

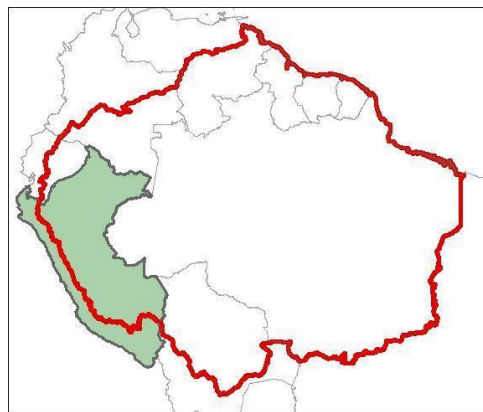
MAPBIOMAS

[AMAZONIA]

Apéndice - Perú

Colección 4.0

Versión 1.0



Noviembre de 2022

Equipo de Especialistas

Andrea Verónica Bravo Sánchez

Diana Zuley Cáceres Lima

Catherine Nicole Moreno Flores

Kathrin Hopfgartner

Especialista en programación para Teledetección

Efraín Yury Turpo Cayo

Equipo de Asistentes de interpretación

Luz Marina Anampa Huanca

Giannina Milagros Miguel Jurado

Jose Eduardo Victorio Gonzales

Coordinadora del proyecto MapBiomás - 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

Índice

Lista de Tablas	3
Lista de Figuras	3
1. Características generales del país	4
2. Otras iniciativas nacionales de mapeo	6
3. Generación de mosaicos Landsat	6
3.1 División por cartas	6
3.2 Regiones para la construcción de mosaicos	7
3.2 Blacklist	9
4. Clasificación	10
4.1 Leyenda	10
4.2 Regiones de clasificación	14
4.3 Temas transversales	17
5. Post-clasificación	17
5.1 Filtro Temporal	17
5.2 Filtro Espacial	18
5.3 Gap fill	18
5.4 Filtro de frecuencia	18
5.5 Integración	20
6. Referencias	21

Lista de Tablas

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

Tabla 2. Regiones para generación de mosaicos definidas para el Perú como parte del proyecto MapBiomias Amazonía

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

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 4.0 MapBiomias Amazonía

Tabla 6. Memoria descriptiva para la leyenda MapBiomias Amazonía dentro del ámbito del Perú

Tabla 7. Regiones de clasificación definidas en el marco del proyecto MapBiomias Amazonía para el Perú

Tabla 8. Parámetros utilizados en el clasificador Random Forest

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

Tabla 10. Valores de filtro espacial utilizados por región

Tabla 11. Valores de filtro de frecuencia utilizados por región

Tabla 12. Reglas de prioridad para la integración de clases en el bioma Amazonía

Tabla 13. Reglas de prioridad para la integración de clases en el bioma Andes

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 del Perú

Figura 3. Mapa de Regiones de clasificación en el Perú para la Colección 4.0 MapBiomias Amazonía

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 966,754 km², equivalente al 75% de la superficie del país (1'285,220 km²). 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).

