



María Miyasiro, Joel Valdivia, Jorge Cahuas, Cristian Caro-Sanchez, Edgar Vicuña

Subdirección de Información Estratégica e Investigaciones de las Áreas Naturales Protegidas
Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp)



Introducción

El Sernanp viene implementando un plan de acción para el monitoreo satelital de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de los biomas andino-costeros. Como primer paso, se ha priorizado la elaboración de mapas de línea base actualizados al año 2023 sobre coberturas y usos del suelo a escala 1:10 000 para 14 ANP y sus zonas de amortiguamiento (ZA), como base para detectar cambios de cobertura antropogénicos. Utilizando mosaicos mensuales Planet-NICFI y metodologías semi-automatizadas basadas en algoritmos de *machine learning*, se desarrollaron mapas mensuales y un mapa anual integrado. Este proceso, con objetivos específicos de establecer una metodología replicable y elaborar mapas de coberturas anuales integrando datos mensuales, contó con validación participativa de especialistas locales y complementación de datos nacionales y globales (MapBiomias y WorldCover). Los productos servirán como herramientas fundamentales para alertas tempranas, vigilancia, conservación de biodiversidad y planificación territorial.

Contar con información detallada y actualizada de las ZA resulta clave para prevenir la expansión de actividades que puedan afectar las ANP, apoyar decisiones de gestión y evitar la pérdida de cobertura vegetal, lo que también contribuye a reducir emisiones de gases de efecto invernadero.

Área de estudio

Se consideraron 14 ANP y sus zonas de amortiguamiento (ZA) ubicadas total o parcialmente en los biomas andino-costeros: Bosque de Protección Pui Pui, Parque Nacional de Cutervo, Parque Nacional del Río Abiseo, Reserva Nacional Pampa Galeras Barbara D' Achille, Reserva Nacional del Titicaca, Reserva Paisajística Nor Yauyos-Cochas, Santuario Histórico Machupicchu, Santuario Nacional Pampa Hermosa, Santuario Nacional Tabaconas-Namballe, Reserva Nacional de Paracas, Reserva Nacional de Lachay, Reserva Nacional San Fernando, Santuario Nacional Lagunas de Mejía, y Santuario Nacional los Manglares de Tumbes.

Metodología

Se realizó una adaptación de la metodología de Mapbiomas Perú (2023), el flujo de trabajo constó de siete fases, tal como se muestra en el gráfico 1. Estas fases pueden agruparse en tres grupos: entrada, procesamiento y validación.

- Datos de entrada:**
Como insumos principales se utilizaron los mosaicos mensuales de imágenes satelitales Planet-NICFI del año 2023 (resolución de 4.77 m, cuatro bandas espectrales incluido infrarrojo cercano) y los ráster DEM de SRTM. Asimismo, se usaron los productos de referencia para la generación de puntos de entrenamiento de la Col. 2 de MapBiomias Perú (series anuales de uso de suelo), y WorldCover (ESA), y se complementaron con colectas manuales de puntos de entrenamiento basado en índices espectrales y tras eliminación de ruidos.
- Procesamiento:**
En Google Earth Engine, se realizó el cálculo de índices espectrales Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) e Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI), además se calculó la pendiente a partir del DEM. Posteriormente se realizó la clasificación mediante *Random Forest* y algunas coberturas se ajustaron con árboles de decisión empírica, luego se realizó una post-clasificación con filtros espaciotemporales (GapFill, suavizado temporal/espacial y reclasificación). En base al producto obtenido, se repitió el ciclo, es decir el producto obtenido en la primera corrida se volvió a generar puntos de entrenamiento, y se realizó la clasificación y post-clasificación.
- Validación:**
A partir de los mapas mensuales y del mapa anual (basado en la moda estadística de los meses), se realizó un muestreo aleatorio estratificado, considerando un error máximo de 1% y un nivel de confianza del 95%). Además, se llevaron a cabo talleres virtuales de inspección visual con especialistas y guardaparques locales del Sernanp, incorporando su conocimiento del territorio para la validación de los resultados.

