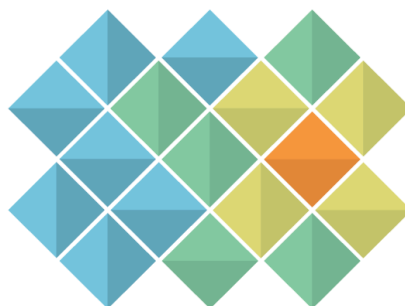




MAPBIOMAS
PERÚ

Apéndice - Cuerpos salinos

Tema transversal en Colección 4.0

Equipo responsable

Silvana Di Liberto
Valeria Llactayo
Lucy Flores
Zuley Cáceres
Andrea Bravo

ÍNDICE

1. Introducción	3
2. Marco teórico	3
2.1. Superficie salina costera	3
2.2. Superficie de salar	3
2.3. Salinera	4
3. Metodología	4
3.1. Área de estudio	4
3.2. Generación de mosaicos anuales	7
3.3. Variables de clasificación o feature space	8
3.4. Clasificación	10
3.4.1. Mapas de referencia	10
3.4.2. Preparación de los datos	11
3.4.2.1. Superficie salina costera	11
3.4.2.2. Superficie de salar	12
3.4.3. Algoritmo de clasificación	12
3.4.3.1. Filtro de refinamiento espectral dinámico	12
3.4.3.2. Normalización regional de umbrales	12
3.5. Posclasificación	14
3.5.1. Llenado de vacíos de información - Filtro Gap fill	14
3.5.2. Filtro espacial	15
3.6. Integración	16
3.7. Resumen metodológico	16
4. Referencias	17

Índice de tablas

Tabla 1. Regiones de clasificación	7
Tabla 2. Variables de clasificación o feature space	8
Tabla 3. Valores del Índice de Salinidad en años seleccionados para la clase Superficie salina costera	8
Tabla 4. Valores del Índice de Salinidad en años seleccionados para la Superficie de salar de San Juan Salinas, Puno	9
Tabla 5. Recopilación bibliográfica de ecosistemas de salares y salinas en Perú	10
Tabla 6. Parámetros de clasificación por región	13

Índice de figuras

Figura 1. Mapa acumulado de la clasificación de Superficie salina costera (ID 52) y Superficie de salar (ID 61) correspondiente a la serie temporal 1985–2025	5
Figura 2. Regiones de clasificación.	6
Figura 3. Proceso de cálculo de bandas que componen los mosaicos anuales de imágenes Landsat.	7
Figura 4. Comportamiento anual del cuerpo salino costero ubicado entre Piura y Lambayeque en el periodo 1985-2025, mosaicos de bandas SWIR1, NIR, Red	11
Figura 5. Comportamiento del Salar San Juan Salinas en Puno en el periodo 1985-2025, mosaicos de bandas SWIR1, NIR, Red	12
Figura 6. Esquema de funcionalidad de filtro Gap Fill para la clase Superficie de salar	15
Figura 7. Esquema de funcionalidad de filtro Espacial	15
Figura 8. Flujo metodológico de la clasificación de Cuerpos salinos	16

1. Introducción

Las superficies salinas y salares cumplen funciones esenciales en el ámbito ambiental, económico y turístico por los servicios ecosistémicos que proporciona, riqueza natural y por su aporte al desarrollo económico local.

El presente documento tiene como objetivo describir la metodología aplicada para el mapeo de superficie salina y salar, en el marco de la Colección 4 de MapBiomás Perú sobre Cobertura y Uso del Suelo. Esta iniciativa busca aportar información clave sobre estos ecosistemas, resaltando su diversidad y la importancia de su correcta identificación y clasificación.

2. Marco teórico

Los cuerpos salinos se forman en cuerpos de agua continentales a causa de la evaporación de aguas de mar, agua de los lagos y lagunas continentales, la evaporación depende principalmente del balance de agua y las condiciones climatológicas. Contienen salmueras de tipo cloruro, se ubican principalmente en regiones volcánicas áridas y en condiciones de aridez (INGEMMET, 2009).

Los términos salar y salina pueden presentar usos variables en la literatura y en el lenguaje común. Para efectos de la Colección 4.0 de MapBiomás Perú, se establece una diferenciación operativa entre Superficie salina costera (ID 52), asociada a ambientes costeros, y Superficie de salar (ID 61), correspondiente a depósitos salinos naturales localizados principalmente en ambientes altoandinos.

2.1. Superficie salina costera

Es la superficie natural o intervenida localizada en ambientes costeros, caracterizada por la presencia visible de depósitos o acumulaciones de sales y/o cuerpos de agua someros asociados a procesos de evaporación. En imágenes satelitales puede reconocerse por superficies predominantemente claras o blanquecinas, áreas húmedas o inundadas de manera temporal o permanente y, en algunos casos, por la presencia de pozas o lagunas de formas variables. Cuando existe intervención antrópica para la producción de sal, puede presentar estanques o pozas de evaporación con formas geométricas regulares (Inchaústegui, 2020, MapBiomás Perú, 2025).

2.2. Superficie de salar

Es la superficie natural de acumulación de sales localizada en ambientes altoandinos, principalmente en depresiones o cuencas cerradas, generalmente por encima de los 3 000 m s. n. m. Se caracteriza por presentar extensiones planas con depósitos salinos expuestos y puede incluir sectores húmedos o cubiertos temporal o permanentemente por agua, así como lagunas u ojos de agua en su interior (Fundación Tantí, 2024, MapBiomás Perú, 2025).

