporal de selección de

imágenes más amplia, 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”, la ventana de tiempo varía entre los 6 y 8 meses, aunque en la mayoría 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 cuentas 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 utiliza posteriormente para la creación de los mosaicos finales.

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

En el caso que el mosaico no mejoraba después del ajuste de los parámetros, se procedía a evaluar cada una de la 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”. Es esta se colocan los identificadores únicos de imágenes Landsat a excluir en la construcción de los mosaicos. Para identificar cuales imágenes no incluir, el script 03_Step1-validacion_mosaicos, presenta en la leyenda de las capas, todas las imágenes utilizadas en la creación del mosaico. Con la opción de activarla o desactivarla se puede visualizar su efecto en el mosaico. De ahí uno extrae el identificador único para incluirlo en el “Blacklist” de ser necesario.

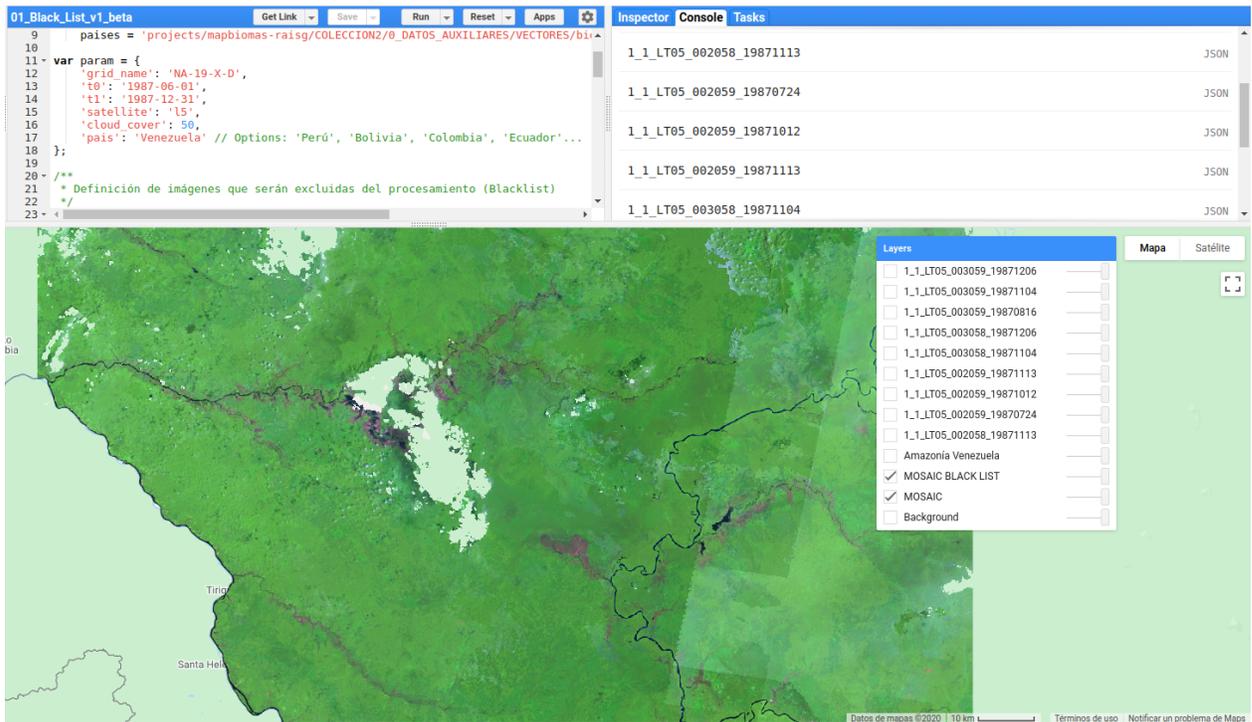


Figura 10: Salida y visualización del paso 1 en el editor de código de GEE.

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

4.2 Generación de los mosaicos

En esta etapa se generaron los mosaicos Landsat correspondientes a los 35 años que comprende la serie 1985-2019, como un asset en Google Earth Engine. Se utilizaron los siguientes insumos:

- La tabla de parámetros construida del paso anterior.
- Un paquete desarrollado en Python, que realiza todo el proceso de generación de mosaicos, de manera automáticamente, 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/workspace-c2](https://earthengine.google.com/projects/mapbiomas-raisg/MOSAICOS/workspace-c2).

El resultado de los 34 mosaicos anuales de imágenes Landsat (1985 - 2018) se puede apreciar en la Figura 11.

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		
	L7	2001-2012, 2015	enero a diciembre moda: junio a diciembre	20% a 100% moda: 80%
	L5/L7	2000-2011		
	L8	2013-2018		
Tepuyes	L5	1985-1999, 2004, 2008		
	L7	2001-2003, 2008, 2010-2016, 2018	enero a diciembre moda: enero a diciembre	20% a 100% moda: 60%
	L5/L7	2000-2011, 2015		
	L8	2013-2018		
Delta	L5	1985-1999		
	L7	2001-2012		
	L5/L7	1999, 2000, 2003-2011	enero a diciembre moda: junio a diciembre	10% a 100% moda: 80%
	L8	2013-2018		

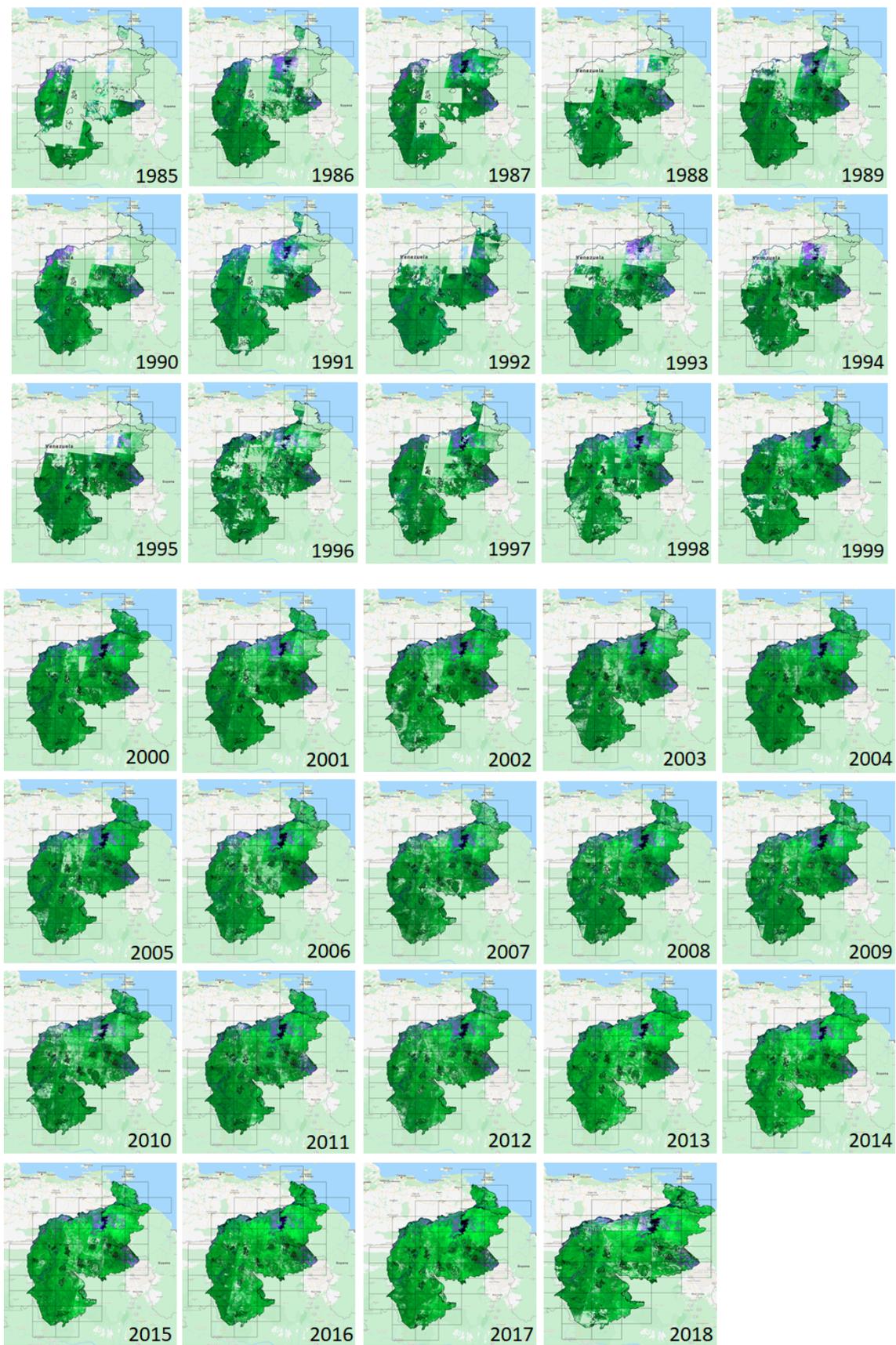


Figura 11: Mosaicos de imágenes del año 1985 al 2018

5. Clasificación

5.1 Leyenda

Venezuela utiliza un subconjunto de categorías de la leyenda definida por la RAISG para MapBiomias Amazonía (Tabla 3). Las categorías son: Formación forestal (ID = 3), formación natural no forestal inundable (ID: 11), formación campestre o sabana (ID: 12), otras formaciones no forestales (ID: 13), mosaico de agricultura y/o pasto (ID: 21), Zonas sin vegetación (ID:22) y ríos, lagos u océano (ID: 33)

Tabla 3. Clases y subclases de cobertura y uso de la tierra de la colección 2 de MapBiomias Amazonía utilizadas por Venezuela. En letras negritas se indican las clases o subclases utilizadas

ID	CLASE	COBERTURA / USO
1	1. Formación Forestal	Cobertura
3	1.1.1. Bosque / Formación Forestal	Cobertura
10	2. Formación Natural No Forestal	Cobertura
11	2.1. Formación Natural No Forestal Inundable	Cobertura
12	2.2. Formación Campestre o Sabana	Cobertura
13	2.4. Otra Formación Natural No Forestal	Cobertura
14	3. Uso agropecuario	Uso
21	3.3 Mosaico de Agricultura y/o Pasto	Uso
22	4. Zonas sin vegetación	Cobertura / Uso
24	4.2. Infraestructura urbana	Uso
29	4.5. Afloramientos rocosos	Cobertura
30	4.4. Minería	Uso
26	5. Cuerpo de agua	Cobertura / Uso
33	5.1. Río, Lago u Océano	Cobertura / Uso
27	6. No Observado	

La clasificación de la 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 1 de cobertura y uso de la tierra generada con la plataforma Mapbiomas Amazonía (2019).

