



MAPBIOMAS
PERÚ

Apéndice - Playas

Tema transversal

Colección 4.0

Equipo responsable

Pedro Fuentes
Zuley Cáceres
Lucy Flores
Sergio Campos
Katherin Ivala

2026

ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Marco teórico	2
3.1. Área de Estudio	3
3.2. Generación de mosaicos anuales	6
3.4.1. Mapas de referencia	8
3.4.2. Preparación de los datos	9
3.4.3. Muestras de entrenamiento	11
3.4.4. Algoritmo de clasificación	11
3.5. Post - clasificación	12
3.5.1. Llenado de vacíos de información - Filtro Gap fill	12
3.5.2. Filtro espacial	13
3.5.2. Filtro temporal	14
3.6. Integración	15
3.7. Resumen metodológico	15
4. Referencias	15

Índice de tablas

Tabla 1. Regiones de clasificación	5
Tabla 2. Índices espectrales	7

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de acumulado de la clasificación de la clase Playas (ID 23) correspondiente a toda la serie temporal (1985–2025).	4
Figura 2. Regiones de clasificación.	5
Figura 3. Proceso de cálculo de bandas que componen los mosaicos anuales de imágenes Landsat.	7
Figura 4. Respuesta espectral de las playas en Amazonía Baja	9
Figura 5. Respuesta espectral de las playas en Amazonía Alta	10
Figura 6. Respuesta espectral de las playas en Desierto Costero	11
Figura 7. Esquema de funcionalidad de filtro Gap Fill	13
Figura 8. Esquema de funcionalidad de filtro espacial	14
Figura 9. Esquema de funcionalidad de filtro temporal	15
Figura 10. Flujo metodológico de la clasificación de Playas	15

1. Introducción

El objetivo de este documento es presentar una descripción de la metodología aplicada para el mapeo de las playas en ríos y meandros (ríos danzantes) pertenecientes a la cuenca Amazónica desde el año 1985 hasta el 2023, como parte de la Colección 4 de MapBiomias Amazonía. Los productos de tema transversal “Playas, Dunas y Bancos de Arena” están compuestos de mapas anuales de 30 metros de resolución espacial.

La metodología utiliza mosaicos anuales de imágenes de satélite Landsat para generar un mapeo anual de acumulación de arena, grava y sedimentos en los ríos y meandros del bioma Andes y Amazonía, diferenciando entre Amazonía Alta y Amazonía Baja. Así como; playas marinas en Desierto Costero y Bosque Seco Ecuatorial, utilizando una metodología basada en el algoritmo de machine learning “Random Forest” combinado con árboles de decisión empírica.

2. Marco teórico

Para la realización del mapeo de esta clase se consideraron diferentes características de acuerdo a los biomas. En Andes y Amazonía se empleó un criterio de clasificación asociado a la dinámica de los cauces fluviales, utilizando la misma combinación de coloración de los mosaicos para facilitar la identificación de los depósitos sedimentarios. En cambio, para el Desierto Costero y Bosque Seco Ecuatorial se empleó una combinación de coloración diferente, debido a las características particulares de los ambientes costeros, y la clasificación se restringió exclusivamente a playas de origen marino.

En Andes y Amazonía, esta clase corresponde a las playas formadas dentro de las cuencas de los ríos por la acumulación de rocas, grava, arena y otros sedimentos transportados por el cauce y depositados en pequeñas islas, barras o en los márgenes de los ríos. Este proceso es particularmente evidente en los ríos meándricos de la Amazonía Baja, donde la geometría sinuosa de los cauces favorece la erosión del margen externo y la deposición de sedimentos en el margen interno, dando lugar a playas de carácter dinámico, cuya ubicación y extensión pueden variar a lo largo del tiempo.

En la Amazonía Alta, la acumulación de sedimentos está asociada principalmente a la variación estacional del caudal de los ríos, especialmente durante los periodos de mayor precipitación, cuando el incremento del caudal puede generar la inundación de áreas próximas al cauce y redistribuir los materiales sedimentarios. Sin embargo, debido a que los picos de caudal son generalmente menores que los registrados en la Amazonía Baja, el desplazamiento de los depósitos sedimentarios tiende a ser más limitado, dando lugar a playas relativamente más estables en el tiempo.

En los biomas Desierto Costero y Bosque Seco Ecuatorial, la clasificación transversal de la clase playas se restringió exclusivamente a playas marinas, cuya formación y dinámica están asociadas principalmente a la acumulación, transporte y redistribución de sedimentos a lo largo del litoral, como resultado de la acción del oleaje y las corrientes marinas. La disponibilidad de sedimentos y la configuración de la línea de costa condicionan la distribución y extensión de estos ambientes, los cuales pueden presentar variaciones temporales en su superficie y posición como consecuencia de la dinámica litoral y de cambios en la energía del oleaje, particularmente durante eventos oceanográficos de mayor intensidad.

Como criterio de delimitación se consideró la Ley N.º 26856, que establece una franja de 50 m paralela a la Línea de Alta Marea (LAM) y una zona de dominio restringido de 200 m a continuación de esta (Congreso de la República del Perú, 1997).

