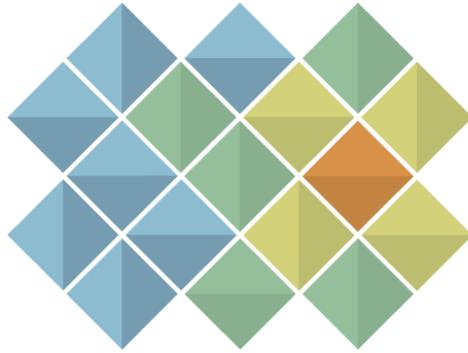


RAISG

RED AMAZÓNICA DE INFORMACIÓN  
SOCIOAMBIENTAL GEORREFERENCIADA



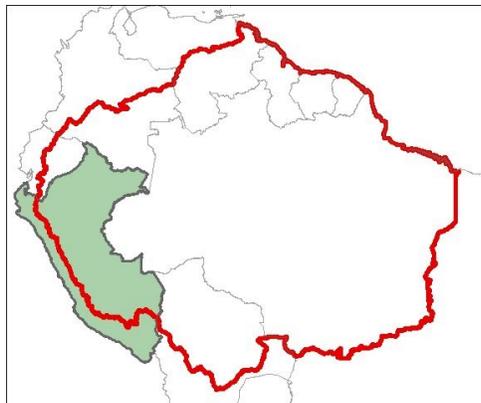
# MAPBIOMAS

[AMAZONIA]

*Apéndice - Perú*

**Colección 2**

**Versión 1.0**



**Julio de 2020**

## **Equipo de Especialistas**

*Especialistas en mapeo del bioma amazónico peruano*

Andrea Bravo Sánchez

Zuley Cáceres Lima

*Especialista en mapeo del bioma andino peruano*

Catherine Nicole Moreno Flores

*Especialista en programación para Teledetección*

Efraín Yury Turpo Cayo

*Coordinadora del proyecto MapBiomias-Amazonía de la Cuenca Amazónica peruana*

Sandra Ríos Cáceres

## **Institución**

Instituto del Bien Común



Jr. Mayta Cápac 1329

Jesús María, Lima 11. Perú

Teléfonos: (51-1) 3732268 - (51-1) 3732296 - (51-1) 373-2284

[www.ibcperu.org](http://www.ibcperu.org)

# Índice

<b>Lista de Tablas</b>	<b>3</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>3</b>
<b>1. Características generales del país</b>	<b>4</b>
<b>2. Otras iniciativas nacionales de mapeo</b>	<b>6</b>
<b>3. Generación de mosaicos Landsat</b>	<b>7</b>
<b>4. Clasificación</b>	<b>11</b>
4.1. Leyenda	11
4.2. Subregiones de clasificación	13
4.3. Temas transversales	15
<b>5. Post-clasificación</b>	<b>16</b>
5.1 Filtro Temporal	16
5.2 Filtro Espacial	17
5.3 Gap fill	18
5.4 Filtro de frecuencia	18
5.5 Filtro de incidencia	19
5.6. Reclasificación	19
5.7. Integración	20
<b>6. Referencias</b>	<b>20</b>
<b>7. Anexos</b>	<b>21</b>

## Lista de Tablas

Tabla 1. Información general sobre otras iniciativas de mapeo en Perú

Tabla 2. Regiones para la construcción de mosaicos de imágenes satelitales definidas para el Perú

Tabla 3. Cantidad de mosaicos procesados por año, considerando la partición de cartas por regiones.

**Tabla 4.** Resumen de los parámetros utilizados en la construcción de los mosaicos de datos de reflectancia

Tabla 5. Leyenda general de cobertura y uso del suelo en la Colección 2 MapBiomass-Amazonía

Tabla 6. Correspondencia de clases entre leyendas MapBiomass-Amazonía y Mapa de Cobertura Vegetal

Tabla 7. Subregiones de mapeo definidas en el marco del proyecto RAISG-MapBiomass para el territorio peruano.

Tabla 8. Muestras estables empleadas por región y clase mapeada

Tabla 9. Orden de prioridad entre las clases para el filtro temporal por región.

Tabla 10. Valores de filtro espacial utilizados por región y clase mapeada

Tabla 11. Valores de filtro de frecuencia utilizados por región y clase mapeada

Tabla 12. Clases sometidas a reclasificación para la mejora de resultados.

## Lista de Figuras

Figura 1. Límite y biomas de Perú dentro del ámbito de la RAISG

Figura 2. Mapa de las cartas-región utilizadas para la generación de mosaicos de imágenes satelitales para el Perú.

Figura 3. Mapa de Subregiones de mapeo en el Perú para la Colección 2 RAISG-MapBiomass

## 1. Características generales del país

El ámbito de trabajo de la Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada (RAISG) dentro del Perú contempla una extensión de 966,185 km<sup>2</sup>, equivalente al 75% de la superficie del país (1'285,220 km<sup>2</sup>). El límite se definió con base en la información cartográfica oficial de la divisoria de aguas proporcionada por la Autoridad Nacional del Agua (2014) correspondiente a la Región Hidrográfica Amazonas. Dentro de este, se definieron dos biomas: el bioma Amazonía y el bioma Andes.(Figura 1)