Las formaciones vegetales propuestas por Huber (1995) fueron reagrupadas en función de las categorías de la leyenda de MapBiomias Amazonía (Tabla 4). El mapa de formaciones vegetales se

utilizó como referencia para delimitar las regiones de clasificación. La colección 1 se utilizó como base para generar la nueva colección.

Tabla 4: Formaciones vegetales presentes en la Amazonía venezolana reagrupadas según las categorías de la leyenda de la colección 2 de MapBiomias Amazonía.

MapBiomias CLASE (ID)	REGIÓN	FORMACIONES VEGETALES (Huber 1995)
Bosque denso (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, deciduos de tierras bajas. - Bosque, no inundable, premontano semidecuidos de tierras bajas. - Bosque basi y submontano siempreverdes. - Bosques montano siempreverdes. - Bosques altimontanos siempreverdes - Bosques basi y submontano, deciduos. - 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 montano siempreverdes. - Bosques montanos semidecuidos o subsiempreverdes. - Bosques basimontano, deciduos.
Formaciones naturales no forestales en humedales (ID: 11)	<ul style="list-style-type: none"> - Amazonía baja - Delta 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbustales inundable permanente. - Arbustales ribereño. - Sabanas arbustiva 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

Campos o Sabanas (ID:12)	- Amazonía baja	<ul style="list-style-type: none"> - Arbustales - Sabanas arbustivas mixtas con chaparrales - Sabanas abiertas - Sabanas arboladas - Sabanas arbustivas con palmas y chaparrales - Sabanas arbolada y arbustiva, no inundable - Sabanas arbustivas - Sabanas abiertas secundarias
Otras formaciones naturales no forestales (ID: 13)	- 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
Agricultura o pasto (ID: 21)	<ul style="list-style-type: none"> - Amazonía baja - Delta 	
Zonas sin vegetación (ID: 22)	<ul style="list-style-type: none"> - Amazonía baja - Tepuyes - Delta 	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas urbanas - Afloramientos rocosos - Uso minero
Río, lago u océano (ID: 33)	<ul style="list-style-type: none"> - Amazonía baja - Delta 	

Una vez definidas las diferentes clases a identificar dentro del área de estudio, se generaron las primeras clasificaciones de cobertura, probando y adaptando los scripts metodológicos previamente utilizados por el equipo de MapBiomias-Brasil. Los scripts están disponibles en el repositorio de Google Earth Engine:

[Reader > users/raisgmb01/MapBiomias_C2_Amaz](#)

A partir de ellos se generaron versiones modificadas para clasificar adecuadamente la cobertura de cada una de las 16 regiones en que se dividió la Amazonía venezolana. Estas versiones adaptadas están disponibles en:

[Writer > users/raisgmb01/MapBiomias_C2_Wr](#)

Para el caso de la Amazonía venezolana, el proceso de clasificación de cobertura y uso de la tierra se realizó siguiendo los siguientes pasos que se describen en las siguientes secciones.

5.2 Subregiones de clasificación

Las tres (3) regiones de los mosaicos se subdividieron en 16 subregiones de clasificación, tomando en cuenta criterios biofísicos y de cuencas hidrográficas disponibles para la Amazonía venezolana (ver figura 11 y tabla 5). A cada subregión se les asignó un código único.

Tabla 5. Subregiones de clasificación

Subregiones	Código único	Descripción
Amazonía Baja (06)	90275	Sur del estado Amazonas, cuencas del río Negro
	90276	Cuenca del río Caura
	90277	Cuenca del río Caroní
	90284	Sector oriental del estado Bolívar y sur del estado Delta Amacuro
	90289	Sector medio y norte del estado Amazonas
	90290	Sector noroeste del estado Bolívar
Delta (04)	91385	Delta al sur de la bocas del Río Orinoco
	91386	Delta Alto (solo influencia fluvial)
	91387	Delta Medio (influencia fluvial y marina)
	91388	Delta Alto (solo influencia marina)
Sabana y Herbazales (04)	90278	Zona alrededor del embalse de Gurí, fuertemente intervenida
	90279	Zona ribereña sur del río Orinoco
	90280	Zonas inundables
	90283	Gran Sabana
Tepuyes (02)	90581	Tepuyes de alturas inferior a 1500m
	90582	Tepuyes de altura superior a 1500m

Las subregiones de clasificación se crearon con la finalidad de:

- Ajustar los parámetros de la metodología a cada región 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.

5.3 Muestras estables a partir de la colección 1 de MapBiomias Amazonía (Paso 2)

Una vez construidos los mosaicos de imágenes Landsat, se generan las muestras estables para cada subregión de clasificación. Estas se generaron con el objeto de utilizarlas como referencia para identificar cada una de las clases de cobertura que serán clasificadas en los pasos posteriores. Una muestra estable en GEE, es aquella que se genera con los píxeles de cada clase que se repiten en todos los años (2000-2017) de la colección 1 de MapBiomias Amazonía. Por ejemplo una muestra estable de la clase formación forestal, serían todo los pixels que fueron clasificados como bosque, en todos los años. Las clases de muestras estables utilizadas en cada región se listan en la tabla 6.

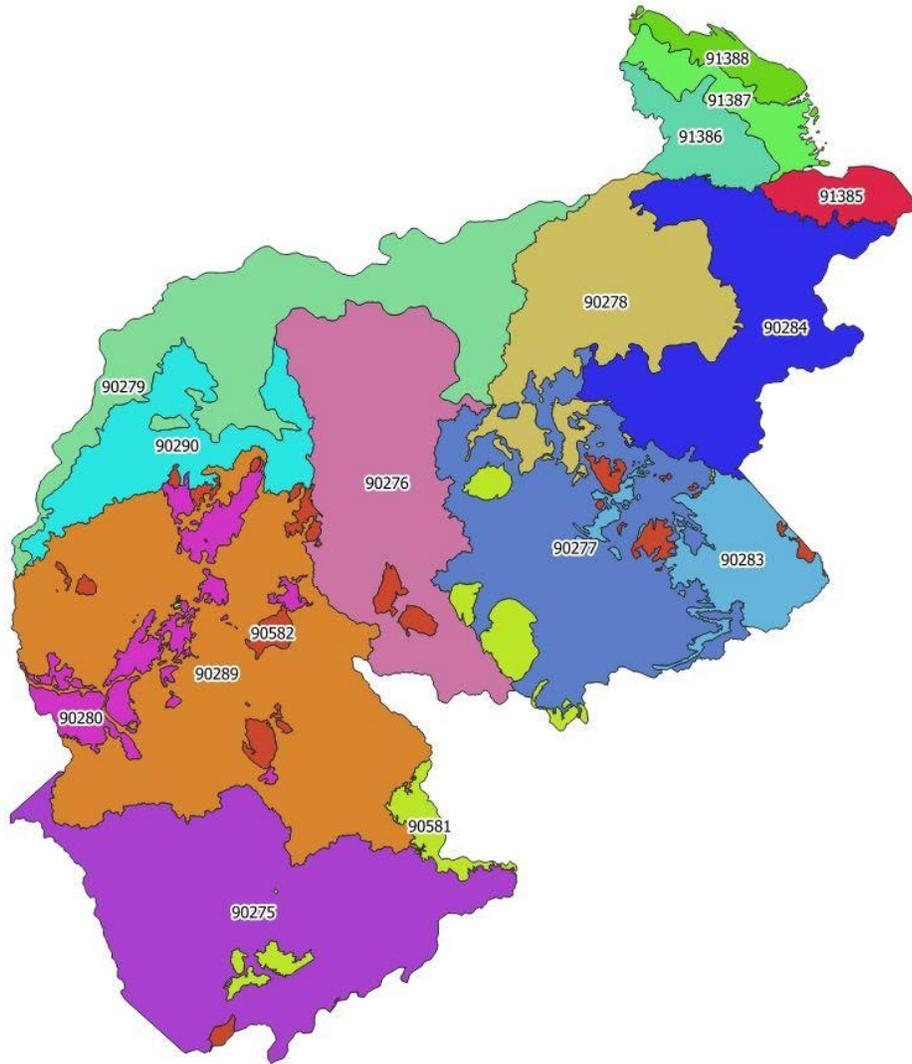


Figura 12: Regiones de clasificación definidas para la Amazonía venezolana

Tabla 6: clases mapeadas en la imagen de muestras estables para las 16 subregiones de clasificación de la Amazonía venezolana