En este contexto, para los biomas Desierto Costero y Bosque Seco Ecuatorial se estableció un área de clasificación de hasta 250 m respecto a la línea de referencia del litoral, considerando que el objetivo era no solo identificar la distribución de las playas, sino también caracterizar sus cambios espaciales durante la serie temporal 1985–2025. Esta distancia se definió como un criterio metodológico para disponer de un margen que permitiera identificar posibles desplazamientos, expansiones o retrocesos de las playas entre los diferentes años. Dentro de esta área se aplicó la metodología de clasificación descrita en el presente documento, restringiendo la identificación a los sectores con características compatibles con ambientes de playa marina.

3. Metodología

3.1. Área de Estudio

El ámbito de estudio comprende todo el territorio peruano y considera los cuatro biomas definidos para la clasificación de MapBiomias Perú: Desierto Costero, Bosque Seco Ecuatorial, Andes y Amazonía para ello se consideró la distribución de cuerpos de agua, tanto aquellos con acumulación de sedimentos como aquellos sin acumulación. En el caso del bioma Desierto Costero, el análisis se restringe a la franja litoral del Perú.

La clasificación de la clase Playas se realizó para toda la serie temporal de la colección actual, permitiendo identificar su distribución espacial y evolución a escala nacional. Como referencia espacial del área de estudio, la Figura 1 presenta el mapa de acumulado de la clasificación de Playas para el conjunto de años analizados, donde se representa la totalidad de píxeles identificados como pertenecientes a esta clase al menos en uno de los años de la serie temporal. Esta representación permite visualizar la extensión y distribución de las áreas de playas identificadas a nivel nacional y proporciona un contexto espacial para el análisis desarrollado posteriormente.



Figura 1. Mapa de acumulado de la clasificación de la clase Playas (ID 23) correspondiente a toda la serie temporal (1985–2025).

Para definir las regiones de clasificación se emplearon criterios técnicos sobre la distribución de cuerpos de agua con acumulación de sedimentos a partir de mapas nacionales de referencia y a la continuidad de los ríos principales en la cuenca Amazónica. Las referencias utilizadas fueron:

- Mapa de Ecorregiones del Perú (SIGMINAM-DGOTA, 2017).
- Mapa Fisiográfico del Perú (INRENA, 2002).
- Mapa de Regiones Hidrográficas del Perú (MINAM-ANA).
- Modelo digital de elevación SRTM de 90 m.

