

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental



TESIS

Vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangamarca: Desarrollo de una propuesta metodológica para analizar y evaluar el cambio climático y presiones antrópicas en San Juan de Lurigancho

Para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental

Elaborado por

Carla Elizabeth Lino Cotrina

 [0009-0006-3289-8451](https://orcid.org/0009-0006-3289-8451)

Asesor

MSc. Nazario Enrique Ruiz Tejedo

 [0000-0003-2756-7579](https://orcid.org/0000-0003-2756-7579)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Lino Cotrina [1]
Referencia/Reference	[1] C. Lino Cotrina, “ <i>Vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangamarca: Desarrollo de una propuesta metodológica para analizar y evaluar el cambio climático y presiones antrópicas en San Juan de Lurigancho</i> ” [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Lino, 2025)
Referencia/Reference	Lino, C. (2025). <i>Vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangamarca: Desarrollo de una propuesta metodológica para analizar y evaluar el cambio climático y presiones antrópicas en San Juan de Lurigancho</i> [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Resumen

La presente investigación busca evaluar la vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangamarca frente al cambio climático y las presiones antrópicas, a partir de una propuesta metodológica integral considerando los componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. La investigación presentó un enfoque con carácter descriptivo y exploratorio, basado en la revisión bibliográfica de fuentes científicas, inventarios de flora y fauna y portales oficiales de información geográfica.

La aplicación de la metodología en el ecosistema de las Lomas de Mangamarca reveló un alto grado de exposición, debido a la alta exposición climática proyectada para los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 para el periodo 2040-2059, así como por la afectación de 68.71% de la superficie del ecosistema producto de las actividades humanas intensivas y moderadas. Así mismo, se identificó un bajo grado de sensibilidad a nivel del ecosistema y una baja capacidad adaptativa en términos de gestión, principalmente promovido por la reducida colaboración de los actores estratégicos. En conjunto, la aplicación de la propuesta metodológica concluyó que las Lomas de Mangamarca presentan una vulnerabilidad alta frente a los escenarios de cambio climático y las presiones antrópicas actuales

Por tal motivo, se espera que los resultados favorezcan la gestión y conservación del ecosistema de las Lomas de Mangamarca por parte de los gobiernos regionales, locales u otras instituciones pertinentes. Además, se espera que la metodología pueda ser replicada en estudios similares para las lomas costeras u otros ecosistemas naturales con influencia urbana.

Palabras clave — Vulnerabilidad, cambio climático, loma costera, presión antrópica, mitigación, adaptación

Abstract

This research aims to evaluate the ecosystem vulnerability of the Lomas de Mangomarca to climate change and anthropogenic pressures, through the development of a comprehensive methodological approach that incorporates the components of exposure, sensitivity, and adaptive capacity. The study adopted a descriptive and exploratory design, based on an extensive review of scientific literature, flora and fauna inventories, and official geographic information portals.

The application of the proposed methodology to the Lomas de Mangomarca ecosystem revealed a high degree of exposure, associated with the projected climatic impacts under scenarios SSP2-4.5 and SSP5-8.5 for the period 2040–2059, as well as with the alteration of 68.71% of the ecosystem's surface due to intensive and moderate human activities. Additionally, the results indicated a low level of sensitivity at the ecosystem scale and a limited adaptive capacity in terms of management, largely constrained by the reduced collaboration among key stakeholders. Collectively, these findings demonstrate that the Lomas de Mangomarca present high vulnerability to both projected climate change scenarios and current anthropogenic pressures.

Accordingly, the results are expected to favour the management and conservation of the Lomas de Mangomarca ecosystem by regional and local governments or other relevant institutions. Furthermore, it is hoped that the methodology can be replicated in similar studies for coastal hills or other natural ecosystems with urban influence.

Keywords - Vulnerability, climate change, coastal ridge, anthropogenic pressure, mitigation, adaptation

Tabla de Contenido

Resumen	iii
Abstract	iv
Introducción	xii
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Descripción del problema de investigación.....	2
1.2.1. Realidad problemática.....	2
1.2.2. Formulación del problema.....	4
1.2.3. Justificación e importancia del estudio	4
1.3. Objetivos del estudio	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivo específico	5
1.4. Hipótesis	5
1.4.1. Hipótesis general	5
1.4.2. Hipótesis específicas	5
1.5. Antecedentes referenciales	6
1.5.1. Antecedentes internacionales	6
1.5.2. Antecedentes nacionales	8
Capítulo II. Marco teórico y conceptual	13
2.1. Marco teórico	13
2.1.1. Vulnerabilidad	13
2.1.1.1. Exposición.....	15
2.1.1.2. Sensibilidad.....	15
2.1.1.3. Capacidad Adaptativa	15
2.1.2. Cambio climático.....	16
2.1.2.1. Cambio climático en el Perú.....	19
2.1.2.2. Instituciones relacionadas al cambio climático	22
2.1.2.3. Escenarios de emisiones	23
2.1.2.4. Modelos climáticos.....	24
2.1.2.5. Proyecciones del clima.....	25
2.1.3. Lomas costeras.....	26

2.1.3.1. Lomas en Lima	28
2.1.3.2. Importancia de las lomas costeras	29
2.1.3.3. Principales problemáticas de las lomas.....	30
2.2. Marco conceptual	31
2.2.1. Presión antrópica	31
2.2.2. Expansión urbana	31
2.2.3. Ecosistema	32
2.2.4. Ecosistema urbano	32
2.2.5. Impacto potencial	32
2.2.6. Peligro.....	32
2.2.7. Riesgo.....	33
2.2.8. Resiliencia.....	33
2.2.9. Fragilidad	33
2.2.10. Medidas de prevención	33
2.2.11. Medida de adaptación.....	33
2.2.12. Medidas de mitigación.....	34
2.2.13. Efecto invernadero	34
2.2.14. Sistema climático	34
2.2.15. Servicios ecosistémicos	34
2.3. Marco legal	35
2.3.1. Marco legal internacional	35
2.3.2. Marco legal nacional	35
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación	37
3.1. Área de estudio.....	37
3.1.1. Ubicación	37
3.1.2. Descripción del medio físico.....	38
3.1.2.1. Clasificación climática	38
3.1.2.2. Parámetros atmosféricos	40
3.1.2.3. Hidrografía	43
3.1.3. Descripción del medio biológico	43
3.2. Enfoque, tipo y diseño de la investigación.....	44
3.2.1. Enfoque de la investigación	44

3.2.2.	Tipo de la investigación.....	45
3.2.3.	Diseño de la investigación.....	45
3.3.	Unidad de análisis.....	46
3.4.	Técnicas e instrumentos de la investigación	46
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos	46
3.4.2.	Técnicas de análisis y generación de información geográfica	47
3.4.3.	Procesamiento de datos.....	48
3.5.	Propuesta metodológica para el cálculo de la vulnerabilidad	48
3.5.1.	Exposición.....	52
3.5.1.1.	Exposición climática.....	52
3.5.1.2.	Exposición no climática	54
3.5.2.	Sensibilidad.....	55
3.5.3.	Capacidad adaptativa	58
3.6.	Resultados	63
3.6.1.	Exposición.....	64
3.6.1.1.	Exposición climática.....	64
3.6.1.2.	Exposición no climática	69
3.6.2.	Sensibilidad.....	76
3.6.2.1.	Grado de protección.....	77
3.6.2.2.	Endemismo	82
3.6.2.3.	Especies migratorias y/o especies congregatorias	90
3.6.3.	Capacidad adaptativa	92
3.6.3.1.	Monitoreo de los recursos naturales.....	93
3.6.3.2.	Aplicación de políticas públicas.....	96
3.6.3.3.	Planificación territorial	97
3.6.3.4.	Implementación de medidas	97
3.6.3.5.	Actores estratégicos.....	98
3.6.4.	Vulnerabilidad ecosistémica.....	99
	Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados	105
4.1.	Análisis de resultados	105
4.1.1.	Exposición climática.....	105
4.1.2.	Exposición no climática	106

4.1.3.	Sensibilidad.....	107
4.1.4.	Capacidad adaptativa	108
4.2.	Discusión de resultados	108
4.2.1	Respecto a la metodología.....	108
4.2.2.	Respecto a las Lomas de Mangamarca.....	110
4.3.	Aportes de tesista	111
	Conclusiones	113
	Recomendaciones	115
	Referencias bibliográficas.....	118
	Anexos	131

Lista de Figuras

Figura 1: Componentes de la vulnerabilidad	14
Figura 2: Consecuencias del calentamiento global	25
Figura 3: Lomas de Mangamarca	38
Figura 4: Ubicación de la Estación Virtual LM.....	40
Figura 5: Cambio de la temperatura prevista para SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (2040-2059) ..	66
Figura 6: Cambio de la precipitación prevista para SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (2040-2059) .	68
Figura 7: Expansión urbana en las Lomas de Mangamarca 2013-2017.....	72
Figura 8: Expansión urbana en las Lomas de Mangamarca 2018-2021.....	73
Figura 9: Expansión urbana en las Lomas de Mangamarca 2022-2023.....	74
Figura 10: Distribución de especies de flora – Grado de protección.....	80
Figura 11: Distribución de las especies de flora - Endemismo	88
Figura 12: Distribución de las especies migratorias	91
Figura 13: Visualización de las Lomas de Mangamarca - Biodiversidad	94
Figura 14: Visualización de las Lomas de Mangamarca - Amenazas.....	95

Lista de Tablas

Tabla 1: Comparación de métodos de análisis de vulnerabilidad	50
Tabla 2: Grado de exposición a variaciones de precipitación y temperatura	53
Tabla 3: Grado de exposición no climática.....	54
Tabla 4: Grado de sensibilidad	56
Tabla 5: Grado de capacidad adaptativa.....	59
Tabla 6: Grado de vulnerabilidad ante el cambio climático y presiones antrópicas	63
Tabla 7: Temperatura máxima mensual y anual (°C) de la Estación virtual LM (1995-2014)	64
Tabla 8: Temperatura mínima mensual y anual (°C) de la Estación virtual LM (1995-2014)	64
Tabla 9: Cambio de la temperatura prevista para SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (2040-2059) ...	65
Tabla 10: Precipitación mensual y anual (mm) de la Estación virtual LM (1995-2014) ...	67
Tabla 11: Cambio de la precipitación prevista para SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (2040-2059). 68	
Tabla 12: Expansión urbana en el ecosistema de Lomas	71
Tabla 13: Actividades humanas en el ecosistema de lomas	75
Tabla 14: Especies de flora en conservación	78
Tabla 15: Especies endémicas - Mamíferos	82
Tabla 16: Especies endémicas – Anfibios y reptiles.....	83
Tabla 17: Especies endémicas - Flora	85
Tabla 18: Especies endémicas - Aves	89
Tabla 19: Especies migratorias y/o especies congregatorias	92
Tabla 20: Grado de vulnerabilidad ecosistémica.....	101

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Precipitación media mensual y anual (mm)	41
Gráfico 2: Temperatura mensual y anual (°C)	42
Gráfico 3: Esquema metodológico para la vulnerabilidad	51
Gráfico 4: Componentes de la vulnerabilidad	62
Gráfico 5: Actores estratégicos de las Lomas de Mangamarca	93

Introducción

Hacer frente al cambio climático es el mayor desafío del presente siglo, las consecuencias relacionadas a la variación climática conllevan a un cambio en los patrones meteorológicos que afectan tanto a los seres humanos como ecosistemas. No obstante, en el caso de los ecosistemas, así como existen amenazas de origen climáticas también existen las de origen antrópico, los cuales impactan negativamente en su funcionamiento y generación de servicios ecosistémicos.

El presente estudio desarrolló una propuesta metodológica para determinar la vulnerabilidad frente al cambio climático y presiones antrópicas, tomando a las Lomas de Mangomarca como caso de estudio. Para ello se ha dividido el trabajo en cinco capítulos.

El Capítulo I aborda las generalidades del estudio, incluyendo la descripción de la problemática, justificación e importancia de la investigación, así como los objetivos, hipótesis, y los antecedentes investigativos.

El Capítulo II muestra el fundamento teórico, en el que se describe las bases conceptuales y teóricas que sustentan la investigación, en este caso la vulnerabilidad, cambio climático y lomas costeras como conceptos bases para el presente tema. Así mismo, se detalla el marco legal nacional e internacional que enmarca el estudio.

El Capítulo III describe y desarrolla el método de la investigación propuesto para el cálculo de la vulnerabilidad ecosistémica, incluyendo el área de estudio, el enfoque, el tipo y diseño de la investigación, así como las técnicas e instrumentos de recopilación de información.

El Capítulo IV desarrolla el trabajo de investigación, describiendo las características de las variables de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa que determinan la vulnerabilidad ecosistémica de Las Lomas de Mangomarca. Se proponen 02 indicadores para el cálculo del grado de exposición climática como la variación de precipitación y variación de temperatura, 02 indicadores para el grado de exposición no climática: tasa de cambio de la cobertura del suelo, así como la superficie afectada por actividades humanas.

Por otro lado, para determinar el grado de sensibilidad se proponen 03 indicadores como el grado de protección, endemismo y especies migratorias y/o especies congregatorias. Y otros 05 indicadores para el grado de capacidad adaptativa en términos de gestión, tal como: el monitoreo de los recursos naturales, aplicación de políticas públicas, planificación territorial, implementación de medidas y actores estratégicos.

Finalmente, se presenta el análisis y discusión de resultados, este último en relación a lo obtenido en las Lomas de Mangamarca como tal y a la metodología empleada. Así mismo, se indican los aportes generados a partir de la presente tesis.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1. Generalidades

El cambio climático genera impactos ambientales, sociales y económicos (Banco Mundial, 2010). En el aspecto ambiental, sus impactos se reflejan en la pérdida y degradaciones de hábitats, alteraciones de patrones migratorios, alteración de ciclos biológicos, entre otros, lo que amenaza la supervivencia de los ecosistemas, incluidos aquellos ubicados en entornos urbanos. (IPCC, 2022).

En el Perú, el cambio climático ha afectado ecosistemas costeros, amazónicos y altoandinos, los cuales son importantes no solo por la variedad biológica que albergan, sino también por los servicios ecosistémicos que proporcionan. Sin embargo, muchos ecosistemas ubicados en zonas urbanas, como los manglares, humedales y lomas costeras, enfrentan no solo amenazas de origen climático, sino también presiones antrópicas los cuales impactan negativamente en su funcionamiento y generación de servicios ecosistémicos.

En los últimos años, la ciudad de Lima ha experimentado un crecimiento acelerado, impulsado por la presión demográfica y la necesidad de vivienda, lo que ha llevado a la ocupación de zonas como laderas de lomas y quebradas. En este contexto, desarrollar estrategias efectivas de mitigación, conservación y adaptación en los ecosistemas urbanos permitirá realizar una gestión sostenible de los ecosistemas y la biodiversidad, lo que contribuirá a las sociedades a adaptarse al cambio climático (Gran, 2020; Malhi et al., 2020).

Para ello, es vital conocer el estado real, grado de amenaza y vulnerabilidad de forma integral en este tipo de ecosistemas. Los estudios de vulnerabilidad proporcionan información detallada sobre las características y necesidades de un ecosistema, lo que permite diseñar medidas adecuadas que garantice su supervivencia a largo plazo.

1.2. Descripción del problema de investigación

1.2.1. Realidad problemática

Las lomas costeras se caracterizan por presentar una vegetación estacional, que reverdece solo durante invierno (de julio a octubre), extendiéndose hasta los 1000 msnm, en donde la vegetación es limitada (Brack & Mendiola, 2008). El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) considera a las lomas como ecosistemas únicos, que contienen una amplia gama de flora y fauna convirtiéndolo en un espacio atractivo para la educación e investigación, además de tener un papel vital en la polinización, provisión de recursos genéticos y purificación del aire contaminado (PNUD, 2018).

Sin embargo, de acuerdo con lo reportado por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2020) pese a que las lomas costeras son ecosistemas con una gran biodiversidad y riqueza arqueológica, son áreas altamente vulnerables a presiones tanto climáticas como antrópicas. Según una proyección realizada al 2050, los distritos de Lima más vulnerables a la variabilidad climática son Carabayllo, Lurigancho-Chosica, Lurín y San Juan de Lurigancho, siendo las lomas costeras más expuestas, las lomas de Villa María del Triunfo, Mangomarca, Carabayllo y en general los ecosistemas urbanos ubicados al centro, sur y oeste de Lima (PNUD, 2018).

Además, a través de una serie de investigaciones se ha identificado problemas socio ambientales que aquejan al sistema de lomas de Lima, entre ellos el tráfico e invasión de terrenos, el sobrepastoreo, actividades mineras ilegales, la contaminación ambiental y el cambio de uso de suelo (Alonso & Jesús, 2021; PNUD, 2018).

La Ley General del Ambiente identifica a las lomas costeras como un ecosistema frágil. Además, junto a la Ley Marco sobre Cambio Climático enfatiza la importancia de tomar medidas para proteger, gestionar, conservar y restaurar los ecosistemas, en particular, los ecosistemas frágiles y las áreas naturales protegidas. El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), por su parte, ha reconocido el rol de las lomas costeras en la resiliencia al cambio climático, resaltando su importancia

como barrera natural contra los eventos climáticos extremos, y sus servicios ecosistémicos como factor clave en la recuperación de la población frente a desastres naturales (PNUD, 2018).

Para abordar estas necesidades, es esencial desarrollar estudios que evalúen la salud de los ecosistemas frágiles y áreas naturales protegidas, identificando los factores de riesgo, el grado de vulnerabilidad y las estrategias de adaptación más efectivas (Malhi et al., 2020). No obstante, estos estudios de vulnerabilidad requieren de un análisis integral que comprendan tanto la exposición a factores climáticos como a las actividades humanas, con el propósito de conocer el estado real de los ecosistemas y, en consecuencia, implementar una gestión eficaz de los mismos.

Si bien es cierto existen precedentes de análisis de la vulnerabilidad realizados a nivel de regiones, cuencas y ecosistemas, estos análisis se encuentran enfocados en determinar su susceptibilidad frente al cambio climático y estimar el riesgo de la población (Cárdenas & Tobón, 2016). Por tanto, uno de los problemas más destacados para la presente investigación son los escasos estudios de vulnerabilidad que relacionen las amenazas climáticas y antrópicas que pudieran afectar a los ecosistemas, y más a los ecosistemas urbanos.

La falta de estudios genera un desconocimiento real del grado de vulnerabilidad a nivel de ecosistema, así como de su capacidad de respuesta, provocando la nula o débil aplicación de medidas de adaptación y mitigación (Margin, 2015).

Bajo este escenario, existe la necesidad de implementar propuestas metodológicas que aborden esta compleja realidad, que es motivo de la presente tesis. La investigación desarrolla como estudio de caso a las Lomas de Mangamarca, ubicada en los distritos de Lurigancho-Chosica y San Juan de Lurigancho (prioritariamente).

1.2.2. Formulación del problema

¿Cómo evaluar la vulnerabilidad a nivel de ecosistema y desarrollar una propuesta metodológica frente al cambio climático y presiones antrópicas en las Lomas de Mangamarca?

1.2.3. Justificación e importancia del estudio

Ante la gravedad del problema del cambio climático y la influencia humana en la biodiversidad y los ecosistemas, el presente estudio cobra importancia al proponer una herramienta de advertencia temprana plasmada en la propuesta metodológica del análisis de vulnerabilidad. La investigación propone la evaluación de la vulnerabilidad a nivel de ecosistema de las Lomas de Mangamarca mediante un análisis cuantitativo y cualitativo.

El presente estudio contribuye a mejorar la gestión y conservación de las Lomas de Mangamarca por parte de los gobiernos regionales, locales u otras instituciones pertinentes. Así como establecer una metodología que pueda ser replicada en estudios similares para otras lomas costeras u otros ecosistemas naturales con influencia urbana.

Además, la tesis contribuye al Objetivo de Desarrollo Sostenible 15, que promueve el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, combate la desertificación, detiene y revierte la degradación de las tierras y detiene la degradación de la biodiversidad causada por las intervenciones humanas y el cambio climático.

Finalmente, la investigación está alineada con la línea temática 3: Adaptación al Cambio Climático del “Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático”, el cual establece que se deben realizar estudios de riesgo y vulnerabilidad para la pesca, la economía, la agricultura, el agua y las zonas con alta biodiversidad en las regiones, haciendo hincapié en la identificación de los impactos sobre los ecosistemas y las poblaciones vulnerables.

1.3. Objetivos del estudio

1.3.1. *Objetivo general*

Evaluar la vulnerabilidad a nivel de ecosistema y desarrollar una propuesta metodológica frente al cambio climático y presiones antrópicas en las Lomas de Mangamarca.

1.3.2. *Objetivo específico*

- Desarrollar una propuesta metodológica orientada al diagnóstico integral, con el fin de evaluar el cambio climático y presiones antrópicas en las Lomas de Mangamarca.
- Determinar el grado de exposición climática y no climática de las Lomas de Mangamarca.
- Determinar el grado de sensibilidad y capacidad adaptativa de las Lomas de Mangamarca.

1.4. Hipótesis

1.4.1. *Hipótesis general*

Es posible analizar la vulnerabilidad a nivel de ecosistema y desarrollar una propuesta metodológica frente al cambio climático y presiones antrópicas en las Lomas de Mangamarca.

1.4.2. *Hipótesis específicas*

- Es posible desarrollar una propuesta metodológica orientada al diagnóstico integral, con el fin de evaluar el cambio climático y presiones antrópicas en las Lomas de Mangamarca
- Las Lomas de Mangamarca presenta un grado de exposición climática y no climática alta.

- Las Lomas de Mangamarca presenta un grado de sensibilidad alta y capacidad adaptativa baja.

1.5. Antecedentes referenciales

1.5.1. Antecedentes internacionales

C. Moreno et al. (2022) evaluó la sensibilidad ecológica del complejo de páramos Chilí-Barragán en Colombia al aumento de la temperatura. Para evaluar esta vulnerabilidad, se consideraron elementos como el efecto potencial y el potencial de recuperación, aplicando un enfoque analítico jerárquico. Para estimar los efectos potenciales se utilizaron los aumentos de temperatura y la reubicación de las zonas de vida. Mientras que para el potencial de recuperación se consideró la conectividad estructural, los cambios de cobertura, los tipos de suelo, las áreas protegidas y la erosión.

El estudio constató que el complejo de páramos Chilí-Barragán experimentó cambios climáticos entre 1981 y 2010, con un aumento de la temperatura del aire que provocó una mayor exposición. Se espera que la temperatura del aire aumente una media de 2 °C entre 2011 - 2095 según el escenario Representative concentration pathway (RCP) 6.0, con variaciones causadas por las complicadas características de barlovento y sotavento, la cubierta vegetal, el relieve y los cambios de viento.

Los resultados indicaron que el páramo Chilí-Barragán tiene un potencial de recuperación modesto, mostrando una falta de adaptabilidad a las consecuencias del cambio climático. Sin embargo, existen posibilidades de aumentar este potencial mejorando la interacción entre los seres humanos y el ecosistema del páramo, así como mediante la colaboración multidisciplinar entre instituciones, investigadores y ciudadanos.

Ramírez (2022), llevó a cabo un estudio en el que propuso y aplicó una metodología para evaluar la vulnerabilidad del Complejo de Páramos del Pisba, ubicado en el departamento de Boyacá en Colombia, asociada a la cobertura del suelo. El investigador

desarrolló la metodología a partir del enfoque de sensibilidad, exposición y resiliencia, combinando técnicas de análisis espacial y análisis de decisión multicriterio (ADM).

Para el componente de sensibilidad, se consideró variables asociadas a la topografía, así como a datos de variable climáticas. En cuanto al componente de exposición, se evaluó factores que representan una mayor presión sobre el ecosistema, originados tanto por procesos naturales como de actividades antrópicas. Por último, el componente de resiliencia consideró variables como la existencia de zonas de protección ecológica, conectividad ecológica y capacidad de recuperación.

Los resultados revelaron que el 18,06 % del área de estudio presenta una vulnerabilidad alta, el 21,96 % una vulnerabilidad media y el 59,98 % una vulnerabilidad baja, identificando las áreas críticas de vulnerabilidad en las zonas de borde. En este sentido, el investigador espera que la metodología pueda ser replicada en otros páramos del país, considerando las diferencias intra-regionales, con el fin de orientar acciones urgentes de conservación y manejo sostenible.

Alejandro (2020), elaboró un estudio en el cual evaluó la vulnerabilidad al cambio climático en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro en Ecuador. Este análisis se basó en el procesamiento de datos climatológicos recopilados durante el período 2008 - 2016, con el propósito de determinar la exposición del área a factores como el incremento del nivel medio del mar, las variaciones de temperatura y las precipitaciones.

El investigador realizó una evaluación de la variable de sensibilidad, la cual se basó en las características de dependencia de los hábitats y los umbrales ambientales presentes en el ecosistema. Además, realizó una evaluación de la capacidad adaptativa, considerando factores como la capacidad evolutiva y de dispersión. Posteriormente, el estudio también identificó las especies en peligro de extinción, lo que contribuyó a determinar el nivel de vulnerabilidad del área protegida en cuestión.

Los resultados revelaron una vulnerabilidad de nivel medio en las especies que habitan el manglar, lo que llevó a la conclusión de que el área protegida no se encuentra adecuadamente preparada para enfrentar los impactos del cambio climático. En

consecuencia, se plantea la necesidad de implementar medidas de mitigación y adaptación con el objetivo de atenuar las perturbaciones y fortalecer la resiliencia del área protegida.

Verdugo et al. (2019), crearon un modelo conceptual y metodológico para identificar las zonas más vulnerables en un área natural protegida (ANP) en México. Los autores calcularon el índice de vulnerabilidad mediante la consideración de tres componentes: exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Para cada componente, se identificaron variables específicas basadas en los servicios ecosistémicos, las actividades llevadas a cabo en el área y los recursos naturales presentes en el ANP.

Una vez identificadas estas variables, se procedió a su procesamiento empleando un software de Sistema de Información Geográfica (SIG). Para asignarles valores de ponderación, se realizaron comparaciones por pares, lo que permitió determinar el valor de vulnerabilidad utilizando el método de análisis multicriterio conocido como Weighted Linear Combination (WLC). Los autores asignaron categorías de gestión a las zonas en función de su nivel de vulnerabilidad y uso.

Los resultados del estudio mostraron valores más altos de vulnerabilidad en la zona costera del continente y las islas, debido a la presión humana y a la existencia de humedales y áreas ecológicamente significativas para el ANP. Los autores concluyeron que el análisis de la vulnerabilidad ambiental mediante SIG permite identificar las zonas que demandan más atención, lo que pone de manifiesto la importancia del análisis de la vulnerabilidad.

1.5.2. Antecedentes nacionales

Moreno-Salazar-Calderón (2023), elaboró un estudio en el cual identificó los principales indicadores de vulnerabilidad de las comunidades pesqueras de la región Tacna ante el cambio climático. Para ello, se realizaron encuestas a 754 pescadores artesanales de 8 comunidades pesqueras, utilizando 32 indicadores ambientales, sociales y económicos para determinar la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, determinando la vulnerabilidad en una escala de 0 a 1.

Los resultados del estudio revelan que la exposición de las comunidades pesqueras se incrementa por la contaminación de residuos sólidos. La sensibilidad se ve afectada por las condiciones socioeconómicas precarias y el aumento de la flota pesquera.

Mientras que, la capacidad adaptativa es el único factor que impacta significativamente en la vulnerabilidad, con la dependencia a la pesca como principal factor. El autor determina que las comunidades tienen un nivel medio de vulnerabilidad, por lo que sugiere que el Gobierno mejore la capacidad adaptativa y actualice la Estrategia Regional de Cambio Climático para fortalecer la resiliencia de la región.

Peña (2023), desarrolló una investigación con el objetivo de determinar de qué manera el crecimiento urbano influye en la degradación del ecosistema de lomas de Mangomarca, ubicado en San Juan de Lurigancho. El estudio se centró principalmente en el impacto del crecimiento urbano informal, evaluando sus efectos sobre el ecosistema, así como las prácticas de control existentes frente a este fenómeno.

La investigación fue de tipo básica-descriptiva, además, empleó la revisión documental de fuentes científicas y la realización de entrevistas a especialistas. Entre los principales resultados, se identificó que el crecimiento urbano informal contribuye directamente a la degradación del ecosistema, debido a la expansión desordenada de la población, la contaminación ambiental y la depredación de espacios naturales, afectando la flora y fauna del lugar.

Además, se evidenció que este proceso ha sido impulsado por el incremento poblacional, lo que ha generado una mayor ocupación del territorio. Frente a ello, las fuentes consultadas resaltaron la necesidad de invertir en la protección de áreas naturales, mejorar la fiscalización por parte de las autoridades y fortalecer la articulación institucional para combatir el tráfico de terrenos. Asimismo, resaltó la importancia de destinar mayor presupuesto a la conservación y desarrollar planes estratégicos para preservar el ecosistema de las Lomas de Mangomarca.

Caro (2022), realizó un estudio en el que determinó la interacción entre la expansión urbana y la sostenibilidad de los pantanos de Villa (Perú), para el periodo del 2010-2020,

en base a una metodología observacional en el que a través de imágenes satelitales sustentó la exposición a la invasión y expansión urbana de los humedales, con el propósito de concientizar a las autoridades, expertos y comunidad en general.

El autor también elaboró un cuestionario con 27 preguntas estructuradas, que dio lugar a tres hipótesis en las que se comparaba la dimensión geográfica con los aspectos económicos, sociales y medioambientales. El autor identificó la existencia de una interacción significativa entre la dimensión espacial y la dimensión ambiental de los humedales urbanos para el periodo de 10 años analizado.

Alonso & Jesús (2021), realizaron un estudio centrado en la identificación y abordaje de los desafíos más relevantes del aspecto socioambiental que afectan a las lomas costeras de Lima, con el propósito de recopilar datos y formular propuestas para la conservación de este ecosistema. Los autores realizaron una revisión bibliográfica de diversas plataformas de revistas indexadas (ScienceDirect, Wos, Scielo y Dialnet) así como de numerosos documentos de organismos gubernamentales, e identificaron como principales problemas la expansión urbana, el pastoreo excesivo, el cambio de uso del suelo y la contaminación ambiental.