ID Subregión	Subregión	ID de las clase mapeadas en la imagen de muestras estables
90275	Amazonía baja	3, 11, 12, 21, 24, 33
90276	Amazonía baja	3, 12, 21
90277	Amazonía baja	3, 12, 21, 30
90278	Sabanas y herbazales	3, 12, 21, 24, 30, 33
90279	Sabanas y herbazales	3, 11, 12, 21, 24, 29, 30, 33
90280	Sabanas y herbazales	3, 11, 29, 30, 33
90283	Sabanas y herbazales	3, 12, 21, 24, 30, 33
90284	Amazonía baja	3, 12, 21, 24, 30, 33
90289	Amazonía baja	3, 12, 29, 33
90290	Amazonía baja	3, 12, 21, 24, 30, 33
90581	Tepuyes	3, 13, 29
90582	Tepuyes	3, 13, 29
91385	Delta	3, 11, 33
91386	Delta	3, 11, 21, 24, 33
91387	Delta	3, 11, 24, 33
91388	Delta	3, 11, 33

El paso 2 de la metodología general, para la generación de las muestras estables, en el caso de la Amazonía venezolana fue diferente al resto utilizada por los demás países de RAISG (como se explico en la sección 3 de este documento). Lo operaciones realizadas fueron:

- Se generó una primera imagen de muestras estables a partir de los datos 2000-2017 de la colección 1 de cobertura y uso.
- Del resultado anterior, se definieron áreas de reclasificación utilizando los insumos especificados por región en la tabla 7 (columna 2).
- Una vez delimitadas las áreas de reclasificación, se reasignaron las clases no forestales según las reglas que se encuentran en la tabla 7 (columna 3).

El resultado final de la reasignación (remapeo) de clases se almacenó en el asset de Google Earth Engine (ver figura 13):

projects/mapbiomas-raisg/COLECCION2/P02_Muestras_Estables/Muestras_Estables

Tabla 7: Insumos utilizados en la generación del asset de muestras estables para las 16 regiones de la Amazonía venezolana.

Región	Insumos adicionales, utilizados para mejorar el resultado	Reglas para reasignar clases.
90275 90278	<ul style="list-style-type: none"> - Polígonos envolventes en las zonas inundables. Estos polígonos fueron construidos en el mapa de GEE utilizando las herramientas de dibujo. - Assets de uso agrícola/pecuario y zonas urbanas generados a partir datos vectoriales construidos manualmente. 	<u>Zonas no inundables.</u> 11, 13, 21, 22 -> 12 <u>Zonas urbanas.</u> 11, 12, 13, 21, 22 -> 24 <u>Zonas inundables.</u> 12, 13, 21, 22 -> 11 <u>Zonas con uso.</u> 11, 13, 22 -> 21
90276 90277	Ninguno	11, 13, 21, 22 -> 12
90279	<ul style="list-style-type: none"> - Polígonos de exclusión en varias zonas de la región. Estos polígonos fueron construidos en mpa de GEE utilizando las herramientas de dibujo. - Asset de afloramientos rocosos generado a partir de datos Landsat, utilizando el índice normalizado de humedad NDMI. - Assets de uso agrícola/pecuario y zonas urbanas: generados a partir datos vectoriales construidos manualmente. 	<u>Zonas no inundables.</u> 11, 13, 21, 22 -> 12 <u>Zonas urbanas:</u> 11, 12, 13, 21, 22 -> 24 <u>Zonas de uso.</u> 11, 13, 22 -> 21
90280	Ninguno	11, 12, 13, 21, 22 -> 11
90283 90284	<ul style="list-style-type: none"> - Assets de uso agrícola/pecuario y zonas urbanas: generados a partir datos vectoriales construidos manualmente. 	<u>Zonas urbanas:</u> 11, 12, 13, 21, 22 -> 24
90289	-	
90290	-	
90581 90582	<ul style="list-style-type: none"> - Asset de afloramientos rocosos (tepuyes) generado a partir de datos Landsat. 	22 -> 29 12 -> 13

91385	Ninguno	12,13,21,22 -> 11
91386	Assets de uso agrícola/pecuario y zonas urbanas: generados a partir datos vectoriales construidos manualmente.	<u>Zonas urbanas:</u> 11,12,13,21,22 -> 24 <u>Zonas de uso:</u> 11,13,22 -> 21 <u>Zonas inundables</u> 12,13,21,22 -> 11
91387	Assets de zonas urbanas: generados a partir datos	<u>Zonas urbanas:</u>
91388	vectoriales construidos manualmente.	11,12,13,21,22 -> 24
		<u>Zonas inundables:</u> 12,13,21,22 -> 11

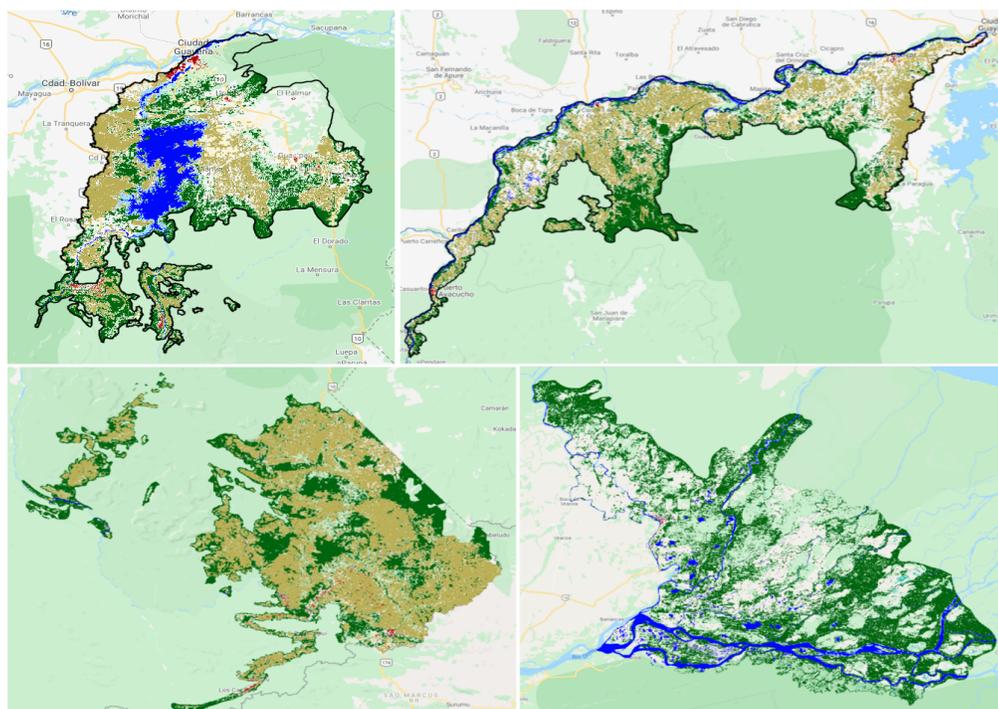


Figura 13: Muestras estables de cuatro regiones de la Amazonía venezolana, con base en los datos de la colección 1 MapBiomias de cobertura y uso. **Esquina superior izquierda:** 90278, **superior derecha** 90279, **inferior izquierda** 90283, **inferior derecha** 91386

5.4 Puntos aleatorios de entrenamiento (Paso 3)

En esta etapa del procesamiento se generaron los puntos de entrenamiento correspondientes a cada clase estable de cobertura y/o uso de suelo. Estos puntos se generaron aleatoriamente sobre la imagen de muestras estables obtenida del paso 2, y la cantidad estuvo determinada por el área que ocupa cada clase de cobertura o uso, considerando un mínimo de 1000 y un máximo de 5000 puntos por clase para

cada una de las 16 subregiones de interés. Cada punto de entrenamiento contiene la siguiente información:

- El identificador de la clase de cobertura o uso que le corresponde según la tabla 5 (columna 1). Por ejemplo, para la clase bosque se asignó ID: 3.
- Los valores de cada una de las bandas contenida en la imagen de mosaico (obtenida del paso 1), para el píxel correspondiente a la coordenada de ese punto.

Los resultados se almacenaron en el asset de Google Earth Engine ubicado en la dirección:

[projects/mapbiomas-raisg/COLECCION2/P03_Puntos_estables](https://earthengine.google.com/projects/mapbiomas-raisg/COLECCION2/P03_Puntos_estables)

En la figura 14 se muestra un ejemplo de los puntos de entrenamiento generados sobre la subregión 90278 de la Amazonía venezolana.