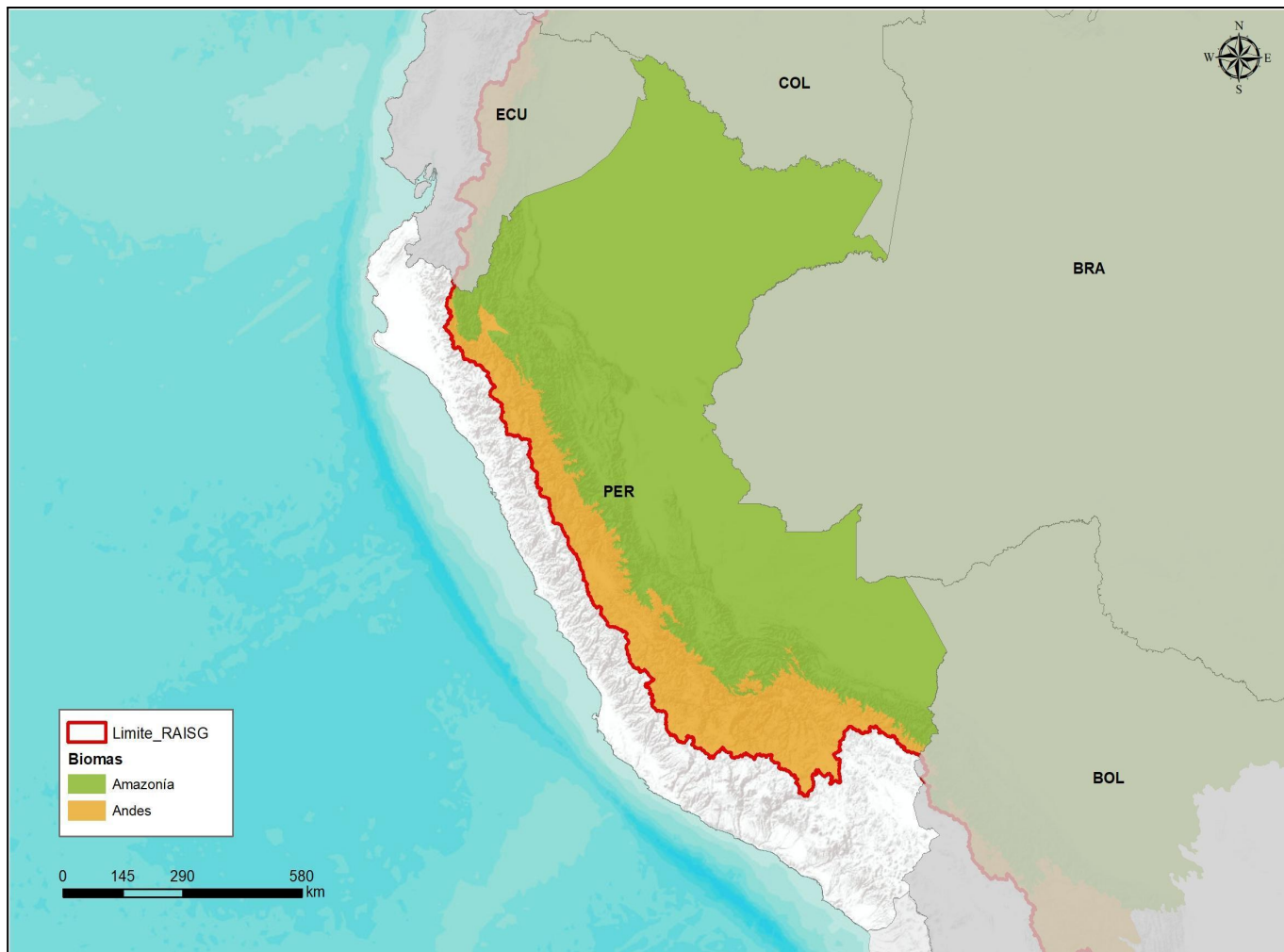


Figura 1. Límite y biomas de Perú dentro del ámbito de la RAISG

Para ello se emplearon criterios técnicos sobre la distribución de ecosistemas a partir de mapas nacionales de referencia y a la experiencia de las colecciones anteriores. 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 777,605 km². 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 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. (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. (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 189,149 km² que corresponde a la vertiente atlántica 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 que originan, además, lagos y coberturas altoandinas inundadas como los bofedales. Estos humedales altoandinos se encuentran ubicados en los fondos de los valles 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, el bioma Andes 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 Publicada
Mapa Fisiográfico del Perú	INRENA, 2002	Considera una extensión amazónica de 777 620,19 km ² 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 ² 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

Fuente: Elaboración propia

3. Generación de mosaicos Landsat

3.1 División por cartas

La metodología de MapBiomás divide el área del proyecto en una grilla de cartas regulares definidas con base a la grilla de las Cartas Internacionales del Mundo a la Millonésima, a escala de 1:250.000. Cada carta rectangular cubre un área de 1°30' de longitud por 1° de latitud. La Amazonía peruana está cubierta por 83 cartas unitarias.

3.2 Regiones para la construcción de mosaicos

En vista de la estacionalidad de las coberturas mapeadas y de la variabilidad en disponibilidad de datos satelitales existentes (Tabla 2), las 83 cartas fueron subdivididas siguiendo los límites de las regiones¹ Amazonía Alta², Amazonía Baja³ 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)

Tabla 2. Regiones para generación de mosaicos definidas para el Perú como parte del proyecto MapBiomás Amazonía

Región	Km ²	%	Descripción / Motivo de separación
Amazonía Alta	198,292	20.51	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	579,313	59.92	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	189,149	19.57	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
Total	966,754		