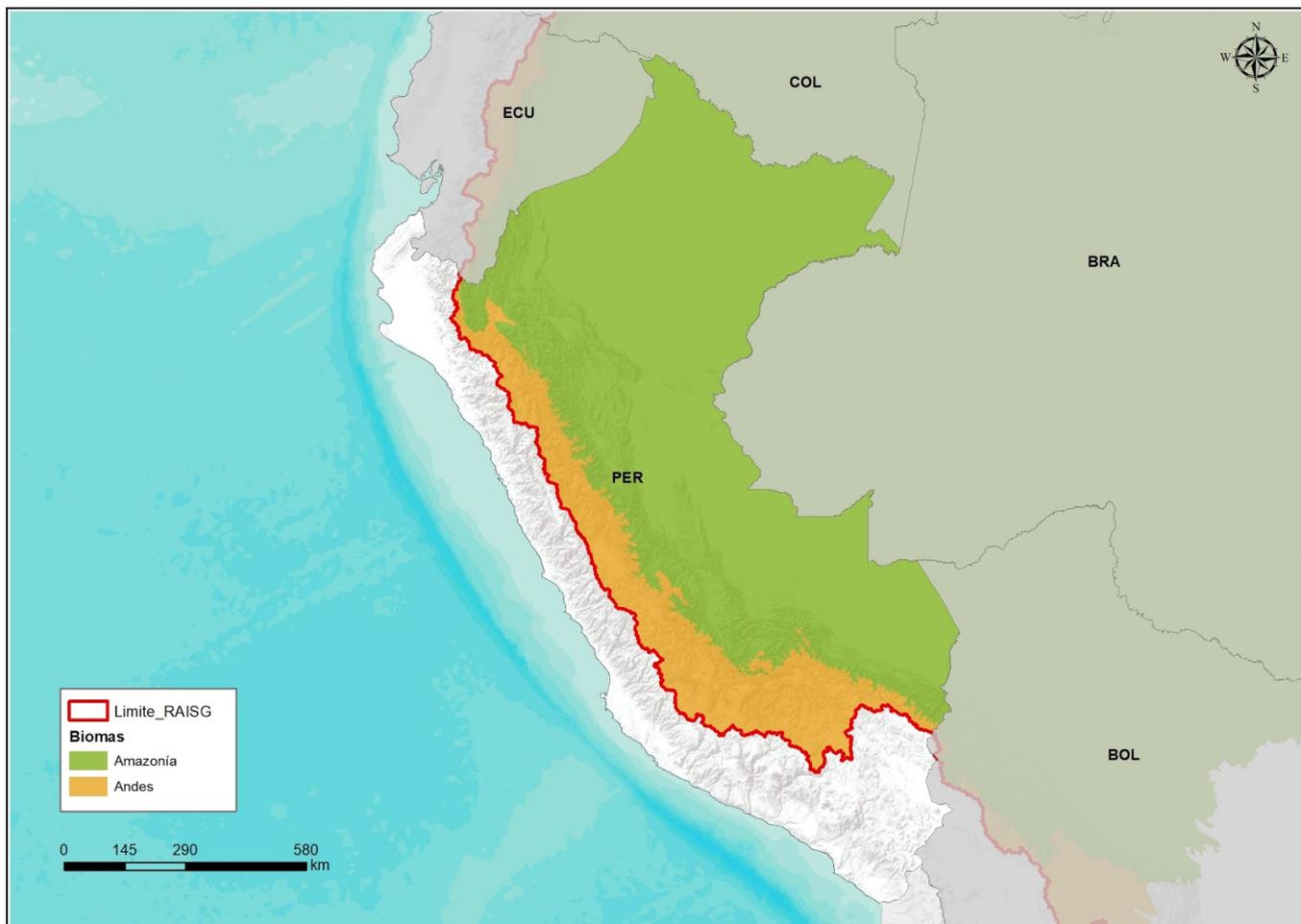


Figura 1. Límite y biomas de Perú dentro del ámbito de la RAISG

Para ello se emplearon criterios técnicos sobre la distribución de ecosistemas a partir de mapas nacionales de referencia y a la experiencia de la colección 1. Las coberturas utilizadas fueron:

- Mapa de cobertura vegetal (MINAM, 2015)
- Mapa de Ecorregiones del Perú (SIGMINAM-DGOTA, 2017)
- Mapa Fisiográfico del Perú ( INRENA, 2002)
- Mapa de Regiones Hidrográficas del Perú (MINAM-ANA)
- Mapa de Vegetación Natural Remanente de los Andes del Norte y Centro (Comunidad Andina - CAN)
- Modelo digital de elevación SRTM de 90 m
- Mapa de humedales del Perú (MINAM, 2010)

## **Biomás**

### **a. Amazonía**

El bioma Amazonía abarca una superficie de 776360 km<sup>2</sup>. De acuerdo con la ecorregiones de Brack, este bioma alberga en su mayoría las extensiones de la Selva Alta y Selva Baja; caracterizadas por presentar una variedad de paisajes boscosos que difieren en su composición en función a su ubicación, altitud, relieve, clima y vegetación.

“La selva baja se ubica en la gran penillanura amazónica o llano subandino, por debajo de la yunga, caracterizada por las reducidas oscilaciones estacionales, es decir, por poseer un régimen calórico con variación de temperaturas diarias relativamente grandes, contrastantes con las leves diferencias anuales y en las que la duración del día presenta pequeños cambios durante el año” (Lamprecht, 1990). Esta gran región natural está representada por formaciones boscosas con los más altos valores en biomasa vegetal y riqueza de especies; a su vez, soporta precipitaciones desde 1000 hasta cerca de 4000 mm anuales y temperatura media anual arriba de los 24 °C. Geológicamente, está caracterizado por acumulación de los depósitos fluviales (Kalliola et al., 1993).

Por su parte, la Selva Alta o Yunga “constituye una gran ecorregión, ubicada en el flanco oriental de los andes peruanos, desde los 800 m. s. n. m. hasta aproximadamente los 3200 a 3600 m. s. n. m., límite con el pajonal andino (zona sur y centro) o hasta el límite con la jalca o páramo (zona norte)” (CDC-Unalm, 2007). Se caracteriza por la vegetación densa y con una estructura vertical organizada, desarrollada sobre montañas empinadas hasta escarpadas y con presencia de altas precipitaciones pluviales anuales, que van desde los 2000 mm hasta algo más de 8000 mm y temperaturas medias por debajo de 24 °C. Debido al gradiente altitudinal - térmico notable que existe, la vegetación expresa características fisonómicas y florísticas distintas, aunque manteniendo la misma humedad. Geológicamente, está conformada por rocas metamórficas, rocas ígneas, limolitas y lodolitas. (MINAM, 2015)

El bioma Amazonía se ve amenazado principalmente por la agricultura extensiva, la ganadería, la tala y la minería a tajo abierto. Cultivos industriales como la palma aceitera reportan su crecimiento en la zona norte y centro del bioma, ocasionando la tala de bosques primarios. Por su parte, la zona sur del país se ve afectada principalmente por la expansión de la minería aurífera en los ríos caudalosos de la llanura amazónica.

### **b. Andes**

El bioma Andes tiene una superficie de 189,825 km<sup>2</sup> que corresponde a la vertiente atlántico de los Andes peruanos. Esta área de trabajo, también conocida localmente como ecorregión Puna, se encuentra ubicada arriba de los 3500 m. s. n. m., a continuación de la Selva Alta o Yunga.

Predominan las formaciones herbáceas, con pequeñas inclusiones de arbustales y de pequeños bosques. Se desarrollan sobre altiplanicies, zonas onduladas y hasta escarpadas. El clima se caracteriza por ser frígido con temperaturas medias de 6 y 1,5 °C y con precipitaciones desde 500 a 2000 mm. Geológicamente, predominan aquí las rocas volcánicas. (MINAM, 2015)

Resalta en este bioma la ocurrencia de glaciares, como las principales fuentes de agua para las cuencas de las vertientes atlántico y pacífico del Perú. Originan, además, lagos y coberturas altoandinas inundadas como los Bofedales. Estos humedales altoandinos se encuentran ubicados en los fondos de los valle fluvio-glaciares, conos volcánicos, planicies lacustres, piedemonte y terrazas fluviales. Se alimentan del agua proveniente del deshielo de los glaciares, del afloramiento de agua subterránea (puquial) y de la precipitación pluvial. Representando un

interés particular para la investigación por la poca disponibilidad de oxígeno en el suelo y la alta acumulación de materia orgánica proveniente de raíces muertas de las plantas y la materia fecal de ganado.

A diferencia del bioma Amazonía, este bioma se ve fuertemente amenazado por la compactación de suelos que genera la crianza de ganado, así como la extracción de turba de los humedales altoandinos y la agricultura extensiva que abastece de productos de primera necesidad a los principales centros poblados y ciudades del país. Las quemadas agrícolas e incendios forestales son escenarios frecuentes en un bioma donde los ecosistemas predominantes se caracterizan por climas con un bajo contenido de humedad relativa y vegetación con alto potencial combustible.

## 2. Otras iniciativas nacionales de mapeo

Las iniciativas más recientes y de carácter oficial de generación de información cartográfica a nivel nacional de mapeo de la cobertura vegetal y de uso en Perú se resumen en la tabla a continuación.