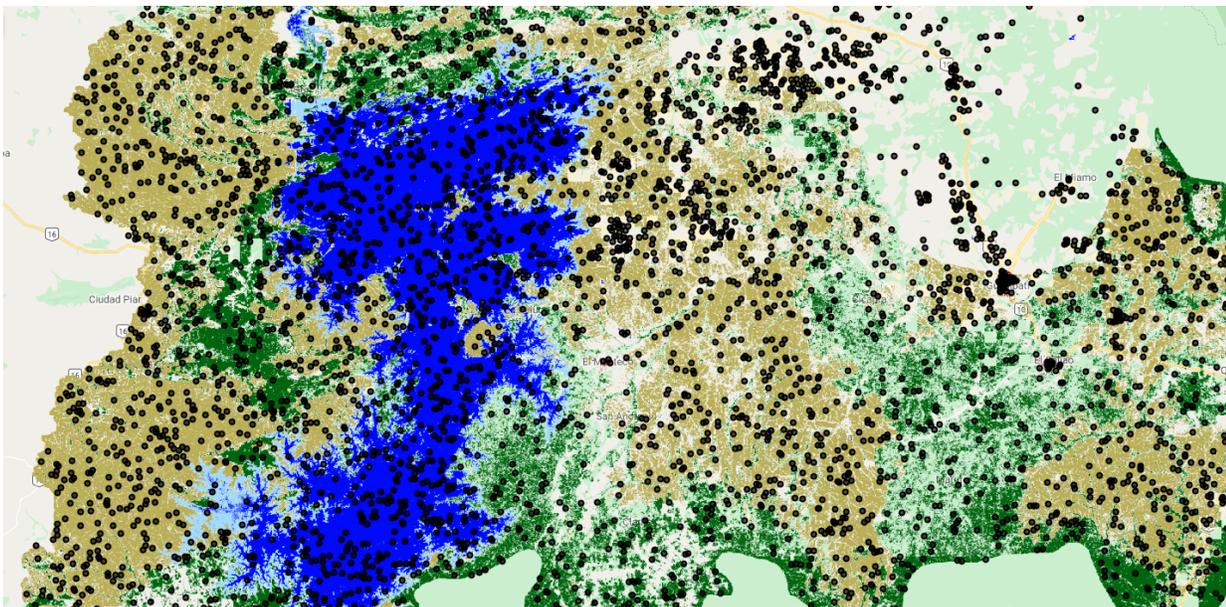


Figura 14: Detalle de la subregión 90278 donde se muestran los puntos de muestreo en cada clase de cobertura y uso

5.5 Clasificación preliminar (Paso 4)

Utilizando los mosaicos generados en el paso 1 y los puntos de entrenamiento obtenidos en el paso 3, se construyeron las clasificaciones anuales preliminares de cobertura y uso para las 16 subregiones de la Amazonía venezolana. Estas clasificaciones se crearon con el algoritmo de clasificación de 'Random Forests', con una cantidad definida de 40 árboles de decisión para clasificar cada clase.

Los resultados de este paso se almacenaron en el asset de Google Earth Engine ubicado en la dirección: [projects/mapbiomas-raisg/COLECCION2/clasificacion_RF](https://earthengine.google.com/projects/mapbiomas-raisg/COLECCION2/clasificacion_RF).

En la figura 15 se muestra la clasificación generada para la subregión 90278, años 2010 y 2018.

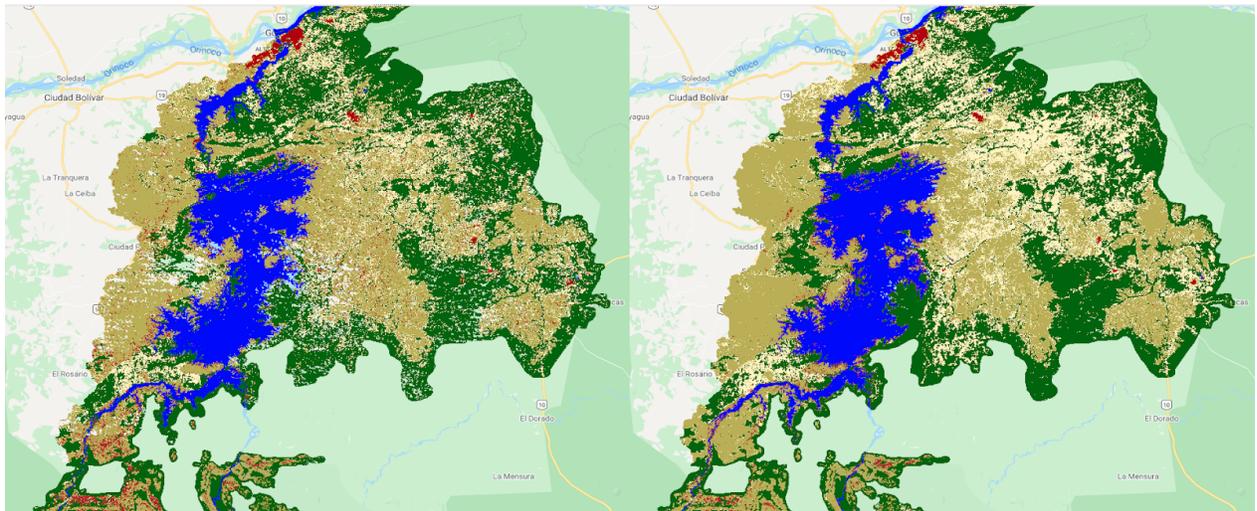


Figura 15: Clasificación preliminar de cobertura y uso para la región 90278 de la Amazonía venezolana, años 2010 (izquierda) y 2018

5.6 Gap Fill: Llenado de píxeles sin información (Paso 5)

Los mosaicos generados (paso 1) pueden presentar píxeles sin valores (sin información), debido a presencia nubes o ausencia de imágenes, esto afecta el producto de la clasificación, ya que dichos píxel quedan sin información en la clasificación preliminar (paso 4).

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 si presenta un valor diferente de vacío (figura 16).

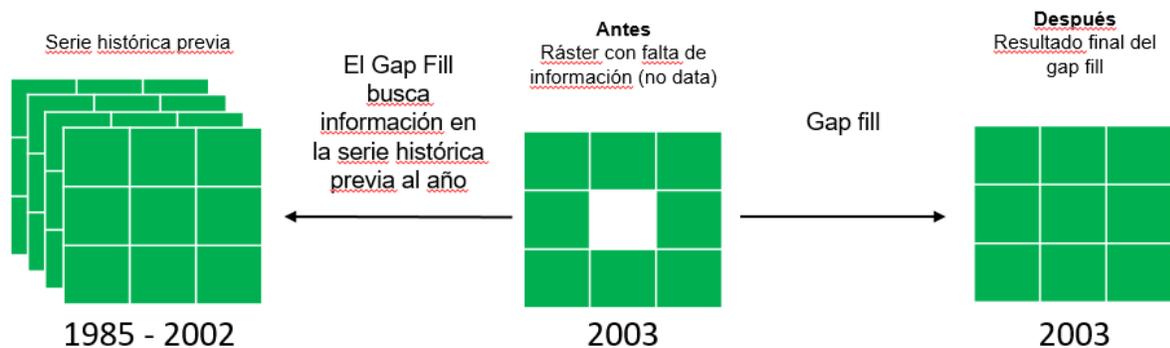


Figura 16: Esquema de actuación del Gap Fill

Este procedimiento tiene dos etapas:

- **Etapa 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 dato.
- **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.

El resultado de este paso es un asset de imágenes anuales ubicado en la dirección:

projects/mapbiomas-raisg/COLECCION2/P05_Gap_fill/clasificacion_RF_GFill.

Esta presenta la misma estructura que el obtenido del paso 4. Un ejemplo del resultado puede observarse en la figura 17.

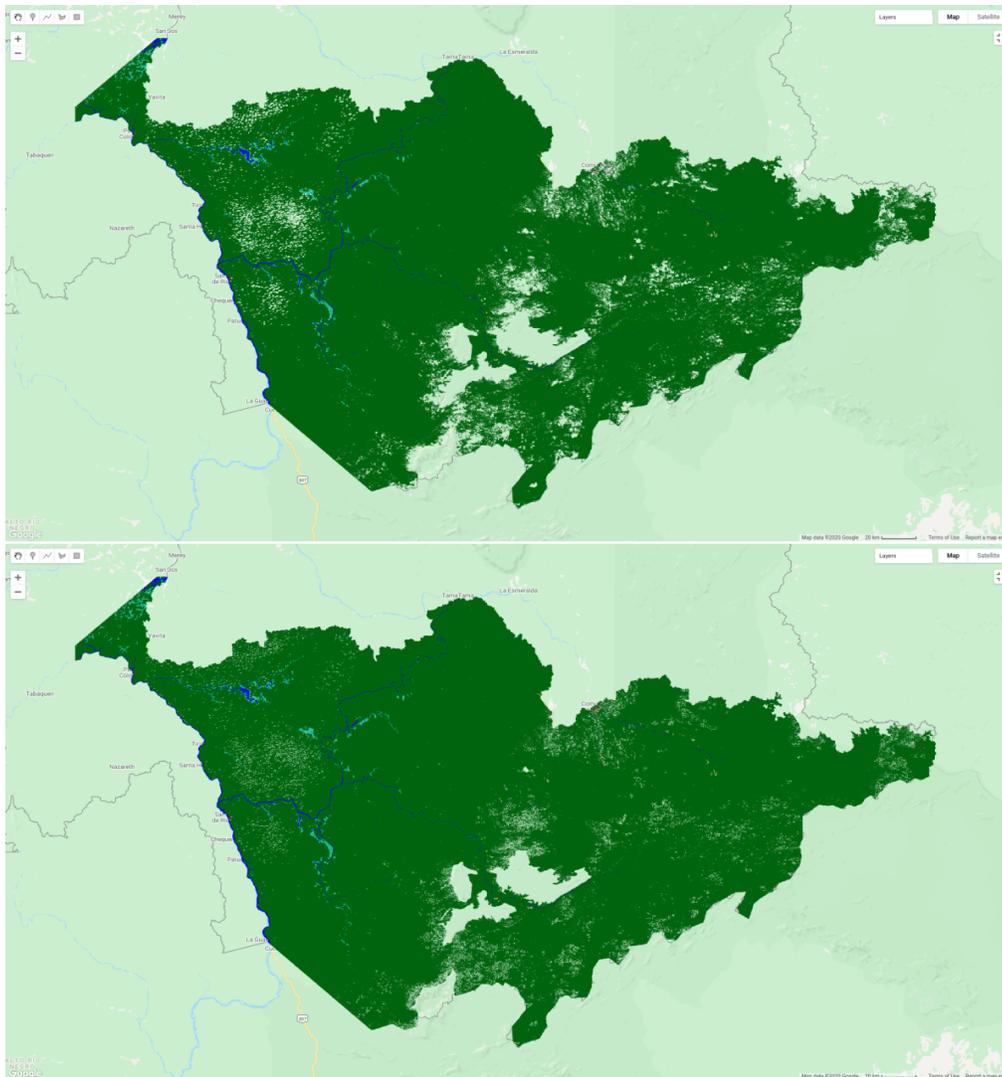


Figura 17: Resultado de la implementación del gap fill en la región 90275 de la Amazonía venezolana. Arriba: clasificación original obtenida del paso 4. Abajo: Imagen resultado de ejecutar el gap fill.

