

# MAPBIOMAS

## PERÚ

**Apéndice - Cuerpos Salinos**

**Tema transversal en Colección 3**

**Versión 1**

**Equipo responsable**

Andrea Bravo  
Katherine Ivala  
Valeria Llactayo

## ÍNDICE

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Marco teórico</b>	<b>2</b>
<b>3. Metodología General</b>	<b>3</b>
Área de Estudio	3
Búsqueda y actualización de datos	5
Comportamiento espectral	6
Preparación del área de clasificación:	9
Mosaicos	9
Variables de Clasificación	10
Clasificación	10
<b>4. Validación</b>	<b>11</b>
<b>5. Resumen metodológico</b>	<b>11</b>
<b>6. Referencias</b>	<b>12</b>

## **1. Introducción**

Los cuerpos salinos andinos y costeros 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 cuerpos salinos andinos y costeros, en el marco de la Colección 3 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**

### **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).

Ambos términos salares y salinas son usados como sinónimos cuando se refieren a cuerpo de agua que contiene sales y están en constante evaporación, el término más usado de ambos términos es salar conocido en el ámbito de turismo y coloquial, refiriéndose a cuerpos salinos en costa o andes, a diferencia de salina que se usa al referirse a una laguna salina o un cuerpo de agua salino.

### **Salinas costeras**

Es un humedal con alta concentración de sal en el agua y el suelo; puede tener conexión temporal con el mar, pero normalmente tiene filtración subterránea de agua marina, por lo que está presente en zonas a nivel del mar o debajo del nivel de este. Está constituido por lagunas de dimensiones y aspectos variados, pozas superficiales y charcas. Cuando existe intervención antrópica, se suele aprovechar terrenos llanos, donde se deja evaporar el agua salada, para apartar solo la sal. (fuente: Propuesta de definición en el diagnóstico de humedales costeros)

## **Salares andinos**

Los salares son un tipo de humedal altoandino, sistemas hidrológicos que se encuentran a más de tres mil metros sobre el nivel del mar. El agua se acumula en depresiones formadas entre cadenas montañosas, ya que la tasa de evaporación supera la de precipitación. Las sales se transportan principalmente por escorrentía superficial, viento o agua subterránea, para luego depositarse y acumularse. Ocasionalmente, pueden formarse lagunas o incluso ojos de agua en el interior de los salares.

<https://www.fundaciontanti.org/wp-content/uploads/2024/04/LIBRILLO-SALARES-SO-N-HUMEDALES.pdf>