Los autores señalan la importancia de denunciar y exponer a las mafias de tráficos de terrenos ante los medios de comunicación que generan la degradación de las lomas. Así mismo, los autores identificaron las soluciones actuales que se vienen realizando por parte del estado, así como las asociaciones voluntarias para la conservación de las lomas.

Rodriguez (2021), desarrolló un estudio en el que determinó el nivel de vulnerabilidad de los bosques intervenidos en la comunidad de Alto Palmiche Distrito de Pinto Recodo, Provincial Lamas - región San Martín 2019. Para ello, se aplicó un cuestionario compuesto por 13 preguntas, diseñado para recopilar información sobre la vulnerabilidad de los bosques, considerando tres dimensiones clave: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

El investigador realizó un procesamiento estadístico de los datos mediante el software estadístico SPSS, lo que permitió elaborar y describir tablas de frecuencia y

porcentajes con el fin de analizar los niveles de vulnerabilidad. Además, la validación del instrumento se llevó a cabo utilizando el método Delphi.

Los resultados revelaron un alto nivel de exposición, un alto nivel de sensibilidad y una alta capacidad adaptativa. En consecuencia, se determinó que la vulnerabilidad general de los bosques intervenidos es alta, dado que el 83 % de los encuestados la calificó de esta manera, mientras que solo el 17 % consideró que el nivel de vulnerabilidad es bajo.

Quinteros & Saavedra (2020), llevaron a cabo un estudio exhaustivo de vulnerabilidad en los Pantanos de Villa, abarcando el análisis de los elementos de sensibilidad y capacidad adaptativa. Los autores establecieron criterios bien definidos para cada categoría, identificando la sensibilidad y la capacidad adaptativa como los factores más críticos. La sensibilidad se evaluó en base a los criterios propuestos por Carantoña & Hernández (2017), incluyendo la exposición a contaminantes como un determinante clave.

Por otro lado, la capacidad adaptativa se analizó considerando las características de las especies y el ecosistema en sí, incorporando variables tales como: 1) Disponibilidad del hábitat apropiado, 2) Fragmentación del hábitat de distribución, 3) Presión antropogénica, 4) Capacidad de dispersión, 5) Resiliencia y 6) Áreas Naturales Protegidas. El estudio concluyó que las especies más sensibles son aquellas categorizadas como en peligro de extinción según normativa nacional e internacional, y su capacidad adaptativa se ve aún más limitada por factores externos que contribuyen a la degradación del hábitat. Además, los autores destacaron el impacto potencial de las variaciones de temperatura en el ciclo anual de algunas especies de aves.

Quispe (2020), abordó la evaluación de la vulnerabilidad ecosistémica de la Cordillera Apolobamba frente al cambio climático. Para ello, empleó el método de Análisis de Componentes Principales Espaciales en conjunto con Sistemas de Información Geográfica. Esta metodología permitió considerar las dimensiones de exposición y sensibilidad como pilares fundamentales para determinar la vulnerabilidad. La exposición se evaluó a partir de variables como la temperatura máxima, la precipitación, la altitud, la

pendiente, la sombra, la fisiografía, la capacidad de uso mayor del suelo, la cobertura vegetal y las zonas de vida.

El estudio identificó que los ecosistemas de pajonales andinos, bosque altimontano y zonas periglaciares presentan una alta vulnerabilidad, alcanzando niveles muy altos y potenciales en el 75% del área ecosistémica de la Cordillera. Los hallazgos destacan la importancia de incorporar la perspectiva del cambio climático en la gestión de los ecosistemas de montaña, promoviendo estrategias de conservación y adaptación adecuadas.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1. Marco teórico

2.1.1. Vulnerabilidad

El término vulnerabilidad presenta múltiples significados y puede definirse como la capacidad de un elemento o sistema para resistir o estar expuesto ante un peligro potencial (Cosamalón, 2009).

La vulnerabilidad surgió como una herramienta para comprender los problemas sociales (acceso a los bienes y servicios, marginación, etc.), económicos (fallas en el mercado, pobreza, etc.) y naturales (desastres naturales) a las que se encontraban sujetos las sociedades (Vázquez, 2021). Con el paso del tiempo, la vulnerabilidad también fue aplicada al contexto del cambio climático, el cual fue definido de acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) como el “grado de susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluidos la variabilidad y los fenómenos extremos” (IPCC, 2007b, p. 20).

Adicionalmente, surgieron investigaciones en las que se aplicó la vulnerabilidad en los sistemas naturales, enfocándose en su afectación en los distintos niveles ecológicos, tanto a nivel de población, comunidad o ecosistema (De Lange et al., 2010). La vulnerabilidad de los ecosistemas está relacionada a los impactos negativos que los ecosistemas puedan sufrir por diversos factores antropogénicos y/o naturales, como fenómenos meteorológicos extremos, incendios forestales y erosión (De Lange et al., 2010; Vázquez, 2021).

No obstante, la presencia del cambio climático actúa como un amplificador de estos factores, especialmente de los naturales, lo que provoca que la pérdida de biodiversidad y la degradación de hábitats se conviertan en una de las principales consecuencias del cambio climático. Analizar los impactos a la biodiversidad y de forma general a un ecosistema debido exclusivamente al cambio climático es complejo, ya que otros factores

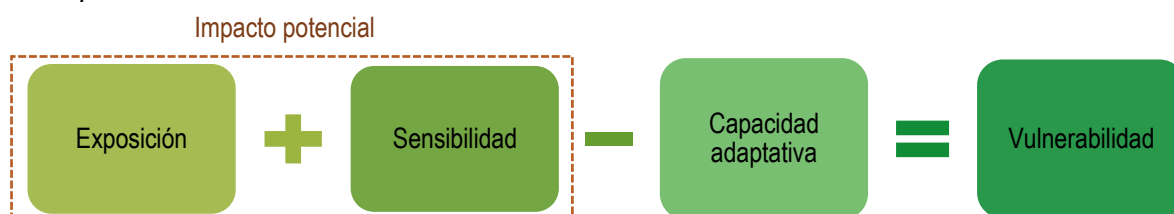
antrópicos, como la sobreexplotación de recursos, la introducción de especies exóticas, la expansión urbana y el cambio en el uso del suelo, también interactúan con el cambio climático, generando una afectación aún mayor en el territorio (Munang et al., 2013; Shivanna, 2022).

Por tanto, en la presente investigación se considera que un ecosistema es vulnerable cuando es susceptible o incapaz de enfrentar el cambio climático y a las presiones antrópicas (Adger, 2006; CAF, 2014). Además, carece de la capacidad para identificar, evaluar y responder a posibles daños, así como para adaptarse, recuperarse y enfrentar sus consecuencias; reflejando la vulnerabilidad en las condiciones y/o disminución de los servicios y recursos ecosistémicos (Vázquez, 2021).

Para entender y determinar la vulnerabilidad es necesario relacionar los componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa a las cuales se encuentra sujeto un sistema (IPCC, 2007b; Kovach et al., 2019; Weiskopf et al., 2020) (Ver Figura 1).

Figura 1

Componentes de la vulnerabilidad



Nota: Elaboración propia adaptado de (IPCC, 2007b)

En las siguientes líneas se describe los componentes de la vulnerabilidad, las cuales serán aplicados en el presente estudio.

2.1.1.1. Exposición. La exposición se refiere a las personas, bienes, sistemas u otros elementos ubicados en zonas con amenazas y, por lo tanto, con riesgo de sufrir pérdidas potenciales (UNISDR, 2009). En relación a los ecosistemas, el SERNANP et al. (2014) determina que el análisis de exposición considera tanto factores climáticos como no climáticos.

2.1.1.1.1. Exposición climática. La exposición está determinada por los cambios en las condiciones meteorológicas y/o en la variabilidad climática, la cual incluye la evaluación de la dinámica de los eventos climáticos extremos como sequías, inundaciones, huracanes, etc. (Monterroso et al., 2012). El análisis de la exposición climática se realiza mediante modelos de circulación global (Carantoña & Hernández, 2017).

2.1.1.1.2. Exposición no climática. Los ecosistemas a su vez son afectados por amenazas antropogénicas que potencian su grado de vulnerabilidad y exposición (IPCC, 2014a). Por su parte, el SERNANP indica que las amenazas no climáticas son aquellas relacionadas con actividades humanas, las cuales ejercen presión sobre el ecosistema (SERNANP et al., 2014).

2.1.1.2. Sensibilidad. Es el grado en que un ecosistema es potencialmente alterado negativa o positivamente por factores climáticos, así como por las condiciones humanas y ambientales existentes (Monterroso et al., 2012; SERFOR, 2017).

2.1.1.3. Capacidad Adaptativa. Según el IPCC (2018a, p. 6), la capacidad adaptativa es “la capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias”.

Los ecosistemas son complejos debido a las múltiples interacciones entre las especies y las perturbaciones (Malhi et al., 2020). En dicho contexto, la capacidad

adaptativa se manifiesta en la habilidad de las especies y comunidades para ajustarse a las variaciones climáticas, presiones antrópicas e incluso a modificaciones propias del hábitat, ya sea por presencia de depredadores y/o disponibilidad de recursos. En este sentido, esta capacidad de adaptarse, aprovecharse o responder a las consecuencias dependen de una combinación de factores intrínsecos y extrínsecos.

Los factores intrínsecos de los ecosistemas están referido principalmente a la capacidad de dispersión y capacidad evolutiva de las especies (Carantoña & Hernández, 2017). Mientras que los factores extrínsecos reflejan la efectividad de las estrategias de gestión implementadas por las autoridades competentes para proteger y/o restaurar la complejidad y estructura de los ecosistemas, así como para enfrentar los impactos presentes y futuros, mejorando su resiliencia (Malhi et al., 2020; Monterroso et al., 2012).

2.1.2. Cambio climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (en adelante CMNUCC), lo describe como la modificación del clima provocado de forma directa o indirecta por la intervención humana, el cual perturba la composición atmosférica global, sumado a la variabilidad climática natural observada a lo largo del tiempo.

El cambio climático es principalmente producto del calentamiento de la superficie y la atmósfera provocado por los gases de efecto invernadero (en adelante GEI) liberados tanto de manera natural (CO_2 , CH_4 , NO_x , O_3 , vapor de agua) como industrial (CFCs, HFCs, PFCs, SF_6 , NF_3), aunque también está influenciado por otros factores como los aerosoles, los cuales alteran los patrones de radiación solar (Ramanathan & Feng, 2009; Zhang, 2020).

De forma natural, el clima siempre ha experimentado cambios, producto de la actividad volcánica o solar, sin embargo, estos cambios han ocurrido de manera gradual durante millones de años. Desde el crecimiento económico y aumento de la población mundial posterior a la Revolución Industrial, la magnitud y velocidad de estos cambios ha

ido en aumento, fundamentalmente debido al uso de combustibles fósiles en los procesos de producción industrial.

El uso de combustibles conduce a un incremento en las emisiones de GEI siendo el dióxido de carbono (CO₂) el GEI que más aporta al calentamiento global, seguido del metano y del óxido nitroso (IPCC, 2021). Desde la Revolución Industrial, los niveles de CO₂ ha incrementado en más de un 40%, pasando de unas 280 partes por millón (ppm) a más de 410 ppm (IPCC, 2014a).

Los efectos relacionados al cambio climático conllevan a una transformación en las manifestaciones del tiempo, desde las variaciones de temperaturas, precipitaciones, hasta la intensificación de eventos extremos como sequías prolongadas, lluvias torrenciales y huracanes, entre otros (Banco Mundial, 2010).

El cambio climático ha generado que las regiones húmedas tiendan a aumentar la intensidad de las precipitaciones, por lo que los deslizamientos y las inundaciones se vuelven más frecuentes, amenazando la seguridad de las personas, la infraestructura y las fuentes de sustento de las poblaciones que habitan estas zonas (CEPAL, 2014). Mientras que, en las regiones secas se intensifican los periodos de sequía, siendo estas más prolongadas y severas, afectando gravemente la disponibilidad de agua para el consumo humano, como para las actividades agrícolas y ganaderas (CEPAL, 2014).

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la década del 2014-2023 ha sido la más cálida de la que se tiene registro, superando en 1.20°C el valor promedio del periodo de 1850-1900. Este aumento de temperatura es atribuido al incremento de GEI producidos en el 2022 y al fenómeno de El Niño, los cuales contribuyeron al aumento de la temperatura, estando muy cerca de alcanzar el límite inferior de 1.5°C, fijado en el Acuerdo de París (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2024). Este acuerdo internacional, firmado en 2015, tiene como propósito restringir el calentamiento global a menos de 2°C, preferentemente a 1,5°C, con relación a los niveles de referencia (niveles históricos previos a la industrialización).

A lo largo de estos años, se han evidenciado las repercusiones del cambio climático tanto en el aspecto ambiental y social como económico. A nivel social, el cambio climático está aumentando enfermedades como la malaria, el dengue y la colera, provocando lesiones e incluso la muerte. Además, se ha identificado que el aumento de las temperaturas, el peligro de sequías, inundaciones y otros fenómenos meteorológicos extremos, tienen un impacto significativo en la seguridad alimentaria, afectando potencialmente a la productividad agrícola, animal y pesquera (Bergmann et al., 2021; Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, 2023).

Estas consecuencias en la producción y en el aumento de enfermedades, junto a la intensidad de eventos como El Niño y La Niña han provocado migraciones forzadas y voluntarias a gran escala lo que genera a su vez una tensión política y económica en los territorios (Bergmann et al., 2021). Así mismo, las variaciones de los factores climáticos están impactando los ecosistemas terrestres y marinos, generando la degradación de hábitats, la extinción y alteraciones en la distribución geográfica de especies, los ciclos de nutrientes y, en general, la pérdida de la biodiversidad (Calvin et al., 2023).

En América del Sur, muchos ecosistemas frágiles y áreas de alto valor de conservación están sufriendo los impactos del cambio climático. Desde la pérdida y retroceso de los glaciares en las cumbres chilenas (Bahamóndez, 2021), el incremento de la intensidad de incendios forestales en la Amazonia brasileña (Ordóñez, 2019; Wildlife Conservation Society Ecuador, 2023), la afectación de manglares en Ecuador (Alejandro, 2020; Silva Beleño et al., 2022) y Venezuela (Gordon-Colón, 2022), hasta la perturbación de los ecosistemas de alta montaña en Colombia (Granda, 2022), todos están experimentando los efectos del cambio climático. Por esta razón, cada país implementa medidas específicas para la conservación, mitigación y adaptación en relación a sus propias condiciones ambientales y desafíos climáticos.

En este contexto, *The Global Risks Report 2025* advierte que, en un horizonte de diez años (2035), si bien los riesgos económicos, tecnológicos, sociales y geopolíticos seguirán en aumento, serán los riesgos ambientales los que ocuparán el primer lugar en

gravedad. Entre ellos, los eventos climáticos extremos serían la amenaza más severa, seguidos por la pérdida de biodiversidad y el colapso de ecosistemas, así como por cambios críticos en los sistemas terrestres y la escasez de recursos naturales. Estos riesgos, más que un desafío a futuro, representan ya una realidad urgente que exige acciones inmediatas a nivel internacional (Elsner et al., 2025).

2.1.2.1. Cambio climático en el Perú. Si bien los países industrializados como China, Estados Unidos, India y Rusia son los mayores emisores de CO₂ a la atmósfera, sus efectos son más intensos en los países en desarrollo, particularmente en regiones de América Latina, que son más susceptibles al cambio climático debido a los niveles de pobreza e inequidad (bp, 2021; Carrere, 2022; Kumar et al., 2008).

Perú es considerado uno de los países más vulnerables al cambio climático dado su situación geográfica y su gran biodiversidad (INEI, 2015). En los últimos años se ha evidenciado una variación en la temperatura y precipitación, lo cual ha generado un aumento de inundaciones, sequías, huaicos y deslizamientos en diferentes regiones del país (MINAM, 2009).

Además de ello, el cambio climático ha generado que los fenómenos meteorológicos extremos sean más intensos y frecuentes, como El Niño y La Niña, los cuales tienen influencia sobre el clima en el Perú (MINAM, 2018).

El fenómeno de El Niño generado por el calentamiento de las aguas sudamericanas provocado por cambios en la dirección y velocidad de los vientos, tiene como consecuencia la presencia de lluvias intensas y el incremento de las temperaturas en la región. Mientras que La Niña, fenómeno que produce el enfriamiento de las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial, provocan sequías en la costa peruana.

Hace más de un siglo, el país ha sido testigo de cinco eventos extraordinarios del fenómeno de El Niño (1925, 1983, 1998, 2017 y 2023), siendo cada vez más devastadores para la población, en parte debido al crecimiento urbano desordenado. Estos eventos han

generado daños a la infraestructura, al sector agropecuario y pesquero, así como a la salud y bienestar de la población (CENEPRED, 2023).

El Niño del 2017 fue más destructor que El Niño de 1983 y 1998, sin embargo, estos tres eventos generaron anomalías en las precipitaciones que superaron el 200%, principalmente al norte del país, en particular en las regiones de Tumbes y Piura, y de manera localizada en los departamentos como Lambayeque, Ancash, Lima, Tacna y Loreto (CENEPRED, 2023; Centro Nacional de Estimación, 2021). Ese año, las lluvias intensas provocaron huaicos e inundaciones en zonas altas de las cuencas como Pachacamac, Carapongo y Huaycoloro (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2022).

Por otro lado, El Niño del 2023 fue más intenso que el de 2017, caracterizándose por ser muy cálido y lluvioso en la costa peruana, el cual también fue reforzado por la influencia del ciclón Yaku. Las altas temperaturas del mar peruano, debido a la presencia de El Niño, generaron olas de calor, provocando que el 2023 sea el más caluroso de los últimos 60 años, alcanzando un valor medio anual de 20.23 °C, lo que es superior en 1°C al promedio anual (19.23°C) (SENAMHI, 2024).

En el Perú, las anomalías en los eventos meteorológicos producto del cambio climático han generado afectaciones en todos los niveles de la sociedad, tanto económicos y sociales como ambientales. En particular, el cambio climático ha afectado ecosistemas costeros, amazónicos y altoandinos, muchos de los cuales son importantes no solo por la variedad biológica que albergan, sino también por los servicios ecosistémicos que proporcionan.

Los ecosistemas altoandinos, tales como, puna, páramo, bofedales y bosques altoandinos son áreas de gran riqueza biológica, importantes en la provisión de agua, así como en la capturan y almacenamiento de carbono (Cuesta et al., 2012; Osorio et al., 2022). No obstante, se ha demostrado la vinculación entre las variables climáticas y el estado de los ecosistemas altoandinos, especialmente en la disponibilidad del recurso hídrico, tal como en la distribución de especies, y aún más en aquellas endémicas con

rango de distribución restringida (CIIFEN, 2014; Cuesta et al., 2012; IPCC, 2023; Osorio et al., 2022).

El cambio climático también ha impactado uno de los sumideros más relevantes de carbono que son los bosques. En el Perú, según Vicuña et al. (2019) los bosques tropicales intactos almacenan un 6.9×10^9 t de carbono a nivel global. Un estudio publicado en el 2023 determinó que, por cada milímetro de aumento en la precipitación pluvial, se pierden 4.3 ha de bosque (J. Quispe et al., 2023). De igual manera, por cada centígrado de aumento de la temperatura máximo promedio anual, se produce una pérdida de alrededor de 484 ha. Así mismo, otro estudio identificó a los bosques montanos y basimontanos, ubicados en Loreto y Ucayali, como los más vulnerables al cambio climático (SERFOR, 2017).

Finalmente, la variación climática podría agravar los impactos negativos presentados en los ecosistemas costeros entre ellos manglares, humedales y lomas costeras. Los manglares, por ejemplo, son ecosistemas de gran importancia ecológica y económica. Sin embargo, el incremento en la intensidad y frecuencia de las lluvias durante los eventos de El Niño podrían afectar la biogeoquímica de los manglares y su distribución espacial, repercutiendo en el abastecimiento de los productos hidrobiológicos a la población local (Takahashi & Martínez, 2015). Además, dado que estos son ecosistemas urbanos, que comparten territorio con las poblaciones humanas, existen presiones de origen antrópico que amenazan muchos de estos ecosistemas.

2.1.2.2. Instituciones relacionadas al cambio climático. La autoridad internacional encargada de analizar los conocimientos respecto al cambio climático es el IPCC, fundado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en 1988. Para ello, el IPCC realiza una evaluación exhaustiva de la literatura científica publicada cada año, con el objetivo de informar a los responsables de políticas públicas sobre las variaciones del clima y los riesgos asociados a este fenómeno.

Cabe mencionar que el IPCC no se dedica al modelado climático ni a la investigación científica en sí misma. Su función principal es analizar y sintetizar la información disponible, señalando los puntos de acuerdo en la comunidad científica, los temas donde existen diferentes perspectivas y las áreas de conocimiento que requieren mayor investigación.

En Perú, el SENAMHI es la entidad responsable de analizar las tendencias históricas del clima¹, evaluar la presencia de eventos extremos y generar escenarios climáticos futuros. En los últimos años, el SENAMHI ha publicado diversos reportes en el Repositorio Institucional SENAMHI² e información geográfica en el portal de Infraestructura de Datos Espaciales (IDSESP³), plataforma tecnológica de integración de datos, servicios y aplicaciones geoespaciales de libre acceso para los usuarios.

¹ <https://www.senamhi.gob.pe/tendenciashistoricas/>

² <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1470>

³ IDSESP (senamhi.gob.pe)

2.1.2.3. Escenarios de emisiones. Los escenarios de emisiones representan las posibles trayectorias de las emisiones de GEI en el transcurso del tiempo. Estos escenarios se construyen mediante modelos computacionales complejos, en base a supuestos sobre el desarrollo económico, las tecnologías energéticas y otros factores que influyen en los GEI (IPCC, 2018a).

En 2014, el IPCC presentó el Quinto Informe de Evaluación, que incluía una variedad de escenarios de emisiones o Representative concentration pathway (RCP), clasificados en relación al forzamiento radiativo⁴ producido al año 2100. En dicho informe, se definieron 4 escenarios de emisión: RCP 2.6 (escenario de mitigación estricto), RCP 4.5, RCP 6.0 (escenario de estabilización intermedio, con mayores emisiones y menor control que el RCP 4.5) y RCP 8.5 (escenario de altas emisiones sin medidas de mitigación) (IPCC, 2014b; SENAMHI, 2021b).

En el Sexto Informe de Evaluación del IPCC, se integró los escenarios de forzamiento radiativo (RCP) con las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP) para explorar futuros posibles según distintos contextos socioeconómicos y políticas de mitigación (De Oleo & Quiñonez, 2024; Pedersen et al., 2020).

Las SSPs se fundamentan en cinco historias que representan posibles tendencias socioeconómicas que podrían influir en el desarrollo futuro de la sociedad (De Oleo & Quiñonez, 2024). Estas trayectorias incluyen desde un mundo sostenible (SSP1), uno con continuidad de tendencias actuales (SSP2), hasta escenarios de fragmentación regional (SSP3), creciente desigualdad (SSP4) o desarrollo intensivo en combustibles fósiles (SSP5) (O'Neill et al., 2017; Riahi et al., 2017). De esta forma, el escenario SSP2-2.6 corresponde al escenario socioeconómico SSP2 y al escenario climático RCP2.6. (De Oleo & Quiñonez, 2024).

⁴ Forzamiento radiativo (W/m²): Mide el cambio en la energía que entra y sale de la atmósfera debido a una alteración externa del clima, como un aumento en el CO₂ o la radiación solar (IPCC, 2018a).

Los escenarios son herramientas útiles que permiten gestionar y comprender el futuro del clima a pesar de la cantidad de incertidumbres a las que se encuentra sujeta, principalmente por su variabilidad natural y la aplicación de los modelos de circulación global. Analizar y utilizar los escenarios de manera efectiva permite identificar patrones y tendencias climáticas, además de tomar decisiones informadas y coherentes con los desafíos del cambio climático.

2.1.2.4. Modelos climáticos. Los modelos climáticos, tanto global como regional, son representaciones numéricas del sistema climático, que indican su evolución en el tiempo considerando la relación y las características físicas, químicas y biológicas de los componentes del clima (IPCC, 2018a). Estos modelos son herramientas fundamentales para comprender y simular el comportamiento de la atmósfera y los océanos.

El modelo de circulación global (MCG o GCM) simula la circulación a gran escala de la atmósfera en todo el planeta. Estos modelos dividen la atmósfera en una red tridimensional de celdas, representando los procesos físicos y químicos del sistema climático en cierta medida (Llamocca, 2022; SENAMHI, 2021b).

El modelo de circulación regional (MCR o RCM) se enfoca en estudiar el clima de una región específica, el cual es obtenido a partir de una reducción de escala dinámica de los modelos de circulación global por medio de la modelización numérica (SENAMHI, 2021c). Estos modelos son los más utilizados en las investigaciones dado que presentan una mejor representación espacial de la variabilidad climática en un territorio.

La elección del MCG apropiado para un estudio específico es importante para obtener resultados confiables y precisos. En este contexto, se deben considerar diversos factores que evalúan la capacidad del modelo para simular diferentes aspectos del clima, como el clima histórico, la precipitación, los fenómenos oceánicos y atmosféricos de la región de interés (Salman et al., 2020).

Es importante mencionar que, aunque los modelos climáticos comparten el mismo objetivo de describir el sistema climático, el manejo de las incertidumbres, la generación

de procesos, la parametrización y las aproximaciones numéricas no son similares (Llamocca, 2022).

2.1.2.5. Proyecciones del clima. Según el IPCC (2018), es la respuesta prevista del sistema climático a varios escenarios de emisiones o concentraciones de GEI y aerosoles, que se produce con frecuencia a partir de la simulación de modelos climáticos.

A nivel mundial, el IPCC estima que el calentamiento global alcanzará el 1.5 °C entre los años 2030 y 2052 si la tendencia actual de las emisiones continua, por lo que para el 2100 podría llegar a los 2°C excediendo los niveles preindustriales. sin embargo, si se cumplen las medidas establecidas para el 2030 se podría mantener la temperatura en 1.5°C, o menos (IPCC, 2018b).

Si se limita el calentamiento global a 1.5°C, se prevé que la desaparición de especies y la transformación de ecosistemas será menor en comparación con un calentamiento de 2°C. Además, se determina que el 6% de insectos, 8% de plantas y 4% de vertebrados perderían más de la mitad de su hábitat en un escenario de 1.5°C, mientras que, con 2°C, estas cifras aumentarían a 18%, 16% y 8%, respectivamente (IPCC, 2018b).

En la Figura 2 se muestran las consecuencias del calentamiento global en comparación al periodo de 1850-1900 (era industrial).

Figura 2

Consecuencias del calentamiento global

	Hoy +1.1 °C	+1.5 °C	+2.0 °C	+4.0 °C
Temperatura (°C)	+1.2 °C (+0.7 a 1.5 °C)	+1.9 °C (+1.3 a 2.3 °C)	+2.6 °C (+1.8 a 3.1°C)	+5.1 °C (+4.3 a 5.8°C)
Sequías	x1.7 (x0.7 a 4.1)	x2.0 (+1.0 a 5.1 °C)	x2.4 (+1.3 a 5.8)	x4.1 (x1.7 a 7.2)
Precipitaciones	x1.3 (x1.2 a 1.4)	x1.5 (x1.4 a 1.7)	x1.7 (x1.6 a 2.0)	x2.7 (+2.3 a 3.6 °C)
Nieve	-1 % (3 a 1)	-5% (-7 a 2)	-9% (-13 a 2)	-26% (-35 a -15)
Ciclones tropicales		+10%	+13%	+20%

Nota: IPCC (2021)

A nivel mundial, el World Bank Group, a través del Climate Change Knowledge Portal⁵ (CCKP), pone a disposición una plataforma para consultar proyecciones climáticas a escala nacional. Esta herramienta permite analizar proyecciones futuras de temperatura y precipitación bajo distintos escenarios socioeconómicos compartidos (SSP), utilizando datos del conjunto multimodelo CMIP6, el cual sustenta el Sexto Informe del IPCC. Los resultados se presentan con una resolución de 0.25° x 0.25° (25 km x 25 km), además pueden visualizarse como valores medios o anomalías, en formatos anuales, estacionales o mensuales, y el análisis puede personalizarse según el período proyectado, la variable climática y el escenario de emisiones seleccionado.

A nivel nacional, SENAMHI ha llevado a cabo estimaciones futuras hasta el año 2030 y 2050, basadas en escenarios climáticos globales, empleando enfoques de regionalización dinámica y estadística para escenarios con grandes emisiones de GEI (SENAMHI, 2009, 2021b). Para el año 2030 se consideró un escenario de altas emisiones. Del mismo modo, el análisis correspondiente al 2050 se desarrolló en el contexto del escenario RCP 8.5, uno de los más severos en términos de calentamiento global. Esta información puede ser visualizada de forma gráfica a través del portal de Infraestructura de Datos Espaciales (IDSEP), plataforma de libre acceso para los usuarios, con el fin de brindar datos útiles para la adopción de medidas ante el cambio climático.

2.1.3. Lomas costeras

Las lomas costeras son ecosistemas presentes a lo largo del desierto hiperárido que se extiende en la costa oeste de Sudamérica, desde la península Illescas en Piura hasta Coquimbo, abarcando desde Perú hasta Chile (Mamani, 2014; Margin, 2015). La presencia de estas zonas ecológicas excepcionales en territorios desérticos, caracterizadas por su vegetación estacional producto de la humedad y la precipitación, son

⁵ <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>

el resultado de la relación entre los vientos Alisios, la dinámica de la Corriente de Humboldt y la orografía del territorio (SERNANP, 2019).

