

RAISG

RED AMAZÓNICA DE INFORMACIÓN
SOCIOAMBIENTAL GEORREFERENCIADA



MAPBIOMAS

[AMAZONIA]

Apéndice - Bolivia

Colección 5.0

Versión 1.0



Noviembre de 2023

Equipo de Especialistas

Saúl Cuéllar
Sara Espinoza
Alejandra Tancara
Marcelo Char

Especialista en programación para Teledetección

Rodney Camargo

Responsable del proyecto RAISG-MapBiomass para la Cuenca Amazónica boliviana

Saúl Cuéllar

Responsable del componente técnico del proyecto MapBiomass Amazonía para la Amazonía boliviana

Sara Espinoza

Institución

Fundación Amigos de la Naturaleza



Km. 7 1/2 Doble Vía a La Guardia
Santa Cruz - Bolivia
Teléfono: (591-3) 3556800
www.fan-bo.org

Contenido

1. Características generales del país	3
1.1. Bioma Amazonía	6
1.2. Bioma Andes	8
1.3. Bioma Chaco	8
1.4. Bioma Chiquitano.....	9
1.5. Bioma Tucumano-Boliviano	9
2. Otras iniciativas de mapeo.....	11
Fuentes mundiales de región.....	11
Fuentes para la región Amazónica.....	12
Fuentes para el territorio nacional	13
3. Generación de mosaicos Landsat	15
4. Clasificación.....	19
4.1. Leyenda	19
4.2. Regiones de clasificación	22
4.3. Descripción metodológica.....	25
4.4. Temas transversales.....	25
5. Posclasificación	27
5.1. Gap fill	27
5.2. Filtro temporal	27
5.3. Filtro espacial	28
5.4. Filtro de frecuencia	28
5.5. Filtro de incidencia.....	29
5.6. Reclasificación.....	29
5.7. Integración	29
6. Referencias.....	31

1. Características generales del país

Bolivia es un país megadiverso comprende varios ecosistemas o paisajes desde tierras bajas, rodeada de diferentes tipos de bosques y sabanas pasando por vertientes orientales y valles interandinos caracterizados por sus bosques secos, hasta llegar a las altas cordilleras y altiplanos. La cuenca amazónica en Bolivia abarca una extensión de más de 714 mil km², lo cual representa el 65% de todo el país (Tabla 1).

En el presente documento, se trabajó a partir de biomas. Un bioma es un conjunto de ecosistemas que comparten características climáticas ambientales, geológicas y topográficas; además conservan fauna y flora adaptada a estas condiciones. Dentro de estos límites hidrográficos pueden distinguirse cinco biomas (Figura 1A): 1) Amazonía, 2) Andes, 3) Chaco, 4) Chiquitano y 5) Tucumano-Boliviano.

La Amazonía es el bioma más extenso (Figura 1B), abarca 478 mil km², 67% de la cuenca amazónica boliviana; conformado por la Amazonía Alta que se dividió en tres regiones (desde los 1.000 msnm hasta los 4.200 msnm denominada Yungas) y la Amazonía Baja (por debajo de los 1.000 msnm) en nueve regiones. El bioma Andes se dividió en tres regiones, el Chaco en dos regiones, el Chiquitano en tres regiones y finalmente el bioma Tucumano-Boliviano con una región. Haciendo un total de 21 regiones, estas regiones fueron creadas con fines netamente operativos para facilitar el proceso de clasificación de la cobertura y uso del suelo y obtener mejores resultados; para ello se utilizó como base el mapa de Ecoregiones de Bolivia (Ibisch *et al.* 2003).

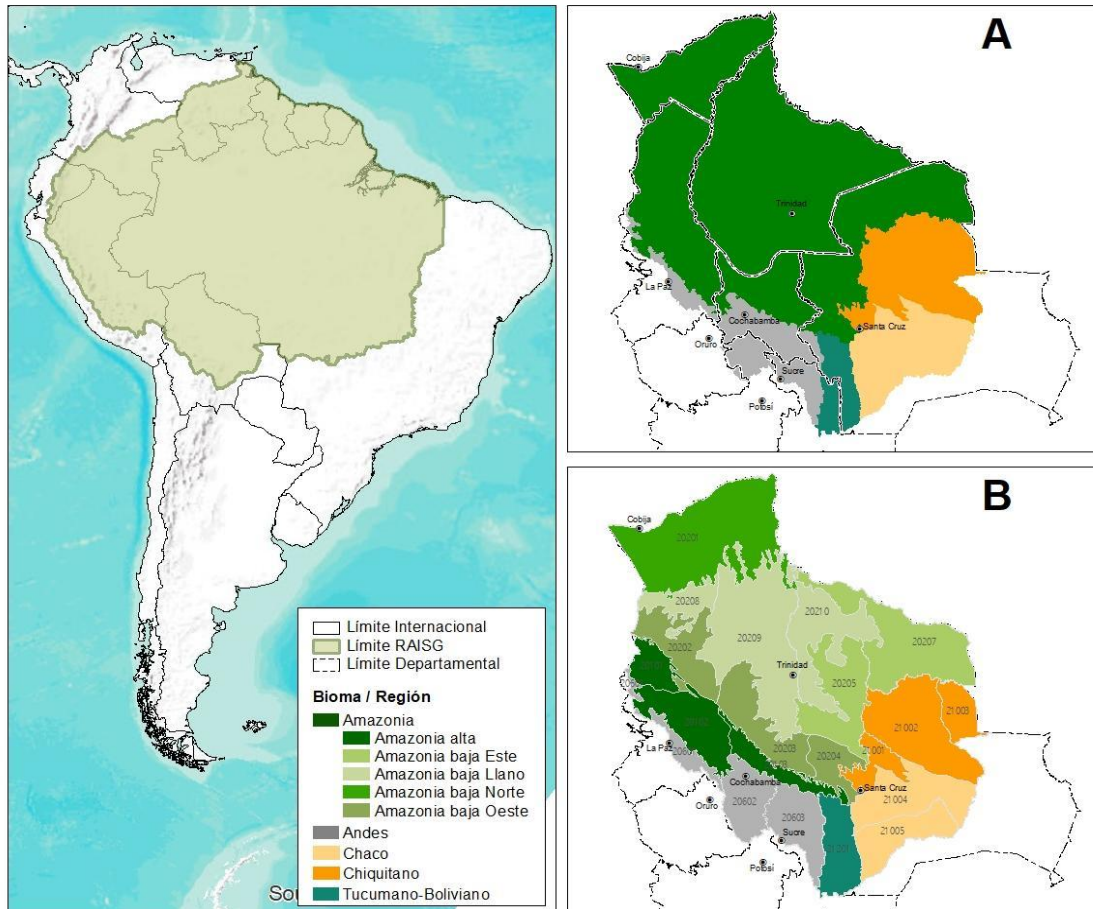


Figura 1. Localización de la cuenca amazónica de Bolivia. A) Biomas; B) Regiones operativas.

Administrativamente la cuenca amazónica se ubica en ocho de los nueve departamentos de Bolivia. Abarca la totalidad del territorio de los departamentos de 1) Pando, 2) Beni y 3) Cochabamba, más del 50% de los departamentos de 4) Santa Cruz y 5) La Paz, y una baja proporción de los departamentos de 6) Chuquisaca, 7) Potosí y 8) Oruro (Figura 1A & B).

Los biomas y regiones se diferencian entre ellos por una serie de características bióticas (fisionomías y composición de especies) y abióticas (climáticas, regímenes de inundación y elevación entre otras) (Figura 2).

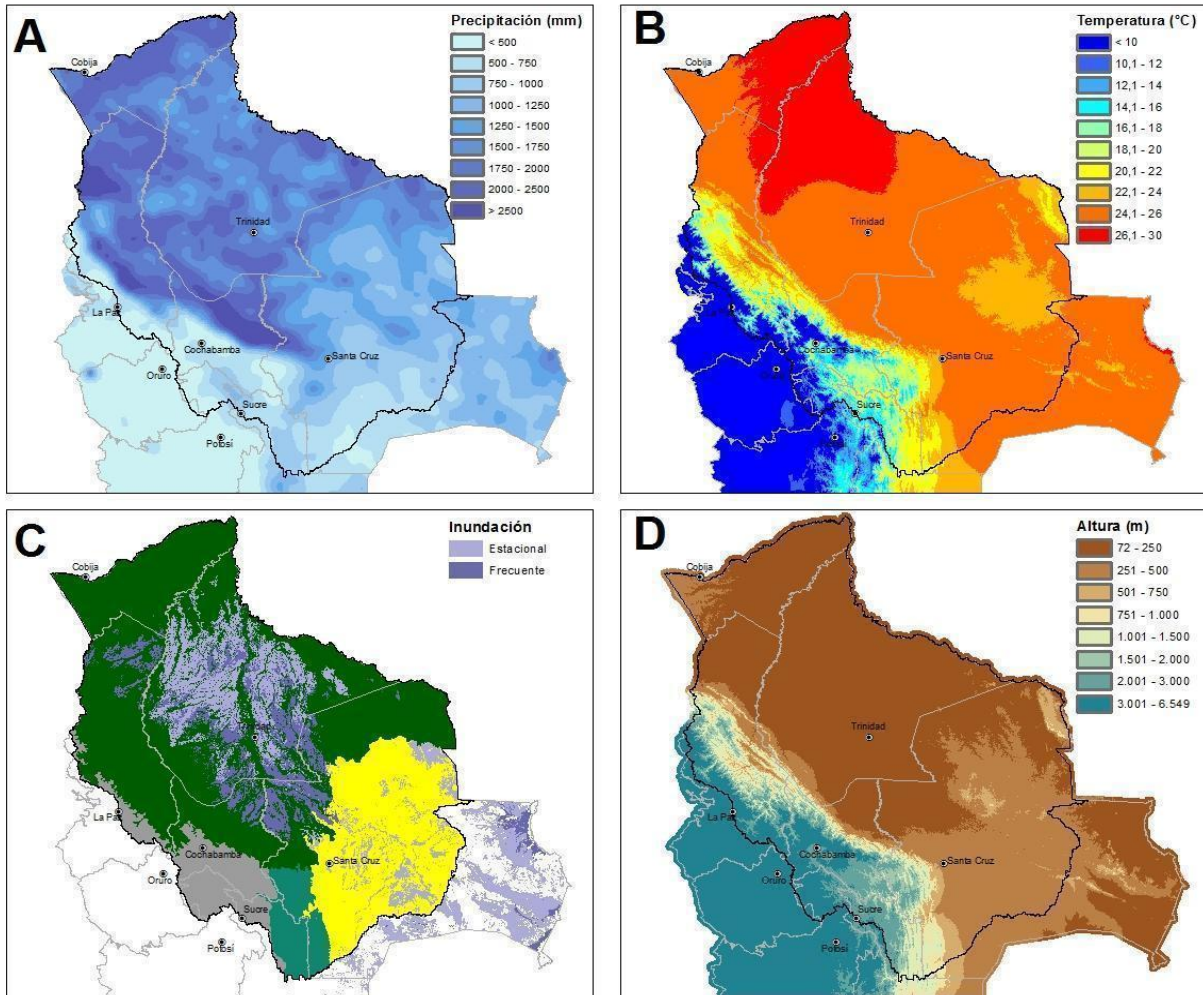


Figura 2. Características abióticas de la cuenca amazónica boliviana. A) Precipitación; B) Temperatura; C) Zonas de inundación; D) Pisos altitudinales.