## **Salineras**

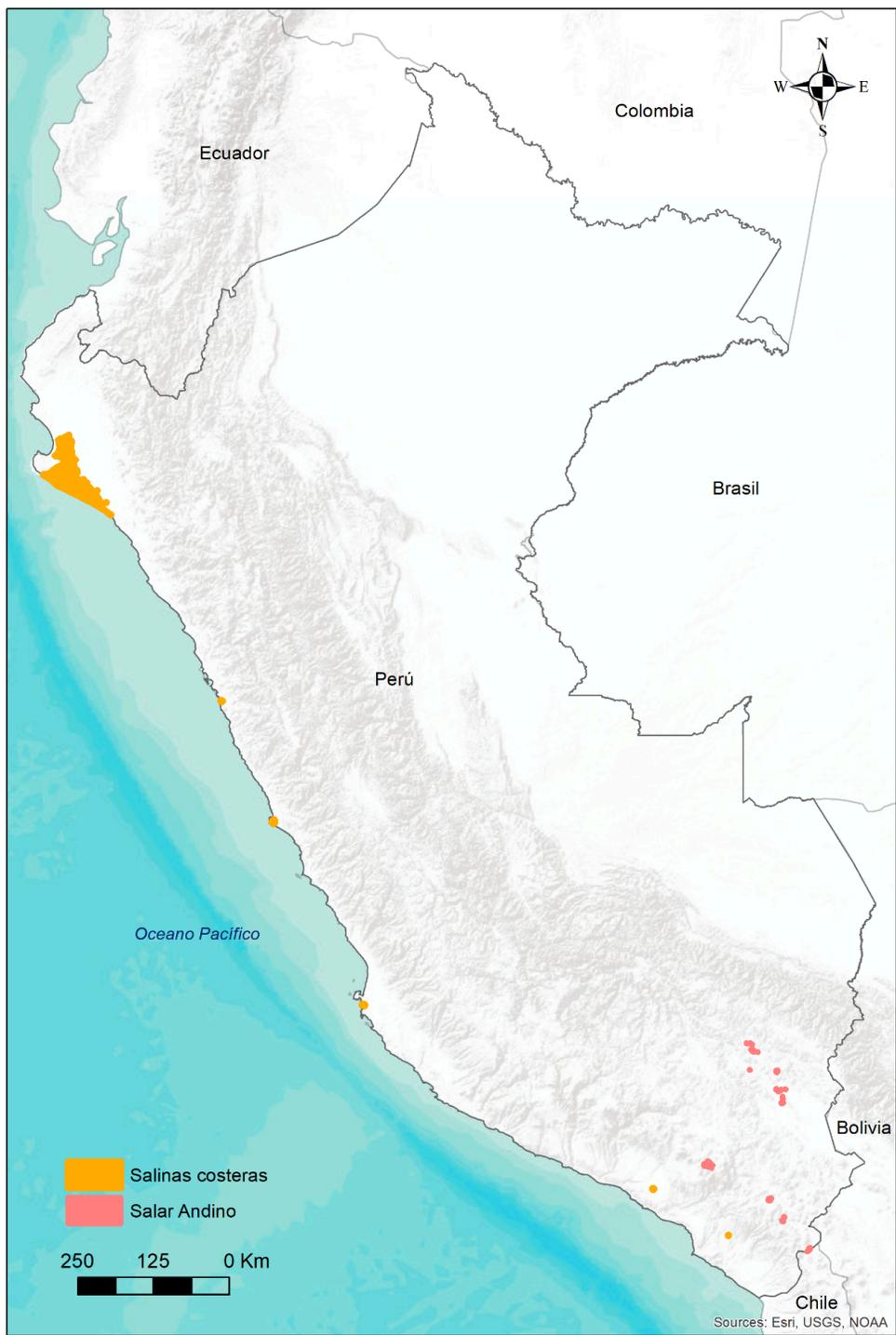
Salinera es el nombre que reciben los lugares que se encargan de extraer la sal del agua salada, para poder procesarla y utilizarla. Estos lugares son minas de sal ya que se dedican a la producción de la sal, en cada una de sus etapas y modalidades. (AMISAC,2017). Un ejemplo claro es la Salinera de Maras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

Es importante señalar la diferencia entre salina costera, 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 Salera de Otuma en Ica. En este informe solo se habla de clasificar solo salares y salinas, ya que varias salineras se encuentran dentro de la capa de minería.

### **3. Metodología General**

#### **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.



**Figura 1.** Distribución espacial de los cuerpos salinos costeros y andinos

## Búsqueda y actualización de datos

Se realizó un recopilado bibliográfico de salares y salinas más conocidos en Perú en costa y andes (Tabla 1), la identificación de estos cuerpos nos proporcionó una referencia de su comportamiento espectral y así poder validar nuevos cuerpos identificados por la metodología.