La creación de las lomas comienza en las frías aguas del mar peruano, donde el aire húmedo se enfría y el vapor de agua se condensa, dando lugar a nubes bajas (en forma de nieblas y niebla). Los vientos predominantes del sur y suroeste arrastran estas nubes, las cuales al encontrarse con la cordillera de los Andes a una altura de 1000 msnm aproximadamente, generan precipitaciones en forma de llovizna o garúa. Estas precipitaciones, aunque de corta duración, generan condiciones ideales para el surgimiento de las lomas en los suelos de los piedemontes andinos, con gran contenido mineral y con un extenso reservorio de semillas (Nieuwland & Mamani, 2017; PNUD, 2018; SERNANP, 2019).

Los ecosistemas de lomas, de carácter estacional, reverdecen solo durante invierno por lo que es posible diferenciar dos estaciones: la seca y la húmeda. En la estación seca, la humedad atmosférica disminuye y no se evidencia la presencia de vegetación, salvo las cactáceas, tillandsias, geófitas, arbustos xerofíticos y ciertos árboles; en contraste, en la estación húmeda, la temperatura atmosférica disminuye y la humedad relativa aumenta, evidenciándose una gran diversidad de flora y fauna (Cuba-Melly & Odar, 2018; Ministerio del Ambiente, 2015; Paniagua, 2017).

Estas características de temporalidad se comparten entre varias lomas, sin embargo, cada una de ellas tiene una dinámica diferente generando la aparición de la vegetación de lomas en diferentes meses durante la temporada húmeda y variando entre años. Así mismo, es importante mencionar que su extensión puede variar en menor medida cada año, o significativamente en relación a eventos como El Niño (Nieuwland & Mamani, 2017).

La configuración espacial de las lomas es compleja, dado que está influenciada por varios factores como la proximidad al mar y la presencia de barreras naturales o antrópicas, la dinámica de las nieblas, la humedad y precipitación, las cuales a su vez depende del relieve de la zona y el banco de semillas latente. Por lo que podemos encontrar lomas a

unos 200 o 400 msnm, en las que se generan las condiciones adecuadas para la formación de dichos ecosistemas, como la Loma Pacta y Carabayllo (Nieuwland & Mamani, 2017).

2.1.3.1. Lomas en Lima

Las lomas de Lima han sido importantes desde tiempos prehispánicos. La evidencia arqueológica ha demostrado la existencia de asentamientos temporales por parte de algunas culturas, quienes aprovechaban el terreno para las actividades de agricultura y pastoreo (Rostworowski, 1981). Durante el invierno, específicamente en periodos de escasez hídrica en la costa, en la que los ríos presentaban un caudal reducido, estos ecosistemas eran especialmente valiosos debido a que suministraban agua para las actividades de subsistencia (Paniagua, 2017).

Sin embargo, a finales de la década de 1980, la migración hacia Lima se intensificó producto de la reforma agraria y del conflicto armado por la que atravesaba el país. Esto generó la ocupación informal y el crecimiento desordenado en Lima, invadiendo áreas no calificadas para ocupación, como las quebradas y las laderas de colina (Paniagua, 2017). Desde entonces las presiones urbanas sobre ellas solo han ido en aumento representando un riesgo para la conservación de dichos ecosistemas (Gálvez, 2019).

A lo largo de la costa peruana, se han reconocido 67 ecosistemas de lomas, las cuales comprenden un área total de 783 mil hectáreas. Estos ecosistemas únicos se distribuyen en distintas zonas: 23 lomas ubicadas en la zona central, 9 en la zona norte y 35 en el sur (Romero et al., 2018). Particularmente, en Lima Metropolitana, las lomas abarcan 31 mil hectáreas de suelo aproximadamente, distribuidas desde Ancón hasta Pucusana, abarcando un total de 19 distritos, entre ellos: Carabayllo, San Juan de Lurigancho, Villa María del Triunfo, Rímac y demás (Kato, 2018; Servicios de Parques de Lima, 2014).

En el Perú, las lomas costeras son consideradas ecosistemas frágiles de acuerdo a la Ley General del Ambiente, en el que las autoridades deben priorizar la implementación de medidas de conservación, recuperación y rehabilitación, teniendo en consideración sus

atributos y recursos únicos, su rica diversidad de flora y fauna silvestres, y porque exhiben una elevada vulnerabilidad frente a actividades humanas desarrolladas en ellas o su entorno, así como a las condiciones climáticas especiales y la presencia de desastres naturales (Decreto Supremo No 007-2020-MINAGRI, 2020).

2.1.3.2. Importancia de las lomas costeras. Las lomas costeras ofrecen una serie de servicios ecosistémicos para el bienestar de la población tanto a nivel nacional como local. Las lomas brindan hábitats a especies amenazadas y endémicas; su flora se estima en 219 especies, divididas en 31 órdenes y 55 familias, con un 85% consideradas autóctonas y un 28% endémicas (Municipalidad de Lima, 2021).

La fauna de las lomas también presenta una notable riqueza, con un total de 94 especies registradas. Esta diversidad biológica se compone de 33 aves, 15 mamíferos, 10 reptiles y anfibios, y 36 invertebrados, incluyendo insectos, gasterópodos, arácnidos y crustáceos. Cabe destacar que aproximadamente el 14% de estas especies son endémicas de las lomas y 16 especies se encuentran bajo alguna categoría de amenaza (Municipalidad de Lima, 2021).

Así como tienen una importancia ecológica, también presentan una importancia cultural. En los ecosistemas de lomas se han encontrado restos arqueológicos como santuarios y sitios ceremoniales que evidencian la presencia de comunidades antiguas en la zona, por lo que esta información resulta crucial para comprender las dinámicas de las culturas prehispánicas en la costa peruana. Además, preservar los bienes culturales, tanto en su aspecto material como inmaterial, permite fortalecer la identidad colectiva y la cohesión social (Bruzón, 2018).

Las lomas son consideradas espacios naturales para la recreación, educación e investigación. Estas áreas son ideales para actividades al aire libre, como avistamiento de animales y senderismos guiados (Clima de Cambios, 2020). Además, en algunas lomas, como la Loma de Ancón, también se practica el Sandboarding, sandsledding e incluso el off road de manera sostenible.

Las visitas a estos ecosistemas permiten aprender sobre la dinámica de los ecosistemas, así como la importancia de conservar la biodiversidad. Sus formaciones y estructuras rocosas ofrecen la oportunidad de conocer la historia geológica de la zona y la evolución de los paisajes.

Por otro lado, las lomas costeras actúan como importantes sumideros de carbono y purificadores del aire, regulando el clima local. Un estudio de estimación realizado por la Municipalidad de Lima (2021) indicó que el almacenamiento de carbono del total de lomas costeras en la Provincia de Lima es de 260 090 tCO₂eq. Además, junto a los parques, humedales y otras áreas verdes ayudan a filtrar los contaminantes del aire, en favor a la calidad de aire en la ciudad de Lima.

2.1.3.3. Principales problemáticas de las lomas. El Plan de Acción Climático para Lima Metropolitana reveló que las coberturas de uso de suelo como cardonales, humedales costeros, matorrales y lomas se encuentran altamente expuestas a los impactos del cambio climático, particularmente a las olas de calor como a las sequías (C40 Cities, 2020). Las lomas costeras están estrechamente vinculadas a las condiciones climáticas y las corrientes oceánicas; por lo que son considerados ecosistemas altamente sensibles frente al cambio climático (Moat et al., 2021).

Sus características ambientales, como la alta humedad atmosféricas y las bajas temperaturas a las que se encuentran sometidas estas áreas, ponen en especial riesgo a grupos poblacionales vulnerables como niños y ancianos. La humedad relativa en los ecosistemas de lomas puede alcanzar el 100%, generando un aumento en las infecciones respiratorias agudas en las poblaciones asentadas en estos ecosistemas (Paniagua, 2017).

No obstante, debido a su ubicación y coexistencia con determinadas urbes también son amenazadas por presiones antrópicas (Alonso & Jesús, 2021). El crecimiento urbano y la escasa planificación en la ocupación de tierras, así como la presencia de actividades extractivas, pecuarias y agrícolas, adyacentes a las áreas naturales urbanas, han

generado la transformación de áreas naturales no aptas para construir en ciudades, afectando los procesos ecológicos característicos de los ecosistemas y degradando el ambiente (Caro, 2022; Concepción, 2022; Tlapa et al., 2019).

De manera complementaria, se han identificado problemáticas específicas como la extracción de recursos forestales, particularmente del arrayán (*Myrcianthes ferreyrae*) y de la tara (*Caesalpinia spinosa*), situación registrada en lomas como Atocongo y Atiquipa. Asimismo, se han detectado focos de contaminación por residuos sólidos en áreas de alto valor turístico, como las Lomas de Lúculo y las Lomas de Lachay. A ello se suma la ocurrencia de actos de vandalismo que han ocasionado daños en el arte rupestre y en los recursos arqueológicos presentes en estas zonas, generando una amenaza para la preservación de su patrimonio natural y cultural (Alonso & Jesús, 2021).

Entre los años 2013-2019, producto de la presión antrópica, se ha identificado una pérdida de la superficie de los ecosistemas, reduciéndose el área de lomas a 680.68 ha, atentando contra la biodiversidad y limitando los servicios ambientales que ofrece a la población (Oficina de Planificación Estratégica y Modernización, 2023).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Presión antrópica

El IPCC (1992) identifica a las actividades humanas como presiones que provocan cambios significativos en los sistemas naturales. Estas acciones pueden provocar conflictos y poner en peligro la sostenibilidad de los procesos naturales, además de dañar los ecosistemas (Balthazar et al., 2015).

Por tanto, podemos definir a la presión antrópica como el conjunto de impactos negativos que las actividades humanas ejercen sobre los espacios naturales.

2.2.2. Expansión urbana

Es un proceso complejo que implica la conversión de zonas naturales en un entorno urbano debido a la demanda de suelo. Este fenómeno, caracterizado por un crecimiento

desorganizado originado por la falta de planificación y gestión del uso del suelo a nivel regional, a menudo representa un factor de riesgo y vulnerabilidad tanto para la población como para la biodiversidad. (Bruegmann, 2005; Herzer, 2006; S. Martínez & Monroy-Ortiz, 2009).

2.2.3. Ecosistema

Odum (1971) define el ecosistema como “Cualquier unidad que incluya todos los organismos en un área dada interactuando con el ambiente físico, de forma que el flujo de energía lleva a definir estructuras tróficas, diversidad biótica y ciclos de materiales”. En otras palabras, un ecosistema se caracteriza por ser un sistema de interacciones entre las comunidades biológicas y su entorno, que colaboran para sustentar la vida (Renner, 2019).

2.2.4. Ecosistema urbano

Renner (2019) define al ecosistema urbano como aquel sistema que se encuentra en una ciudad u otra zona con una alta densidad de población, además, indica que, como todos los ecosistemas, los urbanos se componen de elementos físicos y biológicos.

2.2.5. Impacto potencial

El IPPC (2007a) define el impacto potencial como los efectos previstos del cambio climático sobre los sistemas humanos y naturales en ausencia de actividades de adaptación. Por lo que es determinado a partir de la relación de la exposición y sensibilidad de un sistema.

2.2.6. Peligro

Ize et al. (2010) define el peligro como una situación que puede causar daño. Este concepto incluye la probabilidad de que un evento, ya sea de origen natural o causado por actividades humanas, ocurra en un lugar y momento específico, manifestándose con una determinada intensidad y frecuencia (Decreto Supremo N°048-2011-PCM, 2011).

2.2.7. Riesgo

Probabilidad de que ocurra un evento con efectos adversos (USEPA, 2001).

INDECI (2020) lo define como la posibilidad de que las personas y sus medios de subsistencia experimenten daños debido a su susceptibilidad y al impacto de una amenaza. En el marco del cambio climático, el riesgo es definido como la interrelación de la exposición y la vulnerabilidad en respuesta a un peligro específico (IPCC, 2014b).

2.2.8. Resiliencia

En ecología, Holling (1973) introdujo el concepto de resiliencia, definiéndola como “la medida de la persistencia de los sistemas y su capacidad para absorber cambios y perturbaciones, manteniendo aún las mismas relaciones entre poblaciones o variables de estado”.

2.2.9. Fragilidad

Es la medida en que el medio es susceptible al deterioro causado por ciertas acciones (Conesa, 1993). Por otra parte, Gimenes & Augusto (2013) determinan a la fragilidad como una característica intrínseca del medio, expresado como la alteración del equilibrio dinámico del entorno.

2.2.10. Medidas de prevención

Son un conjunto de medidas destinadas a evitar la creación de nuevos peligros o que el riesgo se materialice, las cuales son diseñados a partir de un análisis de riesgo, con la finalidad de promover un entorno más seguro (CENEPRED, 2024; Superintendencia de Seguridad Social, 2018).

2.2.11. Medida de adaptación

Son acciones destinadas a disminuir la susceptibilidad de los sistemas humanos y naturales a los efectos, ya sean previstos o reales (IPCC, 2007a). Las medidas de

adaptación buscan adaptarse o aprovechar los beneficios y oportunidades que puedan surgir de las variables climáticas, por lo que su aplicación permite complementar la estrategia de mitigación IPCC (2001).

2.2.12. Medidas de mitigación

El IPCC la describe como la implementación de acciones destinadas a disminuir las emisiones de GEI y aumentar los sumideros de carbono, lo que ayuda a combatir el cambio climático (IPCC, 2001).

2.2.13. Efecto invernadero

Es un fenómeno natural, ocasionado por gases atmosféricos denominados como GEI, que mantienen una temperatura adecuada para la vida en la Tierra. Sin embargo, esta situación ha sido alterada y potenciada por la industrialización y el desarrollo humano en los últimos siglos (IPCC, 2007a; J. Martínez & Fernández, 2004).

2.2.14. Sistema climático

Está conformado por la litosfera, que es la capa superior de materia sólida; la biosfera, que comprende el elemento biológico sobre la Tierra; la criósfera, que abarca los componentes que contienen agua en estado de congelación; la hidrosfera, que es el agua líquida distribuida sobre y bajo la superficie terrestre; y la atmósfera, que es la capa gaseosa que rodea la Tierra (Martín, 2009).

2.2.15. Servicios ecosistémicos

Son aquellos bienes y servicios tanto tangibles como intangibles, que son proporcionados por las interacciones dentro del ecosistemas a las poblaciones, con el fin de garantizar su bienestar (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Los servicios ecosistémicos se clasifican en servicios de regulación, provisión, cultural y de soporte.

2.3. Marco legal

2.3.1. Marco legal internacional

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), creada en 1992.
- Protocolo de Kyoto, establecido en 1997 para minimizar las emisiones de GEI que incrementan el calentamiento global.
- Acuerdo de París, acuerdo al que llegaron las partes de la CMNUCC en 2015.
- Los Estados Miembro de la ONU establecieron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en 2015.
- Convenio CITES sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre, Ratificado por DSN° 043-77-AG.

2.3.2. Marco legal nacional

- La Constitución Política del Perú de 1993 establece que todas las personas tienen derecho a un ambiente balanceado y apropiado para su desarrollo.
- Ley N° 28611: Ley General del Ambiente aprobada en 2005, indica que los ecosistemas tienen como objetivo mantener los ciclos y procesos ecológicos, evitar la fragmentación causados por las intervenciones humanas y prescribir estrategias de recuperación y rehabilitación, con especial atención en los ecosistemas especiales o frágiles.
- La Política Nacional del Ambiente al 2030, aprobada por el DS N°023-2021-MINAM.
- La Ley Marco sobre Cambio Climático (Ley N° 30754), oficializada en 2018 y su Reglamento de la Ley Marco sobre Cambio Climático, aprobado por el DS N°013-2019-MINAM.
- La Estrategia Nacional sobre Cambio Climático, oficializada por el DS N°011-2015-MINAM.

- Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático, publicado bajo la RM N°238-2010-MINAM.
- El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Perú, oficializado bajo la RM N° 096-2021-MINAM.
- La Comisión Nacional sobre el Cambio Climático, establecida en 1993 y actualizada en 2013 mediante el DS N° 015-2013-MINAM.
- La Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles, aprobada por la RDE N°153-2018-MINAGRI-SERFOR-DE, incluyendo la Loma de Mangamarca.
- El Protocolo de Actuación Interinstitucional para Gestionar y Proteger los ecosistemas incluidos en la Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles, oficializado por el DS N°007-2020-MINAGRI.
- El DS N°004-2014-MINAGRI y DS N°043-2006-AG presentan la clasificación de las especies amenazadas de fauna y flora silvestre respectivamente.
- El establecimiento del Área de Conservación Regional Sistema de Lomas de Lima fue dado mediante el DS N° 011-2019-MINAM.
- Ley N° 26839: Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica establecida en 1997.
- La Estrategia Nacional sobre la Diversidad Biológica al 2021 y el Plan de Acción 2014-2018, oficializados por el DS N°009-2014-MINAM.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1. Área de estudio

3.1.1. Ubicación

Las Lomas de Mangamarca son ecosistemas de alto valor de conservación que se extiende desde los 315 hasta los 850 msnm, ocupando un área de 516.10 hectáreas aproximadamente (Carpio, 2021; SERFOR, 2014).

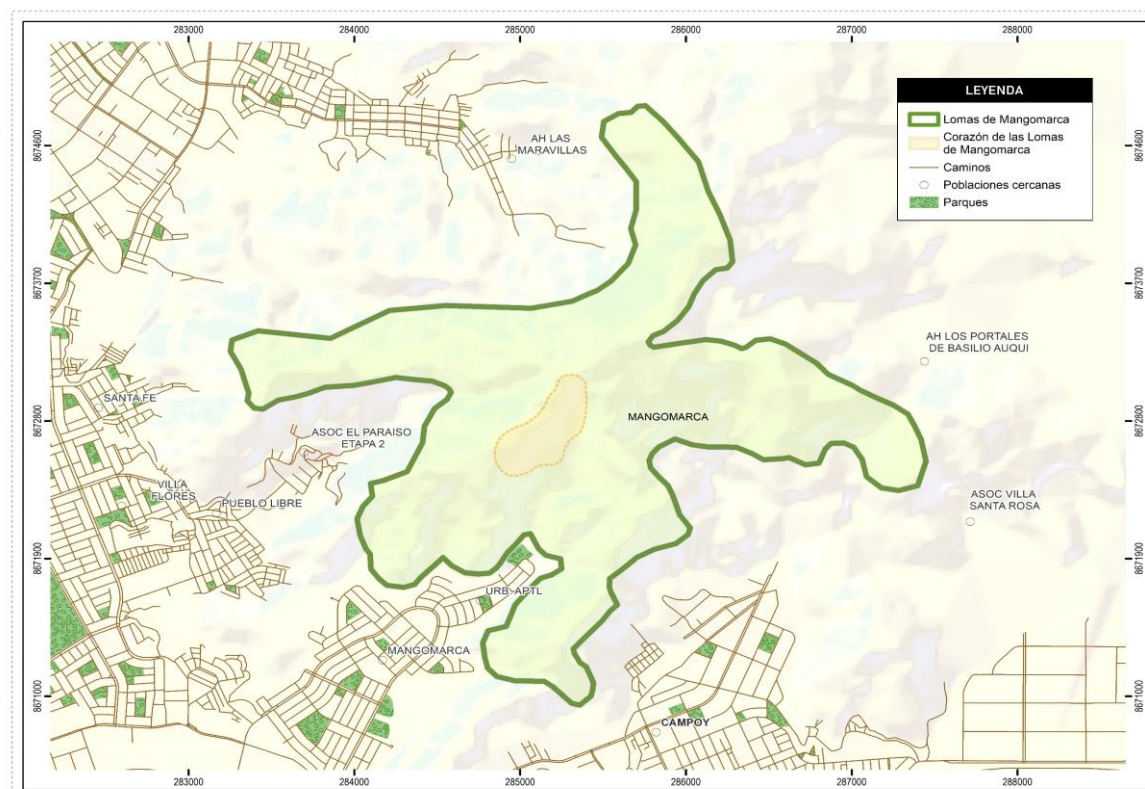
Políticamente, se sitúa en los distritos de San Juan de Lurigancho y Lurigancho-Chosica, en la provincia y departamento de Lima, ocupando un área de 371.94 ha y 144.16 ha respectivamente (Ver Anexo 6.1). El ecosistema de lomas se ubica específicamente en las urbanizaciones Mangamarca, Sauce y Campoy.

De la Figura 3 se evidencia que este ecosistema único se encuentra delimitado por los cerros Balcón y Ventana hacia el este, el cerro Sauce al oeste y El Chivo al sureste. Asimismo, el ecosistema de lomas se encuentra rodeado de comunidades poblacionales, como el asentamiento humano Las Maravillas hacia el norte, el asentamiento humano Los Portales de Basilio Auqui y la Asociación Villa Santa Rosa por el este. Con la urbanización APTL por el sur y con la Asociación El Paraíso Etapa 2 por el suroeste.

El ecosistema cuenta también con un área central, la cual se muestra en la Figura 3 y Anexo 6.2, esta área denominada como el Corazón de la Loma de Mangamarca fue identificada por los encargados de la Asociación Lomas de Mangamarca, y delimitada mediante imágenes satelitales Landsat y Sentinel-2 como parte de la presente investigación. Dicha área presenta una extensión de 19.6 hectáreas aproximadamente, caracterizada principalmente por presentar una vegetación más densa en comparación a otras zonas. Además, esta área es el principal destino al que se acude al visitar anualmente las Lomas de Mangamarca.

Figura 3

Lomas de Mangomarca



Nota: Elaboración propia

3.1.2. Descripción del medio físico

3.1.2.1. Clasificación climática. El área de estudio se ubica en el desierto costero, caracterizado por tener un clima E(d) B', lo que indica un clima templado y árido con bajos niveles de humedad durante todo el año, de acuerdo al Mapa de Clasificación Climática del Perú del 2020. Este clima abarca aproximadamente el 9% del territorio nacional, extendiéndose a lo largo de la costa peruana, desde Tumbes hasta Piura. Las condiciones climáticas de esta zona están fuertemente influenciadas por el Anticiclón del Pacífico Sur, así como por factores oceánicos y locales⁶. (SENAMHI, 2021a) (Ver Anexo 6.3).

No obstante, durante la temporada de invierno, ciertas zonas del desierto costero experimentan un microclima particular, generando condiciones de alta humedad

⁶ <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

atmosférica, lo que permite la aparición temporal de vegetación. Esta condición es resultado de diversos factores, como la proximidad al mar, la presencia de barreras naturales y la dinámica de las nieblas. La interacción de estos elementos, junto con el relieve del terreno y la existencia de un banco de semillas latente, da lugar a condiciones favorables para la aparición de un ecosistema estacional único, como las lomas costeras, presentes en varios sectores del litoral peruano (Nieuwland & Mamani, 2017).

3.1.2.1.1. Estacionalidad. Las lomas costeras se caracterizan por presentar dos estaciones marcadas: la temporada seca y la temporada húmeda. En específico para las Lomas de Mangamarca se presenta lo siguiente:

- Temporada seca: Comprende los meses de octubre a mayo, caracterizado por la predominancia de temperaturas más elevadas, aunque puede haber precipitaciones, la humedad relativa es menor (Cotito, 2024). Estas condiciones generan una acelerada evaporación del agua en el suelo, lo que inhibe el crecimiento de vegetación.
- Temporada húmeda: Comprende los meses de junio a septiembre, caracterizado por bajas temperaturas, incremento de la humedad relativa (superior al 80 % en las zonas más altas de las lomas) (Chavarria & Gensen, 2022; Cotito, 2024). Estas condiciones favorecen la elevada humedad en el suelo, lo que permite la aparición y desarrollo estacional de la vegetación típica de las lomas.

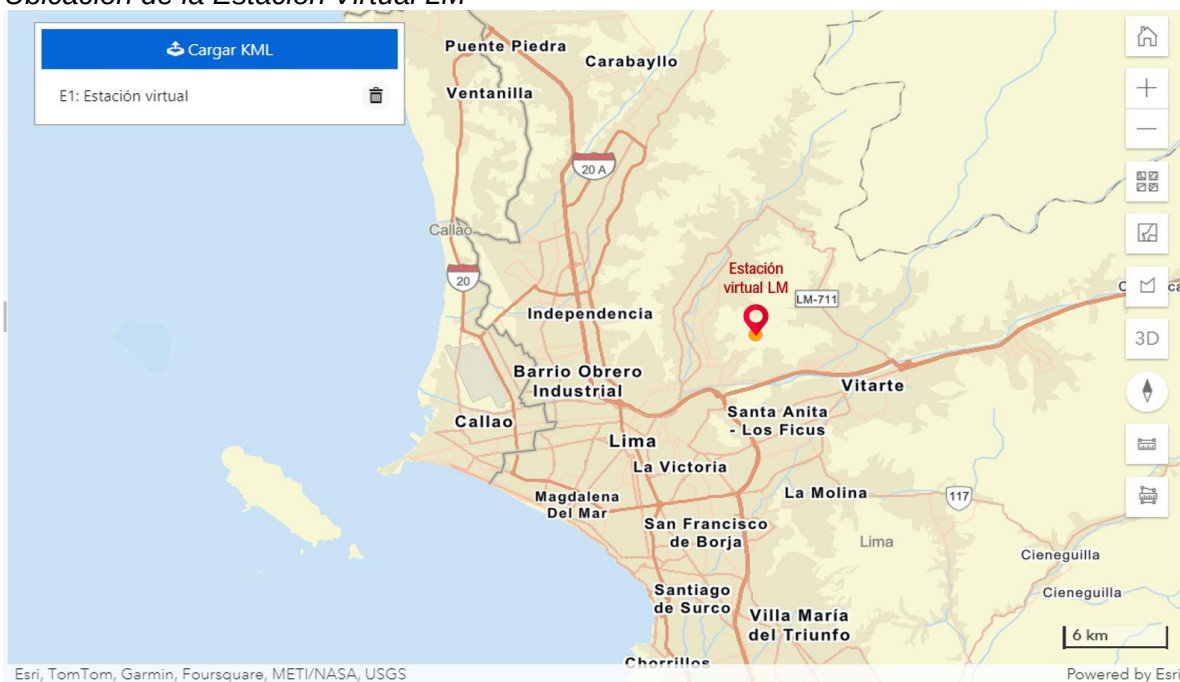
De este modo, las condiciones microclimáticas de los ecosistemas de lomas generan un entorno diferenciado que contrasta con el clima árido predominante del desierto costero.

3.1.2.2. Parámetros atmosféricos. Dado que en el área de estudio no existe una estación meteorológica física, se empleó los datos mensuales de precipitación (versión 2.1) y temperatura (versión 1.1) del producto grillado PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations), interpolados con una resolución de aproximadamente 0.1° (≈ 10 km), generados a partir de más de 600 estaciones meteorológicas a nivel nacional, imágenes satelitales y modelos de elevación. Este producto permite obtener registros de variables meteorológicas en zonas sin presencia de estaciones convencionales, como en el área de las Lomas de Mangamarca.

Por tanto, para la descripción de las variables climáticas se empleó un registro de datos de más de 30 años a través de la Estación Virtual Lomas de Mangamarca (Estación Virtual LM) con coordenadas 285199.00 m E y 8672698.00 m S, y con altitud de 621 msnm (Ver Figura 4).

Figura 4

Ubicación de la Estación Virtual LM



Nota: Plataforma interactiva del ANA – Análisis de Datos y Recursos Estadísticos para el Agua (ANDREA)

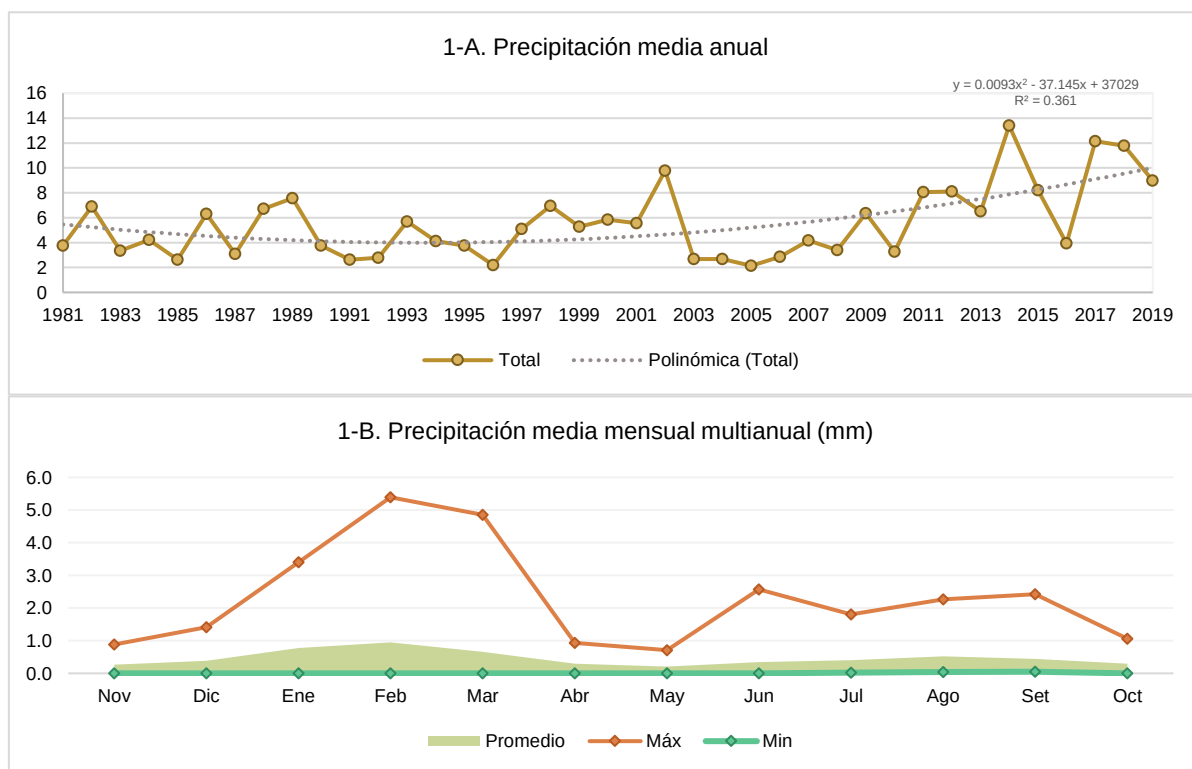
3.1.2.2.1. Registro histórico de precipitación. La precipitación promedio anual del área de estudio es de 5.6 mm, mientras que las precipitación máxima y mínima es de 13.4 mm y 2.1 mm aproximadamente.