5.7 Muestras estables a partir de la clasificación preliminar (Paso 6)

Este paso es metodológicamente similar al paso 2, con la diferencia que las muestras estables, esta vez son a partir de los resultados de la clasificación preliminar obtenida del paso 4.

Al igual que en el paso 2, en este también se reasignaron las clases no forestales de la imágenes obtenidas para cada región, siguiendo las reglas que se encuentran en la tabla 7. El resultado final (figura 18) se almacenó en la dirección:

projects/mapbiomas-raisg/COLECCION2/P06_Muestras_Estables/Muestras_Estables

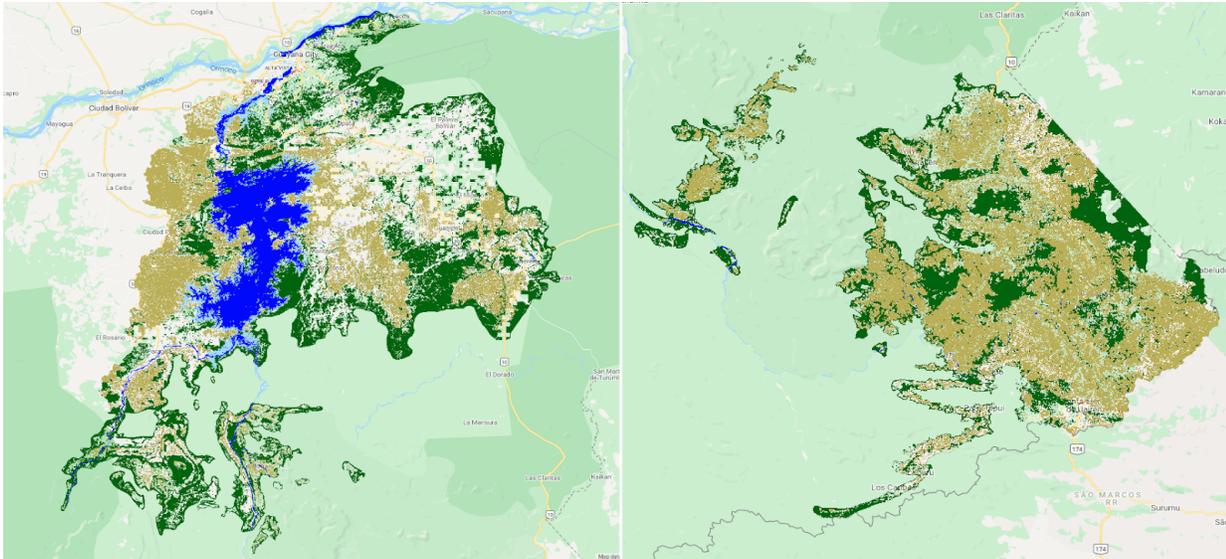


Figura 18: Muestras estables de las regiones 90278 (Izquierda) y 90283 de la Amazonía venezolana, generadas a partir de la clasificación preliminar obtenida del paso 4.

5.8 Puntos aleatorios de entrenamiento de las nuevas muestras estables (Paso 7)

Este paso es similar al paso 3, pero utiliza los resultados del paso 6. Genera los puntos de entrenamiento correspondientes a cada clase estable de cobertura o uso de suelo.

El producto de este paso se almacenaron en el asset de Google Earth Engine ubicado en la dirección: projects/mapbiomas-raisg/COLECCION2/P07_Puntos_Estables.

En la figura 19 se muestra un ejemplo de los puntos generados sobre la subregión 90278 de la Amazonía venezolana.

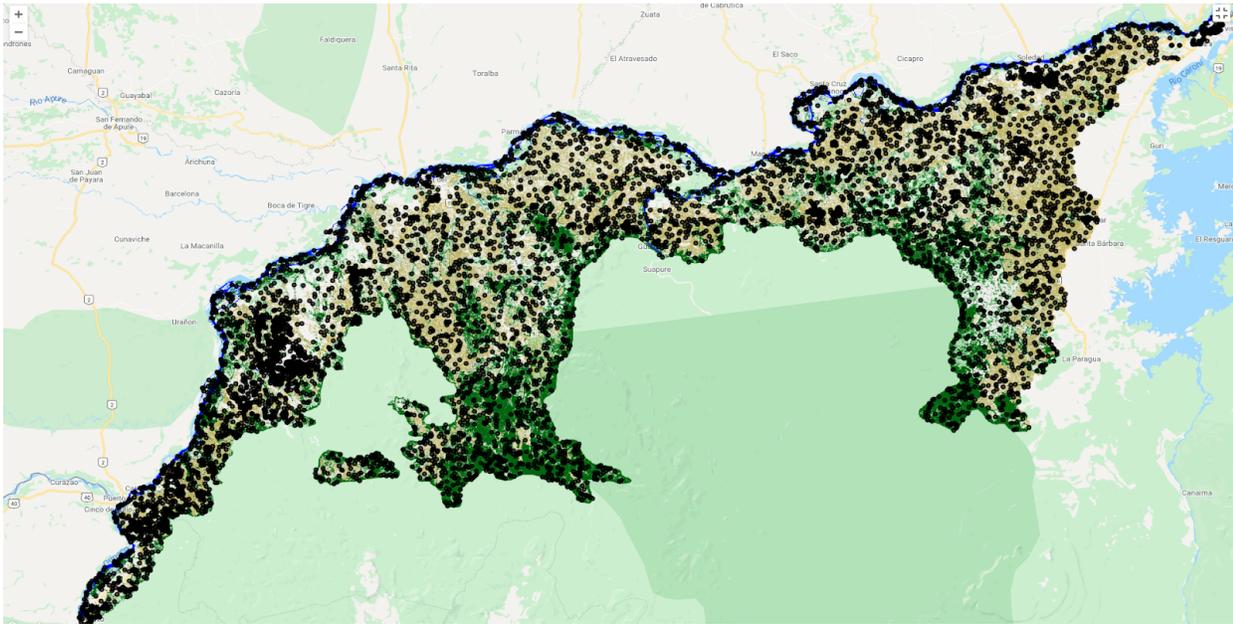


Figura 19: Detalle de la región 90279 donde se muestran los puntos de muestreo en cada clase de cobertura y uso

5.9 Generación de la clasificación definitiva (Paso 8)

Utilizando como insumo los mosaicos generados en el paso 1 y los puntos de entrenamiento obtenidos en el paso 7, se generaron las clasificaciones anuales de cobertura y uso. Estas clasificaciones se crearon utilizando el algoritmo de clasificación 'Random Forests' con una cantidad definida de 40 árboles de decisión para clasificar cada clase.

Los resultados de este paso se almacenaron en el asset de Google Earth Engine ubicado en la dirección: [projects/mapbiomas-raisg/COLECCION2/P08_Clasificacion_col2](https://earthengine.google.com/projects/mapbiomas-raisg/COLECCION2/P08_Clasificacion_col2).

En la figura 20 se muestra la clasificación generada para la región 90278, años 2005 y 2018. En la figura 21 se presenta los resultados finales de la clasificación de las 16 subregiones integradas visualmente como una sola imagen por año.

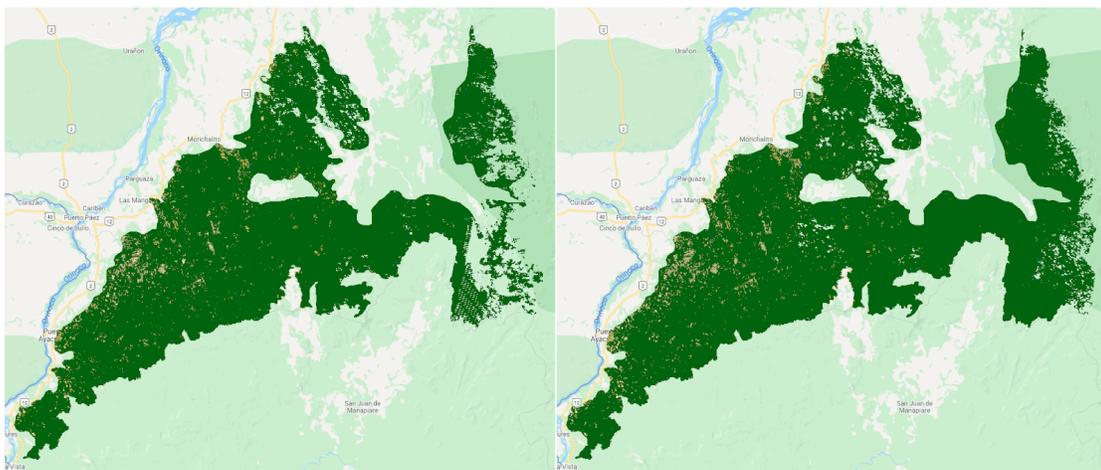


Figura 20: Clasificación de cobertura y uso para la región 90290 de la Amazonía venezolana, años 2005 (izquierda) y 2018 (derecha), resultante de ejecutar el paso 8 de la metodología



Figura 21: Resultado de la clasificación de imágenes Landsat del año 1985 al 2018

6. Post-clasificación

Como se indico en la sección 3 de este documento, se cambio el orden de los pasos de post-clasificación con respecto a los seguidos por los demás miembros de RAISG. Primero se ejecuto el Gap Fill (paso 11) de la metodología y luego filtros temporales (paso 9) y espaciales (paso 10). Esto con el fin de disminuir los pixeles sin información antes de aplicarles los demás filtros.