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

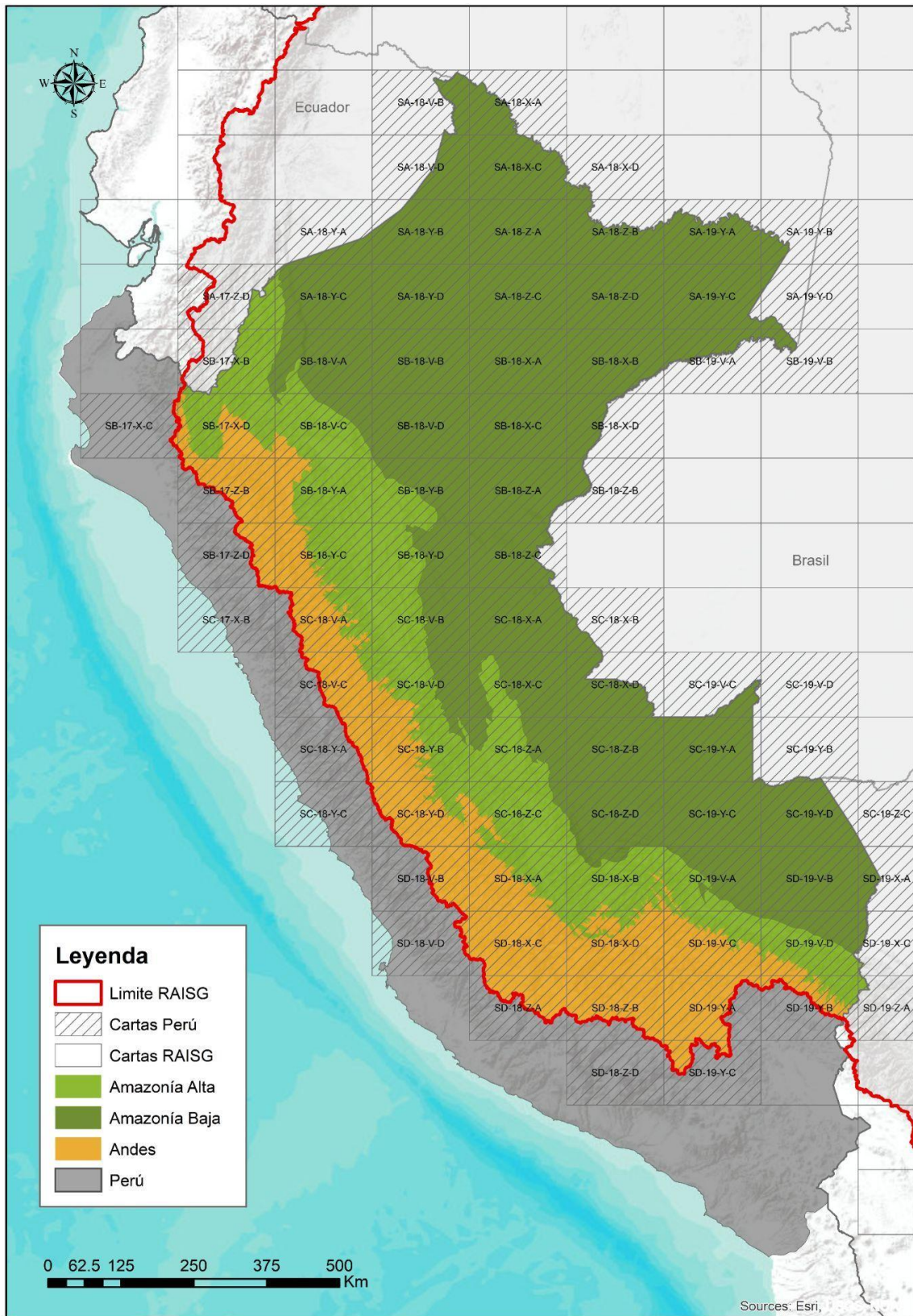


Figura 2. Mapa de las cartas-región utilizadas para la generación de mosaicos de imágenes para el Perú.

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

País	Región	Mosaicos por año	Mosaicos procesados 1985-2021
Perú	Amazonía Alta	31	1137
	Amazonía Baja	59	2170
	Andes	32	1160
Total		122	4467

Fuente: Elaboración propia

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 logró definir el periodo óptimo de selección de imágenes 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 imágenes; 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	Periodo	% Nubes
Amazonía Alta	L5	1985-1999, 2003-2011	15 junio - 15 noviembre	20 - 90
	L7	2002, 2012		
	L5/L7	2000-2001		
	L8	2013-2021		
Amazonía Baja	L5	1985-1999, 2000, 2003-2011	01 junio - 31 octubre	10 - 80
	L7	2002, 2012		
	L5/L7	2001		
	L8	2013-2021		
Andes	L5	1985-2001, 2003-2011	01 abril - 30 setiembre	30 - 95
	L7	2002, 2009, 2010, 2012		
	L8	2013-2021		

Fuente: Elaboración propia

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 4 MapBiomias 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), Infraestructura urbana (ID 24), Minería (ID 30), Otra área no vegetada (ID 25), Río, lago u Océano (ID 33) y Glaciar (ID 34).

Tabla 5. Leyenda general de cobertura y uso del suelo en la Colección 4.0 MapBiomias Amazonía

ID	CLASE (Categoría/Nivel)	COBERTURA / USO	BIOMA
3	Formación Forestal (1.1.)	Cobertura	Amazonia y Andes
4	Formación Sabánica / Bosque Abierto (1.2)	Cobertura	Andes
6	Bosque Inundable (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 Natural No Forestal (2.4.)	Cobertura	Amazonia y Andes
15	Pastos (3.1)	Uso	Amazonia y Andes
18	Agricultura (3.2)	Uso	Amazonia y Andes
9	Silvicultura (3.3)	Uso	Andes
21	Mosaico de Agricultura y/o Pasto (3.5.)	Uso	Amazonia y Andes
24	Infraestructura urbana (4.2)	Uso	Amazonia y Andes
30	Minería (4.3)	Uso	Amazonia y Andes
25	Otra área sin vegetación (4.4)	Cobertura / Uso	Amazonia y Andes
33	Río, Lago u Océano (5.1.)	Cobertura / Uso	Amazonia y Andes
34	Glaciar (5.3.)	Cobertura	Andes