En imágenes satelitales, los salares pueden identificarse principalmente por sus superficies claras o blanquecinas, asociadas a depósitos y costras salinas, su morfología predominantemente plana y su ubicación en depresiones del paisaje altoandino. La superficie salina puede presentar variaciones de tonalidad y sectores inundados o húmedos dependiendo de las condiciones hidrológicas y de la época del año.

2.3. Salinera

Salinera es el nombre que reciben los lugares que se encargan de extraer la sal del agua salada, para poder procesarla y utilizarla. Estos lugares son minas de sal ya que se dedican a la producción de la sal, en cada una de sus etapas y modalidades. (AMISAC,2017). Un ejemplo claro es la Salinera de Maras en Cusco.

Es importante señalar la diferencia entre superficie salina costera, superficie de salar andino y salineras, ya que existen varias salineras al lado de salares y salinas como la mina Bayovar-Miskimayo en Sechura - Piura, o las Salinas de Otuma en Ica. En este informe se habla de clasificar solo la superficie de salar y salina costera, ya que varias salineras se encuentran dentro de la capa de minería¹.

3. Metodología

3.1. Área de estudio

El ámbito de trabajo es la extensión territorial del Perú correspondiente a los biomas Andes y Desierto costero. No se considera el bioma amazónico, para evitar clasificaciones de cuerpos de agua como relaves mineros amazónicos, a su vez porque este bioma no presenta salares y salinas según la bibliografía.

La clasificación 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 las clases Superficie salina costera y Superficie de salar 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 los cuerpos salinos identificados y proporciona un contexto espacial para el análisis desarrollado posteriormente.

¹ Para mayor información visite el ATBD de Minería Colección 4.0.

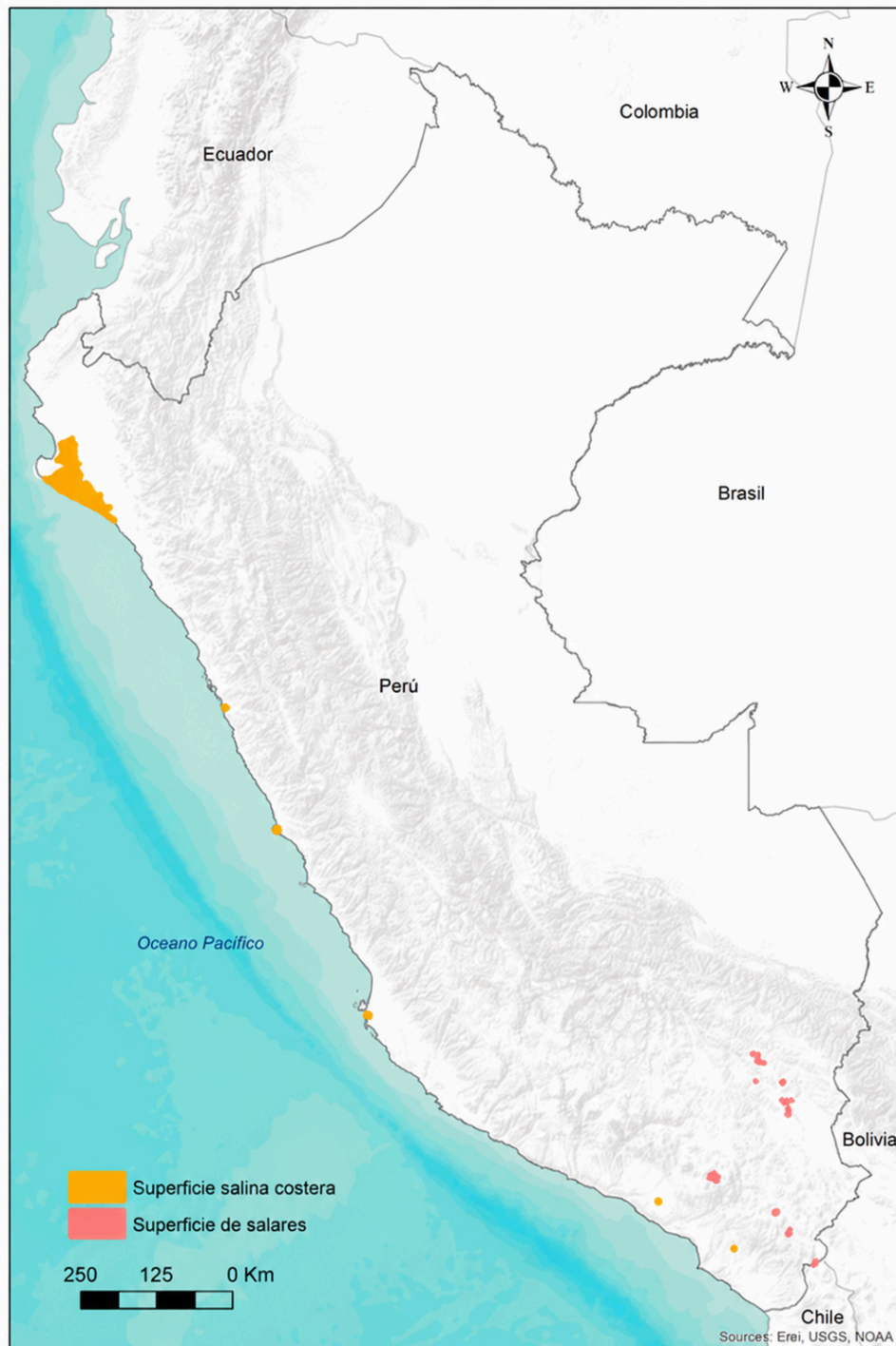


Figura 1. Mapa acumulado de la clasificación de Superficie salina costera (ID 52) y Superficie de salar (ID 61) correspondiente a la serie temporal 1985–2025.