6.1 Gap Fill (Paso 11)

Este paso es similar al paso 5, con la diferencia que se utiliza la clasificación resultante del paso 8.

En la figura 22 se observa el resultado de las clasificaciones antes y después de aplicar el gap fill.

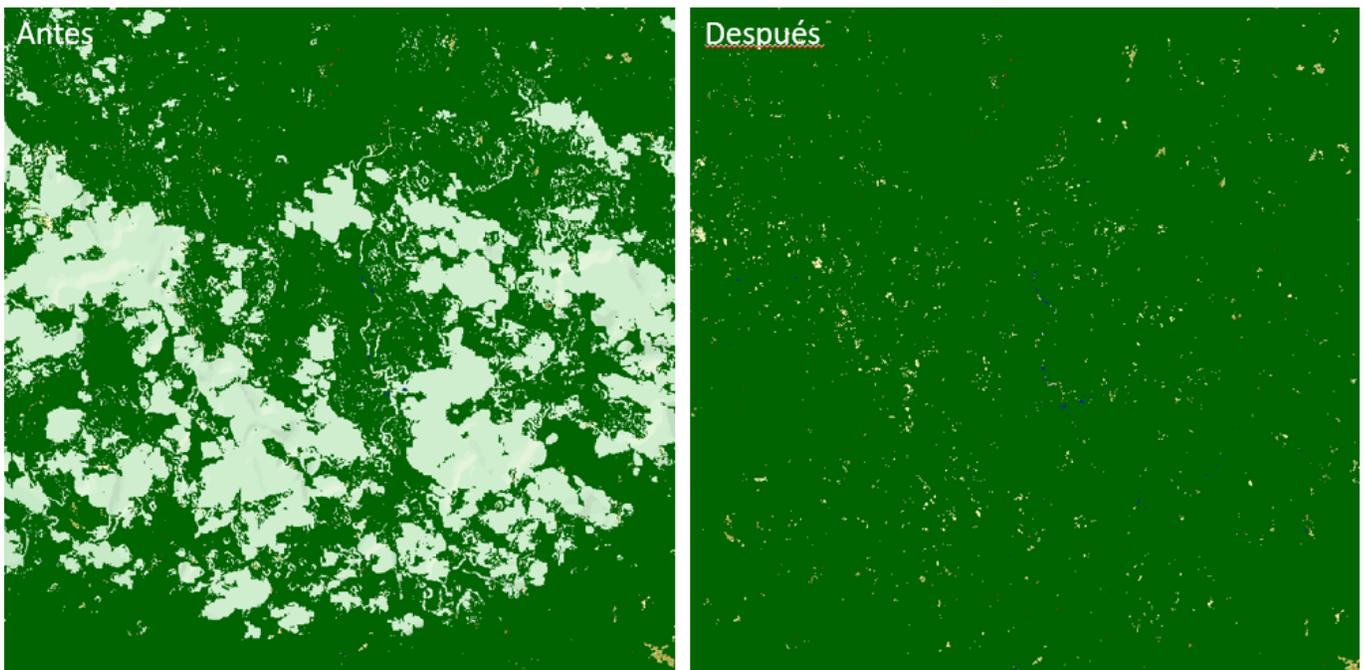


Figura 22: Presentación antes y después de la aplicación del Gap Fill para el año 2018

6.2 Filtro temporal (Paso 9)

A las clasificaciones obtenidas del paso 11 se les aplico un filtro temporal con el fin de mejorar el resultado de las clasificaciones, con base a la información histórica. Este proceso se llevó a cabo por región y por año. El filtro temporal se ejecutó para tres casos, considerando un filtro para el primer año 1985, otro para el último año 2018 y otro para los años intermedios. El filtro esta categorizado de la siguiente forma:

- **Regla del primer año (RP):** Esta regla actualiza el valor del primer año (1985), con base en los valores de los siguientes años.
- **Regla del último año (RU):** Busca actualizar el valor del último año (2018) de la colección tomando en cuenta los valores de los años anteriores a éste.

- **Regla del valor medio o general:** Con esta regla se busca corregir el dato de píxeles de años intermedios, que no son los extremos, en función de los valores de píxeles de años que le anteceden y suceden. Esta regla modifica valores en las clasificaciones de los años 1986 al 2017.

De este modo con estas tres reglas se busca, reducir vacíos de información e inconsistencias temporales o cambios que no son posibles. 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.

Por otro lado, en este filtro se tomó en cuenta, para cada regla, un orden de ejecución o prioridad en donde se consideraron las clases identificada en cada subregión.

Para cada región se definió un orden de ejecución de los filtros por clase para cada una de las reglas, por ello fue necesario modificar tres parámetros del script para cada región:

- `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

El orden ejecución de las clases de la leyenda MapBiomias Amazonía se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 8: Parámetros para el orden de ejecución o prioridad de cada una de las 16 subregiones de la Amazonía venezolana

Código de la región	Biomias - Regiones	Parámetros del filtro temporal
90275	Amazonía Baja	<code>var ordem_exec_first = [3, 11,12, 21,24,29,33];</code> <code>var ordem_exec_last = [11,21,24,29,33];</code> <code>var ordem_exec_middle = [33,3,29,30,11,21,24,12];</code>
90276	Amazonía Baja	<code>var ordem_exec_first = [3, 11,12, 30,33];</code> <code>var ordem_exec_last = [11,30,33];</code> <code>var ordem_exec_middle = [33,3,30,11,12];</code>
90277	Amazonía Baja	<code>var ordem_exec_first = [3,12,21,29,30,33];</code> <code>var ordem_exec_last = [21,29,30,33];</code> <code>var ordem_exec_middle = [33,3,29,30,21,12];</code>
90278	Amazonía Baja	<code>var ordem_exec_first = [3,12,21,24,29,30,33];</code> <code>var ordem_exec_last = [21,24,29,30,33];</code> <code>var ordem_exec_middle = [33,29,3,21,30,24,12];</code>
90279	Amazonía Baja	<code>var ordem_exec_first = [3,11,12,21,24,29,30,33];</code> <code>var ordem_exec_last = [11,21,24,29,30,33];</code> <code>var ordem_exec_middle = [33,29,3,12,21,11,30,24];</code>
90280	Amazonía Baja	<code>var ordem_exec_first = [3,11,12,21,24,29,33];</code> <code>var ordem_exec_last = [11,21,24,29,33];</code> <code>var ordem_exec_middle = [33,3,29,11,12,21,24];</code>

90283	Amazonía Baja	var ordem_exec_first = [3,12,21,24,29,30,33]; var ordem_exec_last = [21,24,29,30,33]; var ordem_exec_middle = [33,29,3,12,21,30,24];
90284	Amazonía Baja	var ordem_exec_first = [3,11,12,21,24,30,33]; var ordem_exec_last = [11,21,24,30,33]; var ordem_exec_middle = [33,3,30,21,24,11,12];
90289	Amazonía Baja	var ordem_exec_first = [3,11,12,21,29,30,33]; var ordem_exec_last = [11,21,29,30,33]; var ordem_exec_middle = [33,3,29,11,30,21,12];
90290	Amazonía Baja	var ordem_exec_first = [3,11,12,21,24,29,33]; var ordem_exec_last = [11,21,24,29,33]; var ordem_exec_middle = [33,3,29,11,12,21,24];
90581	Tepuyes	var ordem_exec_first = [3,13,29,33]; var ordem_exec_last = [3,13,29,33]; var ordem_exec_middle = [29,13,3,33];
90582	Tepuyes	var ordem_exec_first = [3,13,29,33]; var ordem_exec_last = [3,13,29,33]; var ordem_exec_middle = [29,13,3,33];
91385	Delta del Orinoco	var ordem_exec_first = [3,11,33]; var ordem_exec_last = [3,11,33]; var ordem_exec_middle = [33,11,3];
91386	Delta del Orinoco	var ordem_exec_first = [3,11,12,21,24,33]; var ordem_exec_last = [21,24,33]; var ordem_exec_middle = [33,11,3,21,24,12];
91387	Delta del Orinoco	var ordem_exec_first = [3,11,33]; var ordem_exec_last = [3,11,33]; var ordem_exec_middle = [33,11,3];
91388	Delta del Orinoco	var ordem_exec_first = [3,11,33]; var ordem_exec_last = [3,11,33]; var ordem_exec_middle = [33,11,3];

En la figura 23 se muestra un ejemplo del resultado del filtro temporal (antes y después) en las clasificaciones para el año 2018, donde se puede observar, como ya se mencionó, que los píxeles aislados y que generaban ruido en la clasificación son actualizados con valores consistentes al registro histórico, dando un mejor resultado en la clasificación.