**Tabla 1.** Información general sobre otra iniciativas de mapeo en Perú

Mapa	Referencia	Descripción	Escala Pub.
Mapa Fisiográfico del Perú	INRENA, 2002	Considera una extensión amazónica de 777 620,19 km <sup>2</sup> y una leyenda de 21 clases.	1:250,000
Mapa de Vegetación Natural Remanente de los Andes del Norte y Centro	CAN, 2009	Unidades de vegetación natural remanente, áreas transformadas, así como las áreas naturales protegidas a nivel país de los Andes del Norte y Centro por la Comunidad Andina.	1:4'100,000
Mapa de humedales del Perú	MINAM, 2010	El mapa muestra información nacional sobre la distribución de los humedales en el Perú comprendido por 04 grandes unidades: 1) Aguajales y pantanos; y 2) manglares. 3) Bofedales y 4) Humedales costeros.	1:1'000,000
Mapa del Patrimonio Forestal Nacional	MINAM, 2010	El mapa fue elaborado por el Ministerio del Ambiente a través de la Dirección de Evaluación, valoración y financiamiento del patrimonio natural y la Dirección General de Ordenamiento Territorial.	1:2'000,000
Mapa de bosque - no bosque y pérdida de bosque húmedo amazónico 2000 - 2014	MINAM, 2015	Elaborado por el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático muestra las áreas y porcentajes de bosque - no bosque y pérdida de la cobertura de bosque a nivel nacional. Extensión amazónica de 783 088,00 km <sup>2</sup> y leyenda de 4 clases.	1:6'000,000
Mapa de cobertura vegetal	MINAM, 2015	Considera una leyenda de 76 clases.	1:100,000
Mapas de Uso y Cambio de Uso 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016	MINAM	Elaborados por el Programa Nacional de Conservación de Bosques y Mitigación del Cambio Climático. Disponible en la plataforma GeoBosques del Ministerio del Ambiente en formato raster y vector. Utilizan la clasificación IPCC en un primer nivel y otro más detallada al que denominan Subclases.	
Mapa Nacional de Ecosistemas	SIGMINAM-DGOTA, 2018	Elaborado por el Grupo de Trabajo para el Mapa Nacional de Ecosistemas y la Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Naturales del Territorio (DMERNT).	1:2'000,000

### 3. Generación de mosaicos Landsat

#### 3.1 Regiones para la construcción de mosaicos de imágenes satelitales

La unidad de mapeo para MapBiomass es la carta internacional del Mapa Mundial al Millón en una escala de 1:250,000 que cubre un área de 1°30' de longitud por 1° de latitud. La Amazonía peruana está cubierta por 83 cartas unitarias; sin embargo, en vista de la estacionalidad de las coberturas mapeadas y de la variabilidad en disponibilidad de datos satelitales existentes (Tabla 2), las cartas fueron subdivididas siguiendo los límites de las regiones<sup>1</sup> Amazonía Alta<sup>2</sup>, Amazonía Baja<sup>3</sup> y Andes.

Cada una de las 83 cartas implica la generación de un mosaico y una clasificación por cada año de trabajo. De estas cartas, 10 son compartidas con Colombia, 8 con Ecuador, 18 con Brasil y 8 con Bolivia (Figura 2), lo que implicó el desarrollo de acuerdos y esfuerzos conjuntos para lograr productos con continuidad visual.

En resumen, la intersección de cada carta con las tres regiones de trabajo a nivel nacional implicó la subdivisión de dichas cartas y el consecuente aumento de la cantidad de mosaicos a procesar. La tabla 3 muestra la cantidad de cartas trabajadas por región en ambos biomas, llegando a un total de 122 mosaicos generados por año (31 mosaicos procesados para Amazonía Alta; 59 para Amazonía Baja; y 32 para Andes)

---

<sup>1</sup> Estas regiones fueron denominadas “regiones operativas” en la Colección 1. Para la actual colección, actualizamos sus límites para obtener mejoras en la clasificación..

<sup>2</sup> Nombre de región asignado a la Selva Alta para este proyecto, debido a que el límite original fue editado para fines operativos.

<sup>3</sup> Nombre de región asignado a la Selva Baja para este proyecto, debido a que el límite original fue editado para fines operativos.

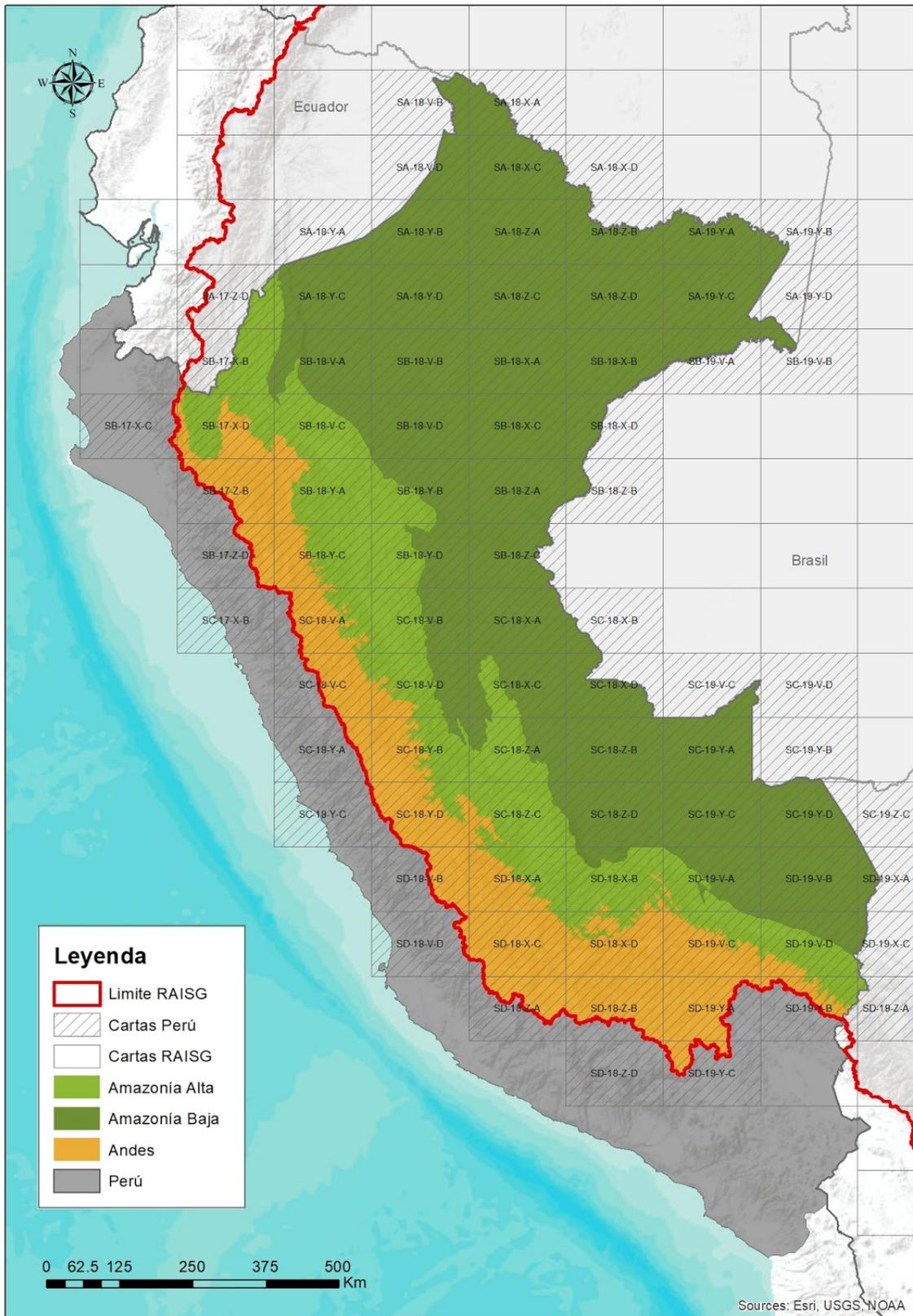


Figura 2. Mapa de las cartas-región utilizadas para la generación de mosaicos de imágenes satelitales para el Perú.

**Tabla 2.** Regiones para la construcción de mosaicos de imágenes satelitales definidas para el Perú como parte del proyecto RAISG-MapBiomass.