Innovación

Si bien esta metodología se basa en Mapbiomas, incorpora innovaciones importantes, como el uso de imágenes mensuales que permiten capturar dinámicas estacionales. También se resalta la activa participación de jefes y especialistas locales de las ANP, mediante talleres y reuniones virtuales. Por otro lado, la leyenda utilizada es una adaptación de Corine Land Cover y homologación de Mapbiomas (2024), enriquecida con los aportes técnicos de los especialistas locales.

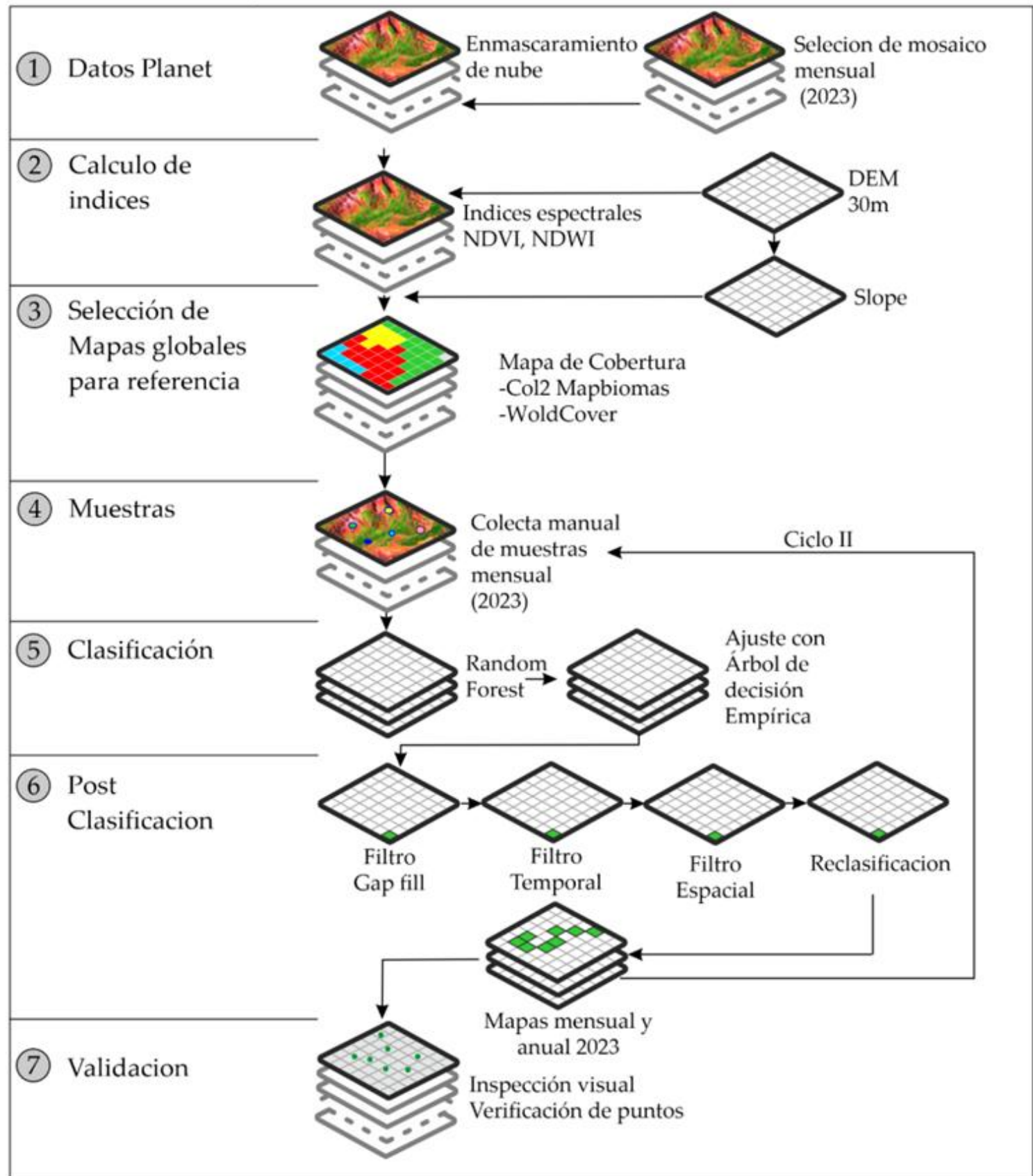


Gráfico 1. Proceso metodológico. Adaptado de Mapbiomas – Colección 2 (2024).