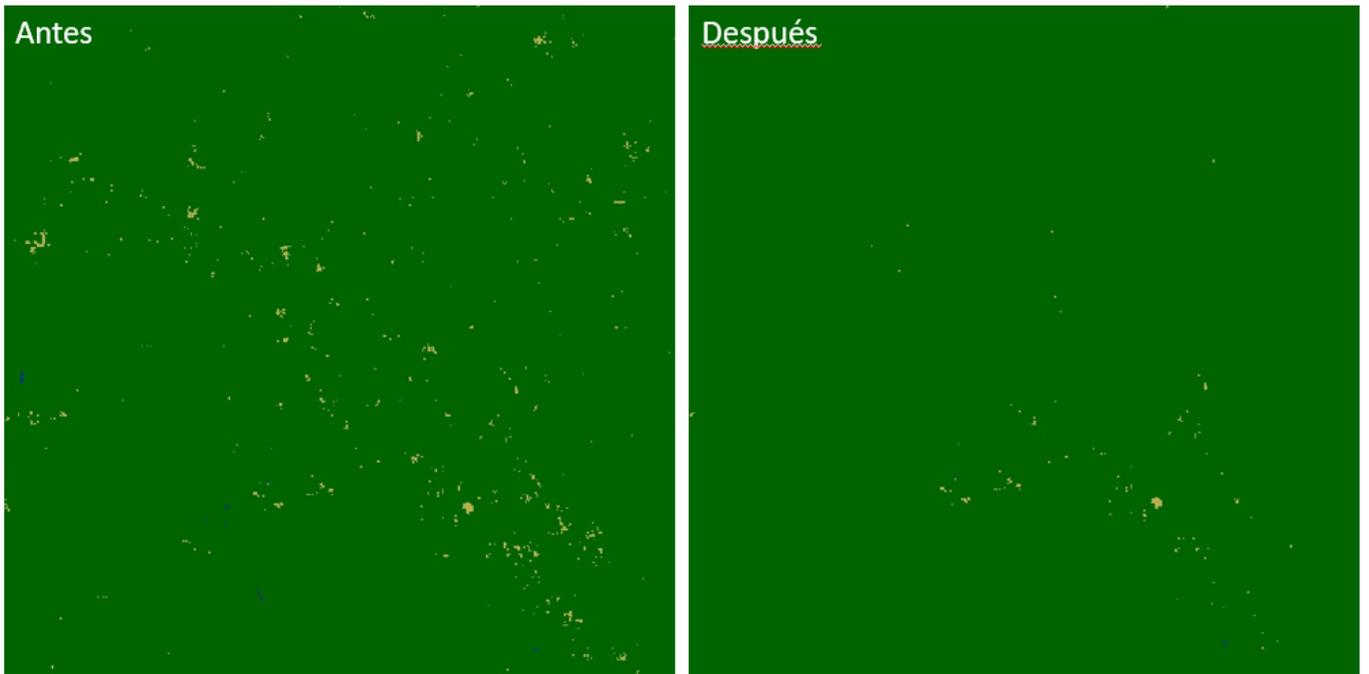


Figura 23: Representación del antes y después de la aplicación del filtro temporal para el año 2018

6.3 Filtro espacial (Paso 10)

Posterior a la aplicación del filtro temporal se aplicó un filtro espacial con la finalidad de eliminar píxeles aislados e inconsistencias de continuidad. Este filtro se basa en la función “connectedPixelCount” de GEE. Esta función localiza píxeles conectados (vecinos) que comparten el mismo valor. 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 3. De este modo, el filtro espacial elimina píxeles aislados o de borde menores a 0,3 ha., incrementando la consistencia espacial de las calificaciones, como puede observarse en el ejemplo de la figura 24 . Este proceso fue aplicado a todas las clases y regiones, y el detalle del mismo puede ser consultado en el ATBD general.

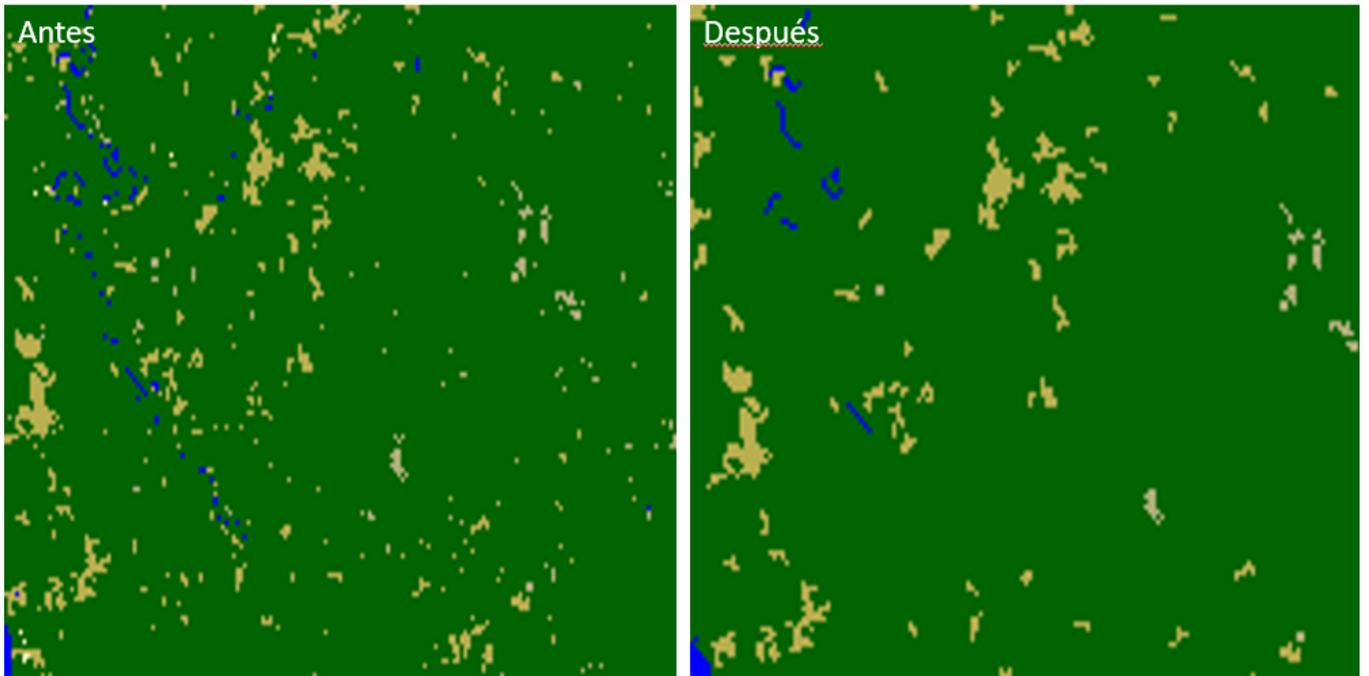


Figura 24: Ejemplo del antes y después de la aplicación del filtro espacial para el año 2018

6.4 Filtro de frecuencia (Paso 12)

Este es el último filtro aplicado con el fin de mejorar las clasificaciones según la información histórica de los 34 años por región. El filtro de frecuencia toma en cuenta el porcentaje de repeticiones de las clases naturales de la clasificación MapBiomás Amazonía (3, 6, 12,13) y a partir de este porcentaje actualiza aquellos valores minoritarios que pueden considerarse como posibles errores de clasificación.

En la figura 25 se presenta un ejemplo gráfico de lo que ocurre al aplicar este filtro en la clasificación, en donde se observa que el valor 3 (formaciones forestales) está presente en 23 años de la serie histórica, representando el 68% de toda la clasificación; y luego de la aplicación del filtro se observa que este valor se actualiza en los años donde antes no estaba presente, dando como resultado una clasificación más consistente.

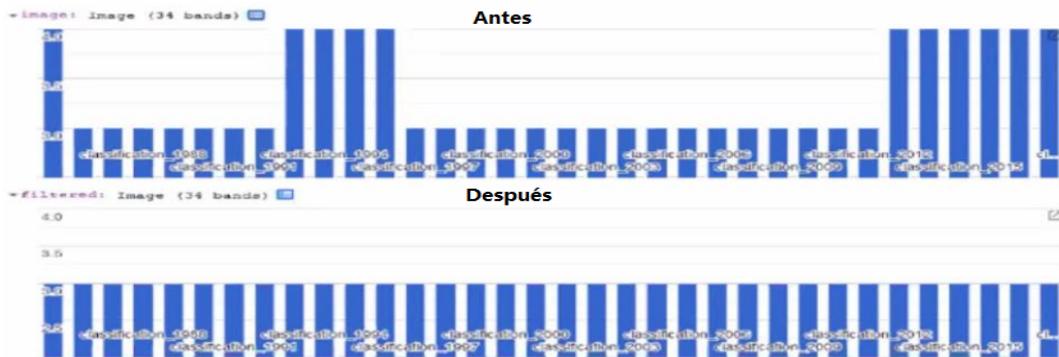


Figura 25: Gráfica donde se muestra el antes y después de la aplicación del filtro de frecuencia

Aunque se hicieron pruebas con los resultados del paso 10, como se presentan en la figura 26. Se observó que para el caso de la Amazonía venezolana, se presentaba más una pérdida de información en el producto que una corrección de algunas inconsistencias. Por ello se decidió no utilizar el filtro de frecuencia para la colección 2. Es decir, solo se ejecutaron desde el paso 1 al paso 11 para generar el producto final.



Figura 26: Ejemplo del antes y después de la aplicación del filtro de frecuencia para el año 2018

6.5 Reclasificación

RAISG para la colección 2. Sin embargo, se decidió en conjunto con el grupo de trabajo de los seis países de la RAISG que era necesaria antes de iniciar el etapa de integración regional de las clasificaciones.

Las clases reclasificadas para la Amazonía venezolana variaron dependiendo de la ubicación. En la Tabla 9 se detallan las reglas de reclasificación que se utilizaron.

Tabla 9: Reclasificación de la cobertura y uso de la tierra por región para la Amazonía venezolana.