Región mosaicos	Km <sup>2</sup>	%	Descripción / Motivo de separación
Amazonía Alta	197,547	20.45	Altitud: 800 a 3500 msnm Clima: gradiente altitudinal - térmico Temp. prom. debajo de 24 °C Precip. de 2000 a 8000 mm Vegetación predominante: Formaciones boscosas densas y con una estructura vertical organizada Terreno: montañas empinadas hasta escarpadas. Geología: Rocas metamórficas, rocas ígneas, limolitas y lodolitas.
Amazonía Baja	578,813	59.90	Altitud: hasta 600 msnm Clima: reducidas oscilaciones estacionales Temp. diaria muy variable. Sobre 24 °C Precip. prom. de 1000 a 4000 mm anual Vegetación predominante: formaciones boscosas Terreno: penillanura amazónica o llano subandino, inundables. Geología: acumulación de los depósitos fluviales
Andes	189,825	19.65	Altitud: 3500 m a más Clima: frígido. Temp. prom. 6 y 1,5 °C. Precip. de 500 a 2000 mm Vegetación predominante: Formaciones herbáceas. Pocos árboles. Suelos expuestos. Terreno: Altiplanicies, zonas onduladas y hasta escarpadas. Geología: Rocas volcánicas
<b>Total</b>	<b>966,185</b>		

**Tabla 3** Cantidad de mosaicos procesados por año, considerando la partición de cartas por regiones.

País	Región	Mosaicos por año	Mosaicos procesados para la serie temporal 1985-2018
Perú	Amazonía Alta	31	1054
	Amazonía Baja	59	2006
	Andes	32	1088
<b>Total</b>		<b>122</b>	<b>4148</b>

Los mosaicos fueron construidos a partir de la selección de parámetros como temporalidad (meses dentro del año), porcentaje de nubosidad y número de satélite Landsat (con su respectivo sensor). Gracias a la evaluación de la estacionalidad y características climáticas de las regiones operativas se logro definir el periodo optimo de seleccion de imagenes para la generación del mosaico. El porcentaje de nubosidad fue variable incluso dentro de las regiones y estuvo en función a la disponibilidad y calidad de las imagenes; mismo motivo por el que el uso del número de satélite Landsat fue variable por años. La tabla 4 presenta un resumen de los parámetros más frecuentemente utilizados por cada región por bioma.

Con los parámetros definidos y las imágenes seleccionadas, la plataforma calcula la mediana de los píxeles generando un valor único para cada píxel de la carta.

**Tabla 4.** Resumen de los parámetros utilizados en la construcción de los mosaicos de datos de reflectancia

Región	Satélite	Año	Período	% Nubes
Amazonía Alta	L5	1985-1999, 2003-2011		
	L7	2002, 2012	15 junio - 15 noviembre	20 - 90
	L5/L7	2000-2001		
	L8	2013-2018		
Amazonía Baja	L5	1985-1999, 2000, 2003-2011		
	L7	2002, 2012	01 junio - 31 octubre	10 - 80
	L5/L7	2001		
	L8	2013-2018		
Andes	L5	1985-2001,2003-2011		
	L7	2002,2009,2010,2012	01 abril - 30 setiembre	30 - 95
	L8	2013-2018		

### 3.2 Blacklist

Para mejorar la calidad del mosaico, las escenas que estaban dentro del umbral de los parámetros asignados (tiempo, %nube, satélite) y eran consideradas de mala calidad (nubes, neblina, ruidos) fueron excluidas de dicho umbral con la herramienta de "blacklist" o lista negra. Esta opción lograba que dichas escenas no fuesen tomadas en cuenta para la generación del mosaico.

## 4. Clasificación

### 4.1. Leyenda

La clasificación semi automatizada se desarrolló a través de la metodología basada en random forest. La Colección 2 MapBiomos Amazonía para Perú mapea específicamente las clases: Formación forestal (ID 3), Bosque Inundable (ID 6), Formación Natural No Forestal Inundable (ID 11), Formación Campestre (ID 12), Otras Formaciones No Forestales (13), Mosaico de Agricultura o pasto (ID 21), Área no vegetada (ID 22), Río, lago u Océano (ID 33) y Glaciar (ID 34).

Tabla 5. Leyenda general de cobertura y uso del suelo en la Colección 2 MapBiomos-Amazonía

ID	CLASE (Categoría/Nivel)	COBERTURA / USO	BIOMA
3	Formación Forestal (1.1.1.)	Cobertura	Amazonia y Andes
6	Bosque Inundable (1.1.4.)	Cobertura	Amazonia
11	Formación Natural No Forestal Inundable (2.1.)	Cobertura	Amazonia y Andes
12	Formación Campestre (2.2.)	Cobertura	Amazonia y Andes
13	Otra Formación No Forestal (2.4.)	Cobertura	Amazonia y Andes
21	Mosaico de Agricultura y/o Pasto (3.3.)	Uso	Amazonia y Andes
22	Área sin Vegetación (4.)	Cobertura / Uso	Amazonia y Andes
33	Río, Lago u Océano (5.1.)	Cobertura / Uso	Amazonia y Andes
34	Glaciar (5.3.)	Cobertura	Andes

Como parte del proceso de descripción de las clases para cada país, Perú elaboró una tabla de correspondencia (Tabla 6) entre las clases de la leyenda MapBiomos y el Mapa de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015). En los **Anexos** de este documento se presenta la **memoria descriptiva y criterios de interpretación** de cada clase de la leyenda MapBiomos Amazonía, dentro del ámbito de las coberturas del Perú.

Tabla 6. Ecosistemas del Perú agrupados según las clases equivalentes de la leyenda RAISG-MapBiomos

MapBiomos-Amazonía CLASE (ID)	REGIÓN	MAPA DE COBERTURA VEGETAL (MINAM, 2015)
Formación forestal (ID:3)	Amazonía Alta	Bosque semidecíduo de montaña
		Bosque de terraza baja basimontano
		Bosque de terraza alta basimontano
		Bosque de montaña basimontano
		Bosque de montaña montano
		Bosque de palmeras de montaña montano
		Bosque de montaña altimontano
		Bosque de montaña basimontano con paca
	Plantación forestal	
	Amazonía Baja	Bosque de terraza baja
		Bosque de terraza alta
		Bosque de terraza baja con castaña
		Bosque de terraza alta con castaña
		Bosque de colina baja con castaña
Bosque de colina baja con shiringa		
Vegetación esclerófila de arena blanca (varilla)		
Bosque de colina baja		

		Bosque de colina alta Bosque de colina alta del Divisor Bosque de montaña Bosque de terraza baja con paca Bosque de terraza alta con paca Bosque de colina baja con paca Bosque de colina alta con paca Bosque de montaña con paca Pacal Plantación forestal
	Andes	Sabana xérica interandina Bosque xérico interandino Bosque relicto mesoandino Bosque relicto mesoandino de coníferas Bosque montano occidental andino Bosque relicto altoandino (queñoal) Bosque seco de montaña Bosque subhúmedo de montaña Plantación forestal
<b>Bosque inundable (ID:6)</b>	Amazonía Baja	Bosque inundable de palmeras (aguajal) Bosque de terraza inundable por agua negra Bosque de llanura meándrica Bosque inundable de palmeras basimontano
<b>Formación Natural No Forestal Inundable (ID: 11)</b>	Amazonía Baja	Herbazal Hidrofitico Sabana hidrofitica de palmeras
	Andes	Bofedal
<b>Formación Campestre (ID: 12)</b>	Amazonía Alta	Jalca Páramo Pajonal andino
	Andes	Pajonal andino
<b>Otra formación Natural No Forestal (ID: 13)</b>	Amazonía Alta Andes	Matorral esclerófilo de montaña montano Matorral arbustivo altimontano Matorral arbustivo
<b>Mosaico de agricultura y/o pasto (ID: 21)</b>	Amazonía Alta y Baja Andes	Área de no bosque amazónico Agricultura costera y andina
<b>Zonas sin vegetación (ID: 22)</b>	Amazonía Alta y Baja Andes	Área altoandina con escasa y sin vegetación Banco de arena Centro minero Infraestructura Área urbana
<b>Río, lago u océano (ID: 33)</b>	Amazonía Alta y Baja Andes	Lagunas, lagos y cochas Río
<b>Glaciar (ID 34)</b>	Andes	Glaciar