Los valores mensuales para el periodo 1981– 2019 se muestran en el Anexo 2 y Gráfico 1. En el Gráfico 1-A se muestra la variación de la precipitación para dicho periodo, siendo las precipitaciones mayores de los años 2014, 2017 y 2018 con 13.4 mm, 12.2 mm y 11.8 mm en ese orden, y los más bajos de los años 1996 y 2005 con 2.2 mm y 2.1 mm respectivamente.

En el Gráfico 1-B se observa, por su parte, que los meses con mayor presencia de precipitaciones van de enero a marzo y de junio a septiembre, siendo el mes de febrero el que presenta los mayores valores de precipitación del año. Cabe destacar que el periodo de junio a septiembre (meses con elevada precipitación) corresponde a la aparición de la vegetación estacional de lomas costeras.

Gráfico 1

Precipitación media mensual y anual (mm)



Nota: Elaboración propia con información de PISCO

Es importante mencionar que, aunque los valores de precipitación registrados por PISCO muestren valores acumulados muy bajos (ver Gráfico 1), el desarrollo de la vegetación en las lomas responde principalmente a la presencia de niebla costera densa (Bullón, 2019), cuya humedad se deposita como rocío sobre las superficies, favoreciendo temporalmente la cobertura vegetal.

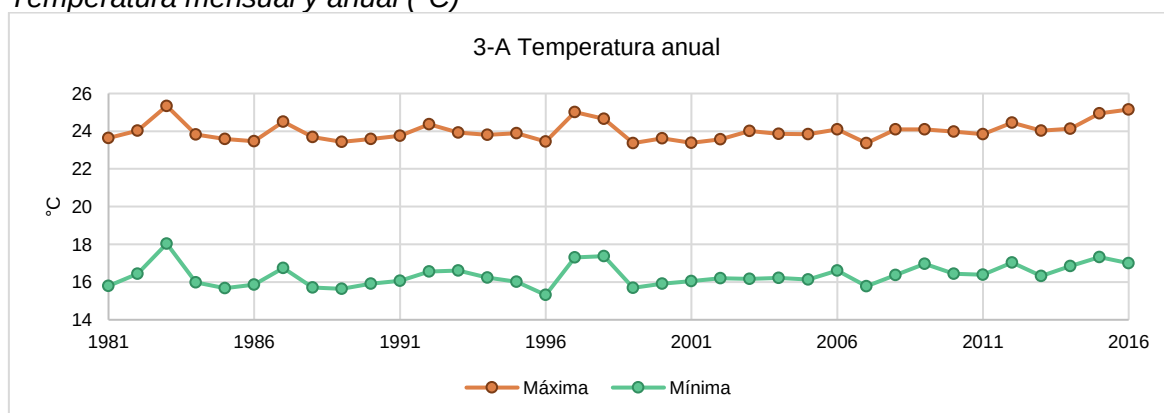
3.1.2.2.2. Registro histórico de temperatura. La temperatura promedio anual del área de estudio es de 16°C, mientras que la temperatura máxima y mínima es de 19.9°C y 13.8°C aproximadamente.

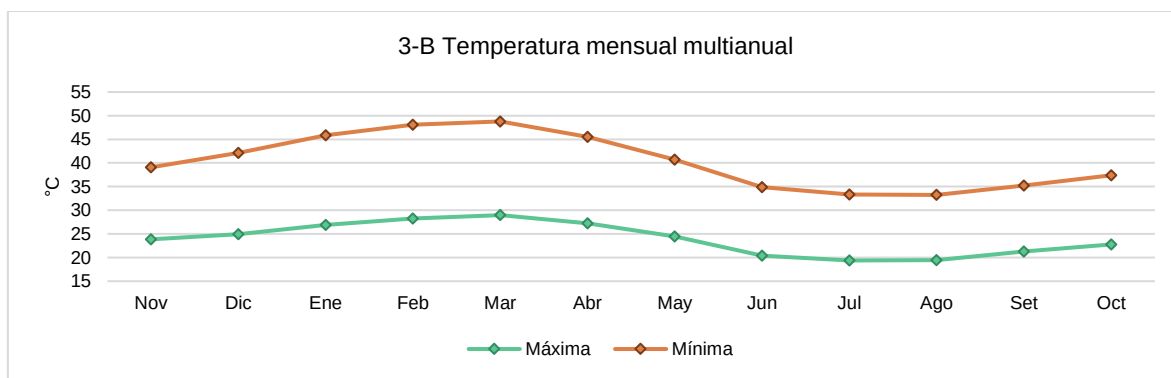
Los valores mensuales para el periodo 1981– 2016 se presentan en el Anexo 3 y Gráfico 2. En el Gráfico 2-A se presenta los cambios de la temperatura para dicho periodo, siendo las temperaturas mayores de los años 1997, 2016 y 1983 con 25.0°C, 25.2°C y 25.3°C en ese orden y los más bajos del año 1996 y 2007 con 15.3°C y 15.8°C respectivamente.

En el Gráfico 2-B se observa que los meses con las temperaturas más altas van de diciembre a mayo, siendo marzo el mes con los máximos valores de temperatura del año. Por otro lado, la época de menor temperatura del año coincide con el periodo de junio a septiembre, que es cuando aparece la vegetación estacional de las lomas costeras.

Gráfico 2

Temperatura mensual y anual (°C)





Nota: Elaboración propia con información de PISCO

3.1.2.2.3. Humedad relativa. Las lomas aparecen cuando el aire húmedo se enfría y alcanza la saturación, es decir, cuando la humedad relativa se acerca al 100 %. Los niveles de humedad relativa registrados cerca de las Lomas de Mangamarca se mantuvieron en rangos moderadamente altos, variando entre 60 % y 80 %. No obstante, en los sectores ubicados a mayor altitud, particularmente por encima de los 400 msnm, los registros alcanzaron de manera constante valores entre 80 % y 95 % (Chavarria & Gensen, 2022).

3.1.2.3. Hidrografía. Hidrográficamente, las Lomas de Mangamarca se ubican en la cuenca hidrográfica Rímac, a una distancia de 1.2 km al río Rímac, desde el límite sur del ecosistema.

3.1.3. Descripción del medio biológico

El ecosistema de lomas se sitúa en las zonas de vida: Desierto perárido-Montano Bajo Subtropical y Desierto desecado-Subtropical, según la clasificación del sistema Holdridge y lo evaluado por INRENA.

Mientras que, el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal publicado en el 2015 por el Ministerio del Ambiente (MINAM) indica que el ecosistema de lomas de ubica en el Desierto costero, no obstante, a partir de un análisis de las unidades de vegetación, las Lomas de Mangamarca es catalogada como lomas costeras (Ver Anexo 6.4).

Por otro lado, de acuerdo al listado de ecosistemas frágiles del SERFOR⁷, las Lomas de Mangamarca están rodeadas de diversos ecosistemas frágiles, como las lomas de Amancaes, Payet y Collique, ubicados a 3.9 km, 4.8 km y 8.4 km de distancia respectivamente. Además, se encuentra ubicado a 20.4 km del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa, considerado como sitio Ramsar (Ver Anexo 6.5).

Respecto a las especies que habitan el área de estudio, se realizó una revisión de artículos científicos, reportes e inventarios de flora y fauna. En el ecosistema se han registrado 61 especies de flora, entre ellos el tabaco silvestre, ortiga negra, begonia de las rocas y la flor de Amancaes, esta última considerada como una especie vulnerable según la normativa nacional (DS N°043-2006-AG).

Se identificaron 15 especies de avifauna, entre ellos la lechuza terrestre, colibrí de oasis, golondrina azul y minero peruano, 02 especies de herpetofauna, el gecko y la lagartija tigris, además de la vizcacha que fue la única especie de mamífero registrada en el ecosistema de lomas (Santa Cruz et al., 2020; SERFOR, 2014, 2015). En el Anexo 4 se muestra el listado de las especies de flora y fauna identificados.

3.2. Enfoque, tipo y diseño de la investigación

3.2.1. Enfoque de la investigación

Debido al empleo de conceptos tanto cuantitativos como cualitativos para el análisis de la vulnerabilidad, el presente proyecto de investigación se estructura bajo un **enfoque mixto**. El análisis de la vulnerabilidad es un tema multidisciplinario ya que considera múltiples aspectos como los ambientales, sociales, económicos, y políticos. Además, considera temas con gran complejidad y dinamismo como el cambio climático, que deben ser abordadas desde diferentes perspectivas investigativas.

⁷ <https://geo.serfor.gob.pe/geoserfor/> SERFOR in web, 2023

3.2.2. Tipo de la investigación

Según su alcance, es **exploratoria** dado que busca ahondar en un tema que ha sido poco estudiado para evaluar la vulnerabilidad a nivel de ecosistema y desarrollar una propuesta metodológica frente al cambio climático y presiones antrópicas en las Lomas de Mangamarca. Por ejemplo, en el caso de la información geográfica en formato shapefile de las Lomas de Mangamarca, la información sobre la ocupación de las actividades humanas a esa escala es limitada y tuvo que ser generada empleando herramientas de QGIS e imágenes satelitales.

Además, es **descriptiva**, debido a que pretende caracterizar las variables de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa para así describir y analizar la vulnerabilidad del ecosistema de lomas.

Por su temporalidad, la investigación es **longitudinal**, ya que se lleva a cabo en un período de tiempo largo para evaluar las variables de vulnerabilidad. Por ejemplo, en el análisis de la exposición climática, se consideran los valores proyectados al periodo 2040-2059 (futuro cercano), con el fin de comprender cómo podría evolucionar el ecosistema a lo largo del tiempo.

3.2.3. Diseño de la investigación

Es de **carácter no experimental** dado que se limita a observar y analizar los fenómenos tal como ocurren en la realidad, sin realizar algún control experimental de las variables, dado el enfoque y la naturaleza del estudio. Para determinar el análisis de la vulnerabilidad se recopilan y analizan datos existentes involucrados con las variables de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de las Lomas de Mangamarca.

Además, considerando el cambio climático como un factor relevante, un estudio no experimental es lo más acertado, ya que a través de observaciones longitudinales se pueden analizar las variaciones climáticas que influyen en las condicionales ambientales de un territorio.

3.3. Unidad de análisis

- Población: Una vez definida la unidad de análisis, se establece la población a estudiar, sobre la cual se buscará generalizar los resultados (Hernández-Sampieri et al., 1991). Para el presente estudio se ha identificado como población a las lomas costeras de Lima.
- Muestra: El área del ecosistema de las Lomas de Mangamarca. El tipo de muestreo es **no probabilístico a discreción** debido a que el estudio aborda un tema con gran incertidumbre y complejidad como el cambio climático y presiones antrópicas. En estos casos, la selección intencional de las variables más relevantes y representativas, así como del área a estudiar por parte del investigador resulta ser una estrategia útil, dado la cantidad de variables y la dificultad para obtener datos representativos a través de métodos probabilísticos.
- Unidad de análisis: La unidad de análisis principal fue el área del ecosistema de la Loma de Mangamarca de 516.10 hectáreas. Sin embargo, existe otra unidad de análisis al que se ha identificado como el Corazón de las Lomas de Mangamarca (19.6 ha), caracterizado por ser el área central del ecosistema y por presentar la mayor concentración de vegetación en comparación a otras zonas.

3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación

3.4.1. *Técnicas de recolección de datos*

Para conocer las características ecológicas y las amenazas antrópicas que enfrentan las Lomas de Mangamarca, se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica que incluyó libros, artículos científicos, ponencias, entrevistas, tesis, inventarios de flora y fauna, portales oficiales de información geográfica, entre otros.

Especialmente para analizar la exposición climática se descargó información de precipitación de la zona de estudio empleando los datos mensuales del producto grillado PISCO, en la versión 2.1 y la versión 1.1. El producto tiene un rango temporal que se

extiende desde enero de 1981 hasta diciembre de 2019, y una resolución espacial de 0.1° (cerca de 10 km). Además, está disponible para su descarga gratuita a través de la plataforma interactiva ANDREA⁸, plataforma lanzada en marzo del 2023, que permite analizar y modelar la información relacionada con los recursos hídricos en las cuencas del país.

Asimismo, se descargó información sobre las proyecciones futuras de temperatura y precipitación bajo distintos escenarios socioeconómicos compartidos (SSP), utilizando datos del conjunto multimodelo CMIP6, disponibles a través del Climate Change Knowledge Portal (CCKP) del World Bank Group.

Finalmente, los datos recolectados en gabinete y en consulta con diferentes especialistas fue complementada con visitas de campo tanto en época seca como húmeda. Estas visitas permitieron obtener información proporcionada por los representantes de la Asociación Lomas de Mangomarca sobre las medidas y gestión realizada en el ecosistema de lomas.

3.4.2. Técnicas de análisis y generación de información geográfica

Se han hecho uso de técnicas cartográfica para el reconocimiento del área de estudio y la representación de los resultados obtenidos.

Por ejemplo, para analizar la exposición no climática, se identificaron las actividades humanas en el área de estudio para cada año analizado (2013-2023) mediante Google Earth e imágenes satelitales obtenidas del portal de visualización creada por EOS Data Analytics: LandViewer.

Los archivos en formato KML se convirtieron a shapefiles para permitir su modelación y análisis en QGIS. Además, se han analizado las fotografías y vuelos generados con el dron Dji Mavic Air 2S para identificar la presencia de actividades humanas.

⁸ <https://snirh.ana.gob.pe/ANDREA/Integrado.aspx>

Para el análisis de sensibilidad se han generado mapas en QGIS utilizando información secundaria de dominio público sobre las especies, como los portales de GBIF⁹ (Global Biodiversity Information Facility 2022), UICN¹⁰ (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y CMS¹¹ (Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias de Animales Silvestres) principalmente.

3.4.3. Procesamiento de datos

- QGIS: Software de Sistema de Información Geográfica de código abierto que facilita el análisis de datos espaciales o georreferenciados. Dicho software fue utilizado en el presente estudio para el análisis de la información cartográfica y a la generación de mapas temáticos.
- Microsoft Excel: Software de hoja de cálculo, incluido en el paquete de Microsoft Office y permite trabajar grandes volúmenes de información.

Se utilizó el Microsoft Excel para la organización y estructuración de datos. Se generó tablas que permitieron ordenar la información de manera eficiente, así como gráficos y otras representaciones visuales para mostrar los resultados.

3.5. Propuesta metodológica para el cálculo de la vulnerabilidad

En el Perú se han realizado análisis de vulnerabilidad en ecosistemas de montaña (P. Quispe, 2020), en hábitat críticos amazónicos (SERFOR, 2017), áreas naturales protegidas (SERNANP et al., 2014), humedales costeros (P. Quispe, 2020) e incluso en las lomas costeras (PNUD, 2018). Sin embargo, muchos de ellos enfocados en determinar su susceptibilidad solo frente al cambio climático, dejando una brecha en el conocimiento sobre otros factores de amenaza que afectan los ecosistemas.

⁹ <https://www.gbif.org/es/>

¹⁰ <https://www.iucnredlist.org/>

¹¹ <https://www.cms.int/en/species>

El análisis de la vulnerabilidad representa una herramienta de advertencia temprana, que permite adelantar las acciones o políticas de adaptabilidad. Su importancia radica en la capacidad para identificar los factores que incrementan el riesgo de degradación de los ecosistemas, permitiendo así priorizar áreas de intervención y posteriormente aplicar las medidas de gestión ambiental.

Es por ello que, una evaluación integral de la vulnerabilidad debe contemplar todas las amenazas a las que se encuentra sujeta el ecosistema, identificando los factores de exposición climáticas y presiones antrópicas, las características propias del ecosistema, su funcionamiento, así como su capacidad para soportar diversos impactos, sin ocasionar una pérdida significativa o permanente de los bienes y servicios ecosistémicos (Cárdenas & Tobón, 2016; Shen et al., 2016).

Tal como se indicó en la sección 2.1.1, la vulnerabilidad se determina mediante la interacción de tres componentes: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (Ver Figura 1). En este sentido, la propuesta metodológica presentada en este estudio incorpora una visión más amplia e integrada del componente exposición, al incluir tanto factores climáticos como factores no climáticos. Al combinar ambos enfoques, se consigue una comprensión más profunda de las interacciones y los efectos sinérgicos en el área de estudio, lo que conlleva a la implementación de estrategias de adaptación eficaces para aumentar la resiliencia del ecosistema (Malhi et al., 2020; Weiskopf et al., 2020; West et al., 2009).

En la Tabla 1 se muestra la comparación de la propuesta metodológica de este estudio frente a aquellas metodologías centradas exclusivamente en el análisis del cambio climático:

Tabla 1*Comparación de métodos de análisis de vulnerabilidad*

Aspecto	Propuesta metodológica integral (factores climáticos + no climáticos)	Metodologías centradas solo en factores climáticos
Enfoque	Evaluación integral, que considera factores climáticos y no climáticos.	Evaluación específica, que considera solo factores climáticos
Variables a considerar	Factores no climáticos relacionados a la urbanización, sobreexplotación de recursos naturales, presencia de actividades humanas de extracción o producción. Además, se considera factores climáticos como las variaciones de la temperatura, la precipitación o eventos extremos.	Solo factores climáticos, como las variaciones de la temperatura, la precipitación o eventos extremos.
Ventajas	• Determina una visión clara y completa de la interacción entre la actividad humana y el clima. • Permite proponer medidas más efectivas, con la finalidad de hacer frente a las presiones antrópicas y cambio climático.	• Es beneficioso para estudios especializados sobre temas netamente climáticos, ya sea a corto, mediano o largo plazo. • Permite proponer medidas de mitigación y adaptación climática.
Desventajas	• Requiere de un esfuerzo mayor para recopilar y analizar información de las actividades humanas. • El diseño y aplicación de medidas de conservación y adaptación resulta ser más complicado.	• El análisis no comprende la exposición de las actividades humanas sobre el ecosistema. • La implementación de medidas es limitada e ineficaz dado que no incluye el análisis de los factores no climáticos.
Aplicación	Aplicación prioritariamente a ecosistemas urbanos o proyectos de gran escala.	Aplicación a proyectos específicos relacionados a condiciones climáticas o eventos extremos.

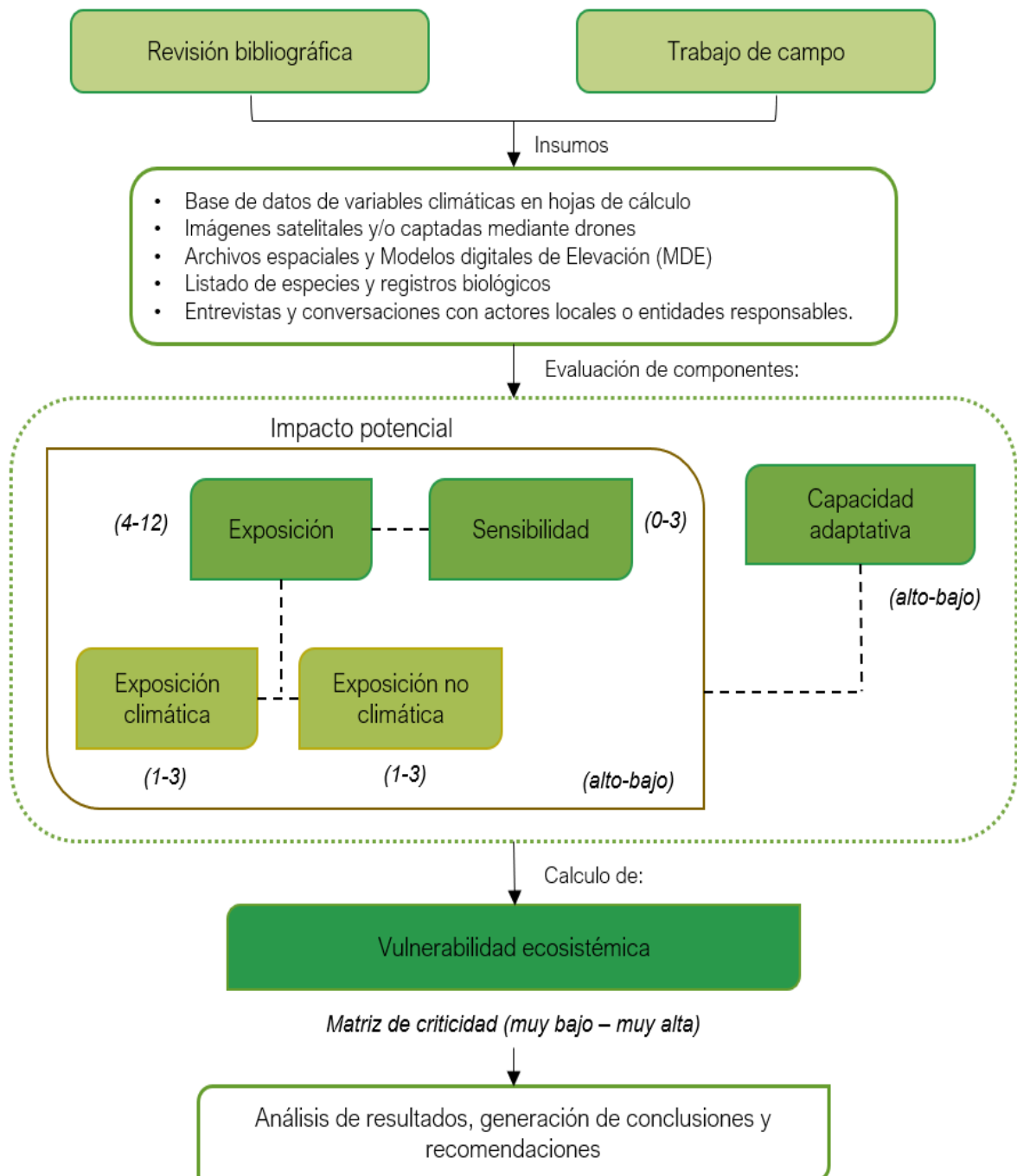
Nota: Elaboración propia

En este sentido, el Gráfico 3 muestra el esquema metodológico propuesto para la evaluación de la vulnerabilidad ecosistémica, aplicado al caso de las Lomas de Mangomarca. Esta metodología integra insumos obtenidos a través de una revisión bibliográfica especializada y el trabajo de campo realizado, lo que permite una aproximación contextualizada y técnicamente fundamentada.

El esquema contempla el análisis de los tres componentes fundamentales de la vulnerabilidad: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, los cuales se evalúan de manera diferenciada mediante indicadores específicos. La integración de estos componentes permite obtener un diagnóstico completo del grado de vulnerabilidad del ecosistema considerando la exposición frente al cambio climático y presiones antrópicas.

Gráfico 3

Esquema metodológico para la vulnerabilidad



Nota: Elaboración propia

A partir de la revisión bibliográfica y el trabajo de campo, se recopila bases de datos de variables climáticas en hojas de cálculo, imágenes satelitales y/o captadas mediante drones, archivos espaciales, Modelos Digitales de Elevación (MDE), registros biológicos,

así como información a partir de entrevistas y conversaciones con actores locales y entidades responsables. Esta información permite identificar el grado de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa del ecosistema, en función de los criterios y valores establecidos a continuación.

3.5.1. Exposición

La exposición a la cual está expuesta el ecosistema de Lomas, comprende la exposición climática y no climática. Si la suma total es de 10 a 12, se considera una exposición alta; de 7 a 9, exposición moderada; y de 4 a 6, exposición baja.

3.5.1.1. Exposición climática. Para calcular la exposición climática, se identifican variables como las variaciones en la precipitación, temperatura y la variabilidad climática interanual, entre otras amenazas climáticas que afectan el área de estudio. Además, para la evaluación se considera el escenario de emisiones, ya sea a través de las RCP o SSP, así como el periodo temporal de análisis, que puede corresponder al futuro cercano, medio o lejano, en función del periodo base seleccionado. Estas consideraciones permiten determinar los indicadores para el grado de exposición alto, medio o bajo.

Si bien en ecosistemas como las lomas costeras la humedad relativa es el factor principal que condiciona el desarrollo vegetal, su análisis se ve limitado por la escasez de datos directos (Madariaga, 2016) y la complejidad técnica para su monitoreo a largo plazo (G. Moreno, 2021), lo que limita su inclusión en el análisis de vulnerabilidad.

Es ese sentido, en esta investigación se seleccionaron como variables climáticas clave la temperatura y la precipitación, debido a que su interacción determina la disponibilidad de agua en el suelo: la precipitación aporta el recurso hídrico, mientras que la temperatura influye en su permanencia a través de procesos como la evaporación.

Además, ambas variables cuentan con una mayor disponibilidad de datos y modelos, lo que facilita la caracterización de las tendencias climáticas en la zona de estudio.

Para estimar el grado de exposición de las Lomas de Mangomarca se utilizaron las proyecciones climáticas del World Bank Group (Climate knowledge portal) para el periodo 2040-2059 (futuro cercano). El análisis consideró el escenario SSP5-8.5 el cual presenta un futuro caracterizado por una alta dependencia de combustibles fósiles, con economías globales fuertemente interconectadas, lo que impulsa el avance tecnológico y la innovación; así como el escenario SSP2-4.5 el cual representa una trayectoria intermedia, donde las emisiones se estabilizan cerca de los niveles actuales y empiezan a disminuir hacia mediados de siglo, aunque sin llegar a emisiones netas cero para el año 2100 (IPCC, 2022).

Se establecieron rangos de variación de precipitación (aumento o disminución del 30% o 60% respecto al valor base) y temperatura para categorizar la exposición como baja, media o alta. En Tabla 2, se indica la exposición del ecosistema en un rango numérico de 1 a 3 (de menor a mayor exposición).

Tabla 2

Grado de exposición a variaciones de precipitación y temperatura

Variable	Descripción	Grado de exposición	
		Valor	Tipo
Variación de precipitación	Mayor al 60% aumento o descenso	3	Alto
	Entre el 30 al 60% aumento o descenso	2	Moderado
	Entre 0 al 30%	1	Bajo
Variación de temperatura	Mayor a 2.0°C	3	Alto
	1.4 – 2.0 °C	2	Moderado
	Menor a 1.4°C	1	Bajo

Nota: Elaboración propia

Una vez se hayan asignado los grados de exposición a la precipitación y temperatura, se suman estos valores para obtener una medida total de la exposición climática del ecosistema de lomas. Si la suma total es 5 o 6, se considera una exposición alta; 4, exposición moderada; y 2 o 3, exposición baja.

3.5.1.2. Exposición no climática. Se analiza la presencia humana existente, el cual incluye la urbanización, la deforestación, la contaminación y otras alteraciones generadas directa o indirectamente por las actividades humanas.

Para determinar la exposición no climática se aplicó la metodología mostrada en la Tabla 3, que la califica en un rango numérico de 1 a 3, donde 1 representa una menor exposición y 3 una mayor.

Tabla 3

Grado de exposición no climática

Variable	Descripción	Grado de exposición Valor	Tipo
Tasa de cambio de la cobertura del suelo	La tasa de cambio es significativa y rápida.	3	Alto
	La tasa de cambio es moderada, con cambios perceptibles, pero no tan rápidos o drásticos.	2	Moderado
	La tasa de cambio es baja, con cambios apenas perceptibles.	1	Bajo
Superficie afectada por actividades humanas	La actividad humana afecta a más del 66,7% de la superficie del ecosistema.	3	Alto
	La actividad humana afecta entre el 33,3% y el 66,7% de la superficie del ecosistema.	2	Moderado
	La actividad humana afecta menos del 33,3% de la superficie del ecosistema.	1	Bajo

Nota: Elaboración propia

A continuación, se describen las variables de la exposición no climática propuestas como parte de este estudio.

- Tasa de cambio de la cobertura del suelo: La tasa de cambio de la cobertura del suelo es definida como la velocidad con la que los diversos tipos de cobertura del suelo se transforman en un área específica durante un tiempo determinado (Camacho Sanabria et al., 2017), generando alteraciones en su configuración física y en los elementos que la conforman (Carvajal & Pabón, 2016).
- Superficie afectada por actividades humanas: Se refiere al uso actual que las personas le dan a la superficie terrestre, las cuales dependen de características

sociales, culturales, económicos y políticos de la población, los que determinan las decisiones sobre cómo manejar y aprovechar el terreno (Carvajal & Pabón, 2016).

Una vez se hayan asignado los grados de exposición para cada variable, se suman estos valores para obtener una medida total de la exposición no climática del ecosistema de lomas. Si la suma total es 5 o 6, se considera una exposición alta; 4, exposición moderada; y 2 o 3, exposición baja.

3.5.2. Sensibilidad

Se refiere al grado en el que un ecosistema puede verse alterado positiva o negativamente debido a las perturbaciones ambientales.

Para estimar la sensibilidad se ha considerado tres de los seis criterios propuestos en la metodología para la determinación de hábitats críticos¹², establecidos en la Guía para la Norma de Desempeño Ambiental y Social 6 (NDAS 6): Conservación de la Biodiversidad y Gestión Sostenible de Recursos Naturales Vivos, publicada por el BID en septiembre de 2021 (Ver Tabla 4).

La sensibilidad del ecosistema es evaluada considerando el enfoque del máximo valor, en la cual se considera el valor máximo entre las tres variables para determinar una evaluación final. Si el valor máximo es 3 se considera una sensibilidad alta, si es 2, sensibilidad moderada; 1, sensibilidad baja; y 0, nula sensibilidad.