Como referencia inicial se consideraron las 17 regiones utilizadas en la metodología de Cuerpos salinos de la Colección 3.0. Para la Colección 4.0, luego de revisar la distribución de las superficies salinas y salares y su correspondencia con las regiones de clasificación

general de la Colección 4.0 ², se seleccionaron ocho regiones de clasificación, presentadas en la Tabla 1.

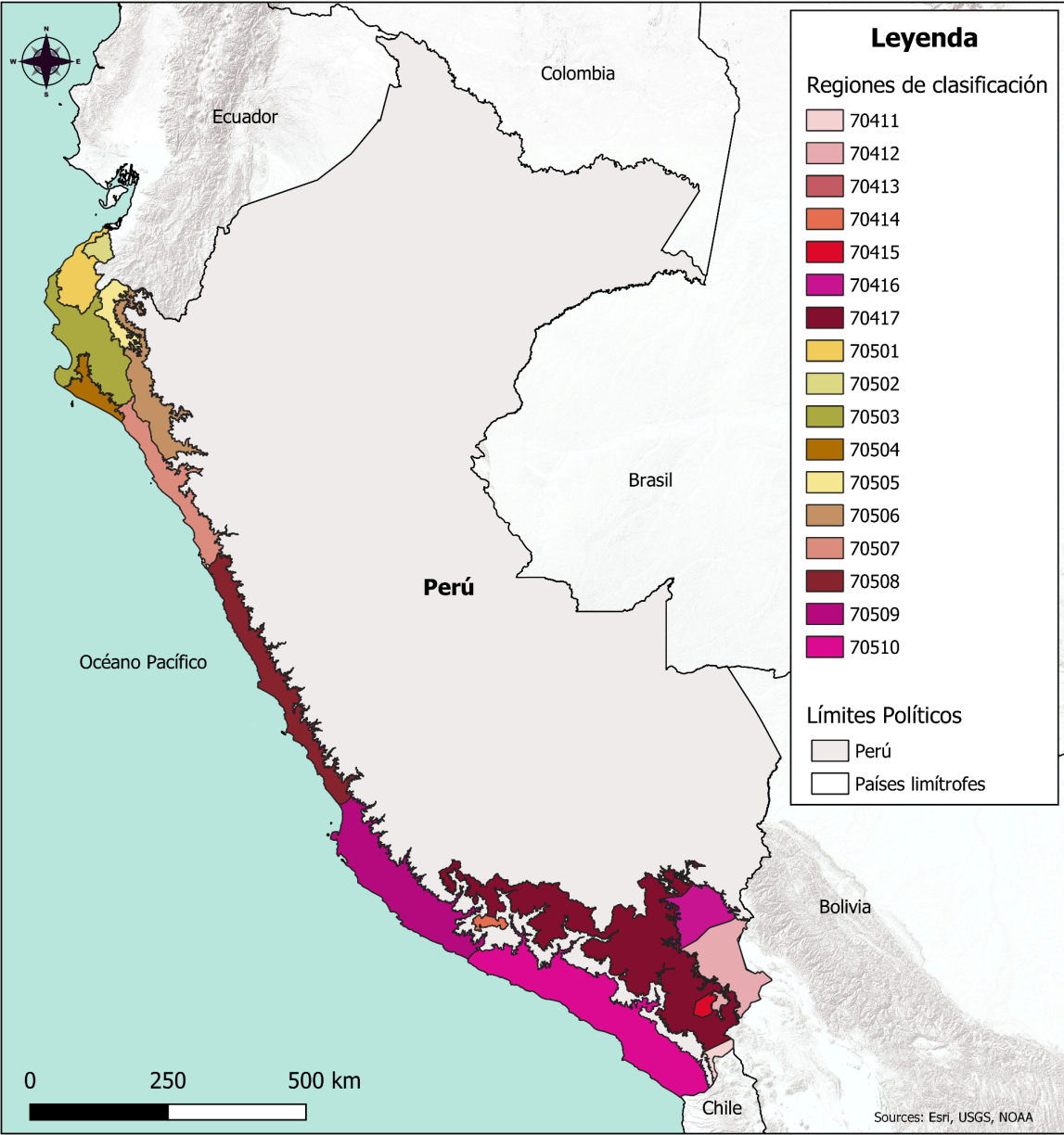


Figura 2. Regiones de clasificación.

² Para mayor detalle visite la sección 3.3.2. Regiones de clasificación del ATBD MapBiomass Perú Colección 4.0.

Tabla 1. Regiones de clasificación.

Región de mosaico	Nombre de región de mosaico	Códigos
Región 705	Desierto Costero	70503
		70504
		70508
		70509
Región 704	Andes Pacífico	70411
		70414
		70416
		70417

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Generación de mosaicos anuales

Se utilizaron los mosaicos anuales de imágenes Landsat generados para la clasificación general de MapBiomás Perú Colección 4.0, correspondientes al periodo 1985–2025. Los detalles de sensores, parametrización y construcción de mosaicos se describen en el ATBD General³.