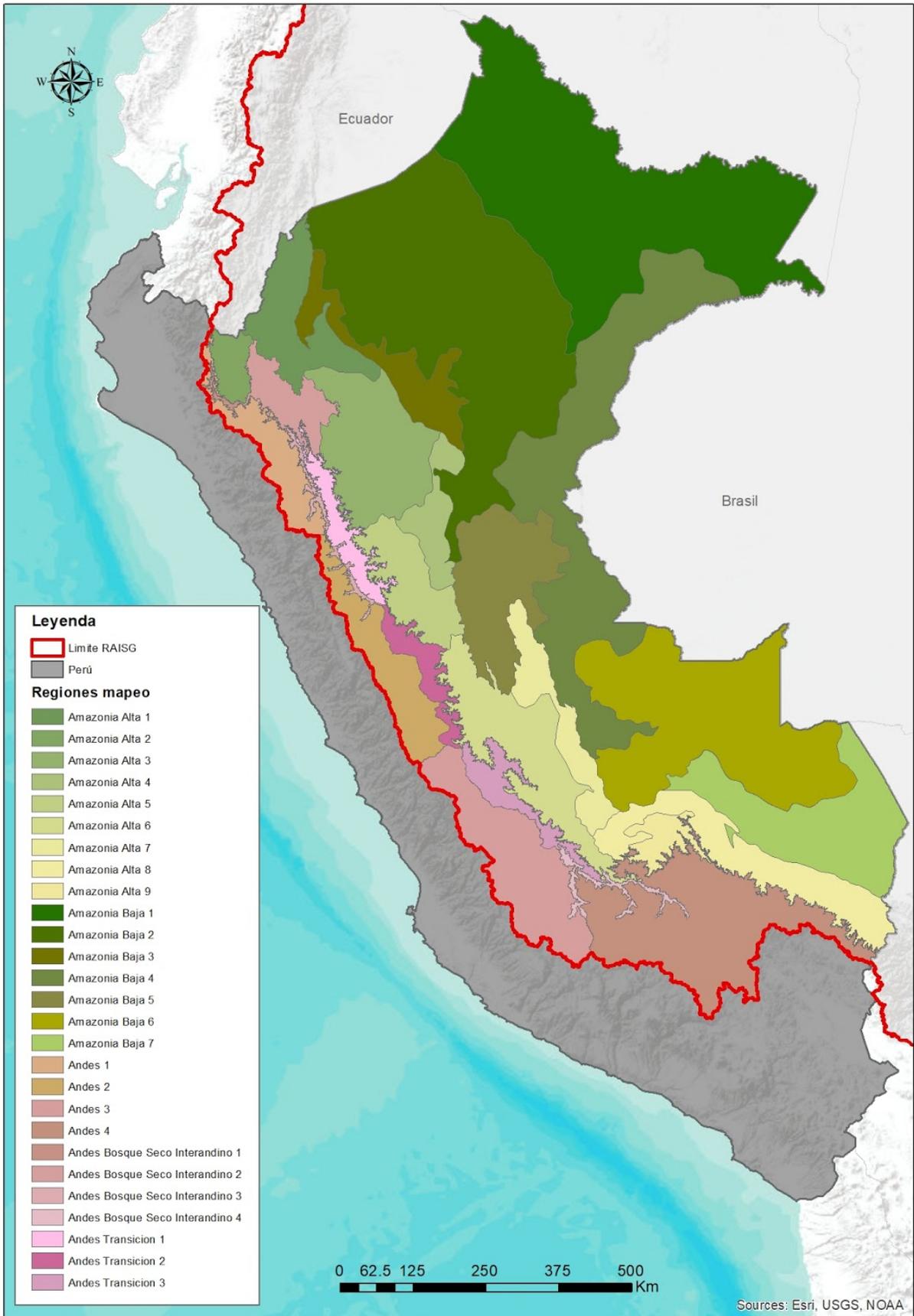
#### 4.2. Subregiones de clasificación

Para efectos de facilitar el mapeo de la diversidad de paisajes comprendidos en el área de estudio, se definieron veintisiete (27) subregiones de mapeo o clasificación. Cada subregión fue trabajada independientemente para cada año de la serie temporal.

Las subregiones fueron definidas siguiendo criterios ecosistémicos y ocurrencia de intervención antropogénica, basados en mapas de referencia como los mencionados en la Tabla 3 del apartado 2 'Otras iniciativas nacionales de mapeo'. Las subregiones resultantes se presentan en la figura 3 y se detallan en la tabla 7:

Tabla 7. Subregiones de clasificación definidas en el marco del proyecto RAISG-MapBiomias para el territorio peruano.

	<b>Código Subregión clasificación</b>	<b>Motivo de separación</b>	<b>Región de mosaico</b>
1	70101 Amazonía Alta 1	Zona norte de agricultura dispersa. El Cenepa	Amazonía Alta
2	70102 Amazonía Alta 2	Zona norte de transición con Andes. Pajonales, matorrales y bosques nublados	Amazonía Alta
3	70103 Amazonía Alta 3	Zona norte de alta intervención. Cultivos de arroz, Altomayo	Amazonía Alta
4	70104 Amazonía Alta 4	Zona central de baja intervención y fuertes deslizamientos. Cordillera Azul.	Amazonía Alta
5	70105 Amazonía Alta 5	Zona central de transición y alta intervención. Cultivos de palma	Amazonía Alta
6	70106 Amazonía Alta 6	Zona central de transición y alta intervención. Pasco, Junín	Amazonía Alta
7	70107 Amazonía Alta 7	Zona central de baja intervención. El Sira, Ashaninka, Machiguenga	Amazonía Alta
8	70108 Amazonía Alta 8	Zona sur de bosques pluviales subtropicales. Intervención dispersa.	Amazonía Alta
9	70109 Amazonía Alta 9	Zona sur de transición bosques húmedos con matorrales secos e intervención	Amazonía Alta
10	70201 Amazonía Baja 1	Zona noreste de bosques de tierra firme e intervención dispersa. Putumayo-Amazonas-Nanay	Amazonía Baja
11	70202 Amazonía Baja 2	Zona norte de bosques inundables y pantanos. Marañon - Pastaza - Ucayali	Amazonía Baja
12	70203 Amazonía Baja 3	Zona norte de alta intervención. Incluye cultivos de palma	Amazonía Baja
13	70204 Amazonía Baja 4	Zona este de cobertura natural	Amazonía Baja
14	70205 Amazonía Baja 5	Zona central de alta intervención. Incluye cultivo de palma.	Amazonía Baja
15	70206 Amazonía Baja 6	Zona sur de pacales y bosques de bambú	Amazonía Baja
16	70207 Amazonía Baja 7	Zona sur con bosques húmedos subtropicales. Inundables, pastizales y minería abundante.	Amazonía Baja
17	70301 Andes Transición 1	Zona norte transicional de bosques muy húmedos andinos	Andes
18	70302 Andes Transición 2	Zona central transicional de bosques muy húmedos andinos	Andes
19	70303 Andes Transición 3	Zona sur transicional de bosques muy húmedos andinos	Andes
20	70304 Andes Bosque Interandino 1	Zona norte de bosques secos y montes espinosos	Andes
21	70305 Andes Bosque Interandino 2	Zona norte que combina bosques secos y húmedos, con fuerte intervención	Andes
22	70306 Andes Bosque Interandino 3	Zona centro-sur de bosques secos y matorrales	Andes
23	70307 Andes Bosque Interandino 4	Zona sur de bosques secos y estepas espinosas	Andes
24	70308 Andes 1	Zona norte límite de divisoria	Andes
25	70309 Andes 2	Zona centro límite de divisoria	Andes
26	70310 Andes 3	Zona centro-sur límite de divisoria	Andes
27	70311 Andes 4	Zona sur límite de divisoria	Andes