¹² El hábitat crítico es un área con importancia significativa para la biodiversidad. Según el Banco Interamericano de Desarrollo [BID], p. (2021, p. 7) el hábitat crítico “puede incluir zonas de hábitats modificados y/o naturales que tienen altos valores de biodiversidad, como una importancia significativa para las especies casi amenazadas o amenazadas, las especies migratorias o las especies endémicas, así como zonas de ecosistemas altamente amenazados o zonas que proporcionan procesos evolutivos clave”.

Tabla 4

Grado de sensibilidad

Variable	Descripción	Grado de sensibilidad	
		Valor	Tipo
Grado de protección	Hábitat con presencia de una o más especies en peligro crítico (CR) o en peligro (EN), con áreas que regularmente tienen $\geq 0.5\%$ del tamaño total de población y ≥ 5 unidades reproductoras.	3	Alto
	- Hábitat con presencia de una o más especies en peligro crítico (CR) o en peligro (EN), con áreas que tienen $\geq 0.25\%$ del tamaño total de población. - Hábitat con presencia de una o más especies vulnerables (VU) con áreas que tienen más del 0.1 % del tamaño total de población.	2	Moderado
	- Hábitat con presencia de una o más especies en peligro crítico (CR) o en peligro (EN), con áreas que tienen $\geq 0.1\%$ y $< 0.25\%$ del tamaño total de población. - Hábitat con presencia de una o más especies vulnerables (VU) con áreas que tienen $\geq 0.05\%$ y $< 0.1\%$ del tamaño total de población.	1	Bajo
	Hábitat que alberga principalmente especies de preocupación menor (LC) con ninguna o alguna especie en categorías más altas de amenaza, pero no alcanzan el umbral para ser considerados de alta, moderada y baja sensibilidad.	0	Nulo
	Hábitat de importancia significativa para especies endémicas y/o de área de distribución restringida, que sustenta $\geq 10\%$ del tamaño total de la población o ≥ 10 unidades reproductoras para especies de área de distribución restringida.	3	Alto
Endemismo	Hábitat para especies endémicas y/o área de distribución restringida, albergando un tamaño total de la población entre 1% y 10 % o ≤ 10 unidades reproductoras para especies de área de distribución restringida.	2	Moderado
	Hábitat donde pocas especies registradas son endémicas y/o de área de distribución restringida, albergando $\leq 1\%$ del tamaño total de la población.	1	Bajo
	Hábitat que alberga principalmente especies comunes, sin características endémicas.	0	Nulo
Especies migratorias y/o especies congregatorias	Hábitat que cumpla con alguna de las siguientes características: Sostiene $\geq 1\%$ de la población global de una especie migratoria de forma regular o durante su ciclo vital	3	Alto

Variable	Descripción	Grado de sensibilidad	
		Valor	Tipo
	- Sostiene previsiblemente $\geq 10\%$ del tamaño total de la población de una especie durante situaciones de estrés ambiental. - Sustenta un gran número de individuos maduros, situándose entre las diez principales agregaciones conocidas. - Sustenta una producción constante de propágulos, larvas o alevines de al menos un 10%.		
	Hábitat que comprenda entre 0.5% y 1% del tamaño total de la población de una especie migratoria o congregatoria	2	Moderado
	Áreas que sostienen menos del 0.5% del tamaño total de la población de una especie migratoria o congregatoria	1	Bajo
	Hábitats que no sustentan poblaciones de especies migratorias.	0	Nulo

Nota: Elaboración propia adaptada de la Banco Interamericano de Desarrollo [BID] (2021)

Para evaluar el grado de sensibilidad, se prioriza el cálculo de un alto nivel de sensibilidad en relación a las tres variables mencionadas.

- Grado de protección: Para evaluar un alto grado de protección, puede haber una conversión de especies VU a EN bajo los siguientes criterios: EOO inferior a 5,000 km², AOO menor a 500 km², reducción de la población en un 50% o más, riesgo de extinción en estado salvaje superior al 20% en 20 años o cinco generaciones y una población inferior a 2,500 individuos maduros (UICN, 2016).
- Endemismo: En cuanto a la variable de endemismo, se considerarán especies endémicas o de distribución restringida aquellas que cumplan lo establecido por la norma KBA (UICN, 2016) para especies con distribución geográfica limitada:
 - Las especies cuya distribución global es igual o inferior al percentil 25 de un grupo taxonómico que ha sido cartografiado globalmente (límite máximo de 50,000 km²).
 - En caso de que no se haya cartografiado globalmente a todas las especies de un grupo taxonómico, o si el percentil 25 de su distribución está por

debajo de 10,000 km², se considerará restringida a aquellas con una distribución de 10,000 km² o menos.

- Para especies con distribuciones lineales que no superan los 200 km de ancho y no abarca más de 500 km de longitud total.
- No se debe asumir inmediatamente que las especies identificadas en un único lugar presentan una distribución geográfica restringida, debido a que podría indicar un submuestreo.

Por último, es importante indicar que el tamaño poblacional (tamaño de la población global) de las especies se puede analizar considerando el número de individuos maduros, extensión del hábitat apropiado, área de ocupación (AOO), distribución geográfica, diversidad genética distintiva o número de ubicaciones (UICN, 2016).

La combinación de los componentes de exposición y sensibilidad permite identificar el impacto potencial sobre el ecosistema, reflejando el nivel de afectación previsto en función de ambos factores. Para su determinación, se suman los valores asignados a la exposición y la sensibilidad. De acuerdo a esta suma, el impacto potencial se clasifica en tres niveles: alto (12 a 15), moderado (9 a 11) y bajo (4 a 8).

Posteriormente, este impacto potencial, en conjunto con la capacidad adaptativa, determina el grado de vulnerabilidad del ecosistema, tal como se muestra en la Figura 1 y Gráfico 3.

3.5.3. Capacidad adaptativa

Cuando se habla de capacidad adaptativa se hace referencia a la capacidad que tiene un ecosistema de hacer frente a las perturbaciones ambientales. Esta capacidad comprende no solo la resiliencia propia del ecosistema, sino también medidas actuales y potenciales a implementar para enfrentar las consecuencias de una o más amenazas. En el contexto del estudio, se considera específicamente las estrategias de gestión propuestas para su protección y conservación, así como la relación de los actores estratégicos.

Para estimar la capacidad adaptativa se ha considerado cinco criterios, los cuales son evaluados de acuerdo a lo indicado en la Tabla 5.

Si la suma total es de 12-15 se considera una capacidad adaptativa alta; de 9-11, capacidad adaptativa moderada y de 2-8, capacidad adaptativa baja, que la califica en un rango numérico de 0 a 3, donde 0 representa una menor capacidad adaptativa y 3 una mayor.

Tabla 5

Grado de capacidad adaptativa

Variable	Descripción	Grado de capacidad adaptativa	
		Valor	Tipo
Monitoreo de recursos naturales	Existe un monitoreo regular de los recursos naturales.	3	Alto
	Existe un monitoreo limitado de los recursos naturales.	2	Moderado
	Ausencia de monitoreo de recursos naturales.	0	Nulo
Aplicación de políticas públicas	Aplicación efectiva de políticas públicas.	3	Alto
	Aplicación débil de políticas públicas.	2	Moderado
	Ausencia de políticas públicas.	0	Nulo
Planificación territorial	Estrategias de zonificación y planificación territorial.	3	Alto
	Planificación territorial limitada.	2	Moderado
	Ausencia de estrategias de planificación.	0	Nulo
Implementación de medidas	Implementación efectiva de las medidas de mitigación y adaptación.	3	Alto
	Implementación parcial de las medidas de mitigación y/o adaptación.	2	Moderado

Variable	Descripción	Grado de capacidad adaptativa	
		Valor	Tipo
	Implementación muy limitada o débil de las medidas de mitigación y/o adaptación	1	Bajo
Actores estratégicos	Alto nivel de colaboración de los actores estratégicos.	3	Alto
	Interacción regular y buena de los actores estratégicos.	2	Moderado
	Interacción baja de los actores estratégicos.	1	Bajo

Nota: Adaptado de SERNANP et al., 2014.

A continuación, se describen las variables de la capacidad adaptativa propuestas como parte de este estudio.

- **Monitoreo de recursos naturales:** El monitoreo consiste en la observación sistemática del territorio y la recopilación de información geoespacial de sus variables ambientales (Ley N° 27446 de 2001). En este caso, el monitoreo de recursos naturales se centra en analizar los cambios en la cobertura y uso del suelo, con la finalidad de promover la conservación de ecosistemas y recursos naturales.
- **Aplicación de políticas públicas:** Las políticas públicas son las medidas que implementa el gobierno para abordar los problemas identificados, en beneficio de la sociedad (Palomino, 2022). Por su parte, Lindblom (1991) resalta que los actores desempeñan un papel crucial en la ejecución e implementación de las políticas. En este sentido, el análisis de la variable se centra en determinar si existe una aplicación efectiva, débil o ausente de las políticas públicas en beneficio del ecosistema en estudio.

- Planificación territorial: Es un enfoque utilizado para organizar y gestionar el uso del suelo y los recursos en un área determinada considerando las necesidades y prioridades de las diferentes escalas de gobierno (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, 2016).
- Implementación de medidas: Esta variable determina el grado de implementación eficiente, parcial o débil de las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, las cuales buscan, reducir las emisiones de GEI e incrementar la resiliencia de los ecosistemas.
- Actores estratégicos: En los sistemas naturales, la comunicación y las relaciones entre los actores son necesarias para crear redes de conocimientos que ayuden a tomar decisiones, con el fin de potenciar su desarrollo sostenible (Ortega Gil & Segovia Cuevas, 2017). Identificar los actores estratégicos y analizar sus interacciones permiten determinar el aprovechamiento de los recursos en un espacio determinado, por lo contrario, la ausencia de estas relaciones dificulta el desarrollo de dichos espacios (Ortega Gil & Segovia Cuevas, 2017).

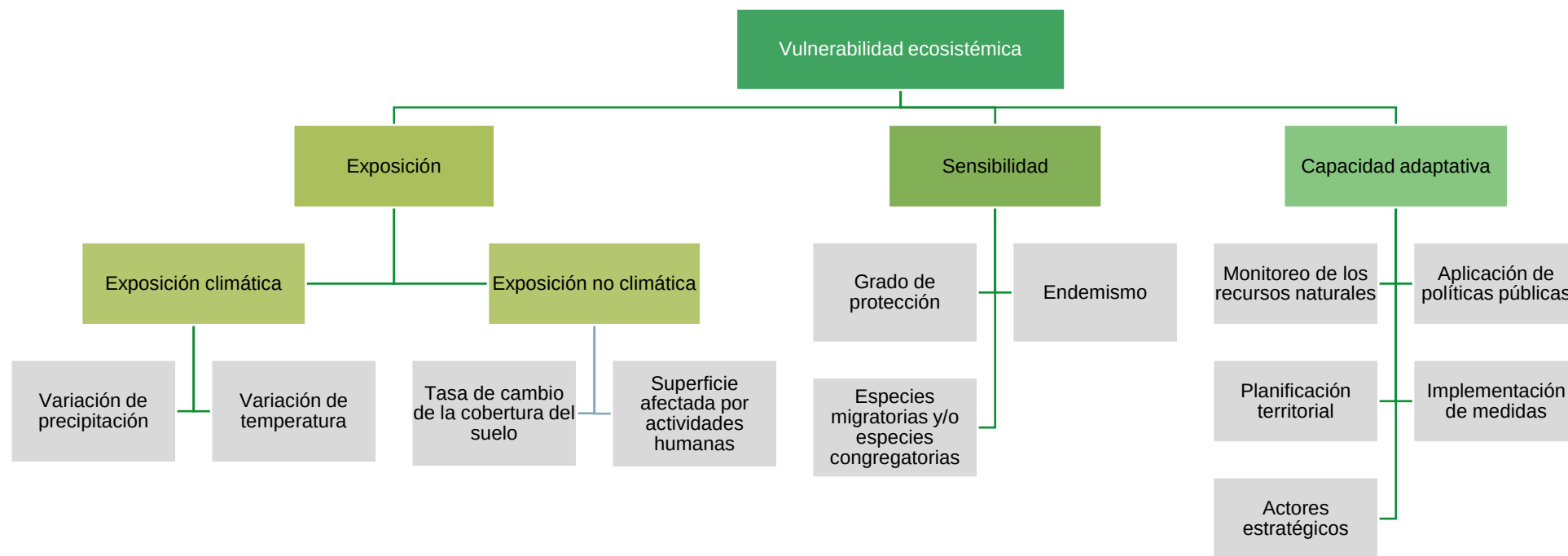
La variable determina el nivel de colaboración de los actores estratégicos, los cuales pueden ser evaluados en relación a su participación, al nivel de comunicación, al cumplimiento de objetivos, entre otros.

Finalmente, el resultado del grado de vulnerabilidad frente al cambio climático y presiones antrópicas es obtenido a partir de la matriz de criticidad, el cual relaciona el impacto potencial y la capacidad adaptativa, que se visualiza en la Tabla 6.

En resumen, el Gráfico 4 muestra las variables consideradas para la evaluación de cada componente de la vulnerabilidad ecosistémica, en correspondencia con el enfoque metodológico integral representada en la Figura 1. El componente de exposición se divide en exposición climática y no climática, cada una con dos indicadores; la sensibilidad se evaluó mediante tres indicadores clave; y la capacidad adaptativa mediante cinco indicadores.

Gráfico 4

Componentes de la vulnerabilidad



Nota: Elaboración propia

Tabla 6*Grado de vulnerabilidad ante el cambio climático y presiones antrópicas*

Impacto potencial→/ Capacidad adaptativa ↓	Bajo	Moderado	Alto
Alta	Muy Baja	Baja	Moderada
Moderada	Baja	Moderada	Alta
Baja	Moderada	Alta	Muy alta

Nota: Elaboración propia

	Vulnerabilidad muy alta		Vulnerabilidad baja
	Vulnerabilidad alta		Vulnerabilidad muy baja
	Vulnerabilidad moderada		

La matriz permite identificar que, si el impacto potencial previsto debido al cambio climático y a las presiones antrópicas es bajo, pero además la capacidad adaptativa en términos de gestión es alta, es decir, existe un monitoreo constante de los recursos naturales, una adecuada planificación territorial e implementación de medidas de mitigación y/o adaptación, así como una relación sólida entre los actores estratégicos, entonces la vulnerabilidad del ecosistema resulta ser muy baja. Esto debido a que, a pesar de las amenazas potenciales, la capacidad de respuesta y adaptación por parte de las autoridades pertinentes reduce significativamente los riesgos sobre el ecosistema.

Por el contrario, si el impacto potencial es muy alto, lo que implica una elevada exposición y sensibilidad del ecosistema frente a amenazas climáticas y antrópicas, y además la capacidad adaptativa es baja, la vulnerabilidad del ecosistema se incrementa considerablemente, alcanzando niveles muy altos. Esto ocurre porque no existen mecanismos de respuesta eficaces ni medidas adecuadas para hacer frente a las amenazas, lo que agrava los impactos negativos sobre el ecosistema.

3.6. Resultados

Se describen los resultados obtenidos de las variables de vulnerabilidad producto de la aplicación de la propuesta metodológica.

3.6.1. Exposición

3.6.1.1. Exposición climática. Para el análisis de las variables climáticas se utilizaron datos proyectados de precipitación, temperatura media, máxima y mínima para el periodo 2040-2059, obtenidos del Climate Knowledge Portal del World Bank Group, bajo los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5.

Cabe señalar que, debido a la resolución espacial de 0.25° x 0.25° (aproximadamente 25 km), los datos representan condiciones a escala regional y nacional. Por esta razón, el análisis se centró en la región de Lima, área en la que se encuentran ubicadas las Lomas de Mangamarca.

3.6.1.1.1. Proyección de la temperatura. El World Bank Group calcula los cambios de la temperatura anual (en °C) previstos al 2040-2059, el cual usa como base información del periodo 1995-2014 (periodo base).

La temperatura máxima anual en relación al periodo base es de 23.9°C, siendo el valor máximo y mínimo de 25.0°C y 23.4°C respectivamente, mientras que para los meses del periodo húmedo (junio a septiembre) es de 20.0°C (Ver Tabla 7 y Anexo 2).

Tabla 7

Temperatura máxima mensual y anual (°C) de la Estación virtual LM (1995-2014)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
Promedio	26.9	28.3	29.0	27.3	24.4	20.3	19.4	19.4	21.1	22.6	23.8	24.9	23.9
Máximo	27.8	29.1	30.2	28.9	26.3	21.9	21.1	22.0	24.0	24.2	25.3	26.0	25.0
Mínimo	25.5	27.3	27.8	26.3	23.4	18.9	18.2	17.7	19.3	21.2	23.1	24.3	23.4

Nota: Elaboración propia con información de PISCO-SENAMHI

La temperatura mínima anual en relación al periodo base es de 16.5°C, siendo el valor máximo y mínimo de 17.4°C y 15.3°C respectivamente, mientras que para los meses del periodo húmedo (junio a septiembre) es de 20.0°C (Ver Tabla 8 y Anexo 2).

Tabla 8

Temperatura mínima mensual y anual (°C) de la Estación virtual LM (1995-2014)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
Promedio	19.1	19.9	19.8	18.2	16.2	14.5	14.0	13.8	13.9	14.5	15.2	17.2	16.5

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
Máximo	22.1	22.3	21.9	20.2	17.7	16.2	15.8	15.1	16.7	16.3	16.0	20.2	17.4
Mínimo	17.8	18.7	18.7	17.0	15.1	13.2	12.7	12.8	12.6	13.3	13.8	15.8	15.3

Nota: Elaboración propia con información de PISCO-SENAMHI

En la Tabla 9 y Figura 5 se muestran las proyecciones de cambio en la temperatura máxima, mínima y media en los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 entre 2040 y 2059 en la región de Lima. En promedio, las temperaturas proyectadas bajo el escenario SSP5-8.5 son más altas que las del SSP2-4.5, lo que refleja el impacto de un escenario de emisiones más severo.

Tabla 9

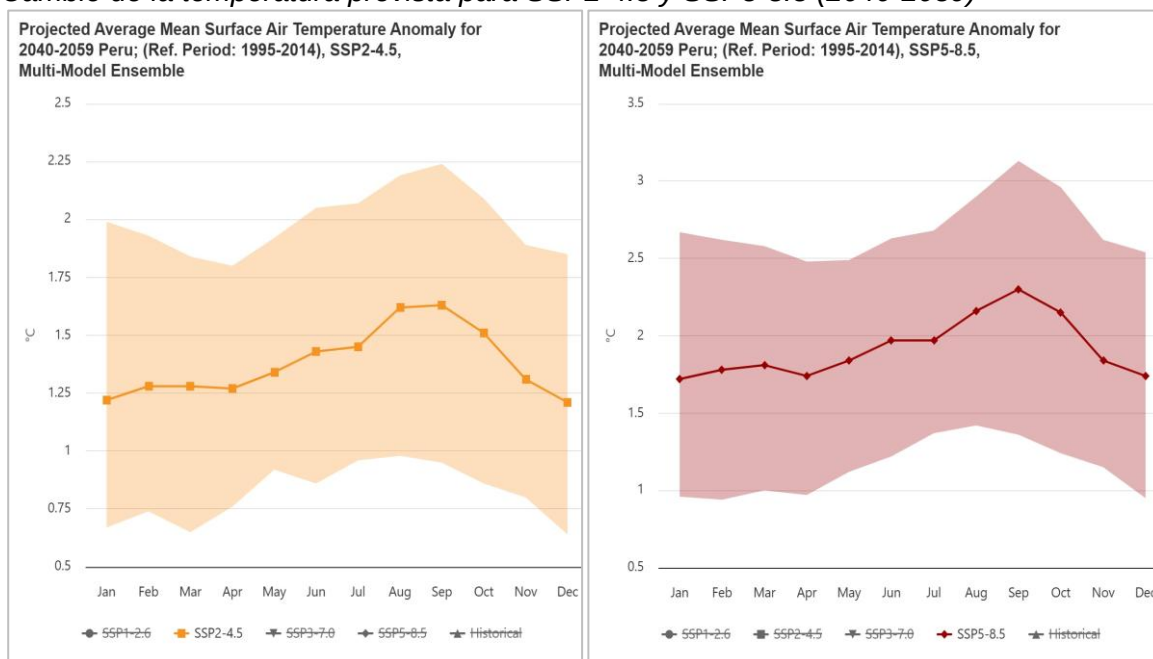
Cambio de la temperatura prevista para SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (2040-2059)

Mes	Temperatura prevista (°C) SSP2-4.5			Temperatura prevista (°C) SSP5-8.5		
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media
Enero	1.25	1.30	1.28	1.67	1.70	1.70
Febrero	1.28	1.32	1.31	1.76	1.73	1.76
Marzo	1.30	1.32	1.31	1.83	1.84	1.85
Abril	1.32	1.35	1.34	1.75	1.82	1.80
Mayo	1.44	1.41	1.42	1.92	1.88	1.89
Junio	1.51	1.48	1.49	1.95	1.96	1.97
Julio	1.56	1.48	1.52	2.04	1.89	1.94
Agosto	1.71	1.63	1.69	2.17	2.08	2.12
Septiembre	1.65	1.67	1.67	2.11	2.16	2.13
Octubre	1.55	1.61	1.61	2.00	2.07	2.03
Noviembre	1.42	1.47	1.46	1.87	1.94	1.90
Diciembre	1.33	1.37	1.36	1.76	1.80	1.81
Promedio anual	1.44	1.45	1.46	1.90	1.91	1.91
Promedio húmedo	1.61	1.57	1.59	2.07	2.02	2.04

Nota: Climate knowledge portal – World Bank Group

Figura 5

Cambio de la temperatura prevista para SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (2040-2059)



Nota: Climate knowledge portal – World Bank Group

La temperatura máxima, mínima y media anual en el escenario SSP2-4.5 son aproximadamente 1.44°C, 1.45°C y 1.46°C, respectivamente. Mientras que, bajo el escenario SSP5-8.5 se presenta valores de 1.90°C, 1.91°C y 1.90°C en ese orden. En consecuencia, las diferencias entre ambos escenarios son de 0.46 °C para la temperatura máxima y mínima, y de 0.45 °C para la temperatura media, lo que evidencia que un escenario de altas emisiones podría intensificar significativamente el calentamiento en la zona.

No obstante, el análisis de la temperatura considerará solo los valores del periodo húmedo que abarca los meses de junio a septiembre. Bajo el escenario SSP2-4.5, las temperaturas proyectadas alcanzan aproximadamente 1.61 °C para la máxima, 1.57 °C para la mínima y 1.59 °C para la media. En contraste, el escenario SSP5-8.5 presenta valores más elevados: 2.07°C, 2.02°C y 2.04°C para la temperatura máxima, mínima y media, respectivamente.

En general, considerando la temperatura promedio y bajo el escenario SSP2-4.5, el incremento de 1.59 °C corresponde a un grado de exposición moderado. En cambio, el

escenario SSP5-8.5 muestra un aumento de 2.04 °C, superando el umbral de 2.0 °C, por lo que se clasifica como un grado de exposición alto.

3.6.1.1.2. Proyección de la precipitación. El World Bank Group calcula los cambios en las precipitaciones anuales (en °C) previstos al 2040-2059, el cual usa como base información del periodo 1995-2014 (periodo base).

La precipitación en relación al periodo base es de 0.45mm, siendo el valor máximo y mínimo de 1.76 mm y 0.03 mm respectivamente, mientras que para los meses del periodo húmedo (junio a septiembre) es de 0.42 mm.

Tabla 10

Precipitación mensual y anual (mm) de la Estación virtual LM (1995-2014)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
Promedio	0.76	1.06	0.51	0.25	0.20	0.30	0.43	0.53	0.42	0.26	0.27	0.41	0.45
Máximo	2.22	5.39	2.65	0.79	0.71	0.84	1.81	2.27	1.16	1.03	0.86	1.41	1.76
Mínimo	0.08	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.05	0.00	0.00	0.03	0.03

Nota: Elaboración propia con información de PISCO-SENAMHI

En la Tabla 11 y Figura 6 se muestran las proyecciones de cambio en la precipitación en los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 entre 2040 y 2059 en la región de Lima. Las proyecciones climáticas muestran un aumento en la precipitación media anual bajo ambos escenarios, aunque con mayor intensidad en el escenario de altas emisiones.

En el caso del SSP2-4.5, se proyecta un promedio anual de anomalía de precipitación de 3.17 mm, mientras que bajo el SSP5-8.5 esta cifra asciende a 4.69 mm, lo que representa una diferencia de 1.52 mm. Esto sugiere que, en un contexto de mayores emisiones, se podría esperar un incremento adicional de lluvias respecto al escenario de mitigación intermedia.

Los meses con mayores anomalías positivas se concentran entre febrero y marzo, donde las precipitaciones proyectadas bajo SSP5-8.5 alcanzan hasta 13.02 mm en marzo, frente a los 8.79 mm proyectados en SSP2-4.5.

Tabla 11

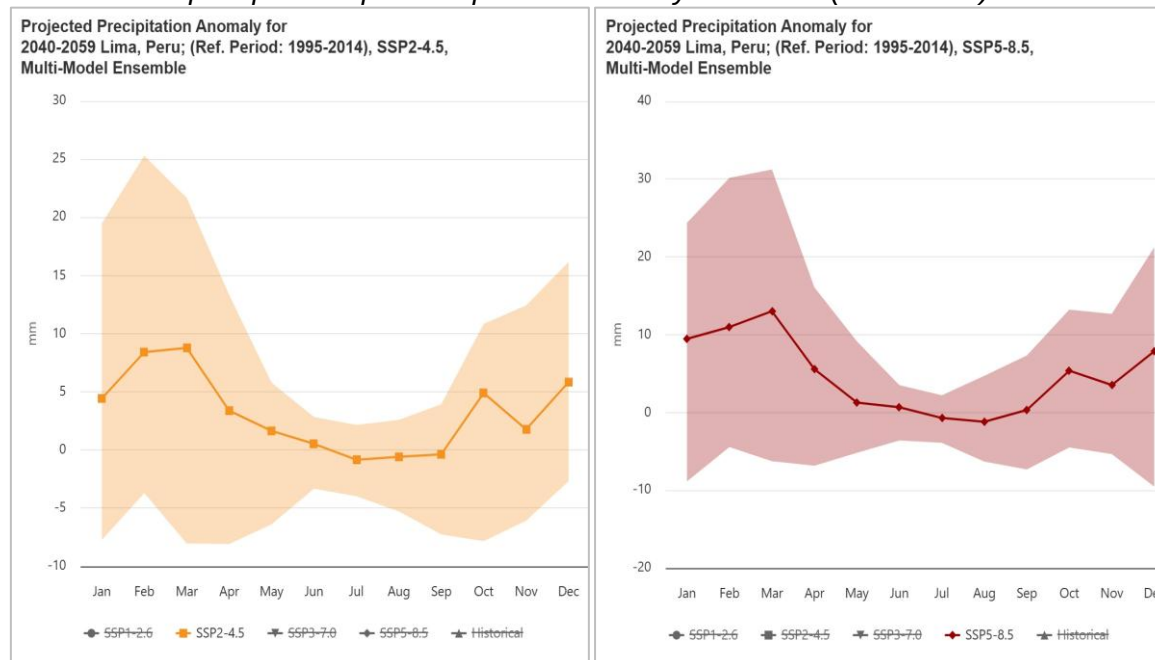
Cambio de la precipitación prevista para SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (2040-2059)

Mes	SSP2-4.5	SSP5-8.5
	Precipitación (mm)	Precipitación (mm)
Enero	4.44	9.47
Febrero	8.42	10.99
Marzo	8.79	13.02
Abril	3.39	5.58
Mayo	1.65	1.29
Junio	0.54	0.68
Julio	-0.83	-0.7
Agosto	-0.58	-1.19
Septiembre	-0.36	0.33
Octubre	4.91	5.38
Noviembre	1.78	3.54
Diciembre	5.84	7.88
Promedio anual	3.17	4.69
Promedio inveral	-0.31	-0.22

Nota: Climate knowledge portal – World Bank Group

Figura 6

Cambio de la precipitación prevista para SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (2040-2059)



Nota: Climate knowledge portal – World Bank Group

No obstante, el análisis de la precipitación considerará solo los valores del periodo húmedo que abarca los meses de junio a septiembre. Durante este periodo, considerando un valor base de precipitación de 0.42 mm, se observan reducciones en ambos escenarios.

En el escenario SSP2-4.5, la disminución proyectada de -0.31 mm representa un 74% menos de precipitación, lo que corresponde a un grado de exposición alto. En contraste, en el escenario SSP5-8.5, la reducción de -0.22 mm equivale a un 53% de disminución, clasificada como una exposición moderada. Este comportamiento refleja una posible disminución o muy leve cambio en las precipitaciones durante el invierno, lo cual podría afectar el crecimiento de la vegetación en el ecosistema de lomas.

La combinación de los indicadores de precipitación y temperatura se determina que, en ambos escenarios, el grado de exposición climática total es alto. Para el SSP2-4.5, la alta exposición en precipitación (3) y la moderada en temperatura (2) suman un total de 5. En el SSP5-8.5 ocurre el efecto inverso: la temperatura alcanza un nivel alto (3) y la precipitación un nivel moderado (2), lo que igualmente da un total de 5.

3.6.1.2. Exposición no climática. Para el análisis de la exposición no climática se identificó la presencia de actividades humanas a partir del reconocimiento del área de estudio. Durante este reconocimiento se realizaron salidas de campo que permitieron identificar el estado de las lomas.

Se identificaron actividades como la ocupación de viviendas, construcción de vías, y actividades relacionadas con la expansión urbana como el movimiento de tierra y la urbanización del terreno. En el Anexo 5 se muestra un registro fotográfico del ecosistema de lomas, así mismo, en el Anexo 6.5 se visualizan el mapa de reconocimiento.

3.6.1.2.1. Tasa de cambio de la cobertura del suelo. Se identificó la expansión de las áreas urbanas en el ecosistema de lomas durante el periodo de enero 2013 – diciembre del 2023, generando una matriz de cambio para estas áreas. Las diferencias de superficie entre los años seleccionados se evaluaron utilizando la desviación semi-intercuartílica (Dq) como medida estadística para cada par de años. Esta medida permitió identificar los años con mayores cambios territoriales, tomando como referencia su relación con la mediana (Md).