Tabla 1. Biomas y Regiones de la Cuenca Amazónica de Bolivia

Bioma	Región	Superficie	
		km ²	%
Amazonía	Amazonía Alta	62.129	9%
	Amazonía Baja Norte	93.504	13%
	Amazonía Baja Este	100.379	14%
	Amazonía Baja Oeste	80.258	11%
	Amazonía Baja Llanos	142.135	20%
Andes		63.920	9%
Chaco		64.568	9%
Chiquitano		82.028	11%
Tucumano-Boliviano		25.564	4%
Total Superficie		714.484*	

* Representa el 65% de la superficie del país.

1.1. Bioma Amazonía

- **Región Amazonía Alta (20101, 20102, 20103):** Ocupa principalmente la porción oriental de los Andes tropicales. Está conformado principalmente por formaciones boscosas siempreverdes y campestres. Las formaciones boscosas se desarrollan generalmente por encima de 1.000 m de altitud, hasta los 4.200 m aproximadamente. Posee un dosel arbóreo que se distribuye entre los 15 y 25 m de altura, con árboles emergentes que llegan a alcanzar poco más de 30 m. Las formaciones campestres, dominadas por pastos y hierbas, generalmente aparecen por encima de los 2.500 m de elevación en zonas con suelos poco profundos (cimas de serranías), o en zonas con topografía menos accidentada, por encima de 3.000 m, donde pasan a ser denominados páramos yungueños.
Debido a sus características fisiográficas (laderas con pendientes elevadas y abruptas), las principales actividades económicas desarrolladas en esta región son: la agricultura a pequeña escala, la ganadería de vacunos, ovinos y caprinos, la extracción selectiva de especies forestales, así como la siembra de cultivos de coca, café y cítricos.
- **Región Amazonía Baja Norte, Este y Oeste (20201, 20202, 20203, 20204, 20205, 20206):** Conformado principalmente por fisionomías boscosas siempreverde, así como campestres y sabanas (sabanas amazónicas) pero en menor proporción. Se distribuyen sobre elevaciones de hasta 1.000 m. En los bosques, el dosel arbóreo varía entre 30 y 35 m, con árboles emergentes que pueden sobrepasar los 40 m. En esta región los bosques amazónicos se dividen en: i. bosques amazónicos de tierra firme (crecen en áreas con suelos bien drenados, abarcan la mayor extensión

de superficie); y ii. bosques amazónicos de inundación (estacionalmente inundados producto del rebalse de los grandes ríos), que a su vez son subdivididos en Bosques de várzea (inundados por aguas blancas, ricas en sedimentos y minerales) y bosques de igapó (inundados por aguas negras, ricas en materia orgánica). Las formaciones sabánicas-campestres se distribuyen en parches dispersos, principalmente en el extremo Este y Sureste de esta región. Aparecen en zonas con suelos lateríticos y poco profundos, y donde la capa freática es superficial y/o áreas que se inundan estacionalmente. Las fisionomías campestres están dominadas por pastos y hierbas; y las sabánicas, además de presentar estas formas de vida, también aparecen árboles y arbustos dispersos (campinaranas y similares al cerrado sensu stricto).

Las principales actividades económicas que tradicionalmente han sido desarrolladas en esta región son la extracción de productos forestales maderables y no maderables (castaña, cacao, así, copoazú, etc.), así como la pesca comercial y la ganadería utilizando forrajes nativos. Sin embargo, en los últimos años, se ha ido incrementando las actividades ganaderas provocando el cambio de uso de suelo mediante la implementación de pasturas introducidas. También, se practica la agricultura a pequeña escala y la siembra de cultivos de coca, café y cítricos (Amazonía baja Oeste), así como la agricultura a gran escala (Sur de la Amazonía baja Este y Oeste respectivamente).

- **Región Amazonía Baja Llanos (20207, 20208, 20209):** Conformada principalmente por fisionomías campestres, sabanas y boscosas, pero en menor proporción. Todas estas fisionomías se distribuyen formando un mosaico paisajístico sobre una fisiografía plana y/o ondulada, con elevaciones que no sobrepasan los 300 m de altitud. Geológicamente se divide en dos zonas, la zona Norte que se desarrolla sobre suelos bien drenados, de tipo laterítico, ácidos y pobres en nutrientes; y la zona Sur, la cual se inunda estacionalmente producto del rebalse de los grandes ríos que atraviesan la región. Los suelos de estas zonas que tienden a inundarse están conformados por sedimentos de origen reciente (cuaternario), siendo relativamente fértiles y con pH neutro a ligeramente alcalinos. Las fisionomías sabánicas y campestres están dominadas por pastos y hierbas, pero las sabánicas incluye la presencia de árboles y arbustos dispersos. Por otro lado, las fisionomías forestales corresponden a bosques húmedos y siempreverdes, los cuales son una prolongación de los bosques amazónicos hacia el interior de una matriz paisajística sabánica-campestre. La distribución de estos bosques en esta región está restringida únicamente a los principales cursos hídricos, por lo que, al igual que en la Amazonía, estos pueden dividirse en bosques de várzea (inundados por aguas blancas, ricas en sedimentos y minerales) y bosques de igapó (inundados por aguas negras, ricas en materia orgánica). Fisionómicamente, también son denominados bosques de galería. El dosel arbóreo es variable, pero generalmente alcanza alturas de entre 20 y 25 m, con emergentes de hasta 35 m.

Debido al factor limitante de las inundaciones estacionales, la principal actividad económica ejercida en esta región es la ganadería extensiva, siendo la principal fuente de forrajes las pasturas nativas de los campos y sabanas de la región, sin embargo al crecimiento tecnológico de la cadena productiva de la carne y la leche, hizo que la ganadería empezará a tomar mayor protagonismo porque es menos exigente en la calidad de los suelos que son poco profundos, acompañando a estos cambios la normativa legal sobre el uso de suelo en esta región favoreciendo esta actividad,

también se dio inicio a programas de implementación de la agricultura mecanizada en la zona este, siendo actualmente el cultivo de arroz el más practicado.

1.2. Bioma Andes

- **Región Andes Seco y Semihúmedo (20601, 20602, 20603):** La fisionomía dominante en esta región es la campestre, la cual crece generalmente por encima de 3.000 m de elevación. En Bolivia es denominada como Puna, posee una cobertura dominada por pajonales, con algunos arbustos dispersos. Los suelos son generalmente secos, aunque existen zonas que se encharcan y se mantienen húmedos durante todo el año (bofedales). Por otro lado, dentro de la región Andina también existen formaciones forestales, aunque en menor proporción, siendo estos, los bosques secos interandinos (i. bosques bajos, deciduos y espinosos, con dosel arbóreo arbustivo de 3 a 5 m de altura, con árboles y cactus columnares emergentes de hasta más de 10 m; y ii. bosques semideciduos, con dosel arbóreo de 10 a 15 m, y emergentes de hasta 20 m.) y los bosques de *Polylepis* (kewiñales, distribuidas por encima de los 2.500 m de altitud y formando manchas dispersas en medio de fisionomías campestres).

Entre las principales actividades económicas desarrolladas en esta región se destacan la ganadería de ovinos, caprinos y camélidos, así como también el cultivo estacional de quinua (*Chenopodium quinua*), la agricultura de pequeña escala y la agricultura mecanizada.

1.3. Bioma Chaco

- **Región Chaco (21101, 21102).** - La principal formación boscosa de la presente región es nombrada bosque chaqueño, y en menor proporción las fisionomías sabánicas y campestres incluidas dentro del complejo denominado como cerrado sensu lato (más usado en Brasil). Estas descripciones son diferenciadas por sus características fisionómicas y estructurales, así como climáticas, geológicas y fisiográficas. Por otro lado, el bosque chaqueño, distribuido en la región Sur, son de carácter deciduos, microfoliados y espinosos. Posee un dosel arbóreo arbustivo de entre 3 a 5 m de altura, con emergentes que llegan a sobrepasar los 10 m, siendo frecuente la presencia de cactus columnares. También presenta un tipo de vegetación semideciduo bajo con suculentas columnares (5-15 m) y diferenciación según humedad. Vegetación Zonal: Algarrobal con *Prosopis nigra* (Capa freática alta), bosque de *Copernicia alba* estacionalmente inundado. En suelos rojos bien drenados con afloramiento rocoso. Geológicamente el bosque chaqueño se desarrolla sobre sedimentos de origen reciente (cuaternario), y cuya fisiografía es denominada como la llanura Chaco-Beniana.

Las actividades económicas más frecuentes fueron la ganadería de ramoneo y extracción de combustible vegetal (leña y producción de carbón). Sin embargo, recientemente, como consecuencia de las nuevas colonizaciones que se han establecido sobre la región chaqueña, todas las actividades económicas tradicionales están siendo sustituidas por la agricultura de pequeña (comunidades campesinas) y gran escala (empresas agrícolas y colonias menonitas).