Fuente: Elaboración propia

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

Tabla 6. Memoria descriptiva para la leyenda MapBiomos Amazonía dentro del ámbito del Perú

MapBiomos Amazonía CLASE (ID)	Región	Homologación MAPA DE COBERTURA VEGETAL (MINAM, 2015)	Descripción de la clase	Criterios de interpretación
Formación forestal (ID:3)	Amazonía Alta	Bosques semidecíduos de montaña; Bosques basimontanos y montanos; Plantación forestal	Incluye 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.	- En bosques densos: alta rugosidad; tonalidad verde oscura (RGB 543); - En bosques ralos: baja rugosidad; tonalidad verde clara (RGB 543); - En bosques semidecíduos: rugosidad media; tonos verde-morado (RGB 543).
	Amazonía Baja	Bosques de terrazas bajas y altas; Vegetación esclerófila de arena blanca (varillal); Bosques de colinas altas y bajas; Pacales; Plantación forestal		
	Andes	Bosques relictos; Bosques secos de montaña; Bosques subhúmedo de montaña;	Incluye dos tipos de bosque: los bosques muy húmedos de (norte del país) y los relictos (centro y sur). 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.	- En bosques ralos: baja rugosidad; tonalidad verde clara (RGB 543); - En bosques semidecíduos: rugosidad media; tonos verde-morado (RGB 543).
Formación Sabánica / Bosque Abierto (ID: 4)	Andes	Sabanas xéricas interandinas; Bosques xéricos interandinos;	Incluye bosques secos interandinos que son árboles dispersos, se distribuyen en profundos valles interandinos y en sus laderas. Son de porte arbustivo bajo (< 8 m de alto) y de follaje caducifolio durante el periodo seco.	- Bosques ralos, varía de textura y color según la latitud. Al norte tienden al tono marrón-verde (RGB 543), hacia al centro y sur, tonos marrón-rosado (RGB 543) .
Bosque inundable (ID:6)	Amazonía Alta Amazonía Baja	Bosque inundable de palmeras (aguajal); Bosques basimontanos y de terrazas inundables; Bosque de llanura meándrica	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 Inundable (ID: 11)	Amazonía Baja	Herbazal Hidrofítico; Sabana hidrofítica de palmeras	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.
	Andes	Bofedal	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.	- Áreas húmedas naturales cerca a cuerpos de agua (lagunas). - Variaciones anual de extensión. - Tienden a verde-morado (RGB 543).
Formación Campestre (ID: 12)	Amazonía Alta	Jalca; Páramo; Pajonal andino	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 periodo (seco: fucsia / húmedo: verde).
	Andes	Pajonal andino	Pajonales compuestos por vigorosas gramíneas y césped de puna de poca altura o casi al raz del suelo. Esta cobertura	Rosado intenso, se confunde con suelo desnudo (pasto seco).

			se encuentra aproximadamente entre 3000 y 4800 msnm.	Cerca a zona de bofedales es un verde muy claro o amarillo.
Otra formación Natural No Forestal (ID: 13)	Amazonía Alta Andes	Matorrales esclerófilos y arbustivos	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 existe mejor condición de humedad y menores valores de temperatura.	- 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.
Pastos (ID: 15)	Amazonía Alta Amazonía Baja Andes	Área de no bosque amazónico Agricultura costera y andina	Áreas de pasto, plantado o natural, vinculadas a la actividad pecuaria.	- En amazonía baja presenta colores naranja y amarillo intenso. - En amazonía alta y andes presenta colores verdes bajos y tonos de amarillos, melon.
Agricultura (ID: 18)	Amazonía Alta Amazonía Baja Andes	Área de no bosque amazónico Agricultura costera y andina	Áreas donde la cobertura original ha sido modificada o reemplazada por cultivos anuales, temporales y perennes. Pueden estar activos o ser tierras en reposo. En el bioma Amazonía predominan cultivos de cereales, arroz y palma aceitera. En el bioma Andes predomina el cultivo de cereales, tubérculos, hortalizas, árboles frutales, paltas, ubicados en el fondo y laderas de valles interandinos.	- En amazonía presenta colores de verdes claros intensos. - En andes de colores morados y verdes claros.
Silvicultura (ID: 9)	Andes	Plantación forestal	Forestación de especies arbóreas exóticas con fines de uso y/o protección (pinos, eucaliptos, etc.)	- Color verde claro.
Mosaico de agricultura y/o pasto (ID: 21)	Amazonía Alta Amazonía Baja Andes	Área de no bosque amazónico Agricultura costera y andina	Áreas de uso agropecuario, en las cuales no fue posible separar las clases agricultura y pasto. En el bioma Amazonía predomina el cambio de uso hacia la ganadería y cultivos de cereales y palma aceitera. En el bioma Andes predomina la ganadería y el cultivo de cereales, tubérculos y hortalizas, ubicados en el fondo y laderas de valles interandinos.	- Presentan colores fucsia y guinda con tonos claros. - Plantaciones agroindustriales de color verde claro similar a las purmas y bosques secundarios jóvenes. - Presentan colores mezclados de fucsia, guinda y verde con tonos claros. Tamaño pequeño.
Infraestructura urbana (ID: 24)	Amazonía Alta Amazonía Baja Andes	Área urbana	Esta unidad está constituida por los espacios cubiertos por infraestructura urbana y todas aquellas áreas verdes y vías de comunicación asociadas con ellas, que configuran un sistema urbano. Excluye infraestructura rural de pequeña escala que no es percibida por la resolución de la imagen.	- Rosado intenso. En algunos casos blanco (infraestructura reflectiva).
Minería (ID: 30)	Amazonía Baja Andes	Centro minero; área de no bosque amazónico	Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales de la actividad minera a tajo abierto y minería fluvial.	- Presentan colores fucsia y guinda con tonos intensos. Así como cuerpos de agua turquesas