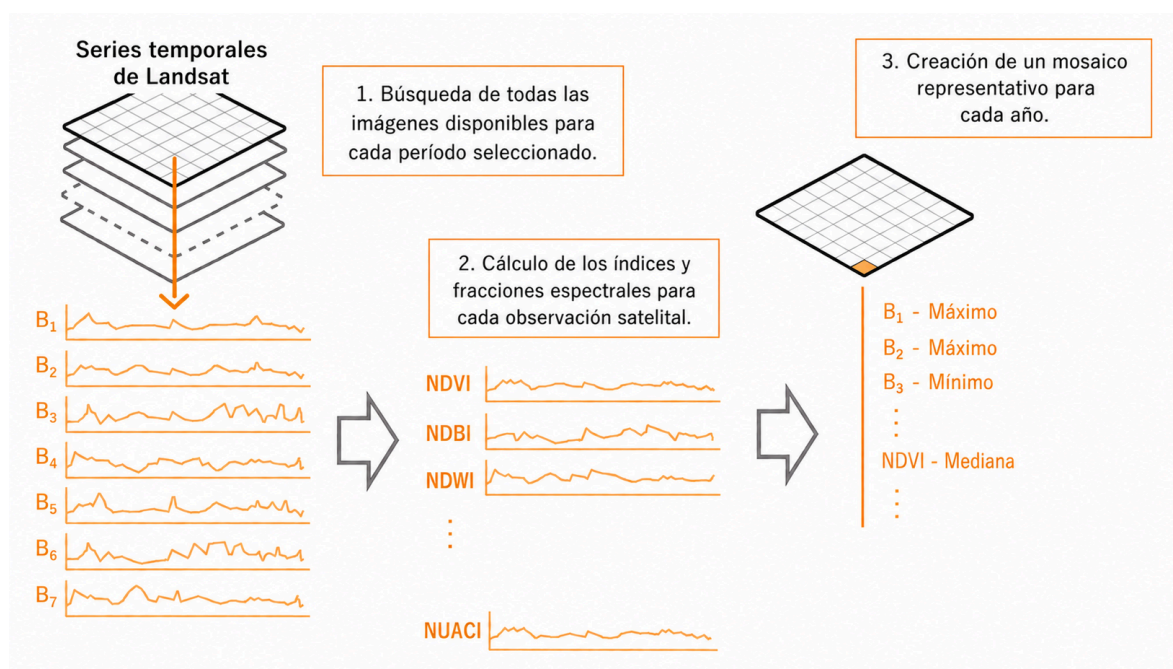


Figura 3. Proceso de cálculo de bandas que componen los mosaicos anuales de imágenes Landsat.

³ Para mayor detalle visite la sección 3.1. Generación de mosaicos anuales del ATBD General MapBiomás Perú Colección 4.0.

3.3. Variables de clasificación o feature space

En la Tabla 2 se listan las bandas satelitales y los índices espectrales utilizados en el proceso de clasificación de la Colección 4. A diferencia de versiones anteriores, se incorporan el índice NDWI y la banda SWIR2 como filtros restrictivos previos para descartar superficies de agua abierta y ajustar la detección según los niveles regionales de humedad estacional. El Índice de Salinidad (SI)⁴ utiliza las bandas del espectro visible (blue, green, red) con la fórmula que se muestra en la tabla y para discriminar y reconocer los comportamientos de los cuerpos de salares andinos y costeros en el periodo (1985 - 2025) se utilizaron la combinación de las bandas SWIR1, NIR y Red.

Tabla 2. Variables de clasificación o feature space

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 infrarroja de onda corta 2	B7 (L5/L7); B7 (L8/L9)	Median
NDWI	Índice de Diferencia normalizada de Agua	$(G - NIR) / (G + NIR)$	Median
salinity index (SI)	Bannari et al.,2008	$(G \times R) / (B)$	Median

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Valores del Índice de Salinidad en años seleccionados para la clase Superficie salina costera.

AÑO	ÍNDICE DE SALINIDAD
1997	5839.61
2001	4356.46

⁴ Los valores del Índice de Salinidad y los umbrales definidos en esta metodología corresponden a la escala radiométrica empleada en los mosaicos de MapBiomás Perú Colección 4.0

2002	4967.59
2003	5603.91
2004	5793.44
2005	5648.67
2006	5234.32
2007	5347.21
2009	4649.60
2010	5090.01
2011	4997.04
2013	5534.41
2014	4741.97
2019	6710.23
2020	6829.38
2021	7148.71
2022	5068.89
2024	4243.35

Fuente: ATBD Cuerpos salinos Colección 3.0.

Tabla 4. Valores del Índice de Salinidad en años seleccionados para la Superficie de salar de San Juan Salinas, Puno.

AÑO	ÍNDICE DE SALINIDAD
1990	5469.39
1991	4505.53
1992	7727.34
1995	5506.64
1996	5695.04
1999	7820.18
2014	4741.93
2017	4368.57

2019	4444.39
2020	4922.55

Fuente: ATBD Cuerpos salinos Colección 3.0.

3.4. Clasificación

3.4.1. Mapas de referencia

Se realizó un recopilado bibliográfico de salares y salinas más conocidos en Perú en costa y andes (Tabla 5), la identificación de estos cuerpos nos proporcionó una referencia de su comportamiento espectral y así poder validar nuevas superficies identificadas por la metodología.

Tabla 5. Recopilación bibliográfica de ecosistemas de salares y salinas en Perú.

Bioma	Salares o salinas	Ubicación	Referencia
Costa	Depresión Las Salinas	Piura y Lambayeque	Christol et al. (2016)
	Salina Grande en Sechura	Piura	Christol et al. (2016)
	Laguna la Niña	Piura	IMARPE (2019)
	Salar de Negritos en Talara	Piura	Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo - Piura,(2024)
	Salinas de Otuma	Ica	INGEMMET (2003)
Andes	Laguna de Salinas y Aguada Blanca	Arequipa y Moquegua	SERNANP (2019)
	Laguna de San Juan de Salinas	Puno	INGEMMET (2012)
	Salar Laguna Blanca	Tacna	INGEMMET (2018)
	Laguna Loriscota	Puno	INGEMMET (2018)
	Laguna Vilacota	Tacna	INGEMMET (2018)
	Laguna Vizcacha	Moquegua	INGEMMET (2009)

Fuente: Elaboración propia..