1.4. Bioma Chiquitano

- **Región Chiquitano (21001, 21002, 21003).** - La formación forestal de esta región corresponde al bosque chiquitano el cual se asienta sobre el escudo precámbrico, que varía entre semidecídulo y decídulo, y el cerrado *sensu lato*, ambas desarrolladas sobre una fisiografía de llanura ondulada. Bosque medianamente alto semidecídulo con suculentas columnares (15-20 / -25 cm). El dosel arbóreo del bosque se distribuye entre 15 a 20 m de altura, con árboles emergentes que alcanzan hasta poco más de 25 m. Forma un mosaico complejo con otras ecorregiones como el cerrado y sabanas inundables. En las serranías se encuentra prácticamente bosque siempreverde muy poco conocido albergando relictos muy interesantes. Es una ecorregión exclusiva de Bolivia, uno de los bosques secos más ricos en especies de plantas a escala global. Los bosques montaños de mayor altitud de las tierras bajas de Bolivia y de las regiones adyacentes.

La actividad económica tradicionalmente practicada es la agricultura industrializada y ganadería en gran escala mediante pasturas introducidas, aprovechamiento de forrajes nativos, aprovechamiento de madera, minería y transporte de productos petroleros (gasoducto).

1.5. Bioma Tucumano-Boliviano

- **Región Tucumano-Boliviano (21201).** - La formación forestal de esta región corresponde al bosque chiquitano la cual se asienta sobre el escudo precámbrico, que varía entre semidecídulo y decídulo, y el cerrado *sensu lato*, ambas desarrolladas sobre una fisiografía de llanura ondulada. Bosque medianamente alto con semidecídulo con suculentas columnares (15-20 / -25 cm) El dosel arbóreo del bosque se distribuye entre 15 a 20 m de altura, con árboles emergentes que alcanzan hasta poco más de 25 m. Forma un mosaico complejo con otras ecorregiones como el cerrado y sabanas inundables. En las serranías se encuentra prácticamente bosque siempreverde muy poco conocido albergando relictos muy interesantes. Es una ecorregión exclusiva de Bolivia, uno de los bosques secos más ricos en especies de plantas a escala global. Los bosques montaños de mayor altitud de las tierras bajas de Bolivia y de las regiones adyacentes.

Tabla 2. Resumen de las características de la cobertura y uso de suelo de los biomas bolivianos.

Bioma	Área (km²) (% País)	Descripción de la cobertura	Principales usos y amenazas
Amazonía	476.646 44%	Bosques húmedos siempreverdes y casi siempreverdes, bosque seco Chiquitano, bosque de galerías e islas de bosque. Presentan un dosel arbóreo de 15 a 35 m y se desarrollan a una altitud de 300 a 4.200 m. Este bioma abarca siete áreas protegidas nacionales como ser Madidi, TIPNIS, Carrasco, entre otros.	Agricultura a pequeña y a gran escala; ganadería intensiva y en su mayoría extensiva. Pesca comercial. Extracción de productos forestales maderables y no maderables. Amenazas: Deforestación por el incremento de la actividad agrícola y para la extracción de madera.

			Contaminación de los cuerpos de agua por la actividad minera.
Andes	63.920 9%	La vegetación se ubica encima de los 3.000 m de altitud, como ser: pajonales altoandinos, matorrales, formaciones herbáceas, cactus columnares emergentes, arbustos dispersos y en menor proporción bosques secos interandinos y de Polylepis, pueden ser deciduos o semideciduos con doseles arbóreos de 3 a 10 m de altura. Resalta en este bioma la presencia de los desiertos de sal y glaciares, el cual origina lagunas, lagos y coberturas inundadas como los bofedales.	Agricultura tradicional y mecanizada; ganadería extensiva. Amenazas: Contaminación de los cuerpos de agua por la actividad minera y crecimiento urbano. Extracción de litio, plantas de Cloruro de Potasio y Carbonato de litio cerca del salar de Uyuni que presenta un sistema frágil.
Chaco	64.568 9%	Bosque chaqueño, se caracteriza por ser deciduos o semideciduo microfoliado y espinoso, con un dosel arbóreo arbustivo de entre 3 a 5 metros de altura. Asimismo, fisionomías de sabanas y herbazal.	Agricultura pequeña y a gran escala y ganadería. Extracción de leña.
Chiquitano	82.03 11%	Bosque chiquitano, semideciduos a deciduos con un dosel arbóreo entre 15 a 20 m de altura. Resalta el bosque más seco, extenso y más rico en especies de plantas a escala global. Presenta sabanas como el cerrado sensu lato e inundables.	Agricultura mecanizada y ganadería intensiva. Uso de la madera, actividad minera y transporte de productos petroleros (gasoducto). Para ambos biomas las amenazas son: Erosión eólica e hídrica, degradación de los suelos y baja fertilidad. Ampliación de la frontera agrícola y práctica del chaqueo. Pérdida de calidad y diversidad de los recursos genéticos.
Tucumano-Boliviano	25.564 4%	Bosques de Polylepis, pajonales, matorrales y vegetación saxícola altimontanos Boliviano-Tucumano. Se ubican entre los 800 y 3.500 de elevación. Los bosques pueden ser semideciduos, húmedos y siempreverdes, alcanzan alturas entre 15 a 25 m.	Agricultura a pequeña y mediana escala; ganadería de ramoneo. Extracción selectiva de especies de valor forestal. Amenazas: Ingreso de proyectos hidroeléctricos e hidrocarbúricos. Ampliación de la actividad ganadera y agrícola.

2. Otras iniciativas de mapeo

En los últimos años se han desarrollado diversas herramientas para el mapeo de la cobertura y uso del suelo, algunas de ellas de alcance global, con enfoques cada vez más robustos. Todos tienen en común su interés en aportar en uno de los temas más urgentes actualmente: conocer el estado actual de los tipos de cobertura terrestre y el monitoreo de los cambios en los mismos para la detección de la deforestación, el monitoreo de los ecosistemas terrestres y acuáticos y fortalecer la conservación, la detección de focos de calor y degradación forestal. A continuación, enlistamos las iniciativas más relevantes.

Fuentes mundiales de región

- **GLC 2000 - Global Land Cover mapping for the year 2000:** El proyecto fue una asociación internacional de unos 30 grupos de investigación coordinados por el Centro Común de Investigación de la Comisión 13 europea, con el objetivo de producir una base de datos global de cobertura de la tierra para el año 2000. La base de datos contiene mapas de cobertura del suelo con leyendas de mapas detallados y relevantes a nivel regional y un producto global que combina todas las clases regionales en una leyenda coherente
- **Global Forest Watch (GFW):** En colaboración entre el laboratorio GLAD (*Global Land Analysis & Discovery*) en la Universidad de Maryland, Google, USGS y NASA, mide las áreas de pérdida de cobertura arbórea en toda la Tierra (excepto la Antártida y otras islas del Ártico) en resolución de 30 × 30 metros. Su proyecto se centra en el desarrollo de productos de datos globales de cambio de la cubierta de árboles basados en imágenes satelitales de Landsat, disponibles en la plataforma web Global Forest Watch 2.0. Incluye el cambio anual de cobertura de bosques (ganancias y pérdidas) desde el 2000 al 2020.
- **GlobeLand30:** Es una iniciativa del *National Geomatics Center of China*, que comprende conjuntos de datos espaciales recopilados a una resolución de 30 metros. Esta colección considera diez tipos de cobertura terrestre, incluidos bosques, superficies artificiales y humedales, para los años 2000 y 2010. Se extrajeron a partir de más de 20,000 imágenes satelitales de Landsat y del satélite chino HJ-1.
- **ESA CCI Land cover:** La agencia Espacial Europea (ESA por sus siglas en inglés) y la Iniciativa de Cambio Climático (CCI por sus siglas en inglés) pone a disposición mapas globales anuales de cobertura terrestre, que describen la superficie de la tierra en 22 clases. La serie de mapas globales anuales de cobertura terrestre abarcan el período desde 1992 a 2018.
- **CORINE Land Cover:** El inventario CORINE Land Cover (CLC) se inició en 1985 (año de referencia 1990). Se han realizado actualizaciones en 2000, 2006, 2012 y 2018. Consiste en un inventario de cobertura terrestre en 44 clases. CLC utiliza una Unidad Mínima de Mapeo (MMU) de 25 hectáreas (ha) para fenómenos de área y un ancho mínimo de 100 m para fenómenos lineales. Las series de tiempo se complementan con capas de cambio, que destacan los cambios en la cobertura del suelo con una MMU de 5 ha.
- **ESRI 2020 Global Land Use Land Cover de Sentinel-2:** Esta capa muestra un mapa global de uso del suelo / cobertura del suelo (LULC) del año 2020. El mapa se deriva de imágenes ESA Sentinel-2 con una resolución de 10 metros y contiene 10 clases. Este mapa fue producido por un modelo

de aprendizaje profundo entrenado con más de 5 mil millones de píxeles Sentinel-2 etiquetados a mano, muestreados en más de 20.000 sitios. distribuidos en los principales biomas del mundo.

- **ESA WorldCover 2020 y 2021:** Es un producto de cobertura terrestre global de referencia con una resolución espacial de 10 m, generado a partir de imágenes de Sentinel-2 y Sentinel-1 con 10 clases de cobertura terrestre y una precisión general de 75%. La leyenda incluye 11 clases genéricas que describen adecuadamente la superficie terrestre: "Cobertura arbórea", "Matorral", "Pastizales", "Tierras de cultivo", "Construido", "Vegetación desnuda/escasa", "Nieve y hielo", "Cuerpos de agua permanentes", "Humedal herbáceo", "Manglares" y "Musgos y líquenes".
- **Dynamic World:** Es un conjunto de datos de cobertura de suelo global de uso de la tierra con una resolución de 10 m casi en tiempo real, generado a partir de imágenes de Sentinel-2, producido mediante aprendizaje profundo, disponible gratuitamente y con licencia abierta. La leyenda presenta las probabilidades por píxel en 9 clases de cobertura terrestre: Agua, Formación forestal, arbusto y matorral, herbazales, vegetaciones inundables, cultivos, construcciones, suelo desnudo, nieve y hielo. Estos datos son el resultado de una asociación entre Google y el Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute) para producir un conjunto de datos dinámicos del material físico en la superficie de la Tierra.