**Figura 3.** Mapa de Subregiones de clasificación en el Perú para la Colección 2 RAISG-MapBiomass

El método de clasificación empleado fue el 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 1 MapBiomias Amazonía (18 años)**. A continuación se generó una clasificación preliminar para los 34 años de la Colección 2 MapBiomias Amazonía. De este producto se vuelven a extraer muestras estables (por 34 años) para ser utilizadas como insumo de una nueva clasificación. El intérprete contribuye con la exclusión y/o inclusión de muestras para la mejora de las mismas. La tabla 8 presenta el resumen de muestras estables empleadas por subregión como insumo de los 40 a 60 árboles aplicados al clasificador.

Tabla 8. Muestras estables y árboles empleados por subregión clasificada

Bioma	Código Subregión	Número de muestras estables exportadas		Número de árboles Random Forest
		Mínimo	Máximo	
AMAZONIA	70101	900	4000	40
	70102	900	3500	50
	70103	2000	3500	40
	70104	900	3500	40
	70105	900	4500	50
	70106	4500	5000	40
	70107	4500	5000	40
	70108	4500	5000	40
	70109	1500	3000	40
	70201	1500	3000	40
	70202	1000	4500	40
	70203	900	4000	40
	70204	1000	4000	40
	70205	3500	5000	40
	70206	1000	4000	40
	70207	1000	5000	40
	ANDES	70301	900	5000
70302		500	5000	60
70303		1000	5000	60
70304		1000	5000	50
70305		1500	5000	60
70306		1000	5000	50
70307		900	5000	50
70308		800	5000	60
70309		2000	5000	60
70310		2000	5000	60
70311		1500	5000	60

#### 4.3. Temas transversales

Con las diferentes pruebas de clasificación se detectó una limitante en la diferenciación de ciertas clases, por lo que se tomó la decisión de mapearlas por separado. A estas clases se les denomina Temas transversales y son mapeadas con algoritmos que incluyen únicamente la clase de interés. Esta estrategia solo fue aplicada para las clases Bosque inundable (ID = 6) y Formación Natural No Forestal Inundable (ID = 11) dentro del ámbito de Perú.

## 5. Post-clasificación

Debido a que la metodología aplica un criterio de clasificación basada en píxeles y, además, contempla un largo periodo de análisis (34 años); una secuencia de filtros fue aplicada a la clasificación resultante. Como se explica en el ATBD General, el proceso de post clasificación incluye un filtro temporal, un filtro espacial, un relleno de vacíos (Gap-fill), y concluye con filtros alternativos de frecuencia e incidencia. Todos ellos fueron implementados desde la plataforma de Google Earth Engine y las particularidades para el territorio peruano, se detallan a continuación.

### 5.1 Filtro Temporal

Las reglas están categorizadas de la siguiente forma:

- a. **Reglas generales (RG)**, buscan corregir el dato del año central (T), a partir de los datos correspondientes a los años anteriores (T-1, T-2) y posteriores (T+1, T+2);
- b. **Reglas de primer año (RP)**, actualizan el valor del primer año (1985), con base en los valores de los siguientes dos o cuatro años; y
- c. **Reglas de último año (RU)**, buscan actualizar el valor del último año (2018).

Cabe resaltar que con la finalidad de obtener un mejor resultado con la aplicación de filtros, se incluyó la clasificación del año 2019 como estrategia para el filtro de último año. Este año no se presenta en los resultados publicados.

La aplicación de estas reglas exige un orden de prioridad de ejecución entre clases. La clase que se quiere mantener será la de mayor prioridad y pasará a estar primero en la regla. Los valores y secuencia utilizados por subregión clasificada se muestran en la tabla 9. Los valores entre corchetes “[ ]” son los asignados por defecto.

**Tabla 9.** Orden de prioridad entre las clases para el filtro temporal por región

BIOMA	Subregión	Regla de primer año	Regla de años intermedios	Regla de último año
AMAZONÍA	70101	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	3, 33, 12, 13, 4, 29, 21, 22,34	[21]
	70102	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	33, 13, 4, 29, 21, 3, 12, 22,34	[21]
	70103	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	[33, 13, 4, 29, 21, 3, 12, 22,34]	[21]
	70104	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	33, 3, 22, 13, 4, 29, 21, 12, 34	[21]
	70105	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	[33, 13, 4, 29, 21, 3, 12, 22,34]	[21]
	70106	12,13,22,3	21,22, 13, 4, 29, 21, 3, 12, 22,34,21	21,22
	70107	12,13,22,3	13, 12, 29, 21, 3, 22, 3, 13, 12	21,22
	70108	12,13,22,3	13, 12, 22, 13, 12,21,3	21,22
	70109	12,13,22,3	13, 12, 22, 13, 12,21,3	21,22
	70201	11,12,13,22,3	11,3, 21,3	21,22
	70202	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	3, 33, 21, 13, 4, 29, 12, 22,34	[21]
	70203	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	[33, 13, 4, 29, 21, 3, 12, 22,34]	[21]
	70204	3, 4, 6, 22, 21, 12, 13, 11	22, 21, 3, 33, 13, 4, 29, 12, 34, 11	[21]
	70205	11,12,13,22,3	11,21,22,21,3	21,22,21
	70206	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	[33, 13, 4, 29, 21, 3, 12, 22,34]	[21]

	70207	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	[33, 13, 4, 29, 21, 3, 12, 22,34]	[21]
ANDES	70301	3, 4, 6, 12, 13, 11	3, 12, 21, 33, 13, 22, 34	[21]
	70302	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	3, 12, 21, 33, 13, 22, 34	[21]
	70303	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	3, 12, 13, 33, 21, 22, 34	[21]
	70304	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	3, 13, 12, 21, 22, 33, 34	[21]
	70305	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	3, 13, 12, 21, 22, 33, 34	[21]
	70306	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	3, 12, 21, 13, 33, 22, 34	[21]
	70307	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	3, 13, 21, 12, 22, 33, 34	[21]
	70308	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	3, 21, 12, 33, 22,13, 34	[21]
	70309	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	33, 12, 21, 3, 22, 13, 34	[21]
	70310	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	3,12, 21, 13, 33, 22, 34	[21]
	70311	[3, 4, 6, 12, 11, 13]	3, 21,12, 13, 33, 22, 34	[21]

## 5.2 Filtro Espacial

El filtro espacial pretende ampliar la consistencia espacial de los datos eliminando píxeles aislados o de borde. Se definen reglas de vecindad que pueden llevar a cambiar la clasificación del píxel. La Colección 2 MapBiomias Amazonía utiliza dos tamaños (kernel 3 y kernel 5) de filtro espacial de acuerdo a la región a ser aplicado. Las subregiones dentro del territorio peruano utilizaron los siguientes valores por clase.