3.4.2. Preparación de los datos

La clasificación de las clases Superficie salina costera (ID 52) y Superficie de salar (ID 61) comenzó con la delimitación de las áreas de clasificación. Como referencia inicial se utilizó la capa acumulada de cuerpos salinos de la Colección 3.0.⁵ Esta capa fue empleada como base para localizar las superficies previamente identificadas, pero no se utilizó como una delimitación espacial rígida. Durante la revisión de los mosaicos anuales Landsat, el área de clasificación fue ajustada mediante criterio visual del intérprete. Cuando se observó una expansión de una superficie salina fuera del límite inicial, el área de clasificación se amplió para incorporar dicha extensión. Asimismo, cuando se identificaron nuevas superficies salinas alejadas de las áreas previamente registradas en la Colección 3.0, estas fueron incorporadas mediante la ampliación o creación de nuevas áreas de clasificación. De esta manera, la delimitación utilizada en la Colección 4.0 permitió conservar la información histórica disponible y, al mismo tiempo, incluir cambios espaciales y nuevas superficies identificadas durante el periodo 1985–2025.

3.4.2.1. Superficie salina costera

El color de las superficies salinas costeras tiene tonalidades turquesa y blanco en años en los que ha existido evaporación abundante o total, mientras que en años relacionados con El Niño, se observa como un espejo de agua. La Tabla 3 muestra los valores del índice de salinidad recogidos en los años de ausencia de agua. La superficie salina costera ejemplo se ubica al lado de la mina Bayovar-Miskimayo en Sechura - Piura como se aprecia en la Figura 4.

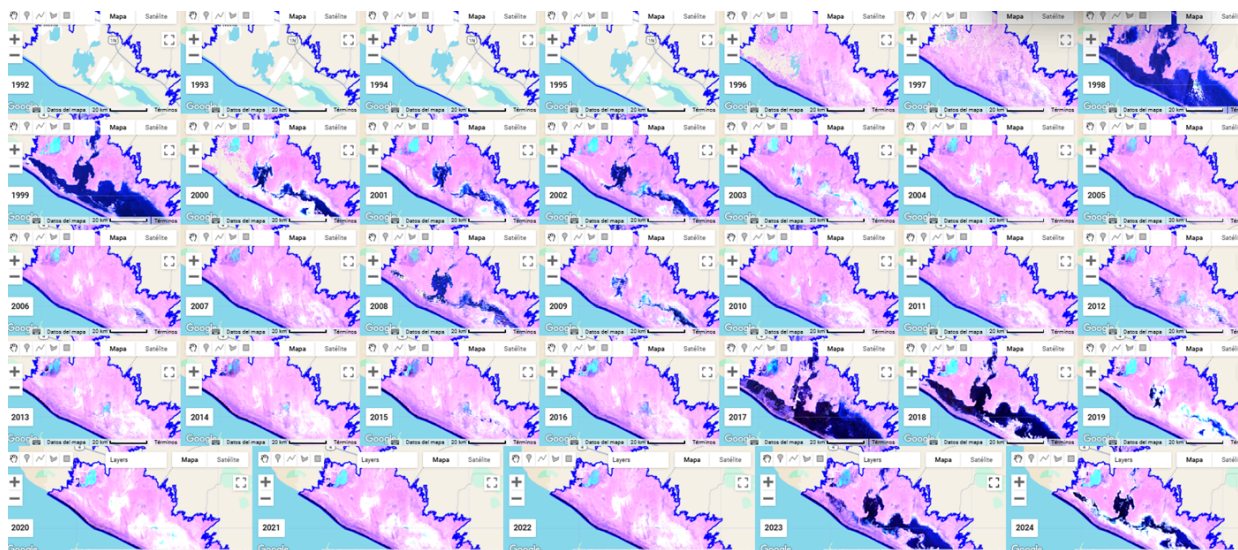


Figura 4. Comportamiento anual del cuerpo salino costero ubicado entre Piura y Lambayeque en el periodo 1985-2025, mosaicos de bandas SWIR 1, NIR, Red.

⁵ Para mayor información visite el ATBD Cuerpos Salinos Colección 3.0.

3.4.2.2. Superficie de salar

Las superficies de salares tienen el comportamiento de colores turquesas y azules brillantes y claros; como se aprecia en los mosaicos de los años 1990,1991 y 1992 (Figura 5) del caso de ejemplo laguna San Juan Salinas en Puno. Estos años se corroboran con la Tabla 4 de los índices de salinidad superiores al valor de 4000.



Figura 5. Comportamiento del Salar San Juan Salinas en Puno en el periodo 1985-2025, mosaicos de bandas SWIR1, NIR, Red.

3.4.3. Algoritmo de clasificación

El proceso de clasificación se ejecuta de manera automatizada sobre la serie temporal de 41 años (1985-2025) y consta de dos etapas principales de refinamiento espectral y ajuste regional:

3.4.3.1. Filtro de refinamiento espectral dinámico

Utilizando el área de referencia calculada, se calculan el NDWI y el Índice de Salinidad (SI) para cada año. Para mitigar el efecto de sombras topográficas, humedad residual o cuerpos de agua someros, se aplica una máscara estricta donde el pixel debe cumplir con $NDWI < 0$ y un valor mínimo en la banda SWIR2. El umbral de la banda SWIR2 ($swir2_thr$) se calibra dinámicamente en función de la humedad media regional calculada mediante NDWI; si la región presenta alta humedad ($NDWI > -0.2$), el umbral base de SWIR2 se reduce a la mitad para flexibilizar la búsqueda en periodos húmedos.