Fuentes para la región Amazónica

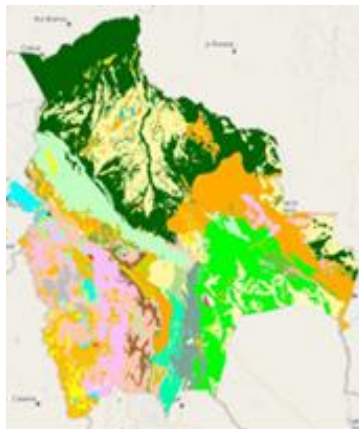
- **Ecological Systems of Latin America and the Caribbean:** Presenta y esboza la base conceptual para una unidad de clasificación de los sistemas ecológicos. Estos representan grupos recurrentes de comunidades biológicas que se encuentran en entornos físicos similares y están influenciados por procesos ecológicos dinámicos similares, como incendios o inundaciones. El objetivo fue proporcionar una unidad de clasificación de "mesoescala" que sea fácilmente mapeable, a menudo a partir de imágenes de satélites, y fácilmente identificable en el campo. El proyecto fue desarrollado por *NatureServe* y sus programas miembros, con fondos de *The Nature Conservancy*, completando una clasificación funcional de los sistemas ecológicos terrestres en América Latina y el Caribe. El informe resume los casi 700 sistemas ecológicos que actualmente se clasifican y describen, enfatizando la porción natural del paisaje
- **Land Cover Map Of South America:** Mapa digital de la cobertura terrestre de América del Sur con base a imágenes satelitales tomadas entre 1995 y el año 2000. La escala de mapeo tiene una resolución espacial de 1 km. Este mapa se produjo como parte del proyecto Global Land Cover - "GLC 2000"
- **Mapa de cobertura terrestre de América Latina y el Caribe en el marco del proyecto SERENA:** Es un mapa de cobertura terrestre para América Latina y el Caribe (ALC) para el año 2008. Fue desarrollado en el marco del proyecto Red Latinoamericana de Monitoreo y Estudio de Recursos Naturales (SERENA). El mapa de cobertura del suelo SERENA para ALC integra: 1) la experiencia local de los miembros de la red SERENA para generar los datos de capacitación y validación, 2) una metodología para el mapeo de la cobertura del suelo basada en árboles de decisión que utilizan series de tiempo MODIS y 3) estimaciones de membresía de clase para tener en cuenta los problemas de heterogeneidad de píxeles.
- **Deforestación en la Amazonía:** Es un estudio realizado por RAIG que analiza las tendencias históricas y recientes de la deforestación, por quinquenio desde el 2000 al 2015. El dato de deforestación fue producido por los socios de la RAISG utilizando una metodología propia,

estandarizada, que permitió elaborar análisis a nivel regional, sin dejar de lado las diferencias nacionales. El tema se analiza en diferentes recortes: toda la Amazonía, la Amazonía de cada país, las Áreas Naturales Protegidas, los Territorios Indígenas y la escala de cuencas hidrográficas.

- **MapBiomias Amazonía Colección 1.0:** Es un estudio a partir de imágenes de satélite Landsat que generó mapas anuales de cobertura y uso del suelo en la Amazonía, para el período 2000 a 2017, con una resolución espacial de 30m. El proyecto fue desarrollado por la red RAISG y sus socios en los países amazónicos.
- **MapBiomias Amazonía Colección 2:** Es la continuación de la Colección 1.0 pero con un incremento en el número de clases clasificadas de cobertura y uso de suelos en la Amazonía, para el período 1985 a 2018. El proyecto fue desarrollado por la red RAISG y sus socios en los países amazónicos.
- **MapBiomias Amazonía Colección 3:** Es la continuación de la Colección 2 pero con un incremento en el número de clases clasificadas de cobertura y uso de suelos en la Amazonía, para el período 1985 a 2020. El proyecto fue desarrollado por la red RAISG y sus socios en los países amazónicos.
- **MapBiomias Amazonía Colección 4:** es la continuación de la Colección 3, ampliando el número de clases de cobertura y uso a 14 clases y el período de 1985 a 2021. El proyecto fue desarrollado por la red RAISG y sus socios en los países amazónicos.

Fuentes para el territorio nacional

- **Mapa de cobertura y uso de la tierra, 1978:** El mapa representa las características ambientales, uso de suelo y recursos naturales del territorio boliviano. Generada en base a las primeras imágenes del satélite Landsat del año 1978, a través de la metodología Land Cover Classification System (Sistema de clasificación de cobertura de la tierra), diseñada por la FAO y una interpretación manual de las mismas. Elaborado por el Programa del Satélite Tecnológico de Recursos Naturales (ERTS - Bolivia) del Servicio Geológico de Bolivia (GEOBOL) en el año 1978 a escala 1:1.000.000. Actualizado en el año 2001.

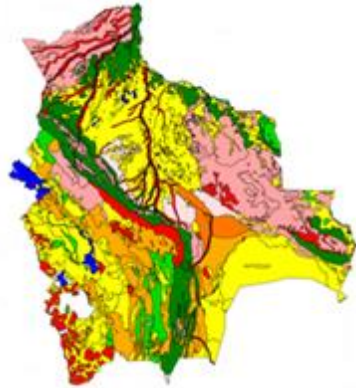


- **Mapa de cobertura y uso actual de la tierra Bolivia, 2001:** El mapa representa los elementos naturales y antrópicos de la superficie terrestre, la información que describe es un importante insumo para la planificación y modelamiento. Fue elaborado por la Superintendencia Agraria en base a un monitoreo quinquenal de imágenes de satélite Landsat 7, capturadas en los años 1999 y 2000 correspondientes en su mayoría a los meses de junio, julio y agosto, también de los meses de mayo y septiembre, que permitió observar los cambios en la cobertura y uso de la tierra de todo el territorio nacional. Publicado en el año 2002 a escala 1: 1.000.000.



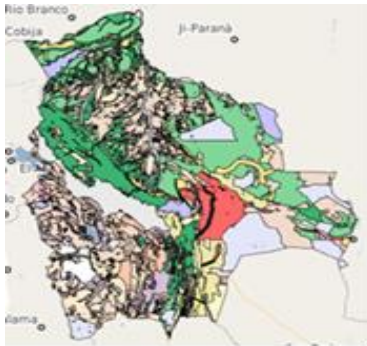
- **Mapa de capacidad de uso mayor de la tierra Bolivia, 2001:**

El mapa presenta la clasificación de tierras según su capacidad de uso (CUMAT). Se basa en los efectos combinados del clima y las características permanentes de los suelos, capacidad productiva de la tierra, limitaciones en el uso de la tierra, riesgos de dañar el suelo y requerimiento de manejo de los suelos. Esta clasificación, une a los suelos basándose en rasgos del terreno superficial y en las propiedades de los suelos que pueden ser evaluadas por observación y al tacto, clasificándolos en tres categorías de tierras: clases, subclases y unidades para Bolivia



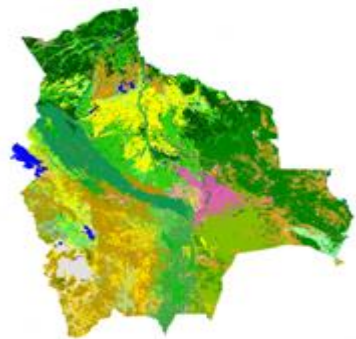
- **Mapa de zonificación agroecológica de Bolivia, 2002:**

La zonificación agroecológica y socioeconómica (ZAE) representa zonas de uso sostenible de la tierra y sus recursos naturales renovables. La zonificación busca ordenar el uso, el mismo de acuerdo con su aptitud, considerando las condiciones socioeconómicas bajo las cuales la población usuaria la tierra. Elaborado por la Unidad de Ordenamiento Territorial del Ministerio de Planificación del Desarrollo en el año 2002 a escala 1:1.000.000



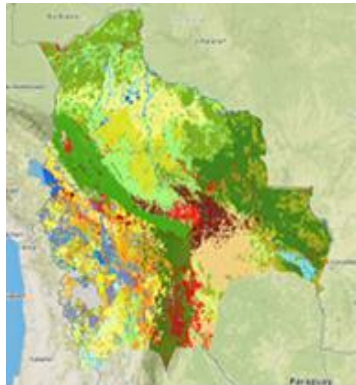
- **Mapa de cobertura y uso actual de la tierra Bolivia, 2010:**

El mapa es un instrumento técnico que describe en términos de cobertura de la tierra, todos los recursos existentes en nuestro país, identificando el uso actual por cada categoría de cobertura. Fue elaborado por la Unidad Técnica Nacional de Información de la Tierra - UTNIT en base a imágenes de satélite Landsat 5 TM de alcance medio, correspondientes al periodo 2006 - 2010. Publicado en el año 2011 a escala 1:1.000.000



- **Mapa de Potenciales Productivos de Bolivia, 2013:**

El mapa muestra el potencial productivo del país en sus diferentes rubros y áreas geográficas. Identificadas en base al tipo de uso de la tierra, especialización biofísica y especialización socioeconómica a nivel departamental y municipal de Bolivia. Elaborado por el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, a través de la Unidad de Análisis Productivo (UDAPRO) y el Sistema de Información Territorial de Apoyo a la Producción (SITAP) en el año 2013 a escala 1:100.000.



3. Generación de mosaicos Landsat

Se utilizó la colección 2 de Landsat. La cuenca Amazónica de Bolivia está cubierta por 61 cartas de la grilla del Mapa Mundial al Millón a escala 1:250.000. Cada carta cubre un área de 1°30' de longitud por 1° de latitud. De estas cartas, 16 son compartidas con Brasil y 7 con Perú (Figura 3). Las cartas fueron particionadas por los límites de los biomas: Amazonía (Alta y Baja), Andes, Chaco y Chiquitano (por tener características similares se unieron) y Tucumano-Boliviano, totalizando 97 cartas. Considerando que el período de análisis abarca del año 1985 al 2022 con 38 años, fue necesario definir 3.686 mosaicos Landsat en total (97 cartas/biomas x 38 años, Tabla 3).