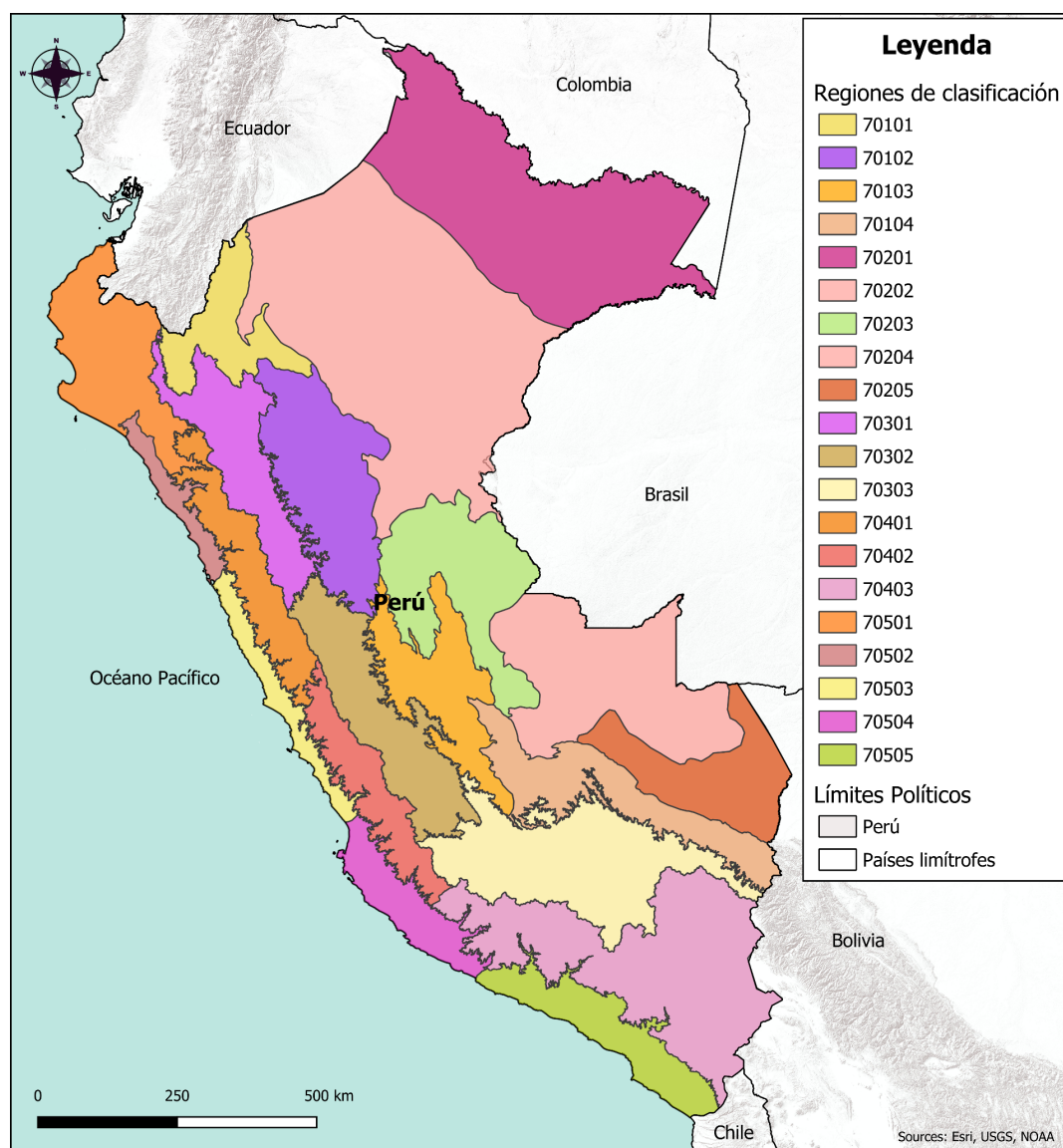


Figura 2. Regiones de clasificación.

Tabla 1. Regiones de clasificación.

Región de mosaico	Nombre de región de mosaico	Códigos
Región 701	Amazonía Alta	70105
		70108
		70109
		70112
		70113
		70115
Región 702	Amazonía Baja	70202
		70206

		70209
		70211
		70301
	Andes Alto	70302
		70303
		70304
Región 703		70305
	Andes Bajo	70306
		70307
		70308
		70309
	Andes Bosque Seco Interandino	70311
		70401
	Andes Pacífico Alto	70402
		70403
Región 704		70404
	Andes Pacífico Bajo	70405
		70406
		70407
		70408
		70501
Región 705	Costa Norte	70502
	Costa Centro	70503
	Costa Sur	70504
		70505

Fuente: Elaboración propia

3.2. Generación de mosaicos anuales

La clasificación del tema transversal “Sedimentos en Playas y Meandros” se basó en los mosaicos de imágenes Landsat generados para el mapa general de la Colección 4 de MapBiomás Amazonía, correspondiente al período 1985–2023, metodología que constituye la base del presente trabajo y permite identificar y mapear áreas con acumulación de sedimentos en playas y meandros. Estos mosaicos fueron elaborados a partir de imágenes de los satélites Landsat 5, 7, 8 y 9, según la disponibilidad de información para cada año (Figura 3). Para los años 2024 y 2025, los mosaicos se generaron principalmente utilizando imágenes de Landsat 8 y Landsat 9, debido a la disponibilidad de estos sensores en dicho período.

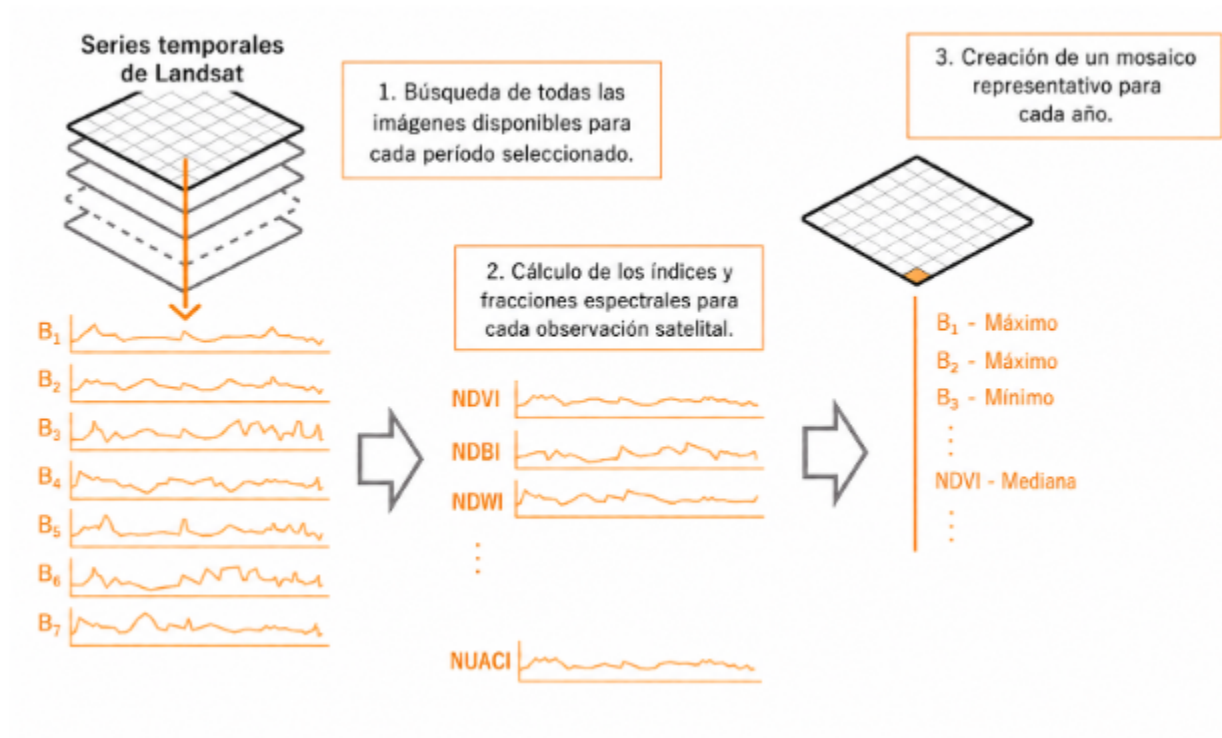


Figura 3. Proceso de cálculo de bandas que componen los mosaicos anuales de imágenes Landsat.

