

MAPBIOMAS

PERÚ

Apéndice - Lomas Costeras

Tema transversal en Colección 3

Versión Beta

Equipo responsable

Andrea Bravo
Valeria Lactayo
Massiel Quilca

ÍNDICE

1. Introducción	3
2. Marco teórico	4
3. Metodología	5
Área de Estudio	5
Mosaicos de Imágenes	6
Indices espectrales	7
Clasificación	8
Post - Clasificación	9
7. Referencias	10

1. Introducción

Las lomas costeras son un tipo de cobertura estacional que proveen servicios ecosistémicos, incluyendo la captación de niebla para la provisión de agua, estabilización de suelos, purificación del aire y hábitat para flora y fauna, incluidos polinizadores. Constituyen un reservorio genético y ofrecen potencial para el turismo sostenible. No obstante, estos ecosistemas enfrentan presiones significativas. Las amenazas principales son, el sobrepastoreo trashumante, la desertificación, los efectos del cambio climático y la expansión de la frontera agrícola y urbana. Estas presiones conllevan deterioro ambiental, pérdida de biodiversidad y reducción de la capacidad de las lomas para proveer servicios ecosistémicos.

El presente documento tiene como objetivo describir la metodología aplicada para el mapeo de lomas costeras, en el marco de la Colección 3 de MapBiomias Perú sobre Cobertura y Uso del Suelo. Esta iniciativa busca aportar información multitemporal sobre esta cobertura, resaltando su diversidad y la importancia de su correcta identificación y clasificación.

Esta metodología es una adaptación a la metodología propuesta por REMAP como una metodología piloto y se sugiere tomar los resultados como una versión 'beta' la cual tendrá mejoras con las próximas colecciones de MapBiomias Perú

2. Marco teórico

Las lomas costeras del Perú son ecosistemas estacionales con vegetación que se desarrolla en invierno y primavera, en contraste con el desierto circundante. Su formación depende de la condensación de nieblas advectivas del Océano Pacífico. El aire húmedo, transportado por vientos alisios, es enfriado por la Corriente de Humboldt. La inversión térmica restringe el ascenso de estas masas de aire húmedo a 1,000-1,200 msnm, concentrando la humedad en capas bajas. Al ascender por las estribaciones andinas, el aire húmedo se condensa y precipita como llovizna o garúa, irrigando el suelo y permitiendo el desarrollo vegetal. La Corriente de Humboldt, la inversión térmica y la condensación de la niebla son factores esenciales para la existencia de vida en este entorno árido. Las características geográficas de las colinas costeras interactúan con estos fenómenos atmosféricos, generando un microclima propicio para la vegetación (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2015). *Guía de Flora de las Lomas de Lima.*).

Estas formaciones se distribuyen linealmente a lo largo de la costa peruana, desde Trujillo hasta Tacna. Su rango altitudinal varía desde el nivel del mar hasta los 1,000-1,200 msnm, límite de la influencia de las neblinas debido a la inversión térmica. Las lomas presentan estacionalidad climática: una estación seca (diciembre-abril) con vegetación marchita, y una estación húmeda (mayo-octubre) con abundancia de nieblas que favorece el desarrollo floral.

La biodiversidad de las lomas costeras refleja la adaptación a condiciones ambientales estacionales. Estos ecosistemas presentan una riqueza biológica que contrasta con la aridez circundante, caracterizada por un alto grado de endemismo. La flora de las lomas comprende 537 especies de plantas, de las cuales 225 son endémicas. La vegetación incluye algas, líquenes, musgos, helechos y plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas. Especies como la flor de Amancaes (*Ismene amancaes*) y malváceas del género *Palaua* spp. son representativas, siendo estas últimas vulnerables a la expansión urbana (Maquera, 2013).

3. Metodología

Área de Estudio

Las lomas costeras fueron clasificadas dentro del bioma Desierto costero (Figura 1), las cuales se encuentran a lo largo del litoral peruano. Para la clasificación, se definieron cuatro (4) regiones de clasificación basadas en referencias proporcionadas por Moat et al (2017) y Minam (2023). A su vez, abarcan desde -06°LS por el norte hasta -18°LS por el sur.