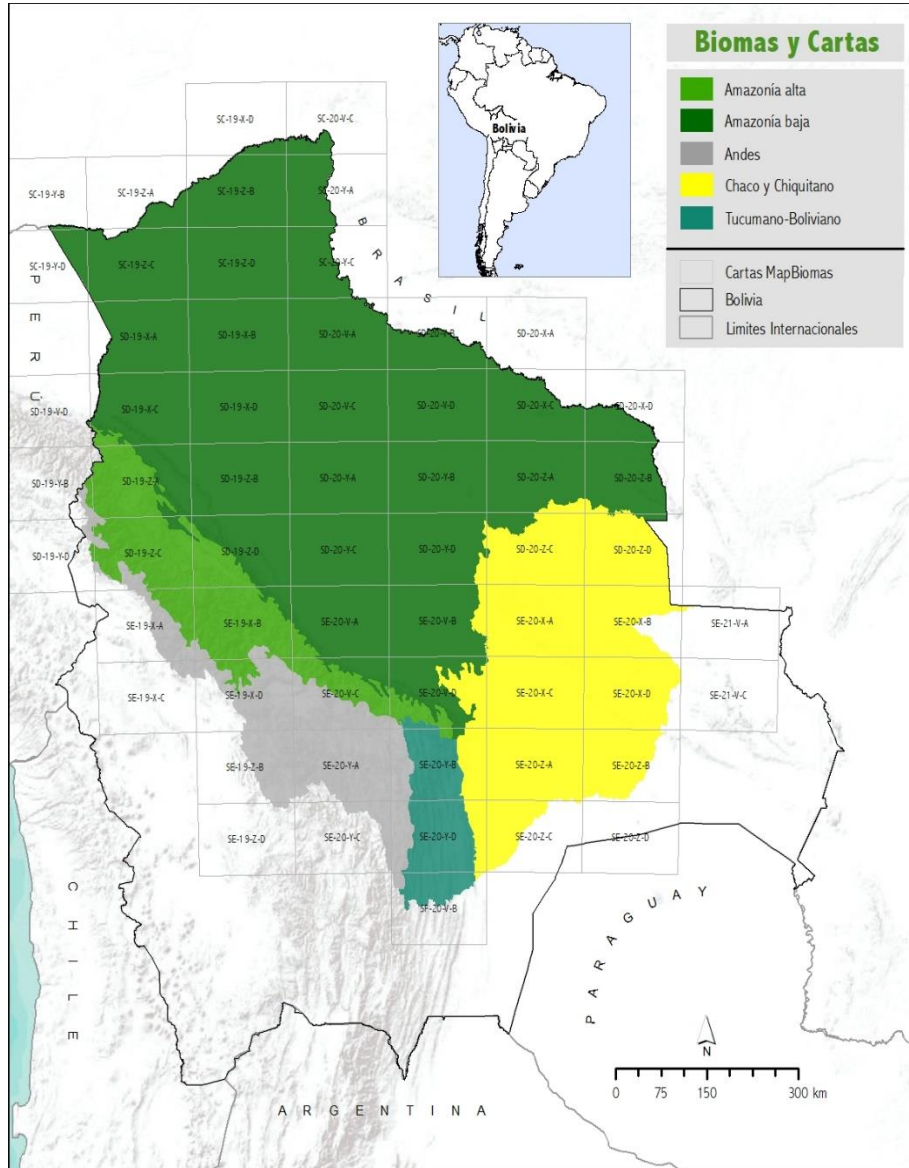


Figura 3. Biomas y cartas en Bolivia utilizadas en la Colección 5.0 MapBiomas Amazonía

Tabla 3. Total, de mosaicos de imágenes satelitales procesados por biomas para el periodo 1985-2022

Bioma	# Total de mosaicos
Amazonía	
Alta	532
Baja	1596
Andes	646
Chaco y Chiquitano	760
Tucumano-Boliviano	152
Total Mosaicos	3.686

Cada mosaico es obtenido juntando una serie de imágenes Landsat para componer la mejor imagen posible en un determinado periodo de tiempo, tomando como parámetros la temporalidad (mayormente de junio a octubre), porcentaje de nubosidad (hasta 30% de nubosidad) y sensor (L5, L7 y L8, se lo define dependiendo del año y de la disponibilidad de imágenes). Tabla 4.

En la Figura 4, se puede apreciar los resultados de la generación de mosaicos para la cuenca amazónica boliviana para los 38 años de estudio, 1985-2022.

Tabla 4. Resumen de parámetros utilizados en la construcción de mosaicos para el periodo 1985-2022

Bioma	Satélite	Año	Periodo	% Nubes
Amazonía	L5	1985-1999, 2003-2011	1 junio	>30%
	L7	2002, 2012	- 31	
	L8	2013-2021	octubre	
	L8	2022		
Andes	L5	1985-1999, 2003-2011	1 junio	>30%
	L7	2002, 2012	- 31	
	L8	2013-2021	octubre	
Chaco y Chiquitano	L5	1985-1999, 2003-2011	1 junio	>30%
	L7	2002, 2012	- 31	
	L8	2013-2021	octubre	
	L8	2022		
Tucumano-Boliviano	L5	1985-1999, 2003-2011	1 junio	>30%
	L7	2002, 2012	- 31	
	L8	2013-2021	octubre	
	L8	2022		

El análisis de la calidad de las imágenes se realizó mediante una evaluación visual de cada uno de los mosaicos en base a los criterios de la Tabla 5. Donde al final se obtuvieron tres categorías: 1) Buena, 2) Regular y 3) Mala.

De los 3.686 mosaicos construidos para los 38 años, el 97.2% se evaluaron como bueno, 1.6% como regular y 1.2% como malo o de baja calidad. Siendo los años 1985 y 1987 los años que presentan más mosaicos con mala calidad y están presentes principalmente en las regiones Amazonía Alta y Tucumano-Boliviano (Figura 5).

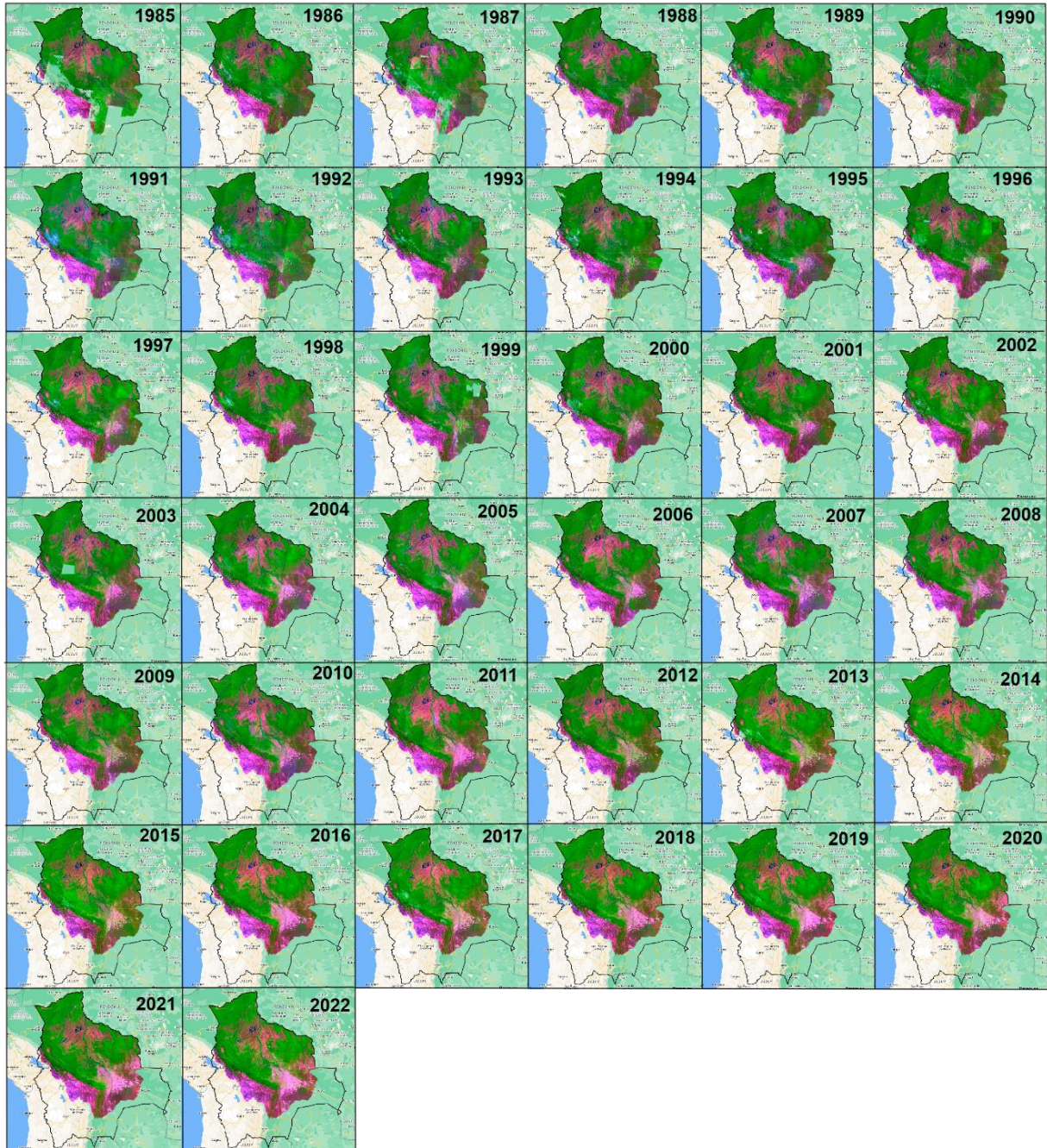


Figura 4. Serie anual de mosaicos de la Colección 5.0 MapBiomass Amazonía, 1985 – 2022

Tabla 5. Parámetros para la evaluación de calidad de los mosaicos de imágenes Landsat

Calidad	Símbolo	% Cubierto	% Ruido Nubes	% Ruido Bando	% Ruido sombra Relieve
Buena	B	> 90	< 5	< 5	< 5
Regular	R	65 - 90	5 - 10	5 - 10	5 - 10
Mala	M	< 65	> 10	> 10	> 10