3.3. Índices espectrales

En la Tabla 2 se listan los índices espectrales y bandas utilizadas para la clasificación.

Tabla 2. Índices espectrales

Banda	Descripción	Fórmula	Reductor
blue	Valor de la banda azul de Landsat	B1 (L5 y L7); B2 (L8)	Median
green	Valor de la banda verde de Landsat	B2 (L5 y L7); B3 (L8)	Median
red	Valor de la banda roja de Landsat	B3 (L5 y L7); B4 (L8)	Median
nir	Valor de la banda NIR de Landsat	B4 (L5 y L7); B5 (L8)	Median
swir1	Valor de la banda SWIR1 de Landsat	B5 (L5 y L7); B6 (L8)	Median

swir2	Valor de la banda SWIR2 de Landsat	B7 (L5); B8 (L7); B7 (L8)	Median
ndvi	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada	$(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$	Median
evi2	Modificación del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) que solo utiliza NIR y Red, obviando la banda azul.	$(2.5 * (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + 2.4 * \text{Red} + 1))$	Median
ndwi_mcfeters	Índice de Agua de Diferencia Normalizada (mcfeters)	$(\text{Green} - \text{NIR}) / (\text{Green} + \text{NIR})$	Median
mndwi	Índice de Agua de Diferencia Normalizada Modificado	$(\text{Green} - \text{SWIR1}) / (\text{Green} + \text{SWIR1})$	Median
soil	Abundancia fraccional de suelo dentro del pixel		Median
shade_mask2	Mapa de sombras		

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Clasificación

La clasificación de los mosaicos Landsat se realizó íntegramente en la plataforma Google Earth Engine, basada en árboles de decisión empírica (ADE) y el clasificador Random Forest (RF). La clasificación se basó en regiones de clasificación para aplicar diferentes técnicas y parámetros. En el bioma Amazonía, en la región de Amazonía Alta se utilizó periodos de recolección de muestras más amplios que en Amazonía Baja.

3.4.1. Mapas de referencia

Para el entrenamiento del clasificador Random Forest se utilizaron los píxeles estables de playas (píxeles que no presentaron cambios) de los mapas de la Colección 3 de MapBiomias Amazonía. Las máscaras de clasificación usadas provienen del acumulado de aguas (ID 33) de la Colección 2 de MapBiomias Agua (1985 - 2022).

Adicionalmente, se agregaron geometrías de inclusión y exclusión para sumar o restar zonas aledañas a la máscara, dependiendo si hubo un aumento o disminución del caudal respectivamente. La dinámica de los ríos danzantes de la Amazonía Baja se puede ver ejemplificada en la Figura 7 a continuación.

3.4.2. Preparación de los datos

El proceso de clasificación genera mapas binarios, conformados por dos clases. Para cada píxel se consideran únicamente dos posibilidades: la clase de interés, correspondiente a playas o bancos de arena formados en las cuencas hidrográficas por acumulación de sedimentos, identificada con el ID 23; y una segunda clase, identificada con el ID 27, que agrupa las superficies que no corresponden a la clase de interés, incluyendo aquellas áreas que no pudieron ser identificadas adecuadamente debido a la presencia de nubes, sombras de nubes, ruido atmosférico u otras limitaciones relacionadas con la calidad de las imágenes satelitales. En algunos casos, esta categoría puede incluir cuerpos de agua sin presencia de sedimentos expuestos, como humedales, lagunas y cochas.

Como muestras de entrenamiento para la clasificación supervisada se utilizaron puntos basados en los mapas de referencia secundarios, como también puntos obtenidos de la Colección 3 de MapBiomás Amazonía.

La combinación de bandas SWIR-NIR-RED ayudó a diferenciar en los biomas Amazonía y Andes, pintando las áreas de acumulación de sedimento de lila tal como se muestra en la Figura 5 y la Figura 6.

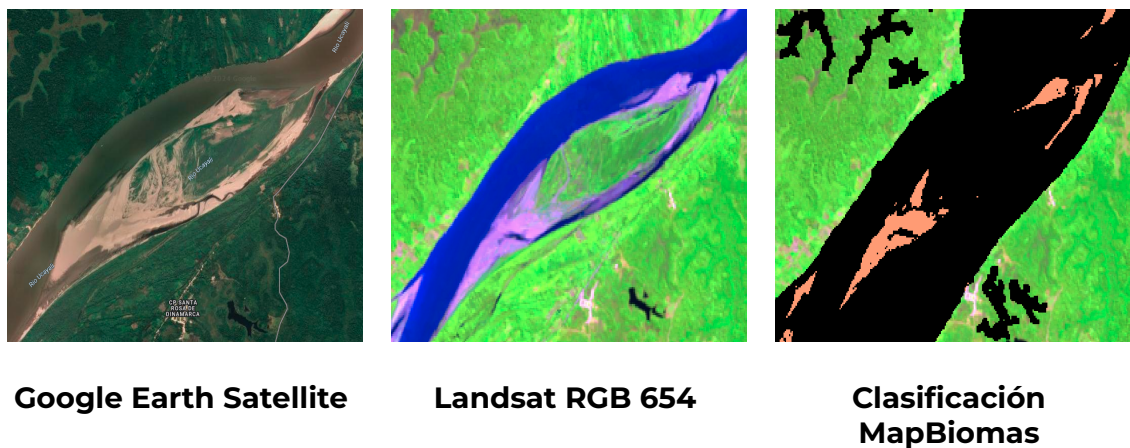


Figura 4. Respuesta espectral de las playas en Amazonía Baja, Río Ucayali, 2022.
Coordenadas geográficas (-74.41446, -8.67047)