Región	Original	Reclasificado
• Tepuyes	Formación campestre (ID:12)	Otras formaciones naturales no forestales (ID:13)
• Amazonía Baja • Sabanas y Herbazales	Zona urbanas (ID:24), Afloramientos rocosos (ID:29), Actividad minera (ID:30),	Zona sin vegetación (ID:22)
• Delta	Zonas urbanas (ID:24)	Zona sin vegetación (ID:22)

6.6 Integración

En esta última etapa del procesamiento, se integraron los resultados de todas las regiones de clasificación en un único producto. Para el caso de Venezuela este proceso integró los resultados de las clasificaciones para las regiones correspondientes a la Amazonía baja, sabanas, delta y tepuyes. Los resultados por año se presentan en la figura 27.

En el proceso de integración entre países, se observaron algunas diferencias en las clasificaciones, en los límites fronterizos de Venezuela con Brasil y Colombia. Para el caso con Brasil, las zonas de clase *formación campestre* (ID:12) de Venezuela que limitaban se cambiaron a la clase *otras formaciones naturales no forestales* (ID:13), dado que en Brasil presentaban una mayor extensión espacial. En el límite con Colombia una pequeña zonas de clase *Otra formación natural no forestal en humedales* (ID: 11), se cambio a la clase *formación campestre* (ID:12) para que coincidiera con las clasificaciones limitrofes de Colombia. Ver la figura 28.

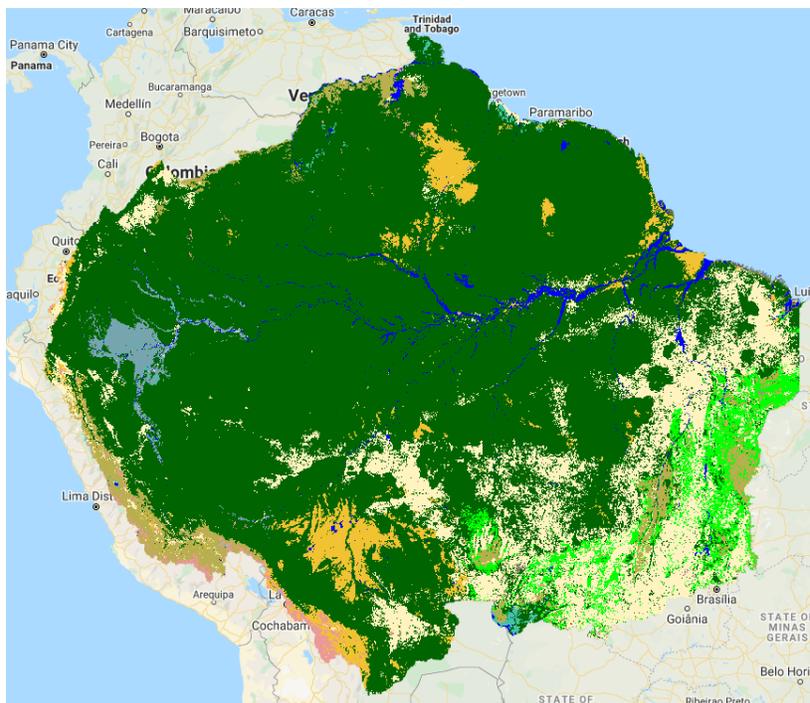


Figura 27: Integración para el año 2018 de las imágenes clasificadas de la Pan-Amazonía

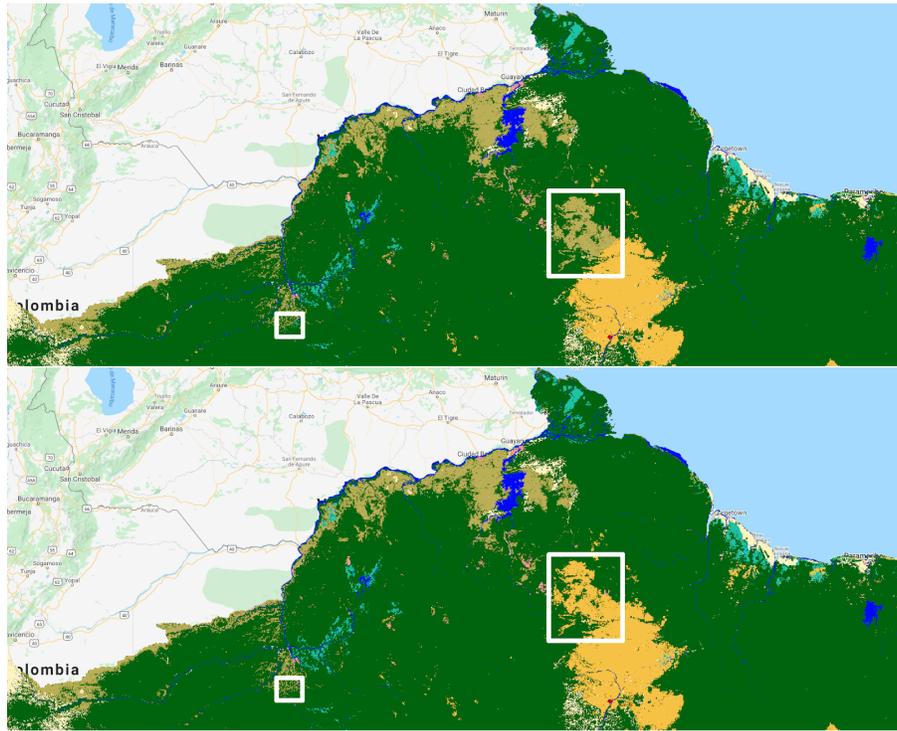


Figura 28: (superior) imagen integrada preliminar. Los recuadros blancos muestran las áreas fronterizas con inconsistencias. (inferior) Los recuadros las zonas fronterizas reclasificadas para mejorar la continuidad del mapa.

6.7 Temas transversales

La clase manglares no fue clasificada a través de la metodología definida por RAISG para la colección 2. Esta fue generada por un tercero, como un tema transversal. Esta clase fue incluida por el personal de Imazon, durante el proceso de integración, al sustituir los valores originales del producto final del paso 11, por el valor 5, correspondiente a las zonas de manglares, según la leyenda definida para la colección 2 de MapBiomás Amazonía.

El proceso de clasificación lo desarrolló Diniz et al, (2019), a través de un script en GEE para calcular el estado anual de los manglares brasileños de 1985 a 2018, junto con un nuevo índice espectral, el Índice de reconocimiento de manglares modular (MMRI), que fue diseñado específicamente para discriminar mejor los bosques de manglares de la vegetación circundante. Este proyecto abarcó un área de estudio desde la costa atlántica de Venezuela hasta la costa de Brasil.

En la figura 29, se presenta el cambio de los resultados de la clasificación en la subregión 91388 del Delta del Orinoco, antes y después de la integración con la inclusión de los manglares.

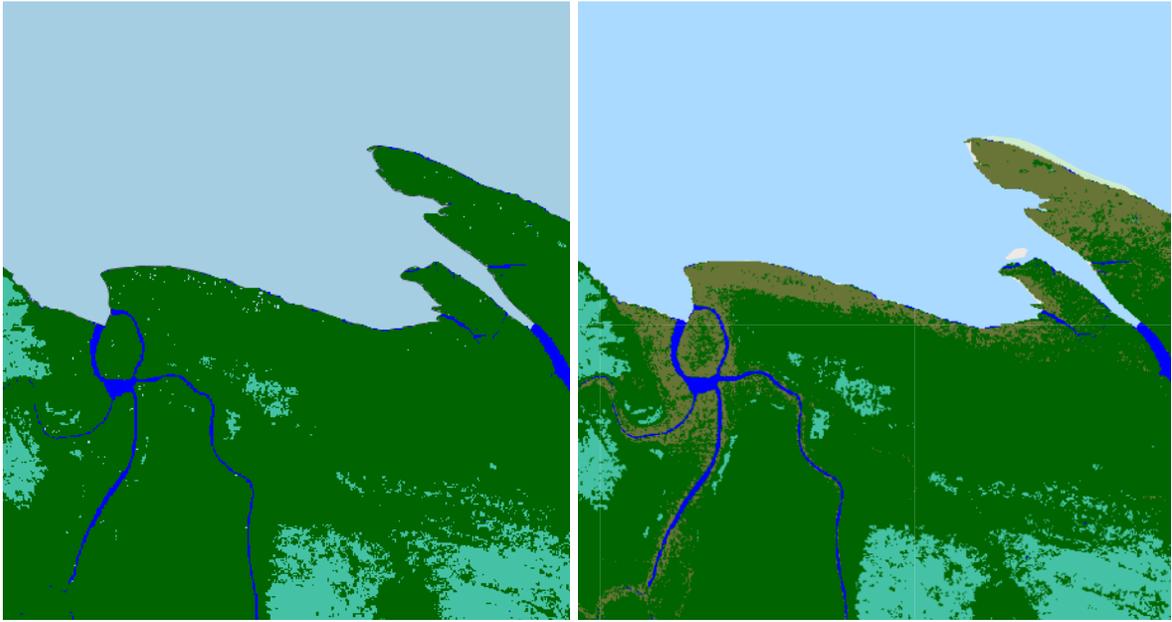


Figura 29: Izquierda: clasificación sin manglares. Derecha: después de la integración, con manglares

7. Referencias

- Diniz, C.; Cortinhas, L.; Nerino, G.; Rodrigues, J.; Sadeck, L.; Adami, M.; Souza-Filho, P.W.M. Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis. *Remote Sens.* 2019, 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). Proyecciones de Población 2018, Enlace: <http://www.ine.gov.ve/>. (2018).
- 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 1 de los mapas anuales de cobertura y uso del suelo. Enlace: <http://amazonia.mapbiomas.org> (2019).
- 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.