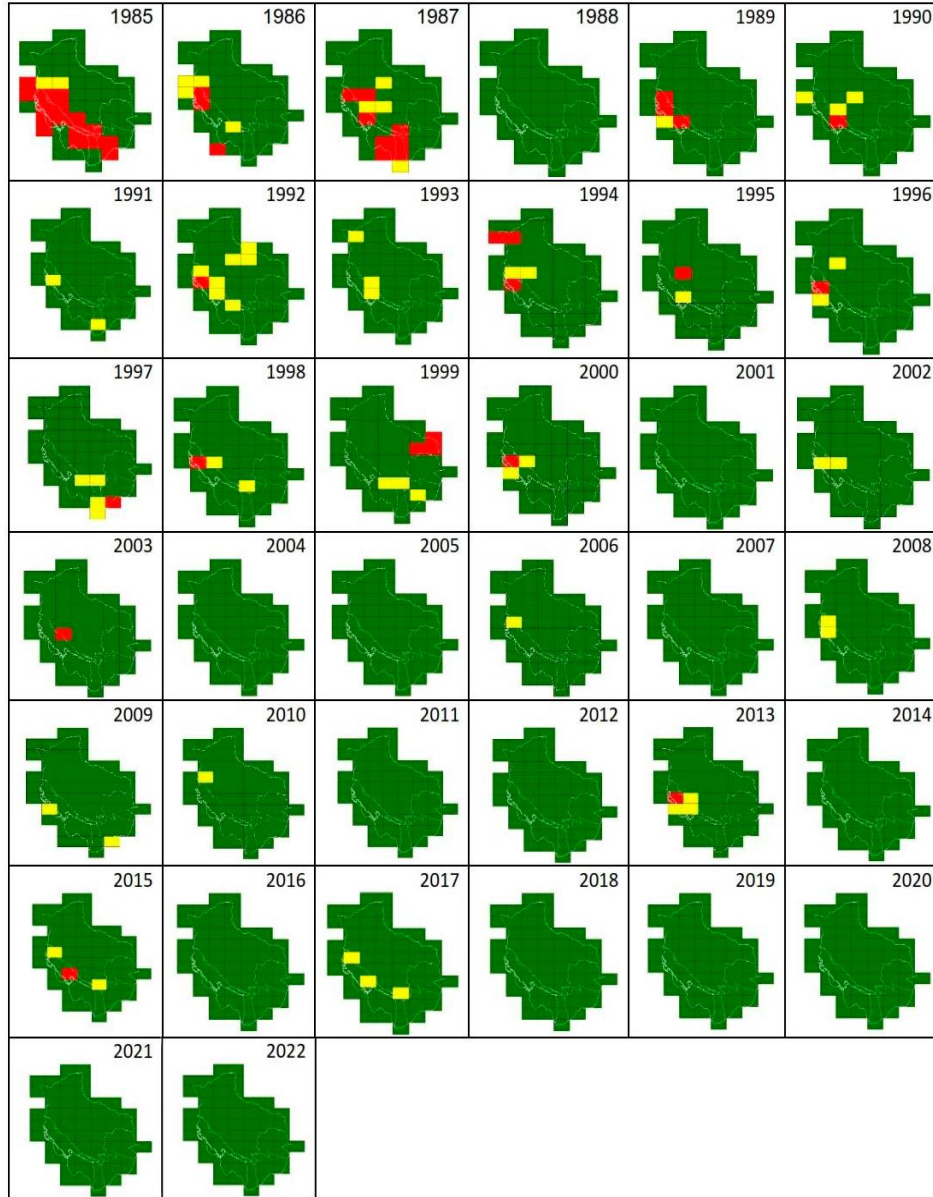


Figura 5. Serie anual de la calidad de mosaicos de la Colección 5.0 MapBiomias Amazonía, 1985 – 2022

Calidad de la clasificación Buena ■ Regular ■ Mala ■

4. Clasificación

4.1. Leyenda

Las clases mapeadas en Bolivia son: Formación forestal (ID 3), Bosque Inundable (ID 6), Formación Natural No Forestal Inundable (ID 11), Formación Campestre (ID 12), Otras Formaciones No Forestales (13), Pastos (ID 15), Agricultura (ID 18), Mosaico de Agricultura o pasto (ID 21), Infraestructura urbana (ID 24), Otra área no vegetada (ID 25), Minería (ID 30), Río, lago (ID 33) y Glaciar (ID 34). (Tabla 6).

Tabla 6. Clases y subclases de cobertura y uso de la tierra utilizadas por Bolivia en la Colección 5.0 de MapBiomias Amazonía

ID	CLASE (Categoría/Nivel)	COBERTURA / USO
3	Bosque / Formación Forestal (1.1.1.)	Cobertura
6	Bosque Inundable (1.1.4.)	Cobertura
4	Formación sabánica/ Bosque abierto	Cobertura
11	Formación Natural No Forestal Inundable (2.1.)	Cobertura
12	Formación Campestre (2.2.)	Cobertura
13	Otra Formación Natural No Forestal (2.4.)	Cobertura
15	Pasto (3.1.)	Uso
18	Agricultura (3.2.)	Uso
21	Mosaico de Agricultura y/o Pasto (3.3.)	Uso
24	Infraestructura Urbana (4.2.)	Uso
25	Otra Área sin Vegetación (4.3.)	Cobertura/Uso
30	Minería (4.4.)	Uso
33	Río, Lago u Océano (5.1.)	Cobertura
34	Glaciar (5.3.)	Cobertura
27	6. No Observado (6)	

Las clases de la leyenda de la Colección 5.0 de MapBiomias Amazonía para Bolivia agrupan a las formaciones vegetales del mapa Ecorregiones de Bolivia propuesta (Ibich *et al.* 2003). La Tabla 7 muestra su correspondencia.

Tabla 7. Formaciones vegetales agrupadas por categorías de cobertura y uso de suelo de la leyenda de la Colección 5.0 de MapBiomás Amazonía.

Clase (ID)	Región	Vegetación según ecorregiones (Ibisch <i>et al</i> , 2003)
Formación forestal (ID:3)	Amazonía Alta	Bosque húmedo siempreverde mediano a bajo (5-15-25/30m). Ceja del Monte (>2.500m) con bosques de neblina
	Amazonía Baja	Bosque húmedo casi siempreverde (30/45m) Bosque húmedo siempreverde (30/35m). Bosque húmedo mayormente siempreverde (30/45m) Bosques siempreverdes en transición hacia bosques semidecíduos estacionales del Bosque Seco Chiquitano (>25 (30)m). Bosque de galería. Islas de bosque
	Andes	Bosque de Polylepis. Bosque seco decíduo (10-20m)
	Chaco	Bosque semidecíduo (15-20/-25m)
	Chiquitano	Bosques siempreverdes en las serranías
	Tucumano-Boliviano	Bosques secos decíduos, semihúmedos (semi-) decíduos hasta siempreverdes. Bosque de Polylepis
Bosque Abierto	Amazonía Baja Chiquitano	Formación vegetal abierta con estrato arbustivo y/o arbóreo de más o menos la capa herbácea menos desarrollada, siempre presente.
Bosque inundable (ID:6)	Amazonía Baja Chiquitano, Tucumano-Boliviano	Bosque Amazónico de inundación, bosques de várzea (inundados por aguas blancas, ricas en sedimentos y minerales) y bosques de igapó (inundados por aguas negras, ricas en materia orgánica), y en la región Chiquitana los bosques con inundación son los bosques amazónicos que están en la zona norte de la región.
Formación Natural No Forestal Inundable (ID: 11)	Amazonía Baja	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

	Chiquitano	Vegetación que se desarrolla sobre suelos hidromórficos pesados, arcillosos o limosos, con mal drenaje interno hasta estacionalmente inundados, en llanuras aluviales y valles fluviales. Esta vegetación está distribuida en las zonas meridionales y orientales de la Chiquitanía, en la transición hacia el Chaco
Formación Campestre (ID: 12)	Amazonía Alta	Aparecen en zonas con suelos poco profundos (cimas de serranías), se presenta en zonas >3.000 m.s.n.m
	Amazonía Baja	Sabanas con gramíneas, ciperáceas y arbustos dispersos. Sabanas de tipo cerrado con pajonales altos
	Andes	Pajonales, gramíneas, bofedales que se distribuyen en parches dispersos, se presenta en zonas >3.000 m.s.n.m.
	Chiquitano	Compuesta principalmente por especies herbáceas y subarborescentes discontinuas. El estrato gramíneo-herbáceo forma una capa continua que generalmente no supera los 1 m de altura.
Otra Formación Natural No Forestal (ID: 13)	Amazonía Alta	Varios pisos altitudinales con diferentes tipos de vegetación siempreverde, generalmente <3000 m.s.n.m.
	Andes	Matorrales o arbustos <3000 m.s.n.m.
	Chaco	Mosaico de Cerrado y Sabanas. Palmares, Chaparrales en suelos muy arenosos, en la región del Chaco
	Tucumano-Boliviano	Están conformados por fisionomías predominantemente matorrales y pajonales, las cuales se limitan a las cimas de las serranías y/o zonas con suelos poco profundos, o con afloramientos rocosos.
Mosaico de Agricultura y Pasto (ID: 21)	Amazonía Alta y Baja, Andes, Chaco, Chiquitano y Tucumano-Boliviano	Ganadería, agricultura y mosaico de agricultura/ganadería
Pasto (ID 15)	Amazonía Alta y Baja, Chaco, Chiquitano y Tucumano-Boliviano.	Pasturas cultivadas (Brachiarias, Festuca, Alfalfa, Raigras, etc), pasturas para ganadería.

Agricultura (18)	Amazonía Alta y Baja, Chaco, Chiquitano, Andes y Tucumano-Boliviano.	Agricultura extensiva (Soya, sorgo, maíz, trigo), agricultura intensiva, agricultura de secano y agricultura tradicional.
Infraestructura urbana (ID: 24)	Amazonía Alta y Baja, Andes, Chaco, Chiquitano, Tucumano-Boliviano	Mancha urbana con estructuración vial
Minería (ID: 30)	Amazonía Alta y Baja Andes	Minería a cielo abierto y aluvial
Otras áreas sin vegetación (ID: 25)	Amazonía Alta y Baja, Andes, Chaco, Chiquitano y Tucumano-Boliviano	Área altoandina sin vegetación. Dunas. Playas.
Río, lago u océano (ID: 33)	Amazonía Alta y Baja, Andes, Chaco, Chiquitano y Tucumano-Boliviano	Laguna. Lagos. Represa, atajado. Río
Glaciar (ID 34)	Andes	Glaciar

4.2. Regiones de clasificación

Para efectos de facilitar el mapeo de la diversidad de paisajes comprendidos en Bolivia, se definieron 21 regiones operativas de mapeo o clasificación. Cada región fue trabajada independientemente para cada año de la serie temporal.

Las regiones fueron definidas siguiendo criterios de subregiones basado en el mapa de Ecorregiones de Bolivia propuesto por Ibisch en el año 2003, como se mencionó en el área de estudio. A continuación, la Tabla 8 muestra las regiones de clasificación con los códigos de las regiones operativas que componen cada una y una pequeña descripción de la región de clasificación.