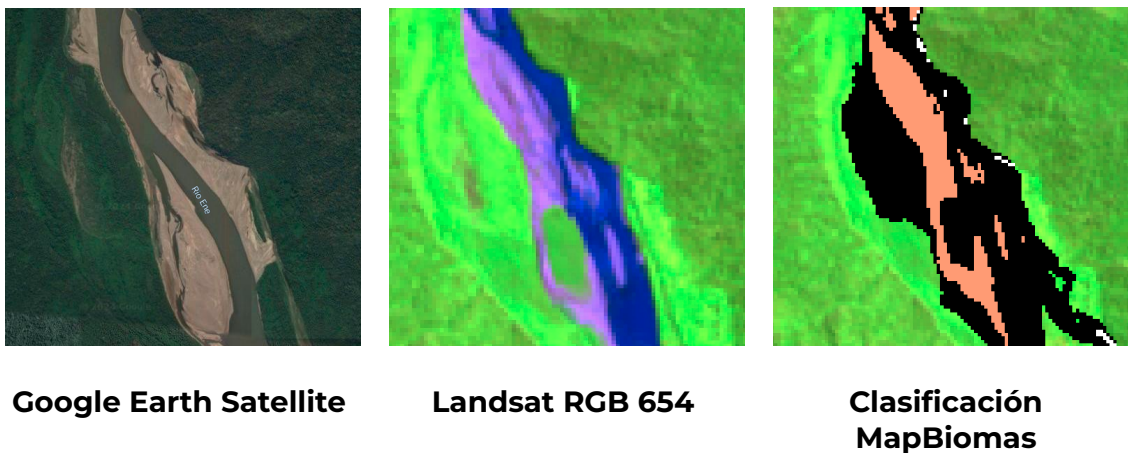
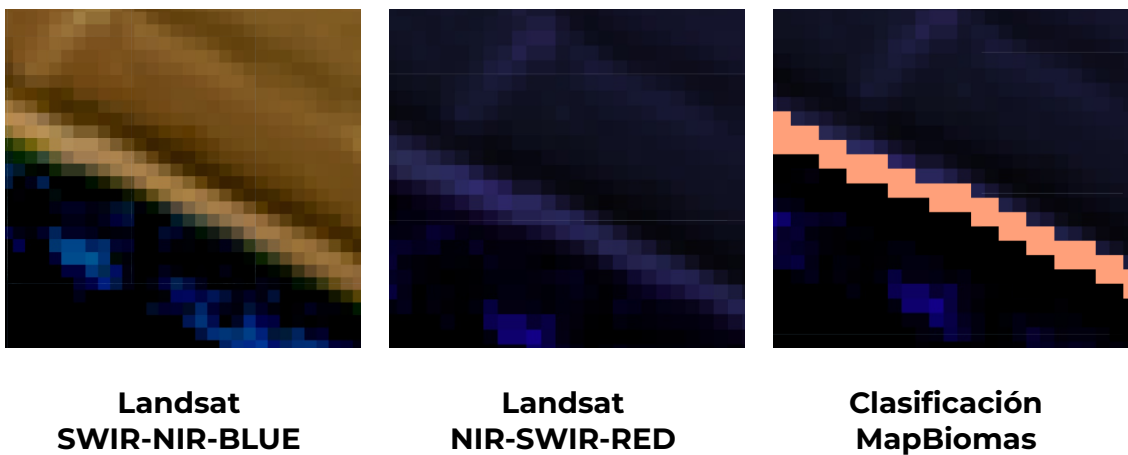


Figura 5. Respuesta espectral de las playas en Amazonía Alta, Río Ene, 2022.
Coordenadas geográficas (-74.07701, -11.54777)

En los biomas Desierto Costero y Bosque Seco Ecuatorial la combinación de bandas NIR-SWIR-RED ayudó a diferenciar playas de estructuras como carreteras identificando las playas como aquellas con coloración morado claro; así como la combinación SWIR-NIR-BLUE que logra diferenciar playas de dunas elevadas y agua tornando las playas con una coloración marrón muy claro. Figura 7.





Google Earth Satellite

Figura 6. Respuesta espectral de las playas en Desierto Costero, Arequipa, 2025.
Coordenadas geográficas (-74.115154, -15.924148).

3.4.3. Muestras de entrenamiento

A partir de la integración de las fuentes de referencia descritas en la sección 3.4.1, se definió un área de clasificación destinada a la generación y aplicación de las muestras de entrenamiento para la clasificación de la clase Playas (ID 23) y de la clase No playas (ID 27). Esta delimitación permite restringir el proceso de clasificación a las áreas con información de referencia disponible y con potencial presencia de playas.