Otras áreas sin vegetación (ID: 25)	Amazonía Alta Amazonía Baja Andes	Área altoandina con escasa y sin vegetación; Banco de arena	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.	- Rosado intenso.
Río, lago u océano (ID: 33)	Amazonía Alta Amazonía Baja Andes	Lagunas, lagos y cochas Río	Es cualquier extensión de agua que se encuentra 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	Glaciar	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.	- Tonos celestes o turquesas

Fuente: Elaboración propia

4.2. Regiones de clasificación

Para efectos de facilitar el mapeo de la diversidad de paisajes comprendidos en el área de estudio, se definieron treinta y nueve (39) regiones de mapeo o clasificación. Cada región fue trabajada independientemente para cada año de la serie temporal.

Las regiones 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 regiones resultantes se presentan en la figura 3 y se detallan en la tabla 7.

Tabla 7. Regiones de clasificación definidas en el marco del proyecto MapBiomias Amazonía para el territorio peruano.

	Región de mosaico	Códigos	Motivo de separación
1	Amazonía Alta	70101	Zona norte de transición con intervención media, alrededor de Cajamarca
2	Amazonía Alta	70102	Zona norte de intervención media alrededor de Amazonas
3	Amazonía Alta	70103	Zona norte de poca intervención alrededor del Amazonas
4	Amazonía Alta	70104	Zona norte de poca intervención alrededor de Alto Mayo y Colán
5	Amazonía Alta	70105	Zona central de alta intervención a lo largo de San Martín, Huánuco, Pasco y Junín
6	Amazonía Alta	70106	Zona central de transición con poca intervención. San Martín, Huánuco y Pasco
7	Amazonía Alta	70107	Zona central de poca intervención y muchos deslizamientos
8	Amazonía Alta	70108	Zona central de transición con poca intervención en Junín
9	Amazonía Alta	70109	Zona central de alta intervención en Junín
10	Amazonía Alta	70110	Zona central de intervención media en Pasco
11	Amazonía Alta	70111	Zona central de transición con alta intervención
12	Amazonía Alta	70112	Zona central de transición con poca intervención alrededor de Otishi
13	Amazonía Alta	70113	Zona sur de alta intervención alrededor de Quincemil y Pillcopata
14	Amazonía Alta	70114	Zona sur de poca intervención alrededor del Manu y Bahuaja Sonene
15	Amazonía Alta	70115	Zona sur de transición con alta intervención en Puno
16	Amazonía Baja	70201	Zona norte de poca intervención alrededor del río Putumayo
17	Amazonía Baja	70202	Zona norte de intervención media alrededor de ríos Amazonas y Nanay
18	Amazonía Baja	70203	Zona norte de poca intervención alrededor del Pastaza y Pacaya Samiria
19	Amazonía Baja	70204	Zona norte de alta intervención en Yurimaguas
20	Amazonía Baja	70205	Zona central de poca intervención por Sierra del Divisor
21	Amazonía Baja	70206	Zona central de poca intervención con muchos deslizamientos
22	Amazonía Baja	70207	Zona central de alta intervención Pachitea
23	Amazonía Baja	70208	Zona central de poca intervención alrededor del Imiria
24	Amazonía Baja	70209	Zona central de alta intervención en Ucayali
25	Amazonía Baja	70210	Zona sur de poca intervención cerca al Purús
26	Amazonía Baja	70211	Zona sur de alta intervención en alrededor de Tambopata
27	Amazonía Baja	70212	Zona norte de vegetación no boscosa en continuidad con Ecuador.
28	Andes	70301	Zona centro norte sobre 3800 msnm aprox., presencia de glaciares, bofedales.
29	Andes	70302	Zona centro sobre 3800 msnm aprox., presencia de glaciares, bofedales.
30	Andes	70303	Zona centro sur sobre 3800 msnm aprox., presencia de glaciares, bofedales.
31	Andes	70304	Zona sur sobre 3800 msnm aprox., presencia de glaciares, bofedales.
32	Andes	70305	Zona norte de bosques húmedos con intervención.
33	Andes	70306	Zona centro norte debajo de los 3800 msnm aprox.
34	Andes	70307	Zona centro debajo de los 3800 msnm aprox.
35	Andes	70308	Zona sur debajo de los 3800 msnm aprox.
36	Andes	70309	Zona sur debajo de los 3800 msnm aprox.
37	Andes	70310	Zona norte de bosques secos y montes espinosos
38	Andes	70311	Zona norte que combina bosques húmedos, matorrales y una fuerte intervención
39	Andes	70312	Zona centro-sur de bosques secos y matorrales
40	Andes	70313	Zona sur de bosques secos y estepas espinosas
41	Andes	70314	Zona norte de bosques húmedos andinos en continuidad con Ecuador