Tabla 8. Regiones de clasificación de MapBiomias Bolivia

Región de clasificación	Código de las regiones operativas	Descripción
Amazonía alta	20101 20102 20103	Yungas: Bosques andinos perhúmedos.
Amazonía baja Norte	20201	Bosques Amazónicos de Pando Bosques Amazónicos de inundación
Amazonía baja Oeste	20202 20203 20204	Bosques Amazónicos Subandinos Bosques Amazónicos Preandinos
Amazonía baja Este	20205 20206	Bosques Amazónicos de Beni y Santa Cruz
Amazonía baja Llano	20207 20208 20209	Cerrado Paceño Cerrado Beniano Sabanas Inundables de los Llanos de Moxos
Andes	20601 20602 20603	Vegetación Altoandina de la Cordillera Oriental con pisos nivales y subnivales Puna Semihúmeda Bosques Secos Interandinos
Chiquitano	21001 21002 21003	Bosque Seco Chiquitano Cerrado Chiquitano Sabanas Inundables del Pantanal
Chaco	21101 21102	Gran Chaco: Los bosques varían según la humedad y suelos drenados o no.
Tucumano-Boliviano	21201	Bosque Tucumano-Boliviano

4.3. Descripción metodológica

La clasificación de la cobertura y uso de la tierra de la Amazonía boliviana se desarrolló utilizando el método de clasificación Random Forest (con corridas de 60 árboles). Inicialmente se utilizaron las muestras estables basadas en la Colección 4.0 para el periodo 1985-2021 (37 años) que es la fuente principal de la muestra de la Colección 5.0. El siguiente paso que se realizó en base a muestras complementarias, se realiza una clasificación preliminar, esta se evalúa y de ser necesario se complementa la muestra de las clases que lo requieran y se hace una nueva corrida de clasificación preliminar.

Una vez obtenida la clasificación con las muestras estables, se evalúan los resultados preliminares y si es necesario se añade muestras complementarias de las clases identificadas con el fin de mejorar la clasificación. Las muestras complementarias pueden ser puntos o polígonos; el número de puntos varía según cada intérprete y la clasificación de las diferentes regiones operativas.

La cadena de procesamiento adoptada para la generación de la Colección 5.0 MapBiomos Amazonía se encuentra sintetizada en la Figura 7.

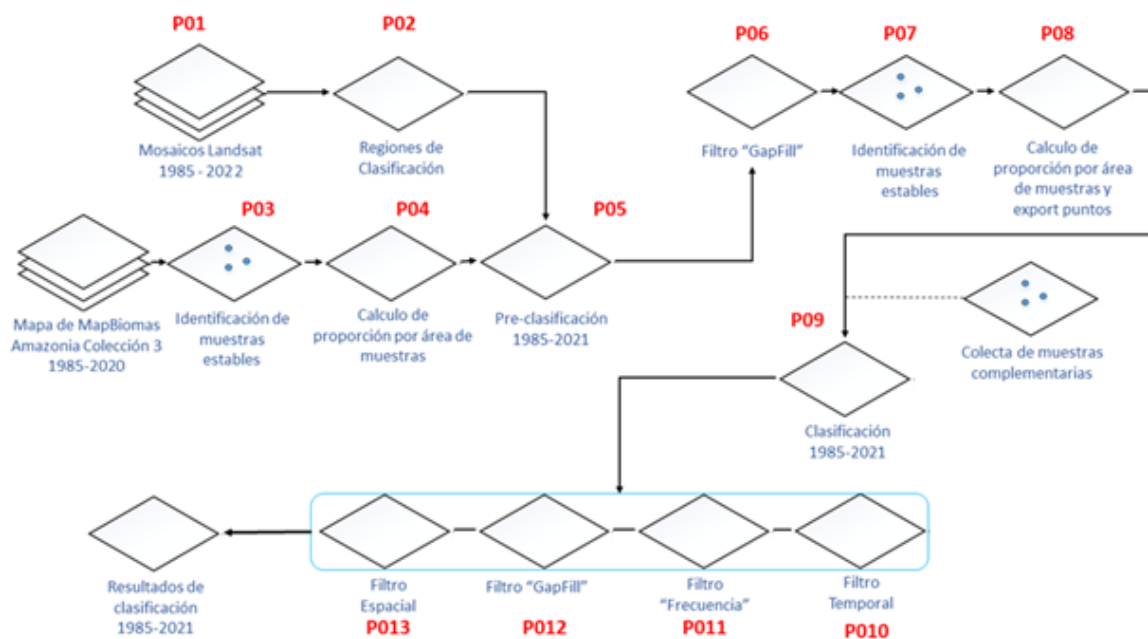


Figura 7. Flujograma de clasificación para la Colección 5.0 MapBiomos Amazonía.

4.4. Temas transversales

En casos particulares, se detectaron limitaciones en la diferenciación de clases específicas que motivaron la decisión de mapearlas por separado. Este es el caso de las clases: Bosque inundable (ID = 6); Formación Natural No Forestal Inundable (ID = 11); Pastos (ID = 15); Agricultura (ID = 18); Infraestructura urbana (ID = 24); Minería (ID = 30); Agua (ID = 33); y Glaciar (ID = 34). Estas clases fueron mapeadas

independientemente, por lo que se les denomina Temas transversales, empleando algoritmos que consideran únicamente la clase de interés. Posteriormente, esta información es incluida en el mapa final empleando reglas de integración en la fase que denominamos “integración”.

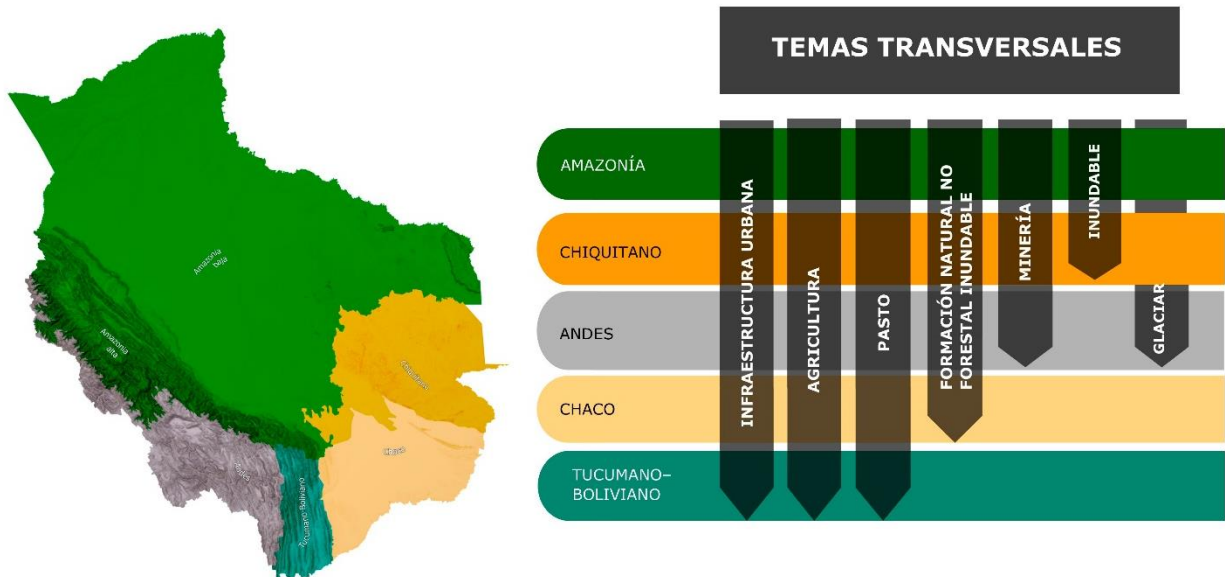


Figura 8. Temas transversales para MapBiomas Colección 5.0.

5. Posclasificación

Después de realizar las clasificaciones para los 38 años, fue necesario aplicar una secuencia de filtros para mejorar la clasificación. El proceso de post clasificación incluye un filtro de relleno de vacíos (Gap-fill), filtro temporal, un filtro espacial, y filtros de frecuencia. Todos ellos fueron implementados desde la plataforma de Google Earth Engine.

5.1. Gap fill

El filtro de Gap fill se utiliza para rellenar vacíos de información que presentan los mosaicos. El algoritmo identifica píxeles donde no existe información de la serie temporal y rellena estos espacios vacíos con datos de los anteriores 3 años (Figura 9).

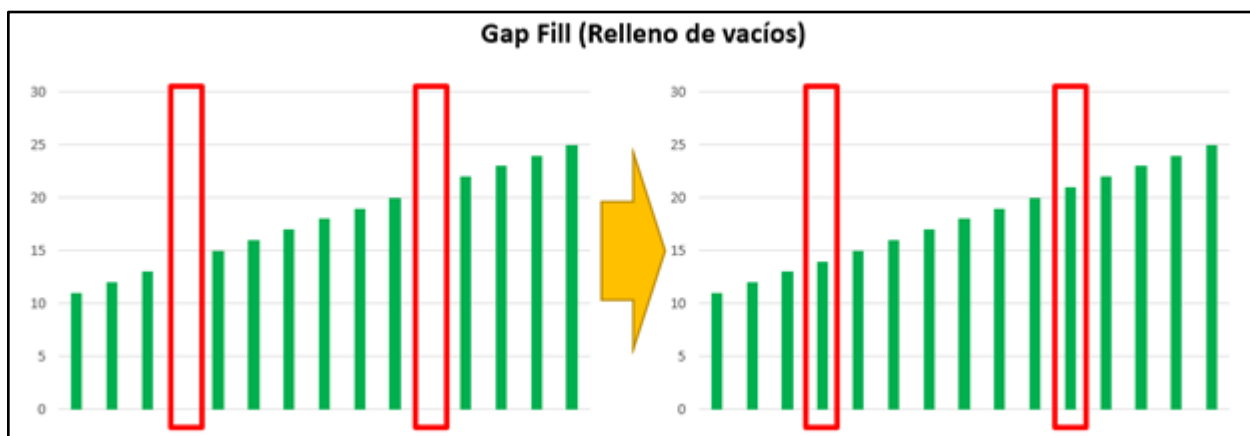


Figura 9. Filtro de relleno Gap fill

5.2. Filtro temporal

Las reglas están categorizadas en 3 grupos:

1. **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);
2. **Reglas de primer año (RP)**, actualizan el valor del primer año (1985), con base en los valores de los siguientes dos años (T+1, T+2); y
3. **Reglas de último año (RU)**, buscan actualizar el valor del último año (2022) en base a los valores de los dos años anteriores (T-1, T-2). (Figura 10).