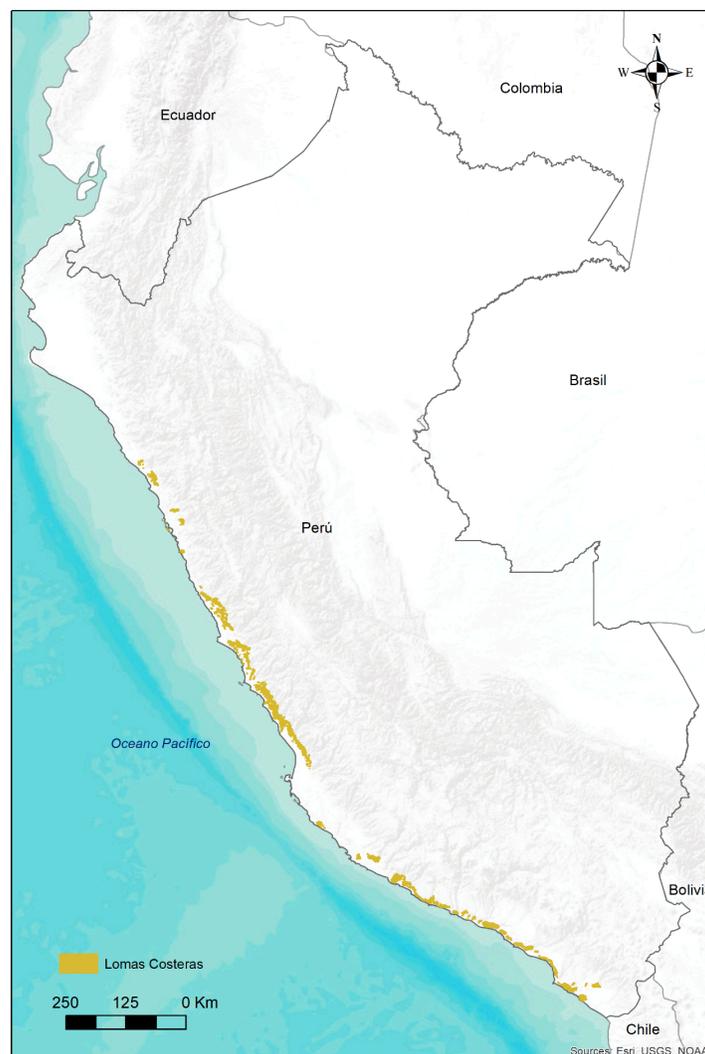


Figura 1. Área de clasificación de las Lomas Costeras

Mosaicos de Imágenes

Se accedió a colecciones de imágenes de Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM +) y Landsat 8/9 (OLI/TIRS) que cubren el período desde 1985 hasta 2024 para cada región de clasificación de las lomas costeras. Para asegurar la calidad de los datos, las imágenes fueron sometidas a un pre-procesamiento que incluye la estandarización de nombres de bandas y un enmascaramiento de nubes y sombras en el cual se aplicaron algoritmos de enmascaramiento basados en la banda QA (Quality Assessment) para eliminar píxeles afectados por nubes, sombras de nubes, nieve y cuerpos de agua

Posteriormente, se generaron mosaicos anuales para cada año del periodo de estudio. Estos mosaicos se crearon considerando dos periodos estacionales críticos para las lomas costeras peruanas:

- **Periodo Seco (P1):** Diciembre del año anterior a mayo del año en curso.
- **Periodo Húmedo (P2):** Junio a octubre del año en curso.

Para mejorar la información espectral y temporal de los mosaicos de cada periodo, se utilizó la función `qualityMosaic` basada en el índice EVI2 (Enhanced Vegetation Index 2), lo que significa que el píxel seleccionado en cada ubicación del mosaico es aquel con el valor más alto de EVI2, indicando las condiciones de vegetación más saludables o densas. Además de este mosaico de calidad, se calcularon estadísticas temporales (mediana, media, máximo, mínimo, desviación estándar y percentil 80) para cada banda espectral original en ambos periodos. Finalmente, las bandas de los mosaicos de ambos periodos se combinaron en un único mosaico anual para el proceso de clasificación.

Índices espectrales

Además de las bandas espectrales originales, se calculó un conjunto de índices espectrales para cada imagen Landsat dentro de las colecciones anuales. Los índices utilizados fueron:

Índice	Expresión (Bandas de Landsat)
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$(\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$
NDWI (Normalized Difference Water Index)	$(\text{NIR} - \text{SWIR1}) / (\text{NIR} + \text{SWIR1})$
MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index)	$(\text{GREEN} - \text{SWIR1}) / (\text{GREEN} + \text{SWIR1})$
SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)	$1.5 * (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED} + 0.5)$
PRI (Photochemical Reflectance Index)	$(\text{BLUE} - \text{GREEN}) / (\text{BLUE} + \text{GREEN})$
CAI (Cellulose Absorption Index)	$\text{SWIR2} / \text{SWIR1}$
EVI (Enhanced Vegetation Index)	$2.5 * ((\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + 6 * \text{RED} - 7.5 * \text{BLUE} + 1))$
EVI2 (Two-band Enhanced Vegetation Index)	$2.5 * ((\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + 2.4 * \text{RED} + 1))$
HALLCOVER	$(-\text{RED} * 0.017 - \text{NIR} * 0.007 - \text{SWIR2} * 0.079 + 5.22)$
GCVI (Green Chlorophyll Vegetation Index)	$(\text{NIR} / \text{GREEN} - 1)$
LAI (Leaf Area Index)	$(0.3977 * \exp(2.5556 * (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})))$

Clasificación

La etapa de clasificación se llevó a cabo anualmente, utilizando el modelo de clasificación supervisada Random Forest sobre los mosaicos e índices espectrales generados.