3.4.3.2. Normalización regional de umbrales

La dinámica interanual de los cuerpos salinos requiere separar las firmas espectrales estables de aquellas mezcladas o con sedimentos ("salar sucios").

- **Salar Principal:** Se define mediante un umbral fijo estricto.
- **Salar Sucio:** Se calcula un umbral adaptativo anual basado en la estadística espacial de la región ($\text{Media} + 1.5 \times \text{Desviación Estándar del SI}$), con un valor tope de 4400 que puede actuar como respaldo en años de extrema reflectancia.

Debido a la heterogeneidad de las firmas espectrales de los cuerpos salinos en el bioma andes y costa que varían críticamente en función de la altitud, las dinámicas climáticas e hidrológicas a nivel regional y la composición mineralógica de la superficie se aplicó un rango diferente para aquellos cuerpos ubicados en la costa y los andes como se detalla a continuación:

Regiones de la Costa (Umbrales Altos: 4300 - 4400): En el desierto costero, la extrema aridez y los eventos periódicos como El Niño regulan la exposición del suelo desnudo y los niveles de salinidad. Las salinas costeras operan frecuentemente bajo filtraciones marinas y tasas de evaporación costeras muy específicas. La alta reflectancia de las arenas desérticas circundantes genera un ruido de fondo que obliga al algoritmo a exigir umbrales del Índice de Salinidad (SI) notablemente más altos (generalmente mayores a 4200) para separar la sal pura de las playas y dunas colindantes.

Regiones de los Andes (Umbrales Bajos/Moderados: 3200 - 3800): Los salares altoandinos son humedales dinámicos ubicados en depresiones montañosas. Su signature espectral interactúa constantemente con la presencia estacional de espejos de agua someros, bofedales y suelos volcánicos oscuros. Al haber fondos topográficos con menor reflectancia base que los desiertos costeros, los umbrales requeridos para aislar el mineral salino son menores (rango de 3200 a 3500 en la mayoría de los casos), lo que permite capturar de manera precisa las firmas de sal en entornos de alta montaña.

Incluso dentro de un mismo bioma, existen microclimas y particularidades locales. Por lo cual la aplicación variable dentro de un mismo bioma responde a las adaptaciones a las condiciones de humedad local y composición litológica de cada cuenca endorreica o humedal costero analizado, maximizando la precisión del mapeo interanual.

Tabla 6. Parámetros de clasificación por región.

Región de clasificación	slopeThr ⁶	swir2_thr ⁷	Umbral Salar Principal	Umbral Salar Sucio
70416	8	500	3500	3000
70417	8	500	3500	2500
70411	8	500	3200	2500
70414	8	500	3800	3700
70504	8	500	4400	4300
70503	8	500	4300	4200

⁶ El parámetro slopeThr corresponde al umbral máximo de pendiente, expresado en grados.

⁷ El parámetro swir2_thr representa el umbral base de la banda SWIR2 en la escala radiométrica de los mosaicos de MapBiomias Perú Colección 4.0.

70508	8	500	4400	4300
70509	8	500	4300	4200

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Posclasificación

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.

3.5.1. Llenado de vacíos de información - Filtro Gap fill

El filtro de relleno de vacíos temporales (Gap Fill) se aplicó con el objetivo de completar los píxeles sin información presentes en la serie anual de clasificación. Previamente, se aseguró la existencia de una banda correspondiente a cada año del periodo 1985–2025. Cuando alguna banda anual no se encontraba disponible en la clasificación de entrada, esta se incorporó como una banda enmascarada. Asimismo, los píxeles sin información o con valor igual a cero fueron tratados como datos enmascarados antes de ejecutar el filtro.

El procedimiento se realizó mediante dos barridos consecutivos de la serie temporal. En el primer barrido, ejecutado desde el inicio hacia el final de la serie (1985–2025), los píxeles sin información fueron completados utilizando el último valor válido disponible en los años precedentes. De esta manera, cuando se presentaron vacíos consecutivos, el último valor válido observado se propagó hacia los años siguientes.

Posteriormente, se realizó un segundo barrido en sentido inverso, desde el final hacia el inicio de la serie (2025–1985). Este segundo recorrido permitió completar los vacíos que no pudieron ser rellenados durante el primer barrido, principalmente aquellos localizados al inicio de la serie temporal, utilizando para ello el valor válido posterior más próximo. (ver Figura 6).