Para la generación de las muestras de entrenamiento se consideraron muestras correspondientes a cada año de la serie temporal, con el objetivo de representar la variabilidad espacial y temporal de la infraestructura urbana. Adicionalmente, para los biomas Desierto Costero y Bosque Seco Ecuatorial, se incorporaron muestras estables, correspondientes a áreas que mantuvieron consistentemente la misma condición a lo largo de la serie temporal comprendida entre 1985 y 2025. Estas muestras estables permitieron fortalecer la representación de áreas con comportamiento temporal consistente y mejorar la estabilidad de la clasificación a lo largo de la serie histórica.

Los píxeles ubicados fuera del área de clasificación definida no fueron considerados durante el proceso de clasificación. Estos se mantuvieron sin clasificación dentro de este procedimiento, debido a que corresponden a áreas consideradas no urbanas o previamente asignadas a otras clases de la leyenda de MapBiomias. De esta manera, el proceso se concentró exclusivamente en las áreas donde existía información de referencia suficiente para diferenciar la infraestructura urbana de las áreas no urbanas.

3.4.4. Algoritmo de clasificación

Se implementó el algoritmo de aprendizaje automático bosques aleatorios (Random Forest) (Breiman, 2001), en la plataforma de Google Earth Engine. Se

generaron muestras de entrenamiento y se clasificó posteriormente en función al comportamiento de los índices empleados y el apoyo sustentado en mapas de referencia disponibles a nivel regional como OpenStreetMap e información de referencia nacional y mundial.

El objetivo de la clasificación consistió en producir una capa binaria entre Otra área antrópica sin vegetación y áreas no urbanas; considerando únicamente dos posibilidades para cada píxel (1: Presencia de Otra área antrópica sin vegetación, 2: Ausencia de Otra área antrópica sin vegetación. La clasificación a partir de muestras de entrenamiento sobre los mosaicos Landsat se realizó por medio del algoritmo de clasificación Random Forest (RF) (Breiman, 2001).

3.5. Post-clasificación

Debido a la naturaleza basada en píxeles del método de clasificación y el trabajo sobre una serie temporal extensa, se aplicó una cadena de filtros de clasificación posterior. El proceso de post-clasificación incluye la aplicación de filtros de relleno, espacial y remap.

3.5.1. Llenado de vacíos de información - Filtro Gap fill

Al tener una serie temporal tan extensa se asume que habrá regiones o años en los cuales la información no sea de buena calidad, en especial al inicio de la serie, por tal motivo se aplica un llenado de píxeles vacíos con el siguiente año más próximo que sí cuente con información.

En este filtro, los vacíos son reemplazados por la clasificación temporalmente más cercana. En este procedimiento, si no hay disponibilidad de un valor en el año siguiente, entonces el espacio se reemplaza con el valor del año precedente. Por lo tanto, las brechas solo deberían existir si un píxel dado se ha clasificado permanentemente como sin información en toda la serie temporal. (Figura 9)