La desviación semi-intercuartílica se basa en los cuartiles de los datos y se calcula como la mitad de la diferencia entre el tercer y el primer cuartil, en relación a la siguiente ecuación.

$$Dq = \frac{Q_3 - Q_1}{2} \quad (1)$$

Donde: Q_1 : primer cuartil (25%) y Q_3 : tercer cuartil (75%)

El periodo de años con mayor transformación territorial se identificó mediante la siguiente relación, la cual considera como cambios significativos aquellos que superaron la mediana de la superficie urbana, más o menos una desviación semi-intercuartílica (Dq).

$$\text{Cambio significativo} > (MD \pm 1 Dq) \quad (2)$$

En la Tabla 12 se muestra la expansión urbana en el ecosistema de Lomas, evaluada a través del análisis del espacio ocupado por viviendas y vías en cada par de años. Se seleccionó el periodo de 2013 al 2023, debido a que en 2013 se iniciaron las actividades de ocupación en el ecosistema.

Es importante mencionar que, durante este tiempo, se observó la presencia de ciertas viviendas y vías, que fueron removidas posteriormente, dejando vías en desuso que luego se modificaron nuevamente, así como terrenos previamente ocupados por viviendas. En la Tabla 12, estos terrenos se denominan "Otras viviendas" y "Otros accesos". Sin embargo, a pesar de la ausencia actual de infraestructura, la zona se considera impactada debido a la actividad humana que existió en su momento.

Tabla 12*Expansión urbana en el ecosistema de Lomas*

Años	Viviendas (ha)	Otras viviendas (ha)	Área total de viviendas (ha)	Accesos (km)	Otros accesos (km)	Área total de accesos (ha)	Total ¹
2013-2015	1.03	0.09	1.13	1.44	0.24	0.50	1.63
2016-2017	5.27	0.69	5.96	7.45	0.33	2.33	8.29
2018-2019	2.73	0.08	2.81	1.91	0.00	0.57	3.38
2020-2021	4.43	0.02	4.45	2.38	0.00	0.72	5.16
2022-2023	4.41	0.00	4.41	0.34	0.00	0.10	4.51
Totales	17.88	0.88	18.76	13.51	0.57	4.23	22.99
MD				4.51			
Dq				2.12			
MD+Dq				6.63			
MD-Dq				2.40			

Nota: ¹La expansión urbana corresponde a la diferencia de la ocupación total en cada par de años respecto al par de años anterior. Elaboración propia

El período 2013-2015, con un valor de 1.63 ha, no se considera significativo, probablemente porque representa los primeros años de ocupación urbana, el cual comenzó en el 2013 al norte del ecosistema con la ocupación de la primera vivienda. En el 2014 hacia la zona este, por la ruta 16 de mayo, se evidenció los primeros accesos dirigidos hacia el centro del ecosistema de lomas.

Para el 2015 se identifican las primeras viviendas por el oeste, específicamente por la entrada de la Asociación El Paraíso Etapa 2. Además, la construcción de los accesos continuó, evidenciándose un área total de 0.50 ha ocupada por dichos accesos durante el periodo 2013-2015.

El período 2016-2017 presenta la mayor expansión urbana, concentrado su expansión hacia el centro del ecosistema de lomas. Para el 2016 se registró una intensa construcción de accesos, con la habilitación de aproximadamente 5.0 km de longitud. Además, se evidenció una gran ocupación de viviendas en las áreas cercanas a los accesos construidos.

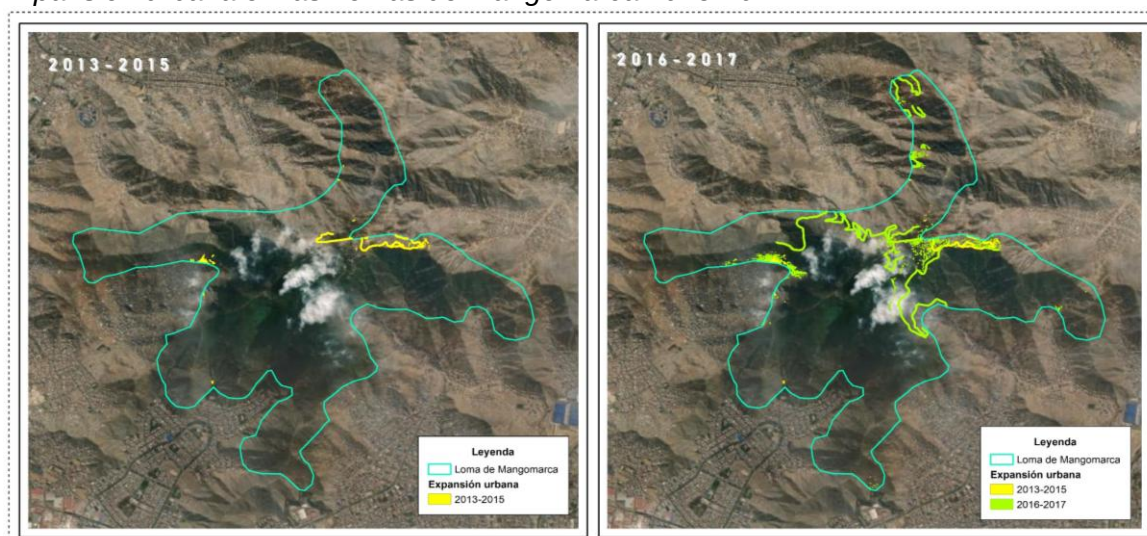
A finales de 2016 y comienzos de 2017, se observó una intensa ocupación hacia el norte de las Lomas de Mangamarca, cerca de la Asociación La Rinconada. Adicionalmente, en 2017 se identificó la construcción de un acceso en el sector oeste del

área de estudio, el cual establecería una conexión entre la Asociación Cataratas de Juan Pablo II y el interior del ecosistema.

En la Figura 7 se muestra la expansión urbana del periodo de 2013–2015 y 2016–2017, los cuales presentan un área total de expansión de 1.63 ha y 8.29 ha respectivamente.

Figura 7

Expansión urbana en las Lomas de Mangamarca 2013-2017



Nota: Elaboración propia

En la Figura 8 se muestra la expansión urbana del periodo de 2018-2019 y 2020-2021, los cuales presentan un área total de expansión de 3.64 ha y 5.16 ha respectivamente.

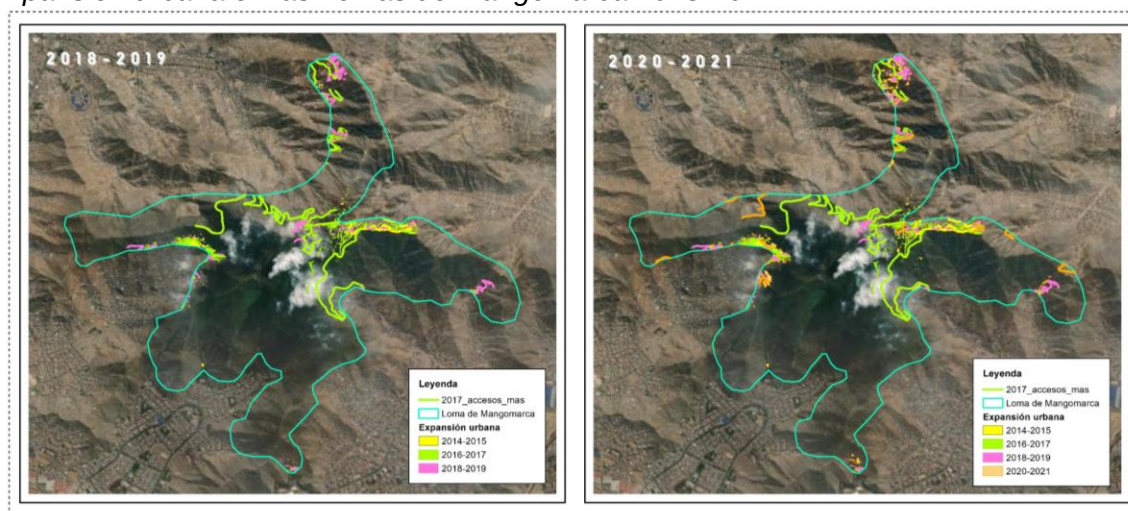
En el período 2018-2019, los asentamientos continuaron incrementándose progresivamente hacia el norte de las Lomas de Mangamarca. Se identificaron ocupaciones esporádicas de viviendas en la zona central y este del ecosistema de lomas, representando un área total de 2.81 ha por la ocupación de viviendas.

Además, se observó la construcción de un nuevo acceso en el sector oeste del ecosistema, cerca de la Asociación Cataratas de Juan Pablo II, lo que fortalece aún más la conexión con esta zona de San Juan de Lurigancho. De igual forma, durante el periodo 2020 - 2021 se evidenció la construcción de 0.60 km de accesos en esta área, lo que reafirma que esta podría ser la próxima zona de asentamiento dentro del ecosistema.

Por otro lado, durante este último periodo, la expansión urbana continuó enfocándose en la ocupación de viviendas en las zonas norte, sur y oeste de las Lomas de Mangamarca.

Figura 8

Expansión urbana en las Lomas de Mangamarca 2018-2021



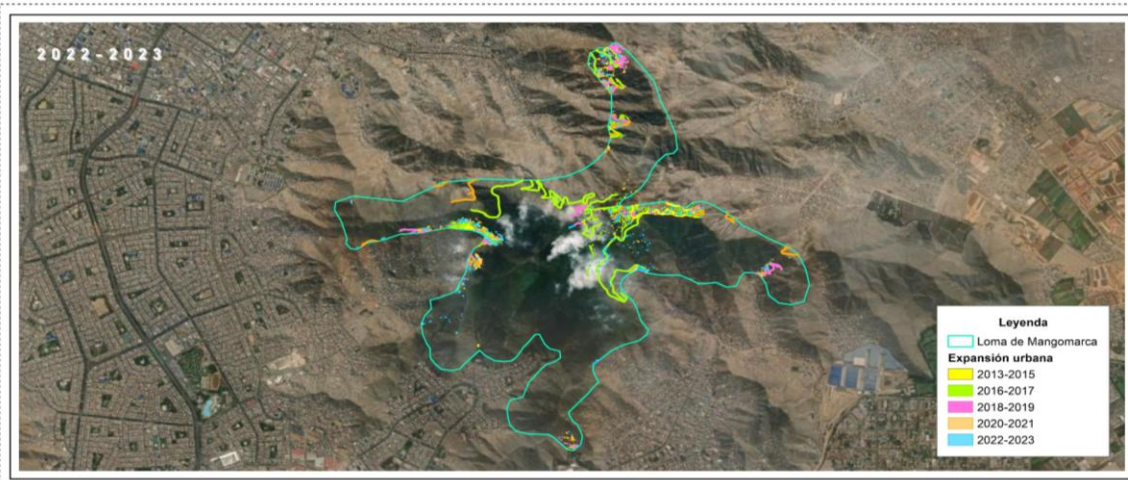
Nota: Elaboración propia

Los períodos 2022-2023 muestran cambios territoriales medios. Durante este periodo, la ocupación de viviendas abarcó todos los sectores del ecosistema de Lomas: norte, sur, este y oeste, obteniéndose un área total de 4.41 hectáreas ocupada por viviendas y 0.10 hectáreas por accesos.

Adicionalmente, en relación con el corazón de las Lomas de Mangamarca, la tasa de cambio de la cobertura del suelo durante el periodo 2022-2023 evidenció un cambio significativo y acelerado, específicamente hacia el este del ecosistema

Figura 9

Expansión urbana en las Lomas de Mangamarca 2022-2023



Nota: Elaboración propia

El valor de 8.29 ha presentado en el periodo de 2016-2017 supera la mediana más una desviación semi-intercuartílica (6.63 ha), lo que lo clasifica como un cambio significativo, seguido de los periodos 2020-2021, 2022-2023, 2018-2019 y 2013-2015, en ese orden.

Los periodos 2018-2019, 2020-2021 y 2022-2023 muestran cambios territoriales medios, con valores que superan el límite inferior (2.40 ha) pero no el límite superior (6.63 ha). La tasa de cambio de la cobertura del suelo en las Lomas de Mangamarca durante el 2013-2023 es moderada. Este análisis indica que hubo cambios perceptibles, pero no extremadamente rápidos o drásticos, lo que refleja un proceso de urbanización que ha sido sostenido, pero no excesivamente acelerado.

3.6.1.2.2. Superficie afectada por actividades humanas. Adicionalmente a la ocupación de viviendas y vías, existen otras actividades presentes en el ecosistema, tal como el movimiento de tierras, tránsito vehicular y peatonal, así como actividades de lotización relacionadas con la urbanización del terreno. Estas actividades humanas se clasificaron en intensiva, moderada, ligera y nula en relación a su intensidad.

De la Tabla 13 y Anexo 6.7 (B) se puede señalar que el 68.71% (354.61 ha) del ecosistema se ve afectado por actividades humanas intensivas y moderadas, lo que representaría una exposición no climática alta, según la valoración indicada en la Tabla 3.

Tabla 13*Actividades humanas en el ecosistema de lomas*

Actividad humana		Área (ha)	Área (%)
Actividad humana intensiva	Ocupación de viviendas	17.88	3.46
	Ocupación de vías	4.05	0.79
Actividad humana moderada	Movimiento de tierras	2.05	0.40
	Tránsito vehicular/ peatonal	319.78	61.96
	Urbanización del terreno	10.84	2.10
Actividad humana nula	No hay evidencia de huellas en el terreno	161.49	31.29
Total		516.10	100

Nota: Elaboración propia

Las actividades humanas intensivas comprenden la ocupación de viviendas y vías. Se ha identificado zonas urbanizadas al norte del ecosistema de lomas, en la entrada occidental (por la entrada del cerro el Sauce, por la Asociación El Paraíso Etapa 2) y oriental (por el cerro Ventana, por la ruta 16 de mayo). Estas zonas urbanas están conectadas por trochas con anchos que varían entre 2.0 a 3.50 metros a cada lado. Se estima que el total de accesos existentes en las Lomas de Mangamarca presentan una longitud total de 13.51 km aproximadamente, siendo gran parte de ellos construcciones ilegales, los cuales han sido reportados en reiteradas oportunidades por vecinos de la zona.

Las actividades humanas moderadas comprenden la urbanización del terreno, el tránsito vehicular/peatonal y el movimiento de tierras. La urbanización del terreno implica la lotización, que consiste es subdividir el terreno en lotes más pequeños para su posterior ocupación, lo que refleja la presencia de traficantes de terrenos e invasores en las Lomas de Mangamarca. Las áreas de lotización en el ecosistema se localizan prioritariamente hacia el este, abarcando una superficie total de 10.84 ha aproximadamente.

El tránsito vehicular y peatonal ocupan la mayor parte del ecosistema de lomas (61.96%), que son atribuidos a traficantes de terrenos, invasores, o incluso visitantes desinformados que intentan acceder al ecosistema sin conocimiento o guía, resultando en la formación de caminos que son perceptibles a simple vista. Por otro lado, el movimiento

de tierra implica la presencia de maquinarias pesadas y la realización de cortes extensos, que impactan negativamente la topografía y la composición del suelo de las lomas, reduciendo el ecosistema en mención. Incluso representando un peligro para la población que viven en las laderas, debido a la posibilidad de desprendimientos de tierra o rocas.

No obstante, también existe zonas donde no se evidencia ni la presencia de infraestructura humana, ni rastros de vehículos o personas en el terreno (Ver Anexo 6.7), el cual representa aproximadamente el 31.29% (161.49 ha) del área de Lomas.

En cuanto al corazón del ecosistema de las Lomas de Mangamarca, se ha identificado que el 77.3% (31.6 ha) de su área está afectado por actividades humanas moderadas e intensivas. De este porcentaje, solo el 3.0% corresponde a actividades intensivas, principalmente relacionadas con la ocupación de viviendas. Las actividades moderadas abarcan el tránsito peatonal y vehicular, así como, la lotización del terreno. Por lo que la exposición no climática en relación a la superficie afectada por actividades humanas para el núcleo del ecosistema es moderada.

La combinación de los indicadores analizados determina un grado de exposición no climática alto (5), dado que la tasa de cambio en la cobertura del suelo se clasifica como moderada (2), mientras que la superficie afectada por actividades humanas alcanza un nivel alto (3). En consecuencia, al integrar este resultado con el grado de exposición climática alto (5), se obtiene un grado de exposición total igualmente alto (10) para las Lomas de Mangamarca.

3.6.2. Sensibilidad

Para evaluar la sensibilidad se prestó especial atención a los criterios definidos para determinar un hábitat de alto grado de sensibilidad, ya que este análisis más exhaustivo permite obtener una comprensión del nivel de sensibilidad de las Lomas.

3.6.2.1. Grado de protección. Para el análisis de la variable, se enumeran las especies con algún grado de protección identificadas en las Lomas de Mangamarca, ya sea bajo la legislación nacional vigente o en el marco de la normativa internacional, de acuerdo con los criterios establecidos por la UICN.

3.6.2.1.1. Flora. Al revisar el estatus de conservación de las especies de flora, se encontraron que 07 de ellas están catalogadas como protegidas para la legislación nacional y ninguna de importancia para la legislación internacional (UICN).

En la Tabla 14 se muestran de manera general dichas especies, sus características de protección, junto con su población global y análisis de la variable. Además, en la Figura 10 se representa gráficamente el registro histórico obtenidos del GBIF, el rango geográfico de las especies en relación al portal de la UICN, así como sus distribuciones indicadas en la “Guía de Flora de las Lomas de Lima” (SERFOR, 2015).

Tabla 14

Especies de flora en conservación

N°	Especies	Nombre común	Nivel de conservación		Población global/ Análisis de la variable
			Internacional ¹	Nacional ²	
1	<i>Ismene amancaes</i>	Amancaes	-	VU	Actualmente se ubica en las lomas de Lachay, Lúcumo, Pachacamac, Villa María y Paloma en Lima. Además, se ha registrado en otras ubicaciones del Perú, como en la Tablada de Lurín, Atocongo, Pacta, Pucará, Manzano (Carrillo, 2020), así como en los cerros Campana, Cabras, Chiputur en La Libertad y Lupín en Ancash (Agüero, 2002). La población no se reducirá en un 50% por la degradación de las Lomas de Mangamarca, por lo que no puede cambiar su estado de conservación de VU a EN. Por otro lado, se estima que las Lomas de Mangamarca presenta más del 0.05% y menos del 0.1% del tamaño de población global de la especie tomando en cuenta su área de distribución. Área de distribución: 4796.6 km²
2	<i>Begonia octopetala</i>	Begonia	-	EN	Se distribuye en Sudamérica, específicamente en Argentina, Bolivia, Ecuador y Perú. En Lima, se registró en las lomas de Paloma, Manchay, Pacta, Lurín, Malanche, Caringa, Lúcumo, Pachacamac, Villa María, Amancaes (SERFOR, 2015). Las Lomas de Mangamarca no congrega más del 0.1% del tamaño total de la población de la especie. Área de distribución: 192805.1 km²
3	<i>Haageocereus olowinskianus</i>	Rabo de zorro de Lima	-	CR	Distribución principal en la región de Lima, específicamente en las lomas de Caringa y Malanche (SERFOR, 2015). No existe suficiente información respecto a su tamaño poblacional para analizar la variable.

N°	Especies	Nombre común	Nivel de conservación		Población global/ Análisis de la variable
			Internacional ¹	Nacional ²	
4	Vasconcellea candicans	Mito	LC	CR	Es una especie distribuida desde la provincia de Loja en Ecuador (sur) hasta la región de Tacna (Perú), entre los 1900 y 3000 msnm. En Lima se observó en las lomas Zorritos, Manchay, Pacta, Asia, Lurín, Lúcumo, Amancaes, Pachacámac, Caringa y Malanche (León, 2006; SERFOR, 2015). Las Lomas de Mangamarca no congrega más del 0.1% del tamaño total de la población de la especie. Rango geográfico: 32686.2 km²
5	Caesalpinia spinosa	Tara	-	VU	Su distribución se extiende desde Venezuela hasta el norte de Chile, ubicándose en zonas áridas y semiáridas, especialmente cerca de cuencas de agua, a altitudes que van desde los 500 hasta los 3,200 msnm. En el Perú, se encuentra en bosques, matorrales y lomas costeras (Lúcumo, Pachacámac, Portillo, Lurín, Amancaes, Villa María y Caringa) y valles interandinos (De la Torre, 2018). Las Lomas de Mangamarca no congrega más del 0.05% del tamaño total de la población de la especie. Área de distribución: 707811.9 km²
6	Loxanthocereus acanthurus	Cactus de flor roja	-	EN	Su distribución se observa en diversas quebradas de la Loma de Puquio, Paloma y Asia, así como en la localidad de Omas. (SERFOR, 2015). Las Lomas de Mangamarca no congrega más del 0.1% del tamaño total de la población de la especie. Área de distribución: 7666.4 km²
7	Ephedra americana	Pinca-pinca	LC	NT	Se encuentra distribuido en Sudamérica, especialmente en países como Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile (SERFOR, 2015). Área de distribución: 1370713.3 km²

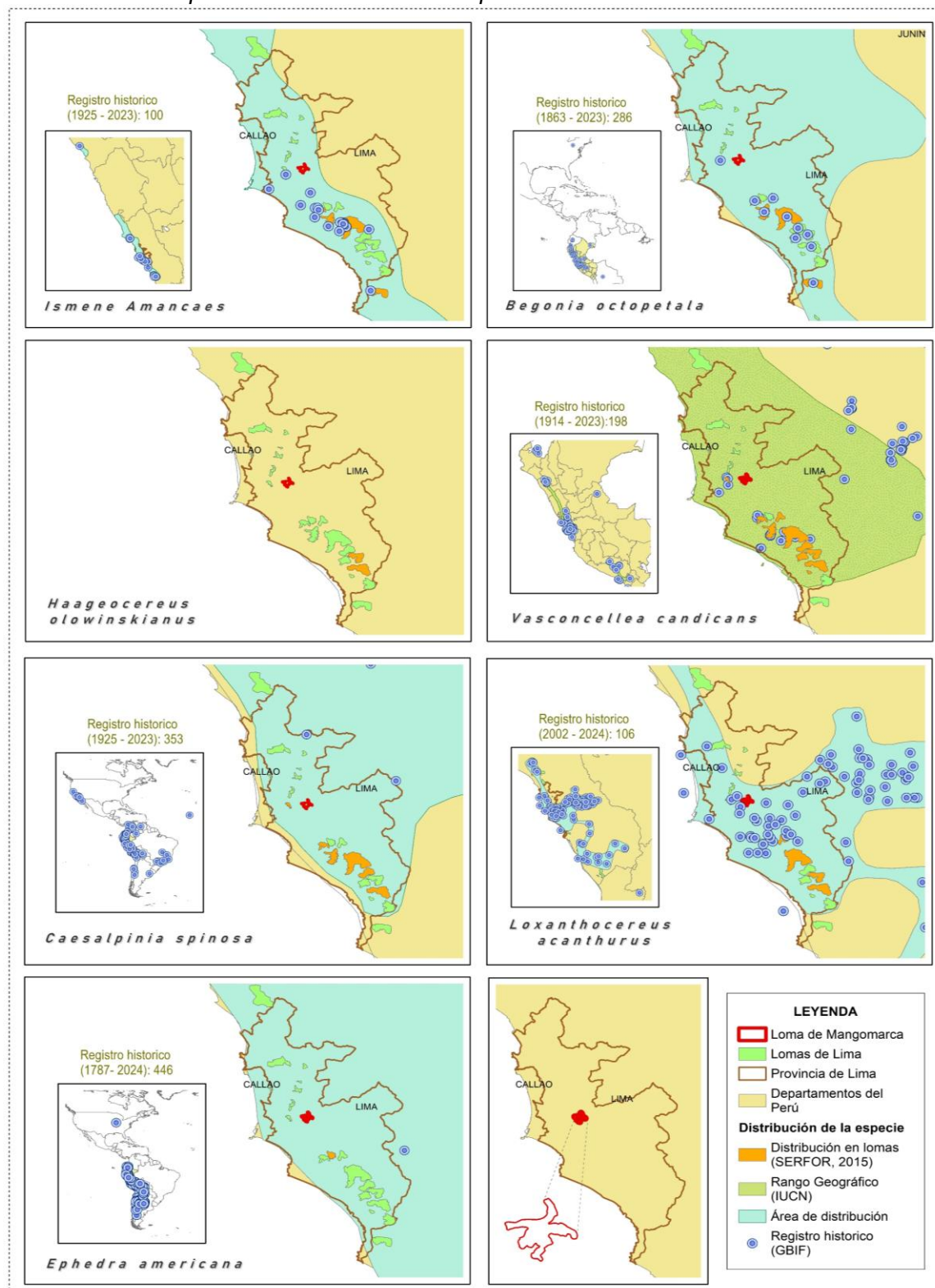
Nota: Elaboración propia. LC: Preocupación menor, NT: Casi Amenazado VU: Vulnerable, EN: En Peligro, CR: En Peligro Crítico

¹UICN (<https://www.iucnredlist.org/>)

²Decreto Supremo N.º 043-2006-AG que aprueban Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre

Figura 10

Distribución de especies de flora – Grado de protección



Nota: Rango geográfico: Elaboración propia basada en revisión bibliográfica, registros históricos de GBIF y distribución en las lomas de Lima

La especie que más resalta de acuerdo a la variable grado de protección es la *Ismene Amancaes*. Esa es una especie endémica de las lomas ubicadas en la costa central, categorizada como vulnerable para la legislación peruana. *Ismene Amancaes* vive a lo largo de la vertiente occidental y las secciones más bajas de las colinas, prefiriendo los hábitats de las laderas rocosas y el fondo de quebradas. Es una planta bulbosa de color verde intenso y flores amarillas con el interior verdoso (Agüero, 2002; SERFOR, 2015).

El desarrollo de la especie está ligado a la humedad ambiental presente durante los meses de invierno, aunque exhibe actividad todo el año, dependiendo directamente de las variables de temperatura y humedad específicas de las lomas costeras. Su inflorescencia aparece durante el inicio del periodo de lomas, al concluir este periodo las yemas florales comienzan a diferenciarse. Mientras tanto, la pequeña inflorescencia del interior del bulbo sigue evolucionando durante todo el verano (Suní et al., 2011).

El incremento de la temperatura, especialmente en verano, puede tener consecuencias negativas para *Ismene Amancaes*. Estudios como el de Suní et al. (2011) sugieren que el calentamiento global podría afectar la acumulación de fotoasimilados y la translocación de nutrientes en la planta, lo que podría tener consecuencias en su éxito reproductivo y desarrollo general.

3.6.2.1.2. Aves. De acuerdo a la legislación nacional e internacional no se han identificado especies catalogadas como protegidas; por el contrario, las especies fueron clasificadas de Preocupación Menor (LC) según la UICN.

3.6.2.1.3. Mamíferos. La especie *Lagidium peruanum*, identificada como el único mamífero según la revisión bibliográfica, no está catalogada como protegida por la legislación nacional ni se encuentra listada como especie protegida de la UICN.

3.6.2.1.4. Anfibios y reptiles. De acuerdo a la legislación internacional (UICN), solo la especie *Microlophus tigris* se encuentra clasificada como de Preocupación Menor (LC); además, ninguna especie identificada es catalogada como protegidas según la legislación nacional.

Con base a la información evaluada para cada uno de los taxones se concluye que las Lomas de Mangamarca representa un área con un bajo grado de sensibilidad (1) en relación al grado de protección, debido a las especies de flora y en específico de la *Ismene amancaes*.

3.6.2.2. Endemismo. Para el presente análisis se ha incluido a todas las especies que han sido catalogados como especies “endémicas del Perú” o “endémicas de la costa del Perú”, a pesar que muchas de ellas no cumplan con los umbrales de la NDAS para ser catalogadas como especies endémicas, esto con la finalidad de establecer la evidencia que durante el análisis se las ha tenido consideración. A continuación, se analizan las especies que son reconocidas y restringidas al Perú y que se han reportado en las Lomas de Mangamarca.

3.6.2.2.1. Mamíferos. En cuanto al análisis de mamíferos, se identificó la especie basándose en el documento Mamíferos del Perú (Pacheco, 2002), así como en las investigaciones de Pacheco et al. (2009) y Pacheco Torres et al. (2021).

Tabla 15

Especies endémicas - Mamíferos

N°	Especies	Nombre común	Conservación		EOO (km ²)	Área de distribución (km ²)
			Internacional ¹	Nacional ²		
1	<i>Lagidium peruanum</i>	Vizcacha	-	-	541217.0	1792700.2

Nota: Elaboración propia

¹UICN (<https://www.iucnredlist.org/>) ²Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas

La especie *Lagidium peruanum* habita en la puna, la vertiente occidental y la costa, desde Áncash hasta Tacna, y posiblemente también en Cajamarca (Pacheco, 2002). Además, se ha identificado su presencia en países como Chile, Bolivia y Argentina.

La especie comúnmente se habita entre los 3000 y 5000 m, en área con formaciones rocosas, como acantilados y grandes piedras, que proporcionan grietas profundas y túneles pedregosos ideales para refugio y anidación (Acedo, 2017; Pearson, 1948). La especie presenta una distribución global superior a los 17614 km² (tamaño de rango de percentil 25 aplicable a los mamíferos), por este motivo, no se clasifica como una especie endémica ni de distribución restringida.

3.6.2.2. Anfibios y reptiles. Respecto al estado final de anfibios y reptiles, se encontró solo una especie endémica, que es la *Microlophus tigris* o Lagartija tigre.