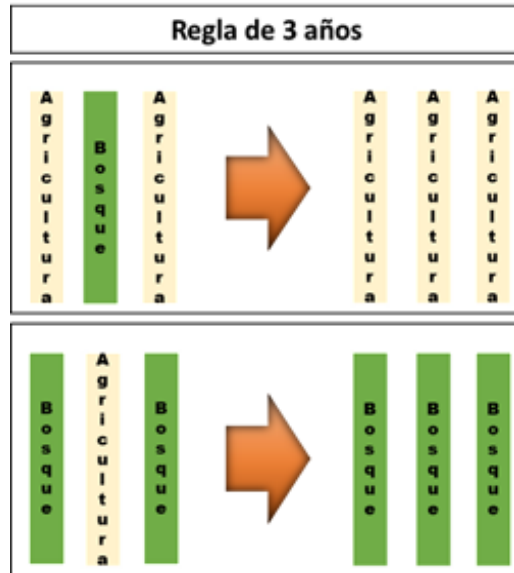


Figura 10. Filtro temporal

5.3. Filtro espacial

Con el filtro espacial se pretende eliminar los píxeles aislados o de borde. Se definen reglas de vecindad que pueden llevar a cambiar la clasificación del píxel. La Colección 5.0 MapBiomás Amazonía, utiliza dos tamaños (kernel 3 y kernel 5) de filtro espacial de acuerdo con la región a ser aplicada. En Bolivia se utilizó el tamaño de kernel 3 (Figura 11).



Figura 11. Filtro Espacial

5.4. Filtro de frecuencia

Este filtro toma en cuenta la frecuencia de ocurrencia de las clases naturales en toda la serie temporal. Por lo tanto, todos los porcentajes menores de ocurrencia del dato se reemplazan por el que cumple el mínimo de frecuencia. Este mecanismo contribuye a reducir la oscilación temporal asociada a una clase dada, disminuyendo el falso positivo (Figura 12).

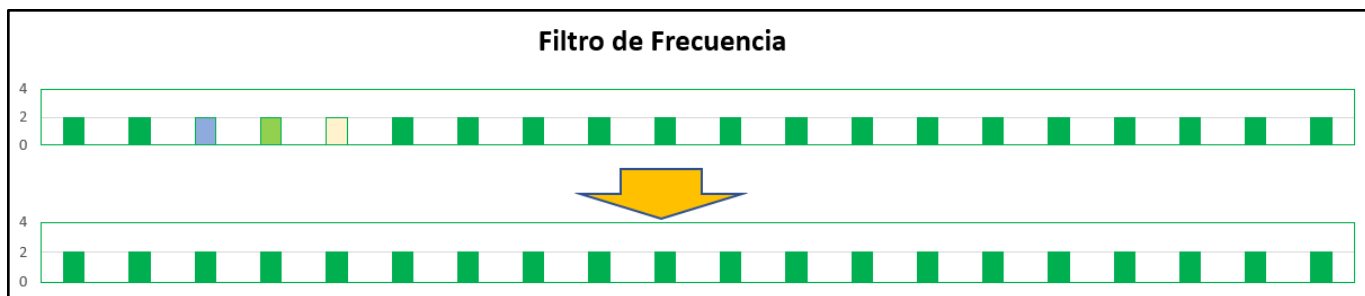


Figura 12. Filtro frecuencia

5.5. Filtro de incidencia

No se aplicó.

5.6. Reclasificación

La reclasificación se utilizó como estrategia para mejorar los datos. Se utilizaron una serie de polígonos extraídos de otros mapas de referencia, a los que se les llamó máscaras. Con las máscaras fue posible indicar cambios de una clase cuando se encontró dentro o fuera de la misma.

5.7. Integración

Los resultados obtenidos de clasificación a nivel general y de temas transversales fueron integrados como un único mapa por cada año de análisis, siguiendo las reglas de integración.

Tabla 9. Reglas de prioridad para la integración de clases.

Prevalencia	Nombre de la clase	ID de clase	Fuente
1	Minería	30	Mapa transversal
2	Glaciar	34	Mapa transversal
3	Agua	33	Mapa general / Mapa transversal
4	Infraestructura Urbana	24	Mapa transversal
5	Pasto	15	Mapa transversal
6	Agricultura	18	Mapa transversal
7	Agropecuario (Mosaico de agricultura y pasto)	21	Mapa general
8	Bosque inundable	6	Mapa transversal
9	Formación natural no forestal inundable	11	Mapa transversal

10	Otra área sin vegetación	25	Mapa general
11	Formación campestre/herbazal	12	Mapa general
13	Otra formación natural no forestal	13	Mapa general
14	Bosque	3	Mapa general

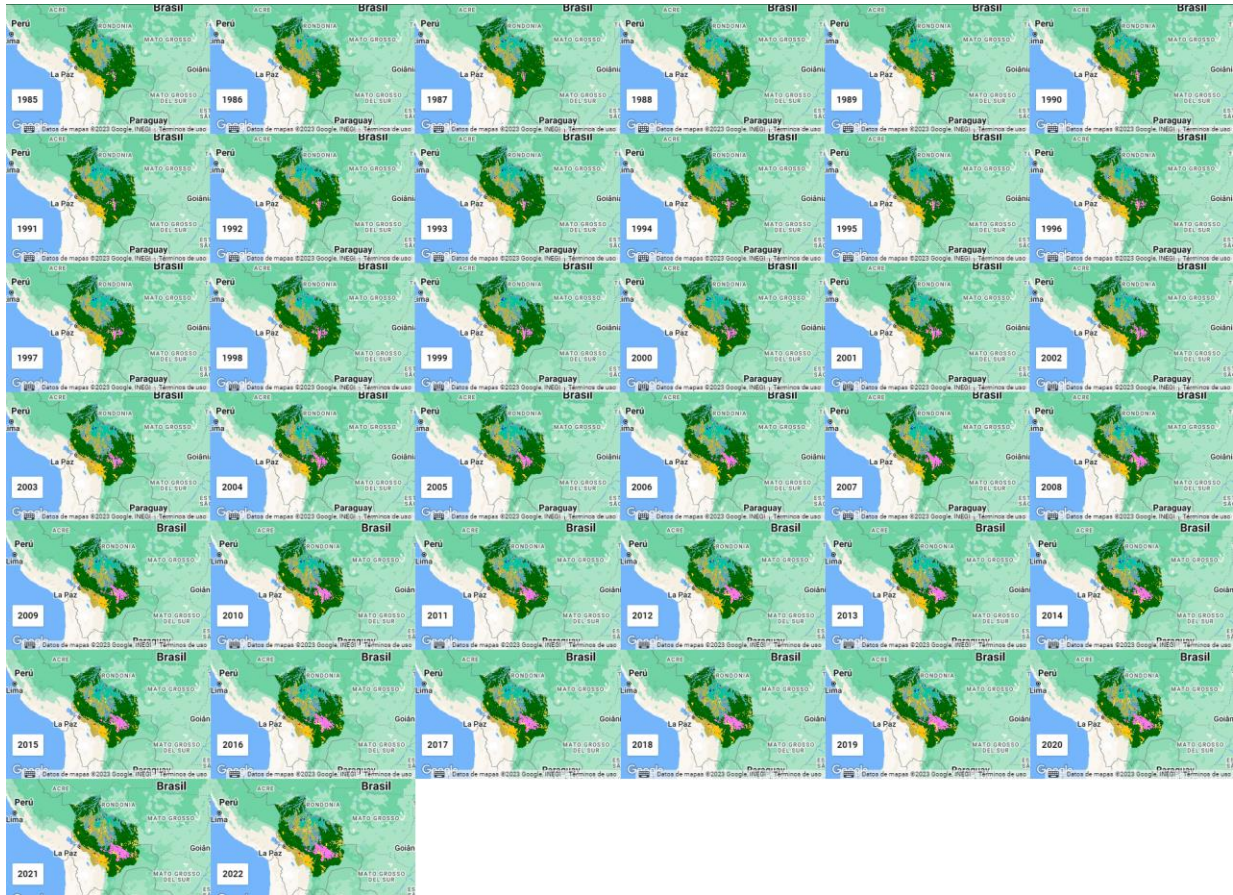


Figura 13. Serie anual de análisis según la integración de la clasificación para Colección 5.0 MapBiomas Amazonía.

6. Referencias

- CUMAT. (2001). Mapa de capacidad de uso mayor de la tierra Bolivia. Geobolivia. Recuperado de: <https://geo.gob.bo> (2021)
- Fao. (1978). Mapa de cobertura y uso de la tierra,1978. Geobolivia. Recuperado de: <https://geo.gob.bo> (2021)
- Ibisch,P., Beck, S.,Gerkmann, B., Carretero, A., 2003. *Ecoregiones y ecosistemas*. Editorial Fundación Amigos de la Naturaleza. Santa Cruz-Bolivia
- Navarro, G. 2002. *Vegetación y unidades biogeográficas de Bolivia*. Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño (eds). Cochabamba-Bolivia.
- Navarro, G. 2011. *Clasificación de la vegetación de Bolivia*. Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño (eds). Santa Cruz-Bolivia
- Proyecto Monitoreo de Deforestación en la Región Amazónica 2da fase, Sala de Observación Bolivia -SoB-OTACA. Recuperado de: <https://geo.gob.bo> (2021)
- Superintendencia Agraria (2001). Mapa de cobertura y uso actual de la tierra Bolivia, 2001. Recuperado de: <https://geo.gob.bo> (2021)
- UDAPRO & SITAP (2013). Mapa de Potenciales Productivas de Bolivia. Geobolivia. Recuperado de: <https://geo.gob.bo> (2021)
- UTNIT (2010). Mapa de cobertura y uso actual de la tierra Bolivia. Geobolivia. Recuperado de: <https://geo.gob.bo> (2021)
- ZAE. (2002). Mapa de zonificación agroecológica de Bolivia. Geobolivia. Recuperado de: <https://geo.gob.bo> (2021)