Resultados

Se obtuvieron mapas de coberturas de la tierra mensuales y anual, para las 14 ANP y sus ZA. A continuación, se mostrará el resultado para el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) y su ZA. Los resultados para las ANP restantes así como los scripts pueden verse en el QR adjunto.

El SNLMT se obtuvo nueve clases, y con su zona de amortiguamiento dos clases adicionales. Al interior del ANP, las clases del mapa anual con mayor cobertura fueron el manglar (58%); lagos, lagunas y ríos (26%); bosque seco (8%); área hipersalina (6%) y banco de arena (2%); mientras que en la ZA, las clases predominantes fueron acuicultura (29%); manglar (22%); áreas abiertas sin o con poca vegetación (19%); bosque seco (18%); cuerpos de agua (5%); cultivos (4%), y banco de arena (2%). (Tabla 1 y Figura 1)

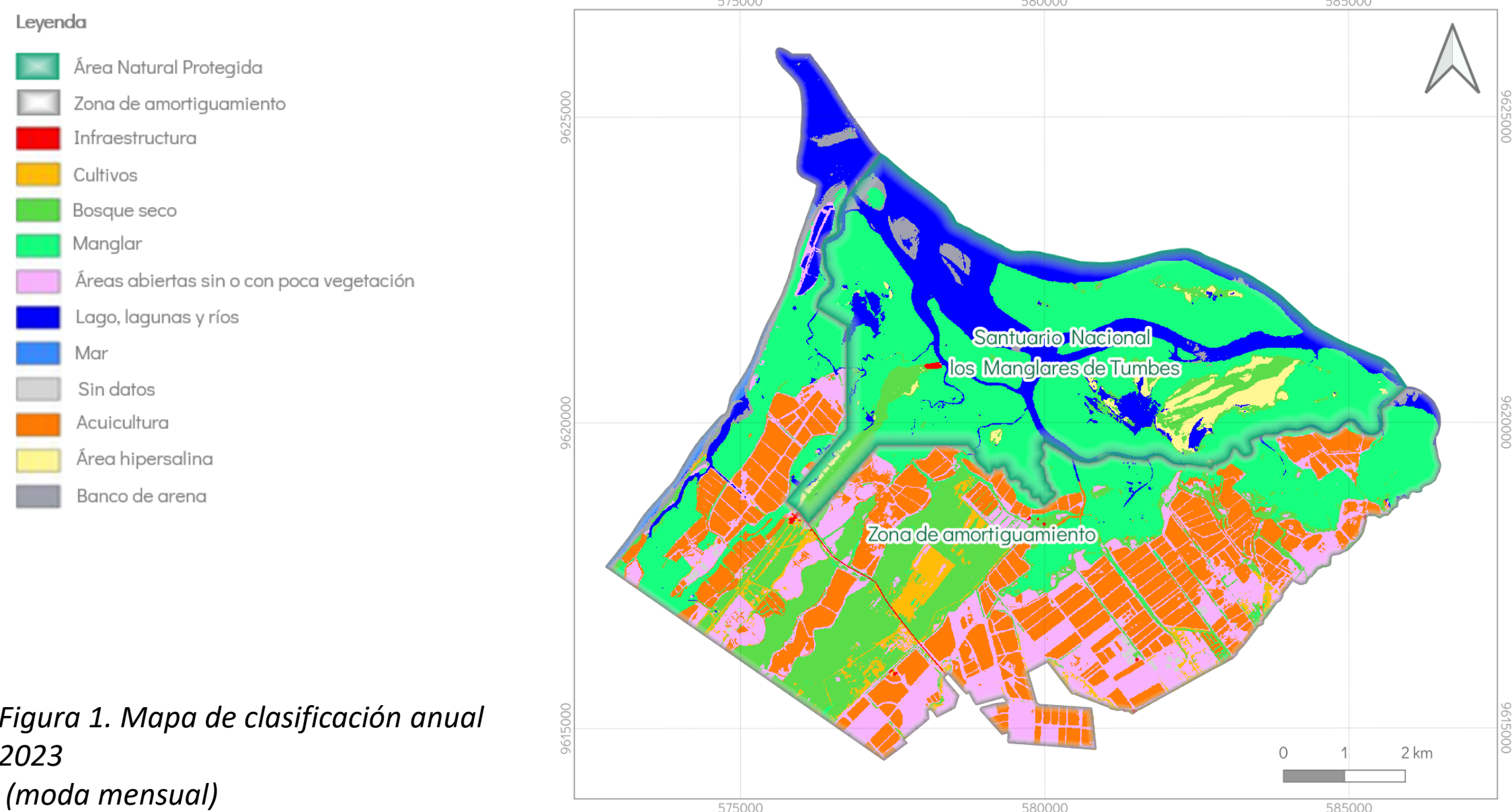


Figura 1. Mapa de clasificación anual 2023 (moda mensual)

En la tabla 1, se puede visualizar que la clase más dinámica tanto en el SNLMT y su ZA, es decir, con mayor variabilidad mensual, fueron las pozas acuícolas activas (sd=123), seguidamente de las áreas abiertas sin o con vegetación (sd=113), cuerpos de agua (sd=79) y bancos de arena (sd=78).

Tabla 1. Superficie (ha) de clasificación de las coberturas por mes en el SNLMT y su ZA

CLASE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	Desviación estándar (sd)
Acuicultura	1278	1290	1460	1352	1250	1304	1355	1442	1284	1048	1246	1045	1436	123
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	1268	1318	1183	1296	1395	1377	1266	1145	1284	1533	1329	1529	1138	113
Lagos, lagunas y ríos	819	904	902	1074	991	1003	940	1077	901	1017	1027	876	1029	79
Banco de arena	401	276	344	154	227	195	249	156	336	202	203	333	177	78
Bosque seco	1169	1193	997	1015	1001	1070	1136	1137	1149	1138	1106	1113	1136	64
Cultivos	190	138	222	224	222	196	202	192	202	200	204	199	197	22
Manglar	2875	2862	2860	2831	2867	2813	2821	2837	2822	2833	2845	2871	2857	21
Área hipersalina	141	153	168	180	178	180	168	130	159	164	164	172	163	15
Mar	14	22	21	30	25	18	20	40	18	21	32	18	23	7
Infraestructura	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	0
Sin datos	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	0