Tabla 16

Especies endémicas – Anfibios y reptiles

N°	Especies	Nombre común	Conservación		EOO (km ²)	Área de distribución (km ²)
			Internacional ¹	Nacional ²		
1	<i>Microlophus tigris</i>	Lagartija tigre	LC	-	30000.0	42587.7

Nota: Elaboración propia

¹UICN (<https://www.iucnredlist.org/>) ²Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas

La especie *Microlophus tigris* se distribuye en el desierto costero de Perú. Esta especie se ubica especialmente en los fondos de quebrada, así como en las crestas rocosas y en menor medida en las laderas costeras (Lujan, 2021). La especie presenta un forrajeo activo y una dieta generalista, es decir presenta diferentes fuentes de alimentación como insectos, plantas y otros organismos (Ruiz S. et al., 2017).

Es una especie con una distribución lineal de 811.9 km lo que supera los 500 km, además, presenta una distribución global superior a los 10000 km² (tamaño de rango de percentil 25 aplicable a los reptiles) por lo que no se la reconoce como especie endémica o de distribución restringida.

3.6.2.2.3. Flora. *Del listado final de especies (Ver Anexo 4), se observa que 13 son endémicas del Perú. En cuanto a la flora, se identificaron las especies endémicas basándose en “El libro rojo de las plantas endémicas del Perú” (León et al., 2006) y la “Guía de Flora de las Lomas de Lima” (SERFOR, 2015) que presenta un registro detallado de estas especies junto con información sobre su distribución en el territorio peruano.*

En la Tabla 17 se muestra y describen las especies endémicas de flora, su población global y análisis de la variable. Además, la Figura 11 muestra gráficamente las áreas de distribución de algunas de las especies de flora analizadas.

Tabla 17

Especies endémicas - Flora

N°	Especies	Nombre común	Conservación		Población global/ Análisis de la variable
			Internacional	Nacional	
1	<i>Atriplex rotundifolia</i>	Orégano de loma	-	-	La especie habita principalmente laderas con vegetación seca y suelos arenosos con concentraciones de sal (León & Monsalve, 2006). Se encuentra en la costa peruana, abarcando desde Lambayeque hasta Arequipa, y también la Isla San Lorenzo (desde 1150 msnm). En Lima, se ha registrado en las lomas de Lapa Lapa Retamal, Zorritos y Villa María (SERFOR, 2015). Es una especie con una distribución lineal de 1 366.9 km lo que supera los 500 km, por lo que no se la reconoce como especies endémicas o de distribución restringida.
2	<i>Ismene amancaes</i>	Amancaes	-	VU	La descripción poblacional de la especie ha sido incluida en el análisis de la variable grado de protección. Considerando la distancia entre las localizaciones ocupadas más alejadas, ubicadas al norte en el cerro Campana, en La Libertad, y al sur en el distrito de Asia, en Lima (Ver Figura 10), se estima que Amancaes es una especie con un rango lineal de 606.3 km de longitud, que excede el umbral de 500 km. Por tanto, no es considerada una especie endémica o de distribución restringida para la evaluación de la presente variable.
3	<i>Senecio abadianus</i>	Senecio	-	-	Se considera como especie endémica del departamento de Lima, ubicándose en los ecosistemas de lomas como las lomas de Lúcumo, Zorrito, Amancaes, Carabayllo y Villa María de Triunfo. Sin embargo, de acuerdo a SERFOR (2015) se evidencia su presencia también en el departamento de Moquegua. No se ha identificado su ubicación precisa dentro del departamento de Moquegua. No obstante, de Lima a Moquegua se determina que el rango lineal superaría el umbral de 500 km, por lo que no se la reconoce como especies endémicas o de distribución restringida.

N°	Especies	Nombre común	Conservación		Población global/ Análisis de la variable
			Internacional	Nacional	
4	<i>Loxanthocereus acanthurus</i>	Cactus de flor roja	-	EN	La descripción poblacional de esta especie ha sido incluida en el análisis de la variable grado de protección. Es una especie con una distribución lineal de 250.1 km y ancho de 104.4 km, lo que no supera los 500 km y 200 km del umbral. Por tanto, es considerada una especie endémica o de distribución restringida para la evaluación de la presente variable. Sin embargo, en las Lomas de Mangamarca se identifican áreas que albergan menos del 1% (0.5%) de su población.
5	<i>Haageocereus olowinskianus</i>	Rabo de zorro de Lima	-	CR	Se considera como especie endémica, ubicándose en los ecosistemas de lomas como las lomas de Caringa y Malanche en Lima. Sin embargo, de acuerdo a SERFOR (2015) se evidencia su presencia también en el departamento de Cajamarca. No se ha identificado su ubicación precisa dentro del departamento de Cajamarca. No obstante, de Lima a Cajamarca se determina que el rango lineal superaría el umbral de 500 km, por lo que no se la reconoce como especies endémicas o de distribución restringida.
6	<i>Cistanthe paniculata</i>	Oreja de perro	-	-	La especie se ubica en las regiones de La Libertad, Tacna, Ancash, Arequipa y Lima. En Lima, se han observado en las lomas Pachacamac, Pacta, Lúculo, Lapa, y San Lorenzo (SERFOR, 2015). Es una especie con una distribución lineal de 1763.9 km, lo que supera los 500 km del umbral para considerar una especie costera endémica. Por tanto, no es considerada una especie endémica o de distribución restringida para la evaluación de la presente variable.
7	<i>Oxalis lomana</i>	Trébol peludo	-	-	Se ubica en las regiones de La Libertad, Lambayeque, Lima, Ancash, Tacna, Arequipa y Moquegua (SERFOR, 2015). Incluso en algunas subpoblaciones en la isla San Lorenzo (León et al., 2006). Es una especie con una distribución lineal de 1207.1 km, lo que supera los 500 km del umbral. Por tanto, no es considerada una especie endémica o de distribución restringida para la evaluación de la presente variable.

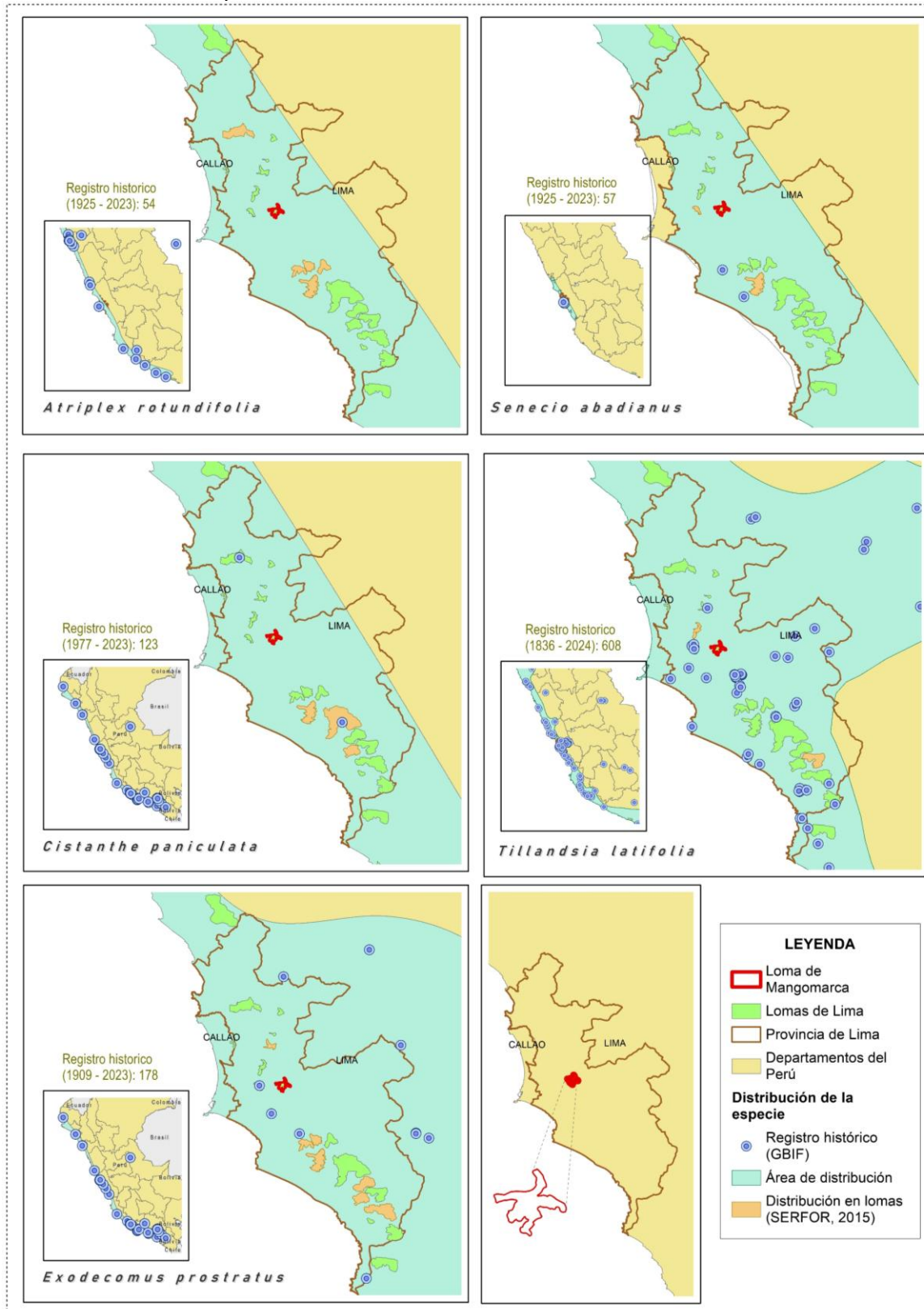
N°	Especies	Nombre común	Conservación		Población global/ Análisis de la variable
			Internacional	Nacional	
8	<i>Ophryosporus pubescens</i>	Piqueria	-	-	Se ubica en las regiones de Arequipa y Lima. En Lima, se han observado en las lomas de Carabayllo, Malanche, Villa María, Lúcumo, Lurín, Manchay y otros (SERFOR, 2015). No se ha determinado su ubicación exacta dentro del departamento de Arequipa. Sin embargo, considerando la ubicación más al norte de la especie en Lima hasta coberturas de loma de Arequipa, se estima que su rango lineal supera el umbral de 500 km. Por este motivo, no se clasifica como una especie endémica ni de distribución restringida.
9	<i>Tillandsia latifolia</i>	Chayapel/ Siempreviva	LC	-	Se ha registrado en la costa y la vertiente occidental del Perú y en Ecuador. Es una especie con una distribución lineal de 2167.0 km aproximadamente, lo que supera los 500 km del umbral. Por tanto, no es considerada una especie endémica o de distribución restringida para la evaluación de la presente variable.
10	<i>Haageocereus limensis</i>	-	-	-	Se ubica en los departamentos de Arequipa y Lima. No existe información suficiente para analizar la distribución exacta de la especie.
11	<i>Nicotiana paniculata</i>	Tabaco Silvestre	-	-	Es una especie originaria de América que, en el Perú, se distribuye a lo largo de las vertientes occidentales. Su presencia se registra en departamentos como Arequipa, Áncash, Lima y La Libertad. Es una especie con una distribución lineal superior a 500 km del umbral. Por tanto, no es considerada una especie endémica o de distribución restringida para la evaluación de la presente variable
12	<i>Nolana humifusa</i>	<i>Nolana</i>	-	-	Especie nativa de la costa de Sudamérica, específicamente de Perú y Chile. Es una especie con una distribución lineal superior a 500 km del umbral. Por tanto, no es considerada una especie endémica o de distribución restringida para la evaluación de la presente variable
13	<i>Exodecomus prostratus</i>	<i>Campanilla olorosa</i>	-	-	Es una especie nativa de la costa de Sudamérica, específicamente de Perú y Ecuador. Es una especie con una distribución lineal superior a 500 km del umbral. Por tanto, no es considerada una especie endémica o de distribución restringida para la evaluación de la presente variable

Nota: Elaboración propia

LC: Preocupación menor, NT: Casi Amenazado VU: Vulnerable, EN: En Peligro, CR: En Peligro Crítico

Figura 11

Distribución de las especies de flora - Endemismo



Nota: Elaboración propia. Área de distribución: Elaboración propia basada en revisión bibliográfica y registros históricos de GBIF.

3.6.2.2.4. Aves. Respecto al estado final de aves, se encontró solo una especie endémica del Perú, que es la *Geositta peruviana* o Minero Peruano.

Tabla 18

Especies endémicas - Aves

N°	Especies	Nombre común	Conservación		EOO (km ²)	Área de distribución (km ²)
			Internacional ¹	Nacional ²		
1	<i>Geositta peruviana</i>	Minero Peruano	LC		230000	54899.8

Nota: Elaboración propia

¹UICN (<https://www.iucnredlist.org/>) ²Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas

Geositta peruviana, también conocida como minero peruano, es una especie distribuida desde Tumbes hasta Ica. Habita matorrales áridos de tierras bajas, ambientes con escasa vegetación, principalmente en tillandsiales, lomas, desierto costero y cerca de humedales. Además, es una especie indicadora de EBAs o Áreas de endemismo de aves 045 y 052 (Tumbesian región¹³, Peru-Chile Pacific Slope¹⁴) (Puliso et al., 2007).

En las lomas, la especie construyen sus nidos en agujeros o cavidades bajo tierra, específicamente en áreas de pendientes, zonas planas o en las cimas. Su periodo reproductivo, que abarca de mayo a octubre, coincide con el periodo de lomas, en el que existe un aumento en la disponibilidad de recursos alimenticios, principalmente artrópodos, que son más abundantes durante estos periodos húmedos. Las lomas costeras proporcionan no solo el entorno de anidación sino también hábitats secundarios, puesto que los agujeros de minero peruano abandonados son adoptados por otras especies de las lomas, como lagartos y artrópodos.(Gómez, 2019).

Se cree que esta población es estable al no haber indicios de declive ni amenazas graves. A pesar de no haber evaluado la población mundial, Stotz et al. (1996) considera que esta especie es bastante común. La especie no cumple con los criterios para ser

¹³ <https://datazone.birdlife.org/eba/factsheet/47>

¹⁴ <https://datazone.birdlife.org/eba/factsheet/56>

considerada endémica o de distribución restringida, ya que, aunque su ancho es de 38.4 km, dentro del límite de 200 km, su rango lineal alcanza los 1531.60 km de longitud, excediendo el umbral de 500 km.

Con base a la información evaluada para cada uno de los taxones se concluye que las Lomas de Mangamarca representa un área con un bajo grado de sensibilidad (1) en relación al endemismo, debido a las especies de flora y en específico de la *Loxanthocereus acanthurus*

3.6.2.3. Especies migratorias y/o especies congregatorias. De las especies de aves que se registran en las Lomas de Mangamarca (Ver Anexo 4), 07 de ellas presentan patrones de movimiento de migrante completo, de las cuales solo una se encuentra enlistada en el apéndice II de la CMS, convención mundial especializada en la conservación de las especies migratorias, los hábitats y las rutas migratorias (Ver Figura 10 y Tabla 19).

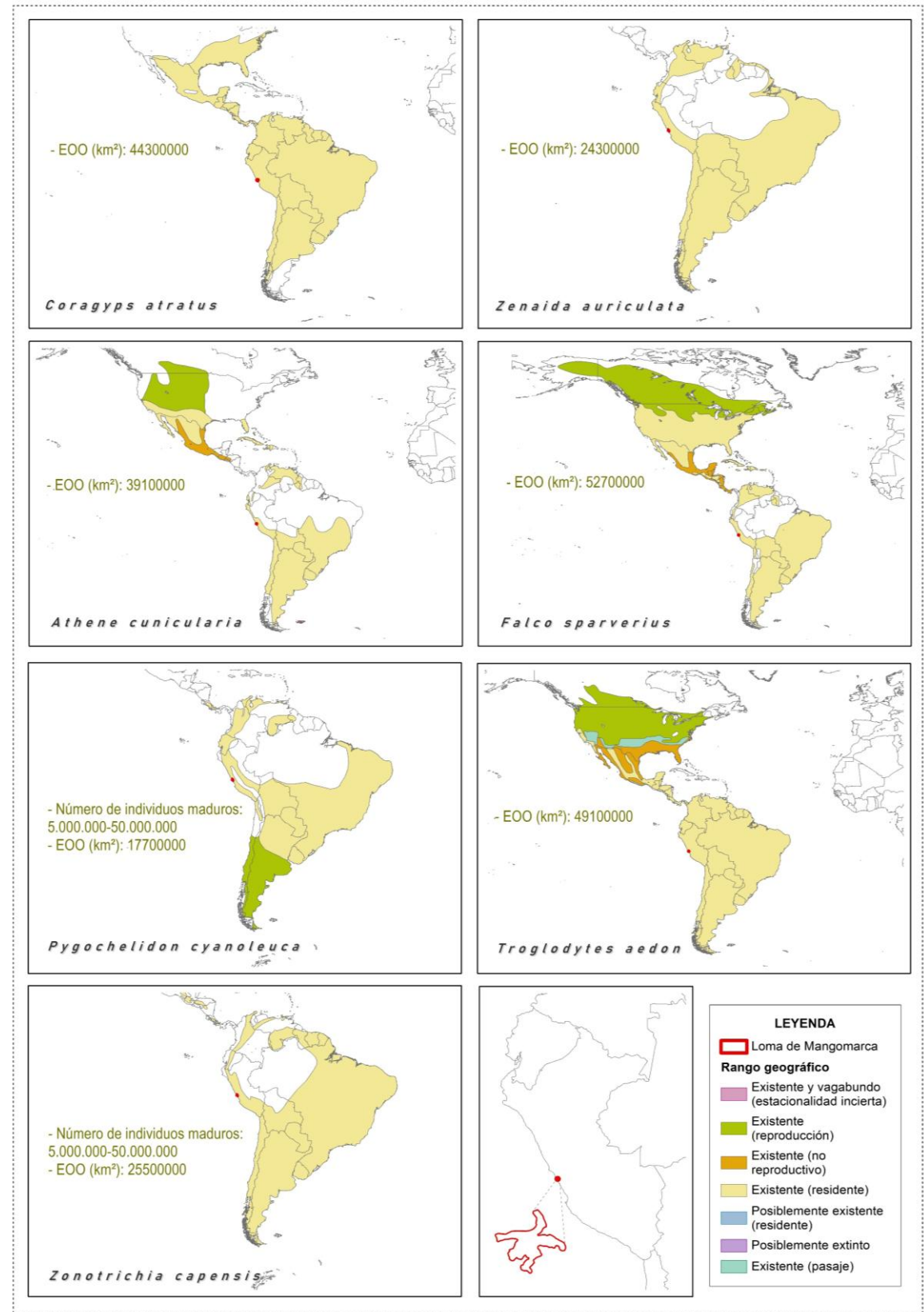
El Apéndice II comprende las especies migratorias que enfrentan problemas de conservación y necesitan compromisos internacionales para su protección y manejo, así como aquellas cuyo estado se vería beneficiado significativamente por la cooperación internacional facilitada por un acuerdo internacional.

Por tanto, de acuerdo a los criterios de evaluación, aunque existen aves migratorias, su número y concentración son reducidos en las Lomas de Mangamarca, por lo que el área se clasifica con un bajo grado de sensibilidad (1) en cuanto a especies migratorias.

En la Figura 12 se visualiza el área de distribución para las especies categorizadas como migrantes completo en base a los datos históricos obtenidos del UICN y GBIF.

Figura 12

Distribución de las especies migratorias



Nota: Elaboración propia, Datos: EOO: Extensión de ocurrencia y AOO: Área de ocupación

Tabla 19*Especies migratorias y/o especies congregatorias*

N°	Especies	Nombre común	Conservación			Patrones de movimiento ¹ y/o congregatorio ¹
			Nacional	Internacional	CMS (2017)	
1	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo de Cabeza Negra	-	LC	II	Migrante completo y congregatorio (y dispersivo)
2	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola Orejuda	-	LC	-	Migrante completo
3	<i>Athene cunicularia</i>	Lechuza Terrestre	-	LC	-	Migrante completo
4	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano	-	LC	-	Migrante completo
5	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina Azul y Blanca	-	LC	-	Migrante completo
6	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero Común	-	LC	-	Migrante completo
7	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de Collar Rufo	-	LC	-	Migrante completo

Nota: Elaboración propia. ¹UICN: <https://www.iucnredlist.org/es>

La sensibilidad del ecosistema de las Lomas de Mangamarca se clasifica como baja, ya que los indicadores evaluados presentan valores igualmente bajos (1). Por lo tanto, al no superar el valor de 1 en ninguno de los casos, se concluye que la sensibilidad del ecosistema es baja.

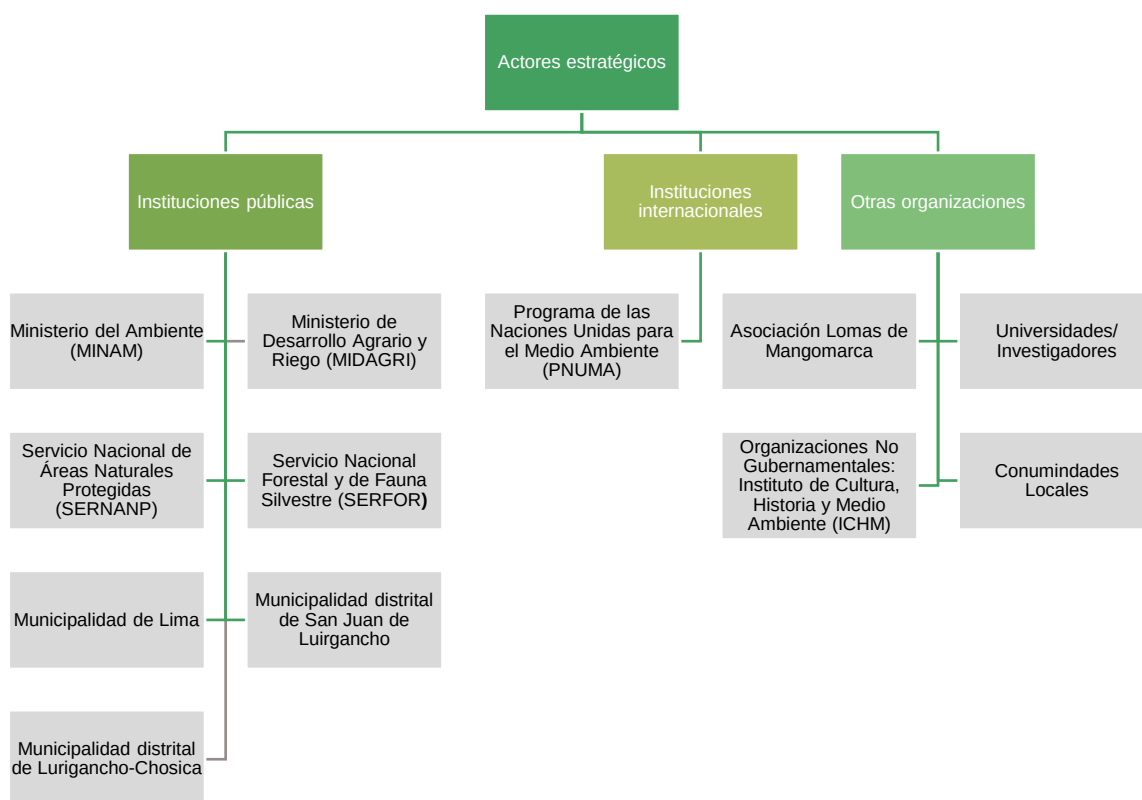
3.6.3. Capacidad adaptativa

Se identificaron los actores estratégicos vinculados a la gestión y conservación de las Lomas de Mangamarca, entre los que destacan instituciones públicas como el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP), el Ministerio del Ambiente (MINAM), la Municipalidad Distrital de San Juan de Lurigancho y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Asimismo, se consideraron instituciones internacionales, como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), así como organizaciones locales, entre ellas la Asociación Lomas de Mangamarca.

La identificación de estos actores permitió realizar posteriormente el análisis de las variables relacionadas, considerando sus roles, competencias e influencia en la conservación del ecosistema.

Gráfico 5

Actores estratégicos de las Lomas de Mangamarca



Nota: Elaboración propia

3.6.3.1. Monitoreo de los recursos naturales. El manejo y gestión de los recursos naturales repercute en la biodiversidad, los ecosistemas y sus servicios, así como en la capacidad de mitigar y/o adaptarse al cambio climático y presiones antrópicas (Malhi et al., 2020). En el caso de las Lomas de Mangamarca, si bien existen iniciativas para monitorear los recursos, por parte de las instituciones públicas y ONGs, estas son limitadas.

Con el objetivo de favorecer a la gestión del conocimiento y monitorear las Lomas de Lima, se creó el Geoportal de las lomas de Lima¹⁵, el cual fue una iniciativa del proyecto

¹⁵ <https://geolomas.maps.arcgis.com/home/index.html>

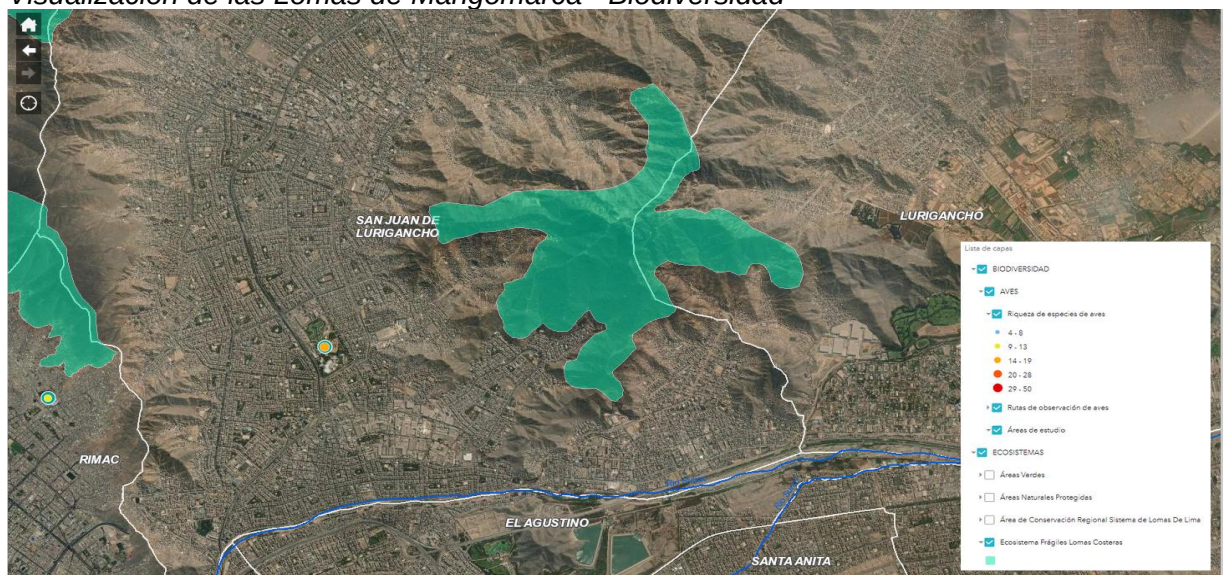
"Conservación, gestión y rehabilitación de los ecosistemas frágiles de lomas en Lima (EbA Lomas)" implementado por el PNUD bajo la coordinación del SERNANP y el apoyo financiero del Fondo Mundial del Ambiente (GEF).

Su propósito es difundir información georreferenciada territorial y ambiental mediante aplicaciones web de mapas, almacenamiento de información en tiempo real y mapas narrativos de rutas ecoturísticas. Sin embargo, la última actualización fue en septiembre de 2021.

En cuanto a los datos de monitoreo de biodiversidad, se indica que la ruta de observación de aves más próxima a las Lomas de Mangamarca fue realizada en el Club zonal Huiracocha, donde se logró identificar un total de 15 especies (Ver Figura 13).

Figura 13

Visualización de las Lomas de Mangamarca - Biodiversidad

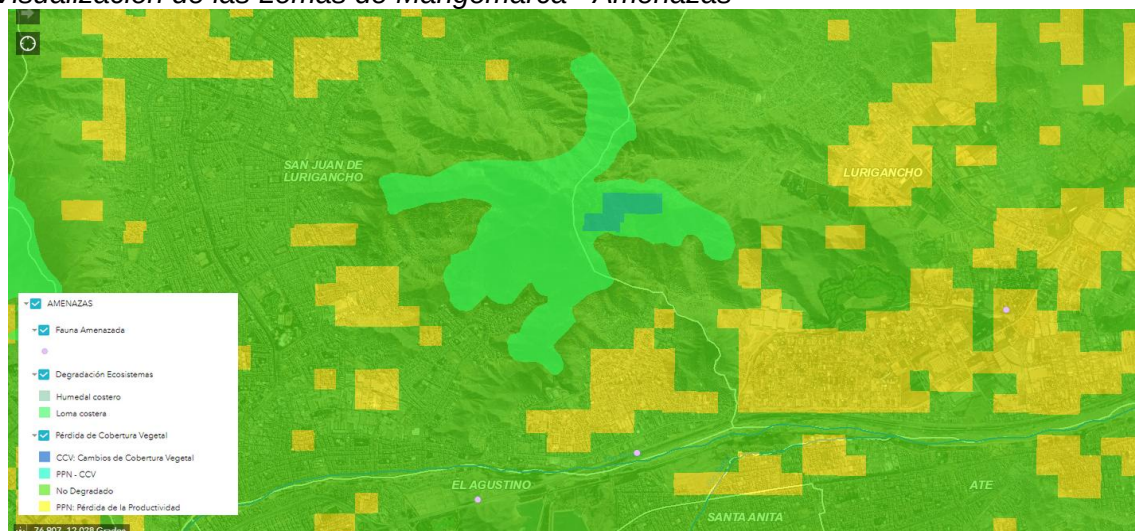


Nota: Geoportal de las lomas de Lima

La Figura 14 representa las Lomas de Mangamarca en función a las amenazas. En él se refleja que no existe fauna amenazada en el área. Aunque se señala a las Lomas de Mangamarca como una loma con degradación ecosistémica. El portal únicamente indica que una porción reducida, en la zona este, experimenta cambios en la cobertura vegetal, mientras que el resto no presenta signos de degradación.