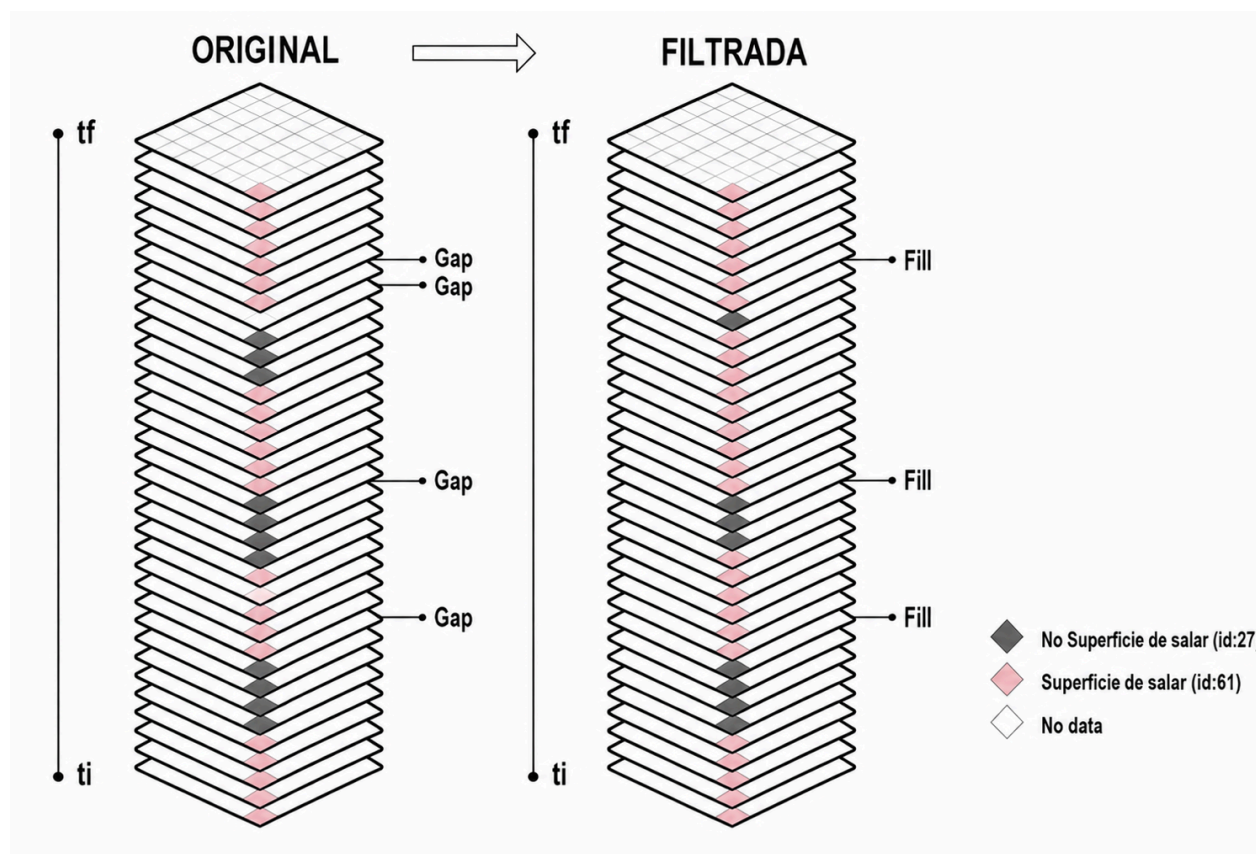


Figura 6. Esquema de funcionalidad de filtro Gap Fill para la clase Superficie de salar, en donde ti representa el primer año y tf el último año.

3.5.2. Filtro espacial

Como etapa posproceso se aplica una restricción de conectividad espacial mediante la función `connectedPixelCount`, requiriendo que los parches mínimos detectados tengan al menos 3 píxeles conectados (bajo conectividad de 8 vecinos) para eliminar falsos positivos aislados.

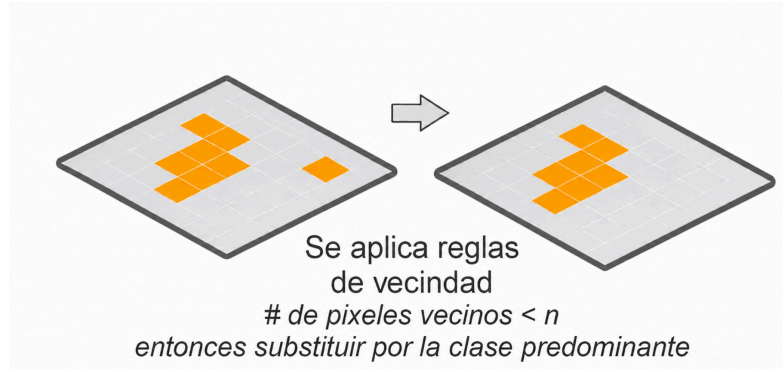


Figura 7. Esquema de funcionalidad de filtro espacial.

Posteriormente, se realizaron verificaciones visuales mediante los mosaicos SWIR1-NIR-Red del periodo 1985–2025, evaluando la coherencia temporal y espacial de las superficies salinas costeras y los salares. La revisión consideró los valores del Índice de Salinidad y los umbrales

definidos para cada región de clasificación, además de la información bibliográfica disponible sobre los principales cuerpos salinos del Perú.

3.6. Integración

El resultado nacional de las clases Superficie salina costera (ID 52) y Superficie de salar (ID 61) fueron posteriormente incorporados al mapa general mediante las reglas de prevalencia definidas para la integración de la Colección 4.0 de MapBiomás Perú, descritas en detalle en el ATBD General.