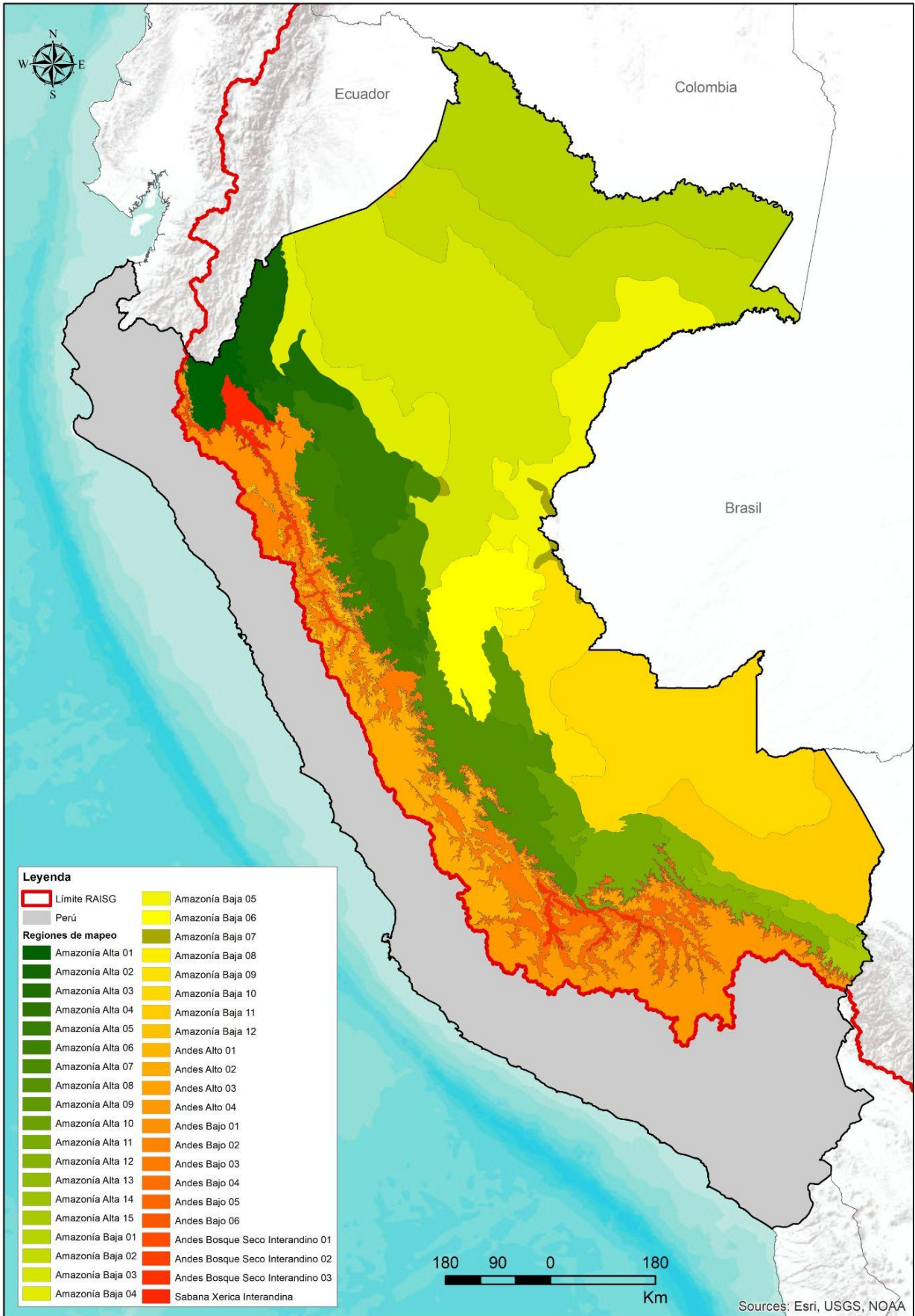


Figura 3. Mapa de Regiones de clasificación en el Perú para la Colección 4.0 MapBiomass Amazonía

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 3 MapBiomás Amazonía (36 años)**. A continuación se generó una clasificación preliminar para los 37 años de la Colección 4 MapBiomás Amazonía. De este producto se vuelven a extraer muestras estables (por 37 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 región como insumo de los 40 a 60 árboles aplicados al clasificador.