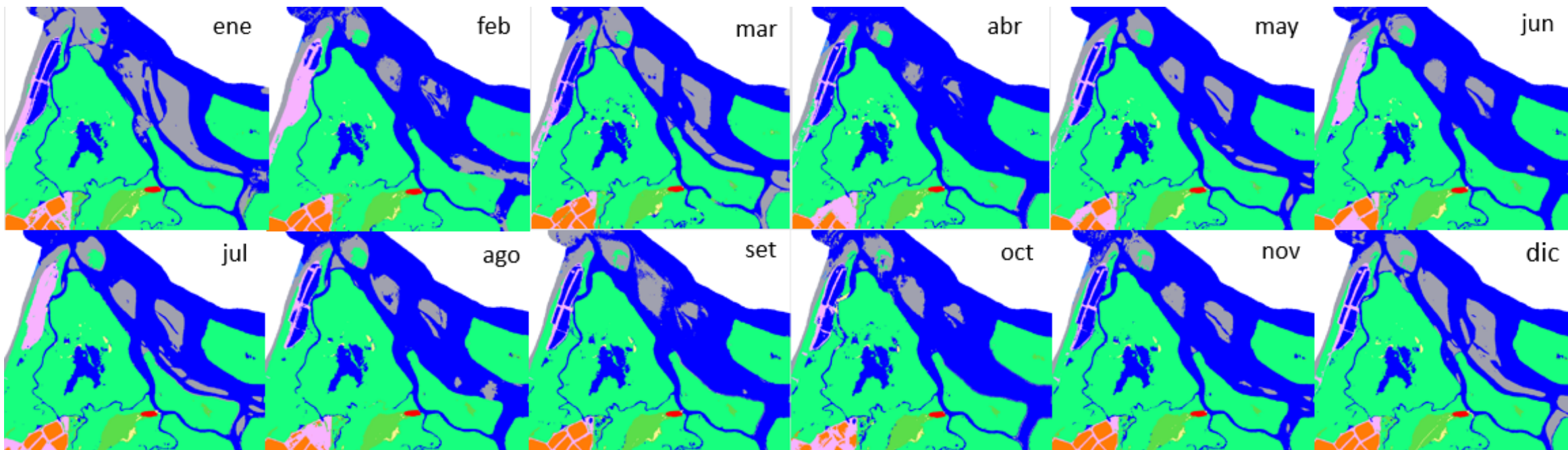


Figura 2. Mapas de clasificación mensuales 2023 (Acercamiento al Noroeste del SNLMT). Nótese los cambios.

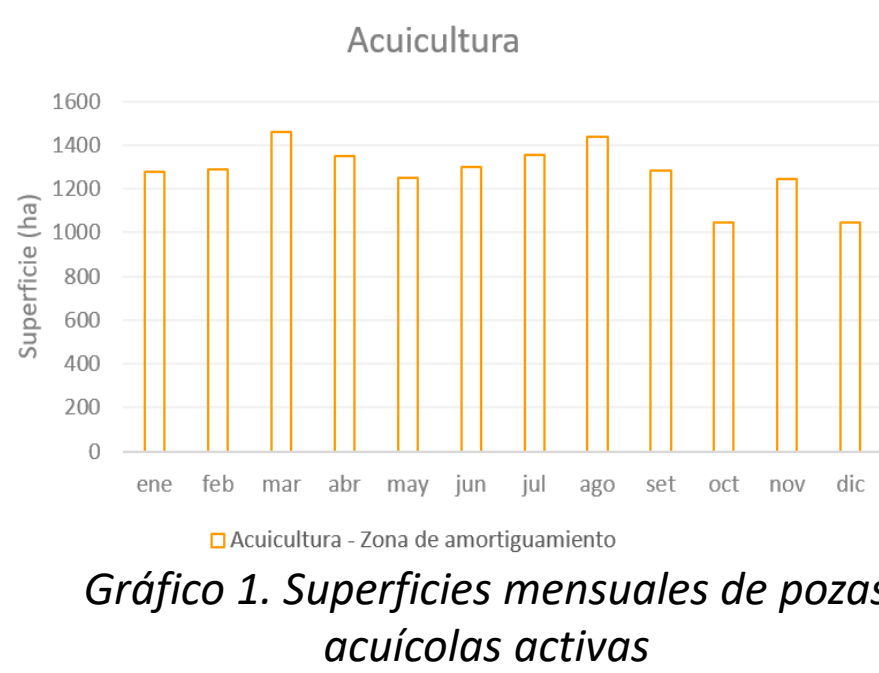


Gráfico 1. Superficies mensuales de pozas acuícolas activas

Asimismo, la cobertura “Banco de arena” presenta una superficie considerable en el mes de abril, pero mínima al interior del ANP, siendo mayor esta superficie en la zona de amortiguamiento, asimismo, el mes con menor banco de arena fue en agosto (Gráfico 2).