3.7. Resumen metodológico

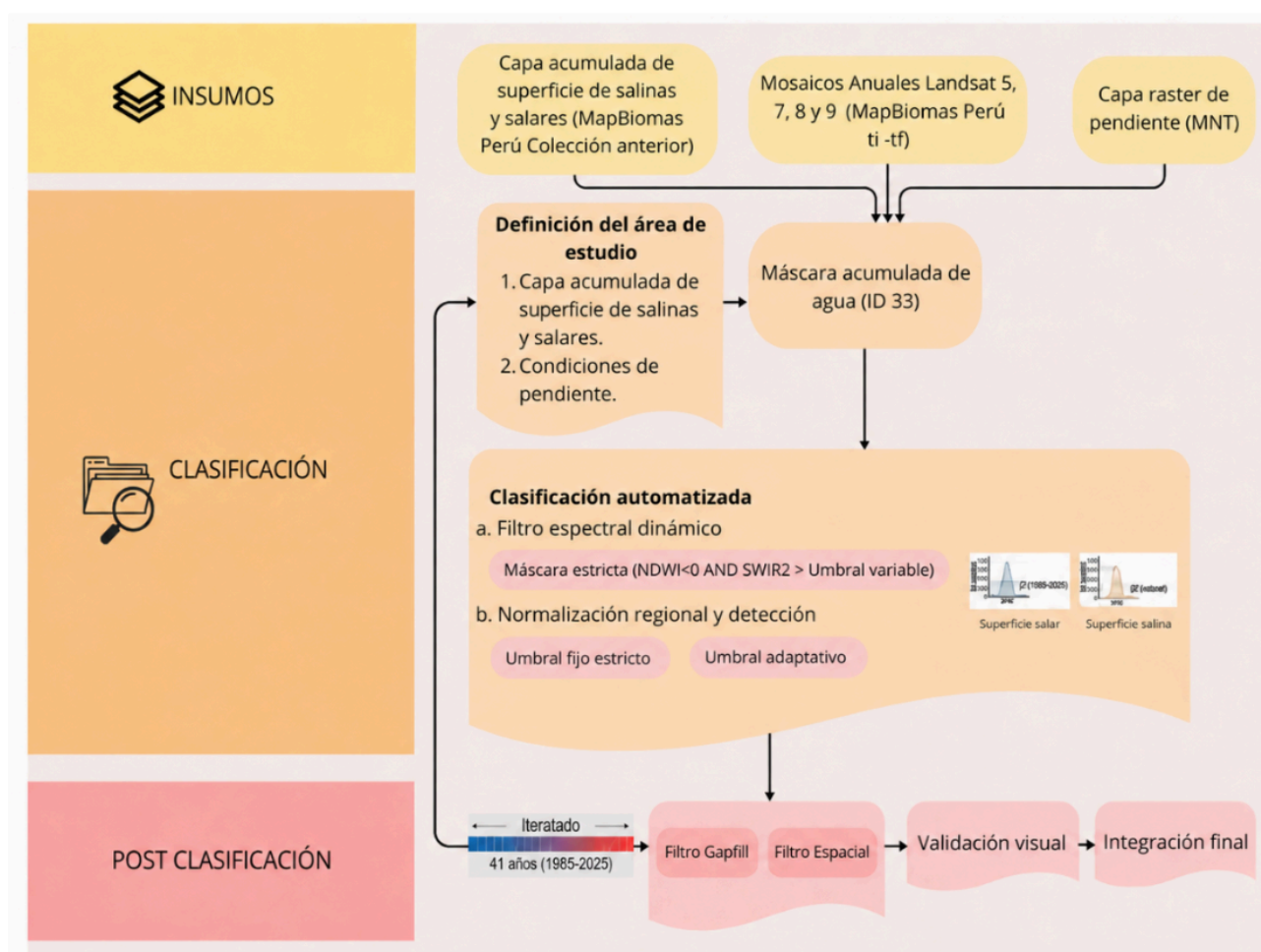


Figura 8. Flujo metodológico de la clasificación de Cuerpos salinos, en donde ti representa el primer año y tf el último año.

4. Referencias

Asociación Mexicana de la Industria Salinera (AMISAC). (2017) Producción de sal. México D.F: AMISAC.

Christol, A., Wuscher, P., Goepfert, N., Mogollón, V., Béarez, P., Gutiérrez, B., & Carré, M. (2016). The Las Salinas palaeo-lagoon in the Sechura Desert (Peru): Evolution during the last two millennia. *The Holocene*, 27(1), 26–38. <https://doi.org/10.1177/0959683616646182>

El Salar de Negritos es declarado de interés regional para el turismo. (2024). Noticias - Dirección Regional De Comercio Exterior Y Turismo - Piura - Plataforma Del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/regionpiura-dircetur/noticias/1069367-el-salar-de-negritos-es-declarado-de-interes-regional-para-el-turismo>

Fundación Tantí. (2024). *Los Salares son Humedales: Protección de los salares andinos*. [Publicación de Fundación Tantí](#)

Inchaústegui Pérez, C. M. (2020). *Identificación, delimitación y tipificación de los humedales costeros de los departamentos de Lima e Ica*. Ministerio del Ambiente – GIZ. [Ficha del documento en SINIA-MINAM](#)

INGEMMET. (2003). MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS CUADRÁNGULOS DE CHINCHA (27-k) Y PISCO (28-k). <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/P-384.pdf>

INGEMMET. (2009). Litio. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/1956/1/A6483-Litio.pdf>

INGEMMET. (2012). Estudio geológico económico de rocas y minerales industriales en la región Puno. Boletín, Serie B: Geología Económica, 30, 229 p.

INGEMMET. (2018). LITIO MINERAL INDUSTRIAL EN EL AVANCE TECNOLÓGICO. <https://portal.ingemmet.gob.pe/documents/59082/944475/091-2018-DRME.pdf>

IMARPE. (2019). FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LA LAGUNA LA NIÑA 2017, UTILIZANDO IMÁGENES SATELITALES MODIS-AQUA.

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

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

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).

MapBiomias Perú. (2025). Apéndice – Cuerpos Salinos. Tema transversal en Colección 3. Documento de Base Teórica de Algoritmos (ATBD).

Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca. (2019). Informes Y Publicaciones - SERNAP - Plataforma Del Estado Peruano.
<https://www.gob.pe/institucion/sernap/informes-publicaciones/1719015-reserva-nacional-de-salinas-y-aguada-blanca>