Tabla 8. Parámetros utilizados en el clasificador Random Forest

Región	Códigos	Número de muestras estables exportadas		Número de árboles Random Forest
		Mínimo	Máximo	
Amazonía Alta	70101 a 70115	Entre 800 y 3000	Entre 4000 y 5000	50
Amazonía Baja	70201 a 70211	Entre 500 y 2500	Entre 3000 y 5000	50
Andes	70301 a 70314	Entre 20 y 100	Entre 4000 y 5000	Entre 40 y 60

Fuente: Elaboración propia

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 clasificarlas por separado. A estas clases se les denomina Temas transversales y son mapeadas con algoritmos de clasificación binaria (clase de interés y clase “No observado”).

Esta estrategia fue aplicada, dentro del ámbito de Perú, para las clases:

- Bosque inundable (ID = 6);
- Formación Natural No Forestal Inundable (ID = 11);
- Pastos (ID = 15);
- Agricultura (ID = 18);
- Silvicultura (ID = 9);
- Mosaico de agricultura y/o pasto (ID = 21);
- Infraestructura urbana (ID = 24);
- Minería (ID = 30);
- Cuerpo de Agua (ID = 33); y
- Glaciar (ID = 34)

Los detalles de cada metodología se encuentran en los apéndices de cada tema transversal.

5. Post-clasificación

Debido a que la metodología aplica un criterio de clasificación basada en píxeles y, además, contempla un largo periodo de análisis (37 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 en 3 grupos: **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); **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 **Reglas de último año (RU)**, buscan actualizar el valor del último año (2021).

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 más utilizados por región clasificada se muestran en la tabla 9.

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

Región	Códigos	Regla de primer año	Regla de años intermedios	Regla de último año
Amazonía Alta	70101 a 70115	[3, 13, 12, 33, 25]	[3, 12, 13, 25, 21, 22,33]	[21, 25, 13]
Amazonía Baja	70201 a 70211	[6, 3, 25, 11, 33]	[6, 3, 33, 21, 25, 11]	[21, 25, 33]
Andes	70301 a 70314	[3, 12, 11, 13]	[13, 12, 3, 25, 34]	[12, 13, 3]

Fuente: Elaboración propia

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 4 MapBiomias Amazonía utiliza dos tamaños (kernel 3 y kernel 5) de filtro espacial de acuerdo a la región (tabla 10).

Tabla 10. Valores de filtro espacial utilizados por región

Región	Códigos de región	kernel
Amazonía Alta	70105, 70106, 70107	3
	70101, 70102, 70103, 70104, 70108, 70109, 70110, 70111, 70112, 70113, 70114, 70115	5
Amazonía Baja	70203, 70204, 70206, 70209	3
	70201, 70202, 70205, 70207, 70208, 70210, 70211	5
Andes	70301, 70302, 70303, 70304, 70305, 70306, 70307, 70308, 70309, 70310	3
	70311, 70312, 70313, 70314	5

Fuente: Elaboración propia

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 región del mapa general y/o tema transversal, se aplicó valores distintos de filtro (Tabla 11).

Tabla 11. Valores de filtro de frecuencia utilizados por región

Región	Códigos de región	% native_vegetation ⁴	perc_majority ⁵
Amazonía Alta	70101 a 70115	Entre 90 y 97	Entre 60 y 80
Amazonía Baja	70201 a 70211	Entre 90 y 97	Entre 60 y 80

⁴ % vegetación nativa mínima para que sea considerado el filtro de frecuencia.

⁵ % porcentaje mayoritario para que prevalezca una clase.