**Tabla 1.** Recopilación bibliográfica de salares y salinas conocidos en Perú.

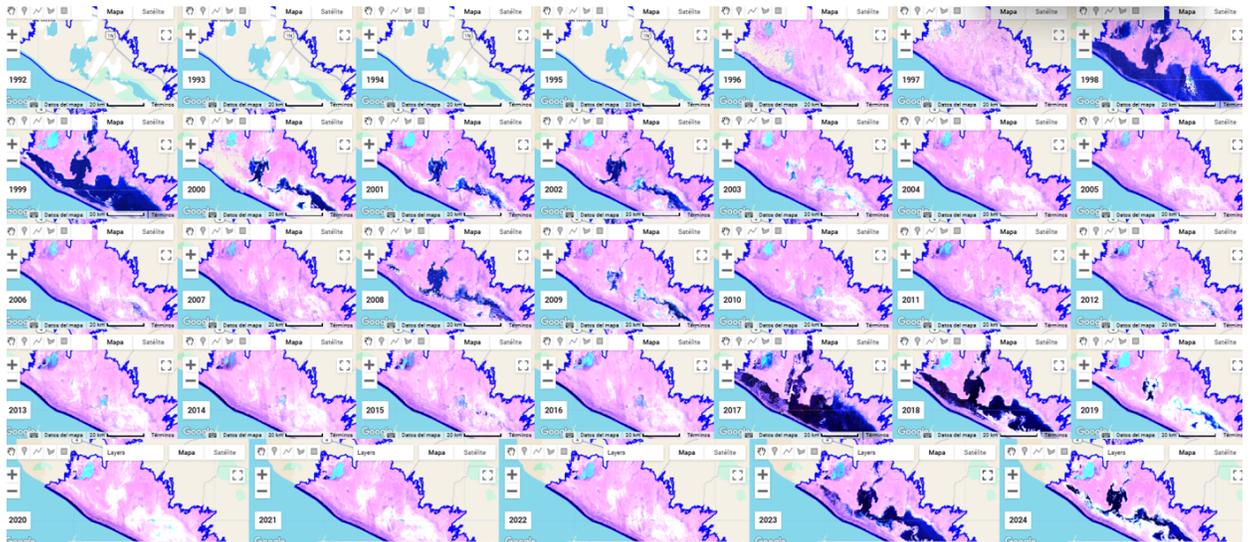
<b>Bioma</b>	<b>Salares o salinas</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Referencia</b>
Costa	Depresión Las Salinas	Piura y Lambayeque	Christol et al. (2016)
	Salina Grande en Sechura	Piura	Christol et al. (2016)
	Laguna la Niña	Piura	IMARPE (2019)
	Salar de Negritos en Talara	Piura	Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo - Piura,(2024)
	Salinas de Otuma	Ica	INGEMMET (2003)
Andes	Laguna de Salinas y Aguada Blanca	Arequipa y Moquegua	SERNAP (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 (2025).

## Comportamiento espectral

### Salinas costeras

El color de los cuerpos salinos costeros 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 (**Figura.**). La Tabla X muestra los valores del índice de salinidad recogidos en los años de ausencia de agua. El salar ejemplo se ubica al lado de la mina Bayovar-Miskimayo (naranja) en Sechura - Piura como se aprecia en la **Figura 6.**



**Figura 7.** Comportamiento anual del cuerpo salino costero ubicado entre Piura y Lambayeque en el periodo 1985-2024, mosaicos de bandas SWIR 1, NIR, Red.

**Tabla 3.** Índices de salinidad del cuerpo salino costero

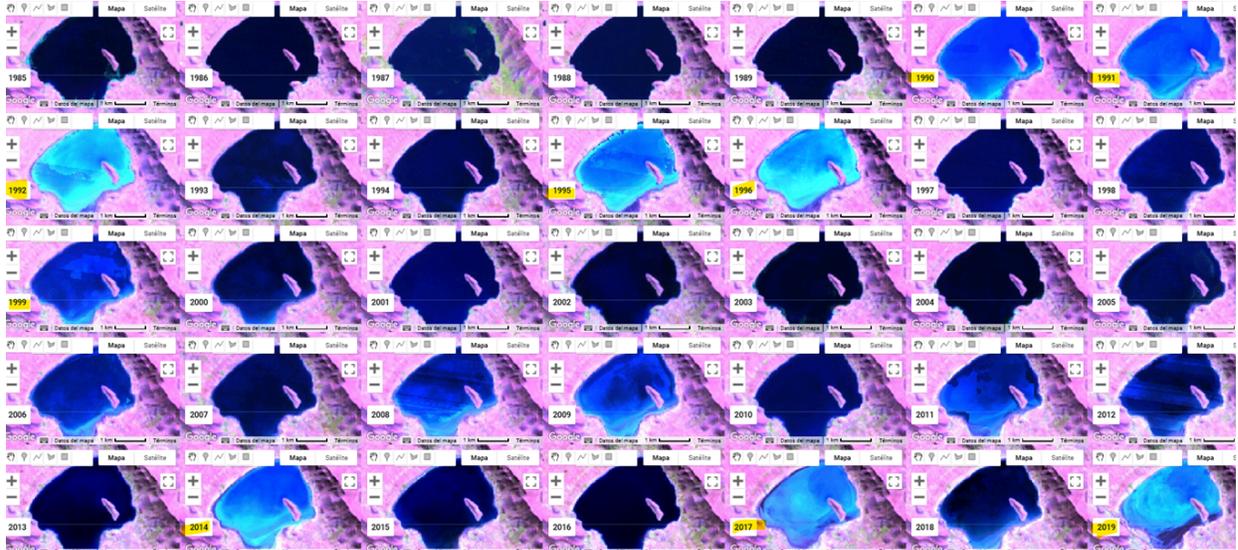
AÑO	ÍNDICE DE SALINIDAD
1997	5839.61
2001	4356.46
2002	4967.59
2003	5603.91
2004	5793.44
2005	5648.67

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:** Elaboración propia (2025).