Preparación de Datos de Entrenamiento

Para entrenar el clasificador, se utilizó el mapa de referencia de lomas costeras del MINAM (2023). Este mapa sirvió como base para identificar dos clases principales de interés: "Lomas Costeras" (valor 1) y "No Lomas Costeras" (valor 0). A partir de este mapa, se recolectaron muestras de entrenamiento estratificadas para cada año. El muestreo estratificado se utilizó para asegurar que el número de puntos de entrenamiento para cada clase (lomas y no lomas) sea proporcional a su área de cobertura dentro de la región de interés y evitar sesgos.

Entrenamiento del Clasificador Random Forest

El modelo de clasificación empleado fue un Random Forest (Bosque Aleatorio), configurado con 60 árboles.

El clasificador fue entrenado con las muestras estratificadas de lomas y no lomas y utilizando todas las bandas de los mosaicos anuales (bandas espectrales e índices calculados para los periodos húmedo y seco) como variables predictoras.

Generación del Mapa de Probabilidad y Clasificación Final

Una vez entrenado, el clasificador se aplicó a cada mosaico anual para generar un mapa de probabilidad. Se aplicó un umbral de confianza del 40% donde los píxeles con una probabilidad de ser "Lomas Costeras" igual o superior al 40% fueron clasificados como tales.

Años sin clasificación

Debido a la alta nubosidad característica de las regiones de lomas costeras, la clasificación no fue posible en algunos años (tabla x) debido a la falta de píxeles limpios. Para ello, se generaron bandas de "clasificación" con un valor constante de cero, asegurando que la serie temporal sea completa y que cada año tenga una banda asignada, incluso si no hubo una clasificación activa en ese periodo. Finalmente, todas las bandas, fueron agrupadas en una imagen multibanda

Tabla 1. Años de la serie histórica sin clasificación por falta de píxeles de mosaico

Región	Años faltantes
70582	2009, 2010
70583	0
70584	1985, 86, 87
70585	1987

Post - Clasificación

Aplicación de Filtros Espaciales y Temporales

Se aplicaron filtros espaciales y temporales. Los filtros espaciales emplearon un umbral de 6 píxeles conectados para eliminar clasificaciones aisladas o fragmentos pequeños considerados "ruidos". Los filtros temporales utilizaron ventanas móviles y umbrales (7, 5 o 3 años con 3 o 2 años de persistencia, respectivamente) para corregir cambios momentáneos y suavizar la serie temporal. Adicionalmente, se implementó un filtro de persistencia de 5 años para las clasificaciones recientes (a partir de 2018) y un filtro de relleno de brechas temporales (GapFill) para completar años donde la clase no fue detectada pero estaba presente antes y después. Para saber más detalle de esta metodología puede consultar el documento metodológico de Weber et al., (2025)

7. Referencias

- Claros Maquera, D. (2013). *Gestión del Agua y Biodiversidad en la Reserva Nacional de Lachay* Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP).
- Geoportal de las lomas de Lima. (s.f.). geolomera.maps.arcgis.com. Recuperado el 24 de septiembre de 2024, de <https://geolomera.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=485e6988822b486e8a35bbf5d2df33f4>
- Gonzales.F. , Craven.D. & Armesto.J. (2023). Islands in the mist: A systematic review of the coastal lomas of South America. *Journal of Arid Environments*. Volume 211. 104942. ISSN 0140-1963. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2023.104942>.
- Moat. J., Orellana. A., Tovar. C., Arakaki. M., Arana.C., Cano.A., Faundez.L., Gardner.M., Hechenleitner.P., Hepp.J., Lewis.G., Mamani.J., Miyasiro.M., Whaley.O. (2021). Seeing through the clouds – Mapping desert fog oasis ecosystems using 20 years of MODIS imagery over Peru and Chile.) *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Volume 103. ISSN 1569-8432. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102468>.
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. Recuperado el 24 de septiembre de 2024, de <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>
- Ministerio del Ambiente, Dirección General de Ordenamiento Territorial y Gestión Integrada de los Recursos Naturales, & Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Naturales del Territorio. (2023). *Memoria descriptiva: Actualización del ecosistema de Lomas Costeras del Mapa Nacional de Ecosistemas 2023*.
- Weber, E., Santos, K. S. M., & Teixeira Junior, P. D. P. (2025). *MapBiomass General "Handbook" - Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) - Collection 9 - Agriculture and Forest Plantation - Appendix (V1)*. MapBiomass Data. <https://doi.org/10.58053/MapBiomass/H8H8MX>