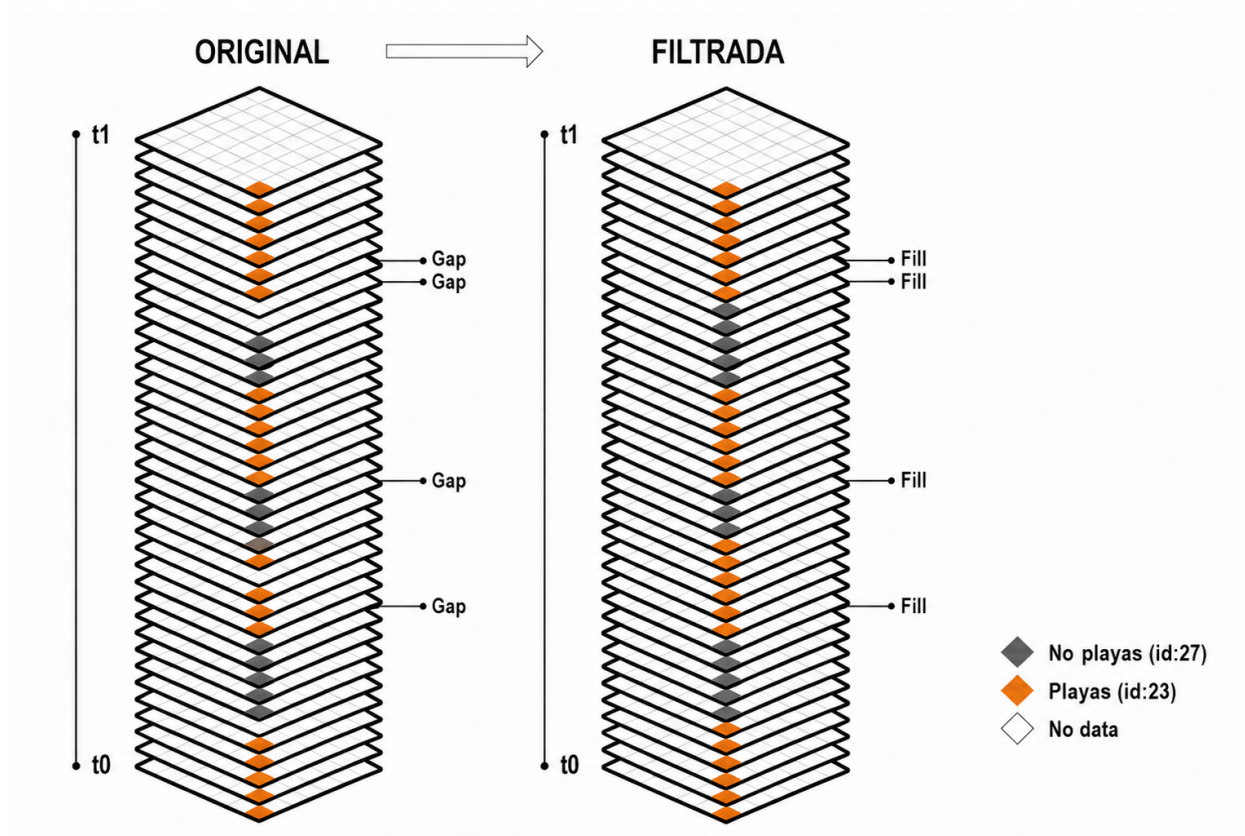


Figura 7. Esquema de funcionalidad de filtro Gap Fill, en donde t_0 representa el primer año y t_1 el último año.

3.5.2. Filtro espacial

Con el asset anterior, se aplica un filtro espacial basado en la función "connectedPixelCount", que identifica al conjunto de píxeles (vecindario) que comparten un mismo valor de píxel. En consecuencia, sólo los píxeles que no presentan conexión considerando una cantidad mínima predefinida de píxeles idénticos son definidos como píxeles aislados y reclasificados.

Considerando que los ríos mantienen una conectividad casi lineal a lo largo de cauce del mismo, la conectividad del río es completamente visual, y se puede utilizar archivos de referencia para lograr ubicar la dirección del mismo, en especial por el tamaño del píxel y lo delgados que pueden ser algunos de los ríos amazónicos que no logran cubrir el ancho de un píxel Landsat (ver Figura 10).

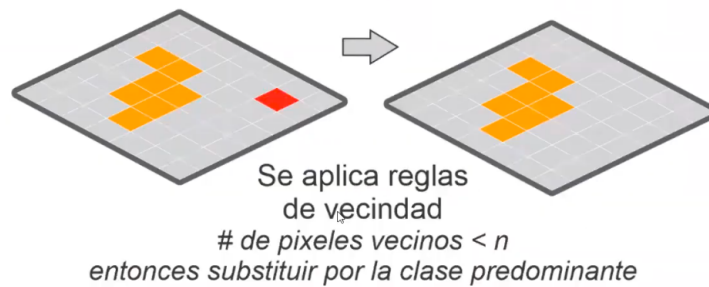


Figura 8. Esquema de funcionalidad de filtro espacial.

3.5.2. Filtro temporal

Se ejecutó un filtro temporal solo para las playas de Desierto Costero y Bosque Seco ecuatorial debido al carácter más permanente que poseen las playas costeras. Se utilizaron ventanas de 3, 4 y 5 años en toda la serie de tiempo, tomando en cuenta el contexto de cada región de clasificación. El filtro inspecciona el valor de cada píxel clasificado en relación al valor de ese píxel en clasificaciones temporalmente consecutivas. Para ello emplea una ventana móvil unidireccional que toma en consideración secuencias de clasificaciones de 3 a 5 años e identifica transiciones temporales no permitidas. El filtro temporal se aplica a cada píxel de todos los años de la colección. Dependiendo del año que la regla modificará, existen tres tipos de reglas:

Reglas generales (RG). Aplicadas a píxeles de años en posiciones intermedias en secuencias de 3 a 5 años. Esta regla se aplica únicamente en casos donde hay una inconsistencia temporal; por ejemplo, cuando secuencias de años consecutivos tienen valores idénticos a excepción del píxel en posición central. En estos casos, el filtro modificará el valor del píxel central para que guarde consistencia con los píxeles que le anteceden y suceden. En el caso de secuencias de 3 años, solo existe una opción de posición central o año intermedio. En el caso de secuencias de 4 o 5 años, existen dos o tres alternativas de posiciones centrales. Esta regla modifica los valores de las clasificaciones de los años 1986 al 2024.

Reglas de primer año (RP). Aplicadas únicamente al primer año de la serie temporal. Esta regla modifica los valores de la clasificación del año 1985.

Reglas de último año (RU). Aplicada al último año de la clasificación. Esta regla modifica los valores de la clasificación del año 2025.

De este modo, los filtros temporales reducen vacíos de información e inconsistencias temporales o cambios que no son posibles o no están permitidos. (ver Figura 11).