Figura 14

Visualización de las Lomas de Mangamarca - Amenazas



Nota: Geoportal de las lomas de Lima

Por otra parte, es importante destacar el trabajo del Instituto de Cultura, Historia y Medio Ambiente (ICHM)¹⁶, una ONG enfocada en promover el patrimonio cultural y natural. A través de su iniciativa Ecocircuito: Huaca Fortaleza de Campoy - Lomas de Mangamarca¹⁷, el ICHM realiza un monitoreo anual de la humedad en el ecosistema de lomas, lo que permite evaluar el verdor de este ecosistema cada año. En su última publicación de 2023 relacionada con este tema, el ICHM informó lo siguiente:

“El invierno limeño se retrasó.

Hoy jueves 14 de setiembre de 2023, se produjo el décimo día consecutivo de descarga de humedad en las Lomas de Mangamarca, siendo el día más frío, húmedo y prolongado (casi todo el día) de los tres últimos días que han sido los más húmedos del epílogo de un invierno seco...”

Por tanto, se presenta una capacidad adaptativa moderada respecto al monitoreo de los recursos naturales, dado que existe un monitoreo limitado por parte de las autoridades pertinentes.

¹⁶ <https://www.facebook.com/p/Instituto-de-Cultura-Historia-y-Medio-Ambiente-ICHMA-100064672840220/>

¹⁷ <https://www.facebook.com/profile.php?id=100064942005181>

3.6.3.2. Aplicación de políticas públicas. La adopción de políticas públicas en favor a la conservación de las Lomas de Mangamarca ha sido débil, lo que representa una capacidad adaptativa moderada.

El ecosistema de lomas se ubica en la lista de ecosistemas frágiles reconocidos por el MINAGRI a través de la RDE N° 153-2018-MINAGRI-SERFOR-DE desde junio del 2018. No obstante, a partir del DS N° 007-2020-MINAGRI se estableció un protocolo para la gestión y protección de este ecosistema, con el propósito de evitar y combatir actividades ilegales como invasiones y tráfico de tierra. Por ello, el SERFOR deberá actualizar la ficha técnica sobre el estado de conservación de aquellos ecosistemas frágiles considerados en la lista de 2018, además de realizar acciones para iniciar el saneamiento físico-legal y coordinar con los gobiernos regionales y locales la preservación y cuidado de estos ecosistemas.

Por otro lado, a pesar que existe un proyecto para agrupar algunas lomas de Lima, incluida las Lomas de Mangamarca y así crear un Área de Conservación Regional (ACR), este aún no se ha llevado a cabo y las lomas no han sido establecidas como ACR, quedando sin protección legal por parte del estado peruano. Además, en mayo del 2023, el Ministerio de Cultura aprobó la protección provisional del Paisaje Arqueológico Lomas de Mangamarca por dos años, prorrogable por el mismo periodo, considerado un paso importante para su preservación.

No obstante, a fin de conservar las Lomas de Mangamarca, algunos vecinos han constituido la Asociación de Lomas de Mangamarca, la cual viene realizando esfuerzos para la recuperación del valor ecoturística de este ecosistema.

3.6.3.3. Planificación territorial. La planificación territorial en el ecosistema de lomas es limitada. Según el Acuerdo de Concejo N° 041-2006-MDSJL, la Municipalidad de San Juan de Lurigancho designó a los ecosistemas de lomas del distrito como Zona de Tratamiento Paisajístico. Asimismo, la Municipalidad Metropolitana de Lima los considera Zona de Protección y Tratamiento Paisajístico de acuerdo a la ordenanza N° 1081-2007-MML.

Esta norma ordena promover programas de arborización, cobertura vegetal, ordenamiento paisajístico y medidas de seguridad física. Sin embargo, estas propuestas no se han implementado eficientemente por la municipalidad distrital, y las actividades de urbanización realizadas en los últimos años han afectado el ecosistema.

3.6.3.4. Implementación de medidas. Actualmente la Asociación Lomas de Mangomarca son las encargadas de proteger y conservar las lomas, quienes implementan una serie de medidas en favor del ecosistema frágil. Esta organización sin fines de lucro convoca periódicamente a jóvenes voluntarios, con quienes se realiza el mantenimiento y la creación de caminos, con el fin de minimizar y evitar la degradación del ecosistema. Además, organizan capacitaciones para concientizar sobre la importancia de las Lomas de Mangomarca y fomentar la conciencia ambiental entre la población y la participación en actividades de conservación.

La asociación como medida de conservación también promueve visitas públicas durante la temporada de lomas y las regula en épocas secas para proteger el suelo y evitar daños causados por la falta de respeto a los senderos establecidos, asegurando así la preservación del ecosistema. Sin embargo, se ha identificado la entrada de visitantes, incluso en bicicleta, durante la temporada seca, lo que contribuye a la degradación del área.

Así mismo como medida de mitigación se han realizado acciones de restauración ecológica con árboles de tara provenientes de la Reserva Nacional de Lachay, con la finalidad de restaurar las áreas degradadas, prevenir la erosión y la captura de carbono.

Las plantaciones de tara y actividades de riego se llevaron a cabo por un trabajo en conjunto entre la Asociación Ecoturística Loma de Mangamarca y la Asociación proyectos ecológicos Perú (Asociación Proyectos Ecológicos Perú, 2021).

No obstante, algunas de estas especies han sido dañadas, presuntamente, por invasores que continúan ingresando al ecosistema y apropiándose de él con fines de vivienda, debido a la ausencia de las autoridades a pesar del constato reclamo de la Asociación Lomas de Mangamarca.

Las implementaciones débiles de medidas de mitigación reflejan que existen una capacidad adaptativa baja de acuerdo a lo indicado en la Tabla 5.

3.6.3.5. Actores estratégicos. A partir de la revisión bibliográfica y diálogos con los miembros de la Asociación de Lomas de Mangamarca durante las visitas de campo, se ha evidenciado una baja colaboración de los actores estratégicos. Esta situación se debe a la ausencia de autoridades en la zona, a pesar de los constantes reclamos de la Asociación respecto a la ocupación del ecosistema y la existencia de un convenio firmado con diversas instituciones.

Desde hace más de 10 años los vecinos de Mangamarca han evidenciado su preocupación por la protección del ecosistema de Lomas ante el interés de algunos otros de urbanizar áreas pertenecientes al ecosistema frágil. Esta preocupación los ha llevado a realizar marchas, presentar denuncias formales ante el SERFOR desde 2016, e incluso motivar a congresistas y alcaldes a pronunciarse y tomar medidas sobre la situación en la zona. A pesar de eso, aún se evidencia la falta de gestión del ecosistema de lomas, dado la intensa presencia de traficantes de terrenos e invasores que aún indica la Asociación de Lomas de Mangamarca.

En 2018, las Lomas de Mangamarca fueron catalogadas como ecosistemas frágiles, y aunque existe un proyecto para designarlas como ACR, aún no se ha concretado.

Además, en la Semana Forestal Nacional del 2021, los representantes del MIDAGRI, SERFOR, Comunidad Campesina de Jicamarca, Asociación Ecoturística Lomas de Mangamarca, la Municipalidad Metropolitana de Lima y la Municipalidad Distrital de San Juan de Lurigancho suscribieron un convenio para coordinar acciones interinstitucionales y elaborar planes de manejo de los recursos arbóreos y vida silvestre, con el objetivo de prevenir actividades que afecten la vegetación y contribuyan a la generación de servicios ecosistémicos.

El análisis del grado de capacidad adaptativa, en función de los indicadores evaluados, evidenció lo siguiente: Monitoreo de los recursos naturales (moderado, 2), Aplicación de políticas públicas (moderado, 2), Planificación territorial (moderado, 2) e Implementación de medidas (bajo, 1). En conjunto, estos resultados determinaron un grado de capacidad adaptativa bajo, con un valor total de 8.

3.6.4. Vulnerabilidad ecosistémica

Los resultados de los análisis realizados en los ítems 3.6.1, 3.6.2 y 3.6.3 se presenta en la Tabla 20, en el cual se indican que, bajo ambos escenarios de cambio climático (SSP2-4.5 y SSP5-8.5), la vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangamarca es alta.

El grado de exposición total se clasificó como alto, debido a que tanto la exposición climática como la no climática alcanzan este nivel en los dos escenarios. En contraste, el grado de sensibilidad se calificó como bajo, en función de los criterios de grado de protección, endemismo y especies migratorias y/o especies congregatorias. La combinación de la exposición y la sensibilidad nos indica que el ecosistema se encuentra sometida a un impacto potencial moderado que podría comprometer su sostenibilidad a largo plazo, debido a las amenazas existentes y su baja sensibilidad.

Por otra parte, el grado de la capacidad adaptativa del ecosistema de lomas es baja, dado la limitada participación de los actores claves para la conservación y protección de las Lomas de Mangamarca. Finalmente, se puede deducir que, con un impacto

potencial moderado y una capacidad adaptativa en términos de gestión baja, la vulnerabilidad de las Lomas de Mangomarca ante el cambio climático y presiones antrópicas es alta para ambos escenarios, según la valoración indicada en el Gráfico 4.

Tabla 20

Grado de vulnerabilidad ecosistémica

Grado de Vulnerabilidad Ecosistémica			Valoración	Valoración	
Componente	Indicador	Descripción	SSP2-4,5	SSP2-8,5	
Exposición	Exposición climática	Temperatura	Bajo el escenario SSP2-4.5, la temperatura promedio presentó un incremento de 1.59 °C corresponde a un grado de exposición moderado. En cambio, el escenario SSP5-8.5 muestra un aumento de 2.04 °C, superando el umbral de 2.0 °C, por lo que se clasifica como un grado de exposición alto.	Moderada (2)	Alta (3)
		Precipitación	En el escenario SSP2-4.5, la disminución proyectada de –0.31 mm representa un 74% menos de precipitación, lo que corresponde a un grado de exposición alto. En contraste, en el escenario SSP5-8.5, la reducción de –0.22 mm equivale a un 53% de disminución, clasificada como una exposición moderada.	Alta (3)	Moderada (2)
	Exposición no climática	Tasa de cambio de la cobertura del suelo	En las Lomas de Mangomarca el grado de exposición no climática es moderada. Este análisis indica que hubo cambios perceptibles, pero no extremadamente rápidos o drásticos, lo que refleja un proceso de urbanización que ha sido sostenido, pero no excesivamente acelerado.	Moderada (2)	Moderada (2)
		Superficie afectada por actividades humanas	Se puede señalar que el 68.71% (354.61 ha) del ecosistema se ve afectado por actividades humanas intensivas y moderadas, lo que representaría una exposición no climática alta.	Alto (2)	Alto (2)

Componente	Indicador	Descripción	Valoración	Valoración
			SSP2-4,5	SSP2-8,5
Sensibilidad	Grado de exposición	En ambos escenarios (SSP2-4.5 y SSP5-8.5), la exposición climática de las Lomas de Mangamarca resulta alta (5), mientras que la exposición no climática también alcanza un nivel alto (5). La integración de ambos factores determina un grado de exposición total elevado (10), evidenciando la presión conjunta de amenazas climáticas y antrópicas sobre el ecosistema.	Alto (10)	Alto (10)
	Grado de protección	Esta área presenta un nivel reducido de sensibilidad respecto a la protección debido a la presencia de la especie <i>Ismene amancaes</i> . Esta especie constituye entre el 0.05 % y el 0.1 % de su población global, tomando en cuenta su área de distribución.	Baja (1)	Baja (1)
	Endemismo	Las Lomas de Mangamarca albergan la especie endémica <i>Loxanthocereus acanthurus</i> , la cual representa menos del 1.0% (0.5 %) de su población global, lo que contribuye a su clasificación como de baja sensibilidad en cuanto al endemismo	Baja (1)	Baja (1)
	Especies migratorias y/o especies congregatorias	Lomas de Mangamarca sostienen menos del 1.0 % de la población mundial de las especies migratorias identificadas, por lo que representa un bajo grado de sensibilidad en relación a las especies migratorias y/o especies congregatorias.	Baja (1)	Baja (1)
Grado de sensibilidad		El análisis de los tres indicadores de sensibilidad muestra que ninguno supera el valor de 1; en consecuencia, la sensibilidad del ecosistema se clasifica como baja.	Baja (1)	Baja (1)

Componente	Indicador	Descripción	Valoración	Valoración
			SSP2-4,5	SSP2-8,5
Impacto potencial		La combinación de la exposición y la sensibilidad nos indica que las Lomas de Mangamarca se encuentra sometida a un impacto potencial moderado que podría comprometer su sostenibilidad a largo plazo, debido a las amenazas existentes y su baja sensibilidad, afectando la diversidad biológica y los servicios del ecosistema.	Moderada (11)	Moderada (11)
	Monitoreo de los recursos naturales	En el caso de las Lomas de Mangamarca, si bien existen iniciativas para monitorear los recursos, por parte de las instituciones públicas y ONGs, estas son limitadas.	Moderada (2)	Moderada (2)
	Aplicación de políticas públicas	La adopción de políticas públicas en favor a la conservación de las Lomas de Mangamarca ha sido débil, lo que representa una capacidad adaptativa moderada.	Moderada (2)	Moderada (2)
	Planificación territorial	La planificación territorial en el ecosistema de lomas es limitada.	Moderada (2)	Moderada (2)
	Implementación de medidas	Las implementaciones débiles de medidas de mitigación reflejan que existen una capacidad adaptativa baja.	Baja (1)	Baja (1)
Capacidad adaptativa	Actores estratégicos	Se ha evidenciado una baja colaboración de los actores estratégicos.	Baja (1)	Baja (1)

Componente	Indicador	Descripción	Valoración	Valoración
			SSP2-4,5	SSP2-8,5
Grado de capacidad adaptativa		Los resultados determinaron un grado de capacidad adaptativa bajo, con un valor total de 8.	Moderada	Moderada
			(8)	(8)
Vulnerabilidad ecosistémica		Con un impacto potencial moderado y una capacidad adaptativa en términos de gestión baja, la vulnerabilidad de las Lomas de Mangamarca ante el cambio climático y presiones antrópicas es alta.	Alta	Alta

Nota: Elaboración propia

¹Exposición climática: Exposición a la temperatura + Exposición a la precipitación

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

4.1. Análisis de resultados

El grado de vulnerabilidad de las Lomas de Mangamarca ante el cambio climático y presiones antrópicas es alta, a su vez existe una exposición alta bajo ambos escenarios de cambio climático (SSP2-4.5 y SSP5-8.5), sensibilidad baja y capacidad adaptativa baja.

Los resultados, permitirán desarrollar proyectos para hacer frente a las amenazas que aquejan el ecosistema de lomas, implementando medidas de mitigación y adaptación por parte de las autoridades pertinentes, gestionando eficientemente los recursos y garantizando el cumplimiento de las normativas nacionales, regionales y locales.

4.1.1. Exposición climática

En el periodo proyectado 2040–2059, bajo el escenario SSP2-4.5, se estima un aumento de la temperatura promedio de 1.59 °C, lo que se clasifica como un grado de exposición moderado. En contraste, en el escenario SSP5-8.5, el incremento alcanza los 2.04 °C, superando el umbral crítico de 2.0 °C, y por tanto se considera una exposición alta. Estas proyecciones sugieren un escenario de calentamiento creciente, con mayores implicancias bajo trayectorias de desarrollo intensivo en emisiones.

En cuanto a la precipitación, bajo el escenario SSP2-4.5 se proyecta una disminución de –0.31 mm durante el periodo húmedo, lo que representa una reducción del 74 % respecto al valor actual (0.42 mm), clasificándose como un grado de exposición alto. Por otro lado, el escenario SSP5-8.5 muestra una disminución de –0.22 mm, equivalente al 53 %, lo que indica una exposición moderada. A pesar de que las trayectorias de temperatura son más severas en SSP5-8.5, el escenario SSP2-4.5 muestra un mayor déficit hídrico proyectado en este periodo.

En consecuencia, independientemente del escenario, las Lomas de Mangamarca enfrentan un grado de exposición climática alto, lo que evidencia su vulnerabilidad frente

a los cambios proyectados en el clima. Estos cambios proyectados pueden intensificar las condiciones de aridez en ecosistemas frágiles como las Lomas de Mangamarca, donde la disponibilidad hídrica es fundamental para su reverdecimiento estacional.

De acuerdo al Instituto de Cultura, Historia y Medio Ambiente, en las Lomas de Mangamarca, se ha evidenciado una humedad tardía e irregular en los últimos años, lo que limita el reverdecimiento de las lomas¹⁸. Esta situación se atribuye, en parte, a la interrupción de los días lluviosos por días calurosos lo que genera una rápida evaporación del agua del suelo producto del incremento de la temperatura, reduciendo la humedad y, como consecuencia, dificultando el crecimiento de la vegetación en las lomas.

Por tanto, si se repite el patrón observado en años anteriores, donde la humedad y en consecuencia la vegetación de lomas se ven afectados, esta situación podría agravarse aún más en relación a los valores proyectados. El incremento de la temperatura y la disminución en la precipitación podrían implicar una reducción en la humedad del suelo, especialmente si la tasa de evaporación es superior a la tasa de recarga de agua a través de la precipitación, afectando negativamente la vegetación de lomas.

4.1.2. Exposición no climática

Las Lomas de Mangamarca enfrentan un alto grado de exposición a factores no climáticos que ponen en riesgo su equilibrio natural. Los hallazgos en la zona evidencian una intensa actividad humana que representa una amenaza constante para el entorno natural del ecosistema, siendo la expansión urbana la principal responsable.

La expansión urbana, impulsada por la presencia de traficantes de terrenos e invasores, avanza sin tregua sobre las Lomas de Mangamarca. Aprovechando los periodos secos, estas personas realizan movimientos de tierra ilegales con el objetivo de preparar el terreno para su futura ocupación. Estas acciones generan un impacto devastador en el ecosistema, destruyendo y fragmentando el hábitat natural de las especies que allí habitan.

¹⁸ <https://www.facebook.com/profile.php?id=100064942005181>

La expansión urbana conlleva a una destrucción y fragmentación del hábitat natural, lo que genera la pérdida de la diversidad biológica al afectar la flora y fauna autóctona adaptada a ese ecosistema.

El resultado generado del análisis de exposición evidencia que el ecosistema de lomas enfrenta simultáneamente presiones de origen climático y no climático, lo que incrementa de manera significativa las amenazas sobre su biodiversidad y los servicios ecosistémicos que provee. Además, compromete la sostenibilidad a largo plazo del ecosistema, afectando la habilidad del mismo para brindar servicios ecosistémicos.

4.1.3. Sensibilidad

A pesar que las Lomas de Mangamarca ha mostrado baja sensibilidad, es importante resaltar la necesidad de conservar y preservar dicho ecosistema dada la presencia de 07 especies protegidas a nivel nacional, 02 de ellas en peligro crítico, 02 en peligro y otras 02 vulnerables. Del análisis, se resaltó como especie protegida la *Ismene Amancaes* catalogada como vulnerable con un tamaño de la población entre 0.05% y 0.1%. Además, en la evaluación de endemismo resalta la *Loxanthocereus acanthurus* determinada como una especie única, aunque con un tamaño poblacional menor al 1.0%.

La conservación de las Lomas de Mangamarca es relevante para preservar la integridad de estos ecosistemas y garantizar la supervivencia a largo plazo de especies como la *Ismene Amancaes*, la cual se encuentra intrínsecamente vinculada a las condiciones particulares de temperatura, humedad y estacionalidad de las lomas costeras, lo que sugiere una adaptación evolutiva específica a este tipo de hábitat. El ciclo reproductivo de la especie es sensible a las condiciones climáticas, y cualquier alteración en estos factores podría afectar negativamente su éxito reproductivo.

Esto es preocupante si tenemos en cuenta que las plantas, a diferencia de otros grupos biológicos como mamíferos, aves e insectos, viajan y colonizan nuevos lugares a una velocidad más lenta en condiciones de cambio climático (IPCC, 2014a). Por lo que en el caso de la *Ismene amancaes* al depender de las características de las lomas, y a su

lento proceso de colonización, pueden terminar desapareciendo como ya ha ocurrido en otras lomas de Lima.

4.1.4. Capacidad adaptativa

A pesar de los esfuerzos de las comunidades y asociaciones sin fines de lucro involucradas en la protección de las Lomas de Mangamarca, quienes han denunciado, marchado y realizado llamados de atención a diversos representantes gubernamentales, no se ha observado un compromiso real por parte de las autoridades. En particular, de las municipalidades de San Juan de Lurigancho y Lurigancho-Chosica. Al estar ubicadas en ambos distritos, estas entidades deberían ser las primeras en implementar medidas en favor del ecosistema.

4.2. Discusión de resultados

La comparación se llevó a cabo considerando tanto la metodología aplicada como los resultados obtenidos en las Lomas de Mangamarca

4.2.1. Respecto a la metodología

En el estudio del SERNANP et al., (2014) se analizó la vulnerabilidad de las ANP frente al cambio climático. El análisis comprendió tanto factores climáticos como no climáticos, este último considerando como criterios a las actividades económicas presentes, accesibilidad y crecimiento poblacional. Si bien este estudio priorizó los factores climáticos, se reconoció que la exposición a amenazas no climáticas, también juega un papel crucial en la vulnerabilidad de las ANP, dado que al incorporar estos factores se puede fortalecer la gestión y conservación de estos espacios protegidos.

Al igual que en dicha investigación, en el presente estudio se adopta un enfoque similar al considerar tanto la exposición a factores climáticos como no climáticos. Sin embargo, en este caso, ambos aspectos tienen la misma prioridad. La metodología aquí propuesta incorporó la tasa de cambio de cobertura del suelo y la superficie impactada por

actividades humanas como parte del análisis de exposición, logrando un diagnóstico más realista y completo.

En este sentido, se reconoce que las presiones antrópicas representan amenazas de carácter más inmediato que las asociadas al cambio climático, ya que la expansión urbana genera transformaciones rápidas e irreversibles en el ecosistema. Por ello, el enfoque metodológico aplicado no solo visibiliza el impacto del clima, sino que también enfatiza la necesidad de tomar acciones urgentes frente a las amenazas no climáticas, que constituyen actualmente el principal motor de degradación en las Lomas de Mangamarca.

Así mismo, estudios como los de Caro (2022), Alonso & Jesús (2021), Quiñonez & Hernandez (2017) y SERNANP et al. (2014) respaldan la consideración de tomar en cuenta la exposición de la presión antrópicas en el análisis de la vulnerabilidad de ecosistemas. Por ejemplo, en el estudio de Quiñonez & Hernandez (2017) se reconoció que diversos ecosistemas costeros del centro del Perú se encuentran afectados por actividades antropogénicas, lo que determina la vulnerabilidad del humedal El Paraíso.

Por otra parte, el autor Alejandro (2020) determinó la vulnerabilidad de un ecosistema de manglares. Para ello, consideró a la variable de especies en peligro de extinción, como un criterio adicional a las tres variables clásicas de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa). Además, los componentes de sensibilidad y capacidad adaptativa se definieron en función de las características de las especies y su capacidad para enfrentar el cambio climático.

En la presente investigación, se adopta un enfoque a nivel de ecosistema para la evaluación de la vulnerabilidad, considerando solo tres variables clásicas de la vulnerabilidad. No obstante, el análisis de la sensibilidad considera dentro de su análisis las especies y su grado de protección. Adicionalmente, la evaluación de la capacidad adaptativa se evalúa solo en términos de gestión.

4.2.2. Respecto a las Lomas de Mangamarca

El Proyecto EbA Lomas identifica a las poblaciones y ecosistemas ubicados en la zona central, oriental y sur de Lima como los más impactados por el cambio climático, siendo la vulnerabilidad climática alta para las Lomas de Mangamarca (PNUD, 2018). Al igual que los resultados generados en la presente investigación. Si bien el Proyecto EbA Lomas describe las principales amenazas antrópicas que enfrentan las lomas, se deduce que éstas no fueron consideradas en el análisis de vulnerabilidad. Sin embargo, en la presente investigación como parte de la evaluación de la exposición, se tomó en cuenta factores no climáticos como la tasa de cambio de la cobertura del suelo y la superficie afectada por actividades humanas.

Por otro lado, el Geoportal Lomas de Lima indica que solo 27 ha de las Lomas de Mangamarca han experimentado cambios de cobertura vegetal, ubicadas únicamente en el sector este del ecosistema. Según la capa "Pérdida de Cobertura Vegetal" del geoportal, el resto del ecosistema se clasifica como "Área no degradada". Sin embargo, la aplicación de la metodología propuesta ha determinado que la ocupación por viviendas y vías representa 21.93 ha, mientras que las actividades de movimiento de tierras y urbanización abarcan un área total de 12.89 ha. En conjunto, 34.82 ha de las Lomas de Mangamarca podrían haber sufrido cambios en la cobertura vegetal, distribuidas no solo en el sector este, como indica el geoportal, sino también en las zonas norte, este y oeste, expandiéndose hacia el centro del ecosistema.

Desde otro punto de vista, Paniagua (2017) indica que las condiciones microclimáticas de las lomas costeras, tal como la alta humedad y bajas temperaturas, generan enfermedades respiratorias en las poblaciones aledañas, siendo los niños y adultos mayores los más vulnerables. A pesar de ello, las evaluaciones de riesgos en Lima no incluyen a las lomas costeras como áreas peligrosas para la ocupación humana, a pesar de los riesgos generados por las condiciones microclimáticas y la vulnerabilidad socioeconómica de sus habitantes.

Sin embargo, son muchas de estas mismas poblaciones que contribuyen a la degradación del ecosistema al invadir y ocupar terrenos para sus viviendas y vías. Por lo que, la vulnerabilidad social y la degradación ambiental se retroalimentan, agravando tanto las condiciones de vida de los habitantes como la conservación del ecosistema.

En cuanto a la protección de las tierras denominadas como Zona de Protección y Tratamiento Paisajista (PTP), es importante destacar que el 27 de mayo de 2022, el Concejo Metropolitano de Lima aprobó el Acuerdo de Concejo N° 168-2022. Este acuerdo declara improcedente la solicitud de cambio de uso del suelo para un terreno de 24,876.45 m² ubicado en las laderas del cerro colindante al PPJJ San Hilarión Alto, en el distrito de San Juan de Lurigancho. El terreno, actualmente designado como PTP, no puede ser utilizado para fines de vivienda.

La decisión del Concejo Metropolitano se basó en la importancia de preservar las áreas clasificadas como PTP, por lo que se deben realizar proyectos de arborización, recuperación vegetal, seguridad física y tratamiento paisajista en estas zonas, lo cual es incompatible con la urbanización para vivienda.

La situación en las Lomas de Mangamarca es similar. La designación de esta zona como PTP implica que las actividades de ocupación actuales son inaceptables. Sin embargo, es importante señalar que los gobiernos regionales y locales, responsables de hacer cumplir estas normas, no siempre las aplican de manera efectiva.

4.3. Aportes de tesista

- En este estudio se desarrolla una propuesta metodológica orientada al diagnóstico integral, con el fin de evaluar el cambio climático y presiones antrópicas en las Lomas de Mangamarca. La integración de ambos enfoques permite una comprensión más profunda de las interacciones en el área de estudio, lo que favorece la formulación de estrategias de mitigación y adaptación más eficaces para fortalecer la resiliencia del ecosistema. No obstante, su validación definitiva dependerá de su aplicación práctica y contraste con la realidad del territorio.

- Se propuso 02 indicadores para el cálculo del grado de exposición climática: variación de precipitación y variación de temperatura, que fueron categorizados y evaluados en relación a las proyecciones climáticas del World Bank Group, bajo los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5, previstos al 2040-2059, el cual usa como base información del periodo 1995-2014 (periodo base).
- Se propuso 02 indicadores para el cálculo del grado de exposición no climática: tasa de cambio de la cobertura del suelo y la superficie afectada por actividades humanas, las cuales determinan la velocidad con la que ocurren los cambios en el uso del suelo y el uso actual que las personas le dan a la superficie terrestre.
- Se analizó el grado de sensibilidad tomando como base los criterios de la Guía para la NDAS 6 para determinar si un hábitat es crítico o no, aplicando un enfoque a nivel de ecosistema. Para ello se consideró 03 indicadores: grado de protección, endemismo y especies migratorias y/o especies congregatorias.
- Se propuso 05 indicadores para el cálculo del grado de capacidad adaptativa en términos de gestión, como el monitoreo de los recursos naturales, aplicación de políticas públicas, planificación territorial, implementación de medidas y actores estratégicos.
- Se elaboró la lista de especies actualizadas de las Lomas de Mangamarca tomando como referencia la ficha técnica del ecosistema de lomas difundida por el SERFOR (2014), la guía de las especies de flora en las lomas limeñas publicada por el SERFOR (2015) y un reciente estudio de las especies de flora realizada por Santa Cruz et al. (2020).
- Se proporcionó información valiosa de las Lomas de Mangamarca, tanto de las amenazas climáticas y no climáticas a las que se encuentra sujeta el ecosistema, su grado de sensibilidad, y su capacidad adaptativa en términos de gestión que permitan desarrollar estrategias enfocadas en la conservación de la humedad del suelo y la restauración ecológica de las Lomas de Mangamarca.

Conclusiones

La propuesta metodológica integra factores climáticos y antrópicos, lo que permite un diagnóstico más realista y completo de los ecosistemas. Su enfoque integral, que considera variables ambientales, sociales y de gestión territorial, facilita la identificación de amenazas y fortalezas institucionales, apoyando la toma de decisiones y el diseño de medidas de conservación y adaptación.

En este sentido, la aplicación de la propuesta metodológica permitió evaluar la vulnerabilidad a nivel de ecosistema de las Lomas de Mangamarca con el fin de evaluar el cambio climático y presiones antrópicas identificando el grado de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa a la que se encuentra sujeta. En consecuencia, se pudo confirmar la hipótesis específica relacionada a la metodología.

El grado de exposición climático de las Lomas de Mangamarca presenta un nivel alto para los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 para el 2040-2059 (futuro cercano). Para dicho periodo, se proyecta un aumento de temperatura de 1.59 °C bajo el escenario SSP2-4.5 (exposición moderada) y de 2.04 