### **Salar andino**

Los salares andinos 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 4) del caso de ejemplo laguna San Juan Salinas en Puno. Estos años se corroboran con la Tabla 2 de los índices de salinidad superiores al valor de 4000.



**Figura 4.** Comportamiento del Salar San Juan Salinas en Puno en el periodo 1985-2024, mosaicos de bandas SWIR1, NIR, Red.

**Tabla 2.** Índices de salinidad del Salar San Juan Salinas - Puno

<b>AÑO</b>	<b>ÍNDICE DE SALINIDAD</b>
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:** Elaboración propia (2025).

### **Preparación del área de clasificación:**

La clasificación de los cuerpos salinos comienza con la delimitación de las zonas de estudio. Al tener una variación entre espejo de agua y suelo descubierto, se utilizó la capa acumulada de los cuerpos de agua obtenido de la última colección de MapBiomias Agua (ID: 33) , y de la capa de área sin vegetación (ID: 25) de la última colección de mapas de cobertura y uso de MapBiomias Perú. Esto se hizo para poder evitar clasificaciones erróneas en otros tipos de cobertura y para recopilar las variaciones anuales de cada clase. Seguidamente, se aplicó un condicional de pendiente para eliminar aquellas zonas de sombras en las pendientes de montaña que han sido erróneamente identificadas como cuerpos de agua. Finalmente, debido a que algunos cuerpos salinos se consideran como actividad minera, se utilizó la capa de la clase Minería (ID: 30) para excluir dichas regiones de la clasificación.

### **Mosaicos**

Esta metodología utiliza la colección MapBiomias de mosaicos anuales de imágenes Landsat 5, 7, 8 y 9 que son el resultado de un proceso de parametrización donde se seleccionan las imágenes de mejor calidad para su posterior uso y están almacenados en las siguientes rutas:

*projects/nexgenmap/MapBiomias2/LANDSAT/PANAMAZON/mosaics-2,*  
*projects/mapbiomas-raisg/MOSAICOS/mosaics-2*

Pará más información sobre la construcción de los mosaicos Anuales, sírvase ver el ATBD General MapBiomias Perú 3.0.

### **Variables de Clasificación**

En la Tabla 4 se listan los índices espectrales y bandas utilizadas para la clasificación, el índice de salinidad usa las bandas blue, green, red con la fórmula que se muestra en la tabla, y para reconocer los comportamientos de los cuerpos salares andinos y costeros en el periodo de tiempo (1985 - 2024) se usaron la combinación de las bandas WIR1, NIR, Red.

**Tabla 4.** Índice espectral y bandas utilizadas para la clasificación

<b>Banda</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Reductor</b>
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
salinity index (SI)	Bannari et al.,2008	$(G \times R) / (B)$	Median

Fuente: MapBiomias (2023)

### **Clasificación**

Utilizando la capa de zonas de estudio, se cortaron los mosaicos y se calculó el índice de salinidad.

El índice de salinidad (Salinity Index) por Bannari et al.,2008 propone el índice para la detección e identificación de minerales salinos, al menos cuando son el componente dominante del suelo.

$$\text{Salinity Index by Bannari et al.,2008 : } SI = \frac{G \times R}{B}$$

El índice de salinidad fue generado y adicionado como una banda extra para los 40 años desde 1985 hasta el 2024. Luego de ello, siguiendo la dinámica espectral interanual observada en los cuerpos salinos de referencia, los cuerpos identificados como salinos son aquellos que en su serie temporal, presenten un valor de