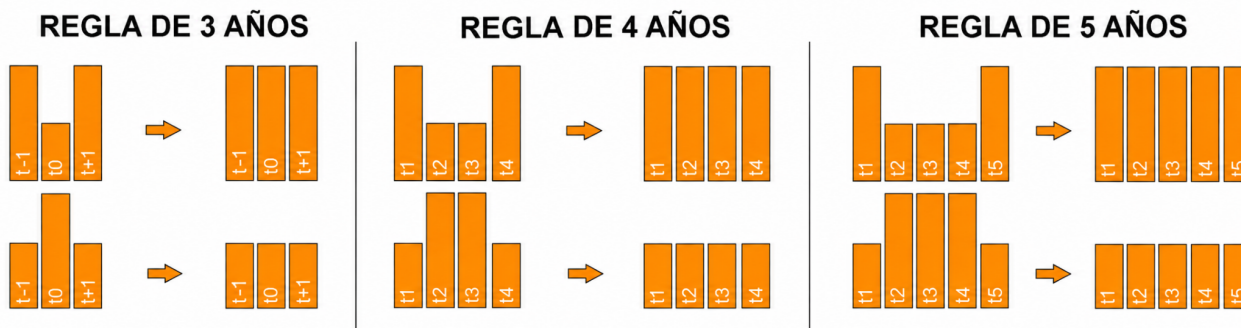


Figura 9. Esquema de funcionalidad de filtro temporal.

3.6. Integración

Al realizar la clasificación de todas las regiones de clasificación se procedió a integrar estas mismas para así obtener un mapa nacional de playas.

3.7. Resumen metodológico

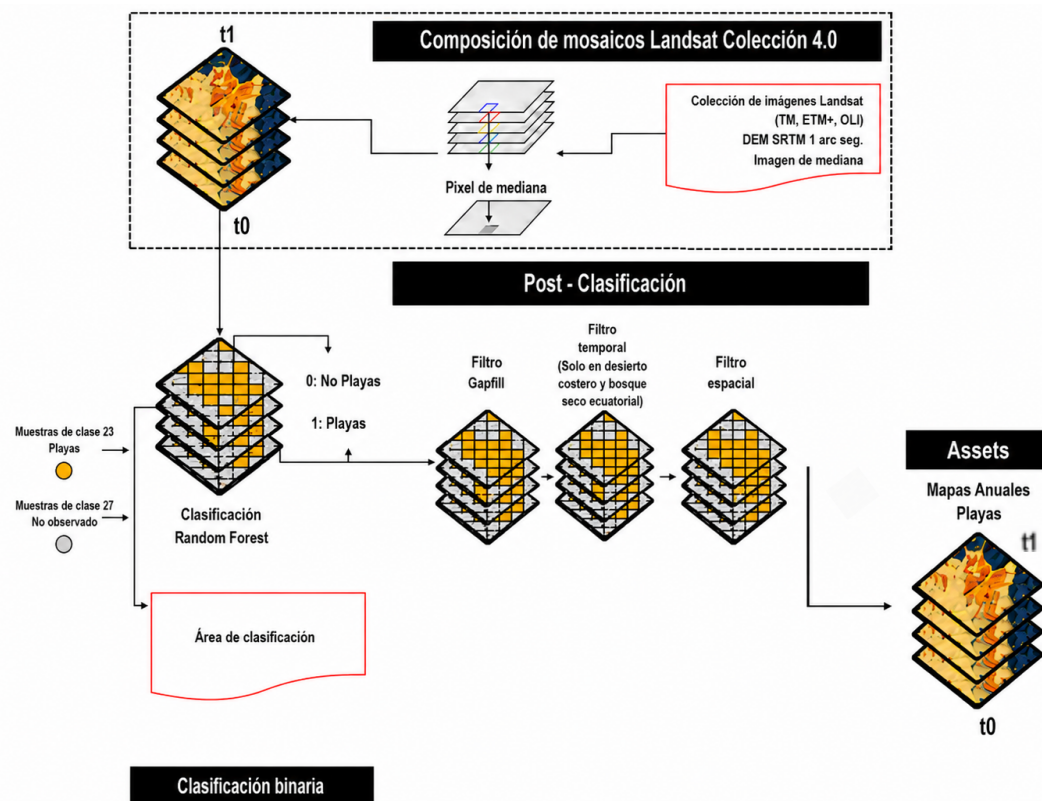


Figura 10. Flujo metodológico de la clasificación de Playas Colección 4.0., en donde t_0 representa el primer año y t_1 el último año.

4. Referencias

Breiman, L. (2001). Random Forest. Statistics Department University of California Berkeley. 1-30.

Congreso de la República del Perú. (1997). Ley N.º 26856, Ley que declara que las playas del litoral son bienes de uso público, inalienables e imprescriptibles y establece zona de dominio restringido. FAOLEX. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/per11303.pdf>

MapBiomias. (2019). MapBiomias Amazonia. (Colección 2.0) [Map]. <https://plataforma.amazonia.mapbiomias.org/map>

MapBiomias. (2023). MapBiomias Perú - Cobertura y uso del suelo. Manual general. Documento de base teórica sobre algoritmos (ATBD). (Colección 2.0).

Fundación Gaia Amazonas (2023). Documento de Base Teórica de Algoritmos (ATBD). RAISG - MapBiomias Colombia. Colección 1, Apéndice Colombia - Colección 1 de Mapas Anuales de Cobertura y Uso del Suelo de Colombia.

MapBiomias. (2023). RAISG - MapBiomias Agua. Apéndice - Agua. Documento de base teórica sobre algoritmos (ATBD). (Colección 1.0).

MapBiomias. (2023). RAISG - MapBiomias Amazonia. Documento Teórico Base de Algoritmos (ATBD). (Colección 5.0).

MapBiomias. (2023). RAISG - MapBiomias Amazonia. Apéndice - Cuerpos de Agua. Documento de base teórica sobre algoritmos (ATBD). (Colección 4.0).