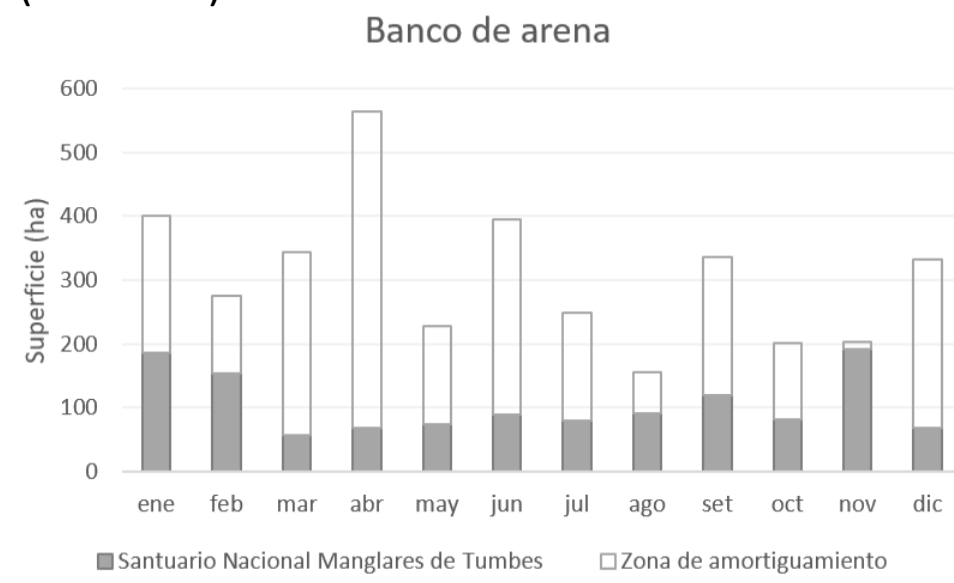


Gráfico 2. Superficies mensuales de los bancos de arena

De las métricas de evaluación por clase se tiene una precisión de 85% para clases antrópicas y 90% para naturales.

Conclusiones

- Se utilizó MapBiomias para el entrenamiento del modelo, implementando técnicas de supresión de ruido adaptadas a los mosaicos PlanetScope. Asimismo, se empleó para la armonización de leyendas y la adaptación del procedimiento metodológico a mosaicos mensuales de Planet.
- Se desarrolló una metodología replicable para la elaboración de mapas mensuales y un mapa anual de línea base de cobertura en las ANP y ZA andino-costeras, con alta resolución espaciotemporal (4.77 m/mensual).

Bibliografía

- Breiman, L. (2001). Random forests. Statistics Department University of California Berkeley. <https://www.stat.berkeley.edu/~breiman/randomforest2001.pdf>
- Catellanos Quiroz, H. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia. Escala 1:100 000.
- MapBiomias Perú. (2023). Documento de base teórica sobre algoritmos (ATDB) Colección 2.0. Instituto del Bien Común.
- Planet Labs PBC. (2023). Planet NICFI monthly mosaics [Conjunto de datos satelitales]. Google Earth Engine. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/planet_nicfi_assets
- Zanaga, D., Van De Kerchove, R., De Keersmaecker, W., Souverijns, N., Brockmann, C., Quast, R., ... Vergnaud, S. (2021). ESA WorldCover 10 m 2020 v100.

Agradecimientos

- A Efraín Yury Turpo Cayo, por el asesoramiento y soporte técnico en el desarrollo de este proyecto.
- A los jefes, especialistas y guardaparques del Bosque de Protección Pui Pui, Parque Nacional de Cutervo, Parque Nacional del Río Abiseo, Reserva Nacional Pampa Galeras Barbara D' Achille, Reserva Nacional del Titicaca, Reserva Paisajística Nor Yauyos-Cochas, Santuario Histórico Machupicchu, Santuario Nacional Pampa Hermosa, Santuario Nacional Tabaconas-Namballe, Reserva Nacional de Paracas, Reserva Nacional de Lachay, Reserva Nacional San Fernando, Santuario Nacional Lagunas de Mejía, Santuario Nacional los Manglares de Tumbes, quienes participaron activamente en la elaboración de estos productos.