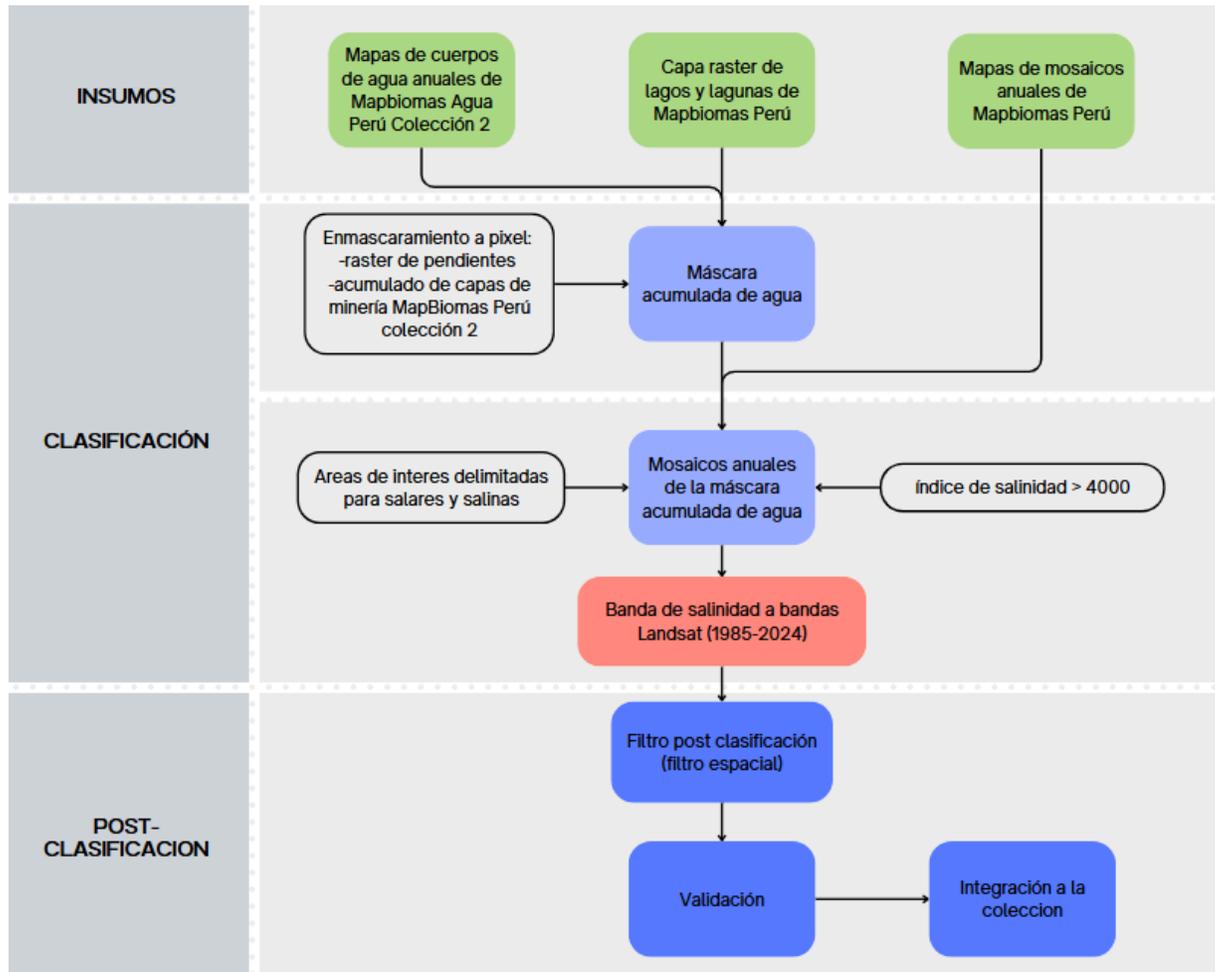
salinidad mayor a 4000 unidades por al menos 3 años. Finalmente, el proceso de post clasificación implicó la validación, la aplicación del filtro espacial y su integración con las demás capas transversales de la Colección 3 de MapBiomias Perú.

#### **4. Validación**

Posterior al proceso de clasificación se realizaron verificaciones visuales con la ayuda de mosaicos (bandas SWIR1, NIR, Red) del periodo 1985-2024 evaluando el comportamiento de los cuerpos salinos costeros y andinos, comparándolo con los años en los que el índices de salinidad presentaban valores mayores a 4000, a su vez de corroborar con revisión bibliográfica de los salares conocidos en Perú (Tabla 1).

## 5. Resumen metodológico

La Figura 2. muestra el diagrama de flujo de la metodología ya descrita.



**Figura 2.** Diagrama de flujo metodológico para la clasificación de cuerpos salinos.

## 6. 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-ne-gritos-es-declarado-de-interes-regional-para-el-turismo>

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