Tabla 12. Orden de aplicación de filtros por región

N°	Región de mosaico	Códigos	Orden de aplicación					
			Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3	Filtro 4	Filtro 5	Filtro 6
1	Amazonía Alta	70101	Temporal	Gapfill	Espacial	Frecuencia		
2	Amazonía Alta	70102	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
3	Amazonía Alta	70103	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
4	Amazonía Alta	70104	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
5	Amazonía Alta	70105	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia	Temporal	
6	Amazonía Alta	70106	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
7	Amazonía Alta	70107	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
8	Amazonía Alta	70108	Temporal	Gapfill	Espacial	Frecuencia	Temporal	
9	Amazonía Alta	70109	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
10	Amazonía Alta	70110	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
11	Amazonía Alta	70111	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
12	Amazonía Alta	70112	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
13	Amazonía Alta	70113	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
14	Amazonía Alta	70114	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
15	Amazonía Alta	70115	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
16	Amazonía Baja	70201	Temporal	Gapfill	Espacial	Temporal		
17	Amazonía Baja	70202	Temporal	Gapfill	Espacial	Temporal		
18	Amazonía Baja	70203	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
19	Amazonía Baja	70204	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
20	Amazonía Baja	70205	Temporal	Gapfill	Espacial	Frecuencia		
21	Amazonía Baja	70206	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia	Temporal	
22	Amazonía Baja	70207	Temporal	Gapfill	Espacial	Temporal	Temporal	
23	Amazonía Baja	70208	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia	Temporal	
24	Amazonía Baja	70209	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
25	Amazonía Baja	70210	Temporal	Gapfill	Espacial	Frecuencia	Temporal	
26	Amazonía Baja	70211	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
27	Amazonía Baja	70212	Gapfill	Temporal	Espacial	Frecuencia		
28	Andes	70301	Frecuencia	Gapfill	Temporal	Espacial	Temporal	Espacial
29	Andes	70302	Frecuencia	Espacial	Gapfill	Temporal	Espacial	Temporal
30	Andes	70303	Frecuencia	Gapfill	Temporal	Espacial	Temporal	Espacial
31	Andes	70304	Frecuencia	Gapfill	Temporal	Espacial	Temporal	Espacial
32	Andes	70305	Gapfill	Frecuencia	Temporal	Espacial	Temporal	Espacial
33	Andes	70306	Frecuencia	Gapfill	Temporal	Espacial	Temporal	Espacial
34	Andes	70307	Frecuencia	Espacial	GapFill	Temporal	Espacial	Temporal
35	Andes	70308	Frecuencia	GapFill	Temporal	Espacial	Temporal	Espacial
36	Andes	70309	Frecuencia	GapFill	Temporal	Espacial	Temporal	Espacial
37	Andes	70310	GapFill	Frecuencia	Temporal	Espacial	Temporal	Espacial
38	Andes	70311	Frecuencia	Gapfill	Temporal	Espacial	Temporal	Espacial
39	Andes	70312	Frecuencia	Gapfill	Espacial	Temporal	Espacial	Temporal
40	Andes	70313	Frecuencia	Gapfill	Temporal	Espacial	Temporal	Espacial
41	Andes	70314	Frecuencia	Gapfill	Temporal	Espacial	Temporal	Espacial

Fuente: Elaboración propia

* El orden de aplicación de filtros depende principalmente de la calidad de la clasificación y la cantidad de vacíos y nubes remanentes en los mosaicos. Iniciar con Gapfill en regiones donde los años iniciales daban malas clasificaciones podía extender el error a años siguientes.

5.5. Integración

Los resultados obtenidos de clasificación a nivel de mapa general y de temas transversales fueron integrados como un único mapa por cada año de análisis, siguiendo las reglas de integración que se muestran en las tablas 12 (para Amazonía) y 13 (para Andes).

Tabla 12. Reglas de prioridad para la integración de clases en el bioma Amazonía

Prevalencia	Nombre de la clase	ID de clase	Fuente
1	Infraestructura urbana	24	Transversal
2	Agua	33	Mapa general
3	Agua	33	Transversal
4	Minería	30	Transversal
5	Formación natural no forestal inundable	11	Mapa general
6	Formación natural no forestal inundable	11	Transversal
7	Agricultura	18	Transversal
8	Pastos	15	Transversal
9	Mosaico de agricultura y/o pasto	21	Mapa general
10	Mosaico de agricultura y/o pasto	21	Transversal
11	Otra área sin vegetación	25	Mapa general
12	Formación campestre	12	Mapa general
13	Otra formación natural no forestal	13	Mapa general
14	Bosque inundable	6	Mapa general
15	Bosque inundable	6	Transversal
16	Bosque abierto	4	Mapa general
17	Formación forestal	3	Mapa general

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Reglas de prioridad para la integración de clases en el bioma Andes

Prevalencia	Nombre de la clase	ID de clase	Fuente
1	Plantaciones forestales	9	Transversal
2	Minería	30	Transversal
3	Infraestructura urbana	24	Transversal
4	Agricultura	18	Transversal
5	Pastos	15	Transversal
6	Mosaico de agricultura y/o pasto	21	Transversal
7	Otra formación natural no forestal	13	Mapa general
8	Formación forestal	3	Mapa general
9	Bosque abierto	4	Mapa general
10	Mosaico de agricultura y/o pasto	21	Mapa general
11	Formación natural no forestal inundable	11	Mapa general
12	Formación campestre	12	Mapa general
13	Glaciar	24	Transversal

14	Agua	33	Mapa general
15	Agua	33	Transversal
16	Otro área sin vegetación	25	Mapa general

Fuente: Elaboración propia

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.