**Tabla 10.** Valores de filtro espacial utilizados por región y clase mapeada

BIOMA	Subregión	kernel
AMAZONÍA	70101	5
	70102	3
	70103	3
	70104	5
	70105	5
	70106	5
	70107	3
	70108	3
	70109	3
	70201	3
	70202	4
	70203	5
	70204	5
	70205	3
	70206	3
	70207	5

ANDES	70301	3
	70302	3
	70303	3
	70304	3
	70305	3
	70306	3
	70307	3
	70308	3
	70309	3
	70310	5
	70311	3

### 5.3 Gap fill

El filtro de relleno o Gap fill se utilizó para rellenar vacíos de información. En una larga serie de tiempo de regiones severamente afectadas por nubes, se espera encontrar píxeles sin datos en el compuesto de la mediana. Con este filtro, la clasificación que resulte sin datos ("gaps") se reemplazan por los valores temporalmente más cercanos. Se inicia reemplazando el vacío con el dato del año anterior; luego, de no encontrar valores, procede a replicar el valor del siguiente año. Se puede usar hasta tres años anteriores. Por lo tanto, los vacíos persistentes sólo deberían existir si un píxel se ha clasificado permanentemente sin datos en prácticamente toda la serie temporal.

### 5.4 Filtro de frecuencia

Este filtro tiene en cuenta la frecuencia de ocurrencia de clases naturales en toda la serie temporal. Por lo tanto, todas las ocurrencias de otras clases con un porcentaje menor al dado se reemplazan por la que cumple el mínimo de frecuencia. Este mecanismo contribuye a reducir la oscilación temporal asociada a una clase dada, disminuyendo el número de falsos positivos. De acuerdo a las necesidades de cada subregión y/o tema transversal, se aplicó valores distintos de filtro, o incluso se descartó su aplicación. Las subregiones dentro del territorio peruano utilizaron los siguientes valores por clase.

**Tabla 11.** Valores de filtro de frecuencia utilizados por región y clase mapeada

BIOMA	Subregión	% native_vegetation <sup>4</sup>	perc_majority <sup>5</sup>
AMAZONÍA	70101	91	80
	70102	97	70
	70103	100	70
	70104	97	80
	70105	94	80
	70106	80	70
	70107	60	70

<sup>4</sup> % vegetación nativa mínima para que sea considerado el filtro de frecuencia.

<sup>5</sup> % porcentaje mayoritario para que prevalezca una clase.

70108	100	70	
70109	80	70	
70201	100	90	
70202	94	80	
70203	97	80	
70204	94	80	
70205	100	90	
70206	94	80	
70207	97	80	
ANDES	70301	93	80
	70302	95	80
	70303	94	80
	70304	94	80
	70305	94	80
	70306	94	80
	70307	93	79
	70308	93	80
	70309	93	80
	70310	93	75
	70311	94	80

### 5.5 Filtro de incidencia

El filtro de incidencia elimina los píxeles que cambiaron demasiadas veces en la serie temporal de 34 años. Todos los píxeles que cambian más de una cantidad de veces definida por el usuario (“Incidencia Mínima”) es reemplazado por la clase de moda de ese píxel. Esto evita cambios en el borde de las clases y ayuda a estabilizar las transiciones erradas por ruidos.

Cada subregión y/o tema transversal, de acuerdo a sus necesidades, lo aplicó de manera personalizada o no lo utilizó. La Incidencia Mínima por defecto fue de 6 cambios y fue aplicado a todas las subregiones, con excepción de: 70103, 70106, 70107, 70108, 70109, 70201, 70207, 70301 y 70303. Dicha exclusión se debió, básicamente, a la fuerte dinámica natural o agropecuaria en estas subregiones.

### 5.6. Reclasificación

Como última estrategia de mejora de resultados, se optó por la reclasificación de valores mal clasificados. Este proceso se aplica en zonas de interés en particular. Para algunas regiones del bioma Amazonia se utilizó información vectorial de mapas oficiales nacionales o regionales, que reciben el nombre de máscaras. Con las máscaras fue posible indicar cambios de una clase cuando se encontró dentro o fuera de la misma. Para las regiones de Andes la reclasificación se dio mediante fórmulas o reglas dentro del mismo script utilizando la variable altitud y pendiente.

Para el territorio peruano, considerando los resultados obtenidos con el clasificador y los filtros utilizados, fue necesario incluir la reclasificación de algunas clases dentro de subregiones específicas, como muestra la tabla 12.

**Tabla 12.** Clases sometidas a reclasificación la para la mejora de resultados.

Subregión	ID Original (entrada)	ID Reclasificado (salida)	Máscara de fuente oficial o regla de remapeo
70204	21	22	MINAM, 2015 ANA, sf.(*)
70301 al 70311	11	12	Si DEM<3750 entonces ID <b>11</b> pasa a ID <b>12</b>
70301 al 70311	33	22	Si DEM >4000 and SLOPE >12 entonces ID <b>33</b> pasa a ID <b>22</b>

### 5.7. Integración

Los resultados obtenidos de clasificación a nivel de subregiones de clasificación y de temas transversales fueron integrados como un único mapa por cada año de análisis.

## 6. Referencias

- Autoridad Nacional del Agua. sf. Mapa de Unidades Hidrográficas. Lima. Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/repositorio-de-mapas?page=11>
- Comunidad Andina. Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. 2009 <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-vegetacion-natural-remanente-andes-norte-centro>
- DGOTA-MINAM. Mapa Nacional de Ecosistemas. 2018 <http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>
- DGOTA-MINAM. Mapa de Ecorregiones del Perú. 2017 <http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales - Oficina de Gestión Ambiental Transectorial, Evaluación e Información de Recursos Naturales. 2000. Mapa de regiones naturales del Perú. Lima. Perú.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales. 2002. Mapa fisiográfico del Perú. Lima. Perú.
- Kalliola, R., Puhakka, M. y Danjoy, W. (ed.) (1993). Amazonía Peruana: Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía Universidad de Turku-Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.
- LAMPRECHT, H. 1990. Selvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. de Antonio Carrillo. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ). 335 pp.
- Ministerio del Ambiente. 2015. Mapa de Cobertura Vegetal del Perú. Lima. Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/repositorio-de-mapas?page=11>
- Ministerio del Ambiente. 2009. Mapa de humedales del Perú. Lima. Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/repositorio-de-mapas?page=11>
- Ministerio del Ambiente. Programa de Conservación de Bosques y Mitigación del Cambio Climático Mapa de Bosque y no bosque 2000 Pérdida de bosque 2001 - 2014. Lima. Perú.
- Ministerio del Ambiente. 2015. Mapa de Cobertura Vegetal. Memoria Descriptiva - Perú.108p
- Programa Nacional de Conservación de Bosques y Mitigación del Cambio Climático. 2016. Rasters de Uso y cambio de la tierra en Amazonía. Perú.
- Nature Server, IIAP, CDC-UNALM (2007). Sistemas ecológicos de la cuenca amazónica de Perú y Bolivia. Clasificación y mapeo. Lima: Nature Server, IIAP, CDC-UNALM.

## 7. Anexos

Memoria descriptiva de clases del país:

Clase	Bioma	Descripción	Criterios de interpretación
Formación Forestal / Bosque (ID 3)	Amazonía	Incluye todo tipo de bosque denso, con follaje perenne o semidecíduo, de porte predominantemente arbóreo que puede alcanzar los 45 m de altura en la zona baja oriental (hasta los 500 msnm) y va disminuyendo en altura conforme la altitud alcanza los 3800 msnm. Ubicados en terrazas, colinas y montañas. Incluye bosques con paca y pacales puros; así como plantaciones forestales. Excluye los bosques densos sometidos a inundaciones permanentes o estacionales establecidas en suelos de mal drenaje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En bosques densos: alta rugosidad; tonalidad verde oscura (RGB 543);</li> <li>- En bosques ralos: baja rugosidad; tonalidad verde clara (RGB 543);</li> <li>- En bosques semidecíduos: rugosidad media; tonos verde-morado (RGB 543).</li> </ul>
	Andes	Incluye tres tipos de bosque: los bosques muy húmedos de la zona norte del país, los relictos del centro y sur, y los bosques secos interandinos. Los primeros son siempre verdes, densos y con árboles que alcanzan hasta los 20 m. Los relictos se caracterizan por árboles dispersos, de porte bajo (hasta 10 m) y se ubican en laderas montañosas casi inaccesibles entre los 2800 y 3800 msnm o en zonas límites de actividad agrícola. Los secos también son dispersos pero se distribuyen en profundos valles interandinos, son de porte arbustivo (< 8 m de alto) y de follaje caducifolio durante el periodo seco.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En bosques ralos: baja rugosidad; tonalidad verde clara (RGB 543);</li> <li>- En bosques semidecíduos: rugosidad media; tonos verde-morado (RGB 543).</li> </ul>

Clase	Bioma	Descripción	Criterios de interpretación
Bosque Inundable (ID 6)	Amazonía	Cobertura boscosa ubicada en la gran llanura aluvial y ocupan las llanuras y terrazas periódicamente o permanentemente inundadas. Crece en suelos de pobre drenaje y abundante materia orgánica con lenta descomposición. En este bosque dominan palmeras, acompañadas de árboles como “renacales” y “pungales”.	- Presentan características uniformes de textura y color, tienden a verde-morado (RGB 543).
Formación Natural No Forestal (ID 11)	Amazonía	Cobertura vegetal ubicada en la llanura aluvial inundable, como herbazales y sabanas hidrofíticas. Caracterizada por suelos de sustratos hidromórficos, los cuales se inundan por un largo periodo del año y que al descender el nivel de inundación, aflora un denso tapiz herbáceo de porte bajo.	- Áreas húmedas naturales con variaciones de borde y color (presencia de sedimentos); Cercanía a cursos de agua. - Variación de color (guinda, azul, verde) y rugosidad baja.
	Andes	Vegetación siempre verde, compacta y almohadillada, ubicada en los fondos de valles fluvio-glaciales, conos volcánicos y planicies o terrazas altoandinas. Se encuentran a partir de los 3800 msnm, sobre suelos permanentemente inundados y de mal drenaje, dentro de esta clase están considerados los Bofedales.	Áreas húmedas naturales con cercanía a cuerpos de agua (lagunas). Variaciones de borde y color entre cada año. Tienden a verde-morado (RGB 543).

Clase	Bioma	Descripción	Criterios de interpretación
Formación Campestre (ID 12)	Amazonía	Pajonales gramíneos propios de las laderas abiertas y expuestas a vientos del páramo y la jalca, zonas transitorias hacia los Andes de fuertes gradientes de humedad y temperatura	- Color rosa intenso - Rugosidad baja - Diferencia de color por período (seco: fucsia / húmedo: verde claro).
	Andes	Pajonales compuestos por vigorosas gramíneas y césped de puna de poca altura o casi al ras del suelo. Esta cobertura se encuentra aproximadamente entre 3000 y 4800 msnm.	Rosado intenso, se confunde con suelo desnudo (paso seco). Cerca a zona de bofedales es un verde muy claro o amarillo.
Otra Formación Natural No Forestal (ID 13)	Amazonía	Cobertura vegetal con predominancia de arbustos y algunos árboles enanos de hojas coriáceas, ubicada en las mesetas ubicadas en la cima de la Cordillera El Cóndor, arriba de los 1800 msnm. Incluye también arbustos en zonas altimontanas, arriba de los 3500 msnm, en contacto con el pajonal andino.	Rugosidad baja o media. Color rosa intenso. Puede tener diferencia de color en períodos secos y lluviosos. Baja densidad de árboles o solo arbustos pequeños.
	Andes	Cobertura vegetal con predominancia de herbáceas y arbustos, desde aproximadamente los 1500 hasta 3800 msnm, hasta el límite de los pajonales naturales. Se distinguen tres subtipos de matorral según las condiciones climáticas: Los matorrales a partir de 1500 msnm (norte del país) son influenciados por la condición de humedad del suelo árido; los de piso medio y alto, entre los 2500-3800 msnm, están dominados por arbustos caducifolios y perennifolios en condiciones subhúmedas; y los del nivel superior, entre los 2000-3500 msnm (centro del país y valles interandinos), los 3500-3800 msnm (centro occidental) y entre los 3600 y 3800 (sur del país), donde en todos ellos existe mejor condición de humedad y menores valores de temperatura.	Rugosidad baja o media. Tonalidades de marrones o grises. Puede tener diferencia de color en períodos secos y lluviosos. Baja densidad de árboles o solo arbustos pequeños.

Clase	Bioma	Descripción	Criterios de interpretación
Mosaico de agricultura y/o pasto (ID 21)	Amazonia	Áreas donde la vegetación natural ha sido modificada, eliminada o reemplazada por otros tipos de cubiertas vegetales de origen antrópico. Comprende áreas que fueron desboscadas y hoy convertidas en cultivos agrícolas y pastos cultivados en actividad y en descanso. En el bioma Amazonía predomina el cambio de uso hacia la ganadería y cultivos de cereales y palma aceitera.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentan colores fucsia y guinda con tonos claros. Tamaño pequeño.</li> <li>- Plantaciones agroindustriales de color verde claro similar a las purmas y bosques secundarios jóvenes.</li> </ul>
	Andes	Áreas de cubierta vegetal de origen antrópico. Comprende áreas que fueron desboscadas y hoy convertidas en cultivos agrícolas y pastos cultivados en actividad y en descanso. En el bioma Andes predomina la ganadería y el cultivo de cereales, tubérculos y hortalizas, ubicados en el fondo y laderas de valles interandinos hasta el límite del pajonal altoandino.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentan colores mezclados de fucsia, guinda y verde con tonos claros. Tamaño pequeño.</li> <li>- Plantaciones agroindustriales de color verde claro similar a las purmas y bosques secundarios jóvenes (escaso, sólo zona norte).</li> </ul>
Área sin vegetación (ID 22)		Contempla áreas de poca o nula vegetación naturales o de origen antrópico, tales como: Infraestructura urbana; suelos expuestos por extracción forestal o minera y deslizamientos naturales; playas; áreas quemadas; y coberturas no fotosintéticas herbáceas de pastos naturales o cultivados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rosado intenso. En algunos casos blanco (infraestructura reflectiva).</li> </ul>

Clase	Bioma	Descripción	Criterios de interpretación
Río, Lago u Océano (ID 33)		Es cualquier extensión de agua que se encuentran en la superficie terrestre ya sean naturales como artificiales. Comprende ríos, lagos, represas, depósitos y otros cuerpos de agua.	- Dependiendo del contenido de sedimentos y la profundidad de la fuente podrían encontrarse de color negro, azul oscuro o azul claro.
Glaciar (ID 34)	Andes	Cobertura de hielo y/o nieve que se genera en la Cordillera de los Andes a partir de los 4800 hasta los 6768 msnm. Es una gran masa de hielo producto de la acumulación, compactación y recristalización de la nieve por miles de años. Es la principal fuente de recursos hídricos para las cuencas hidrográficas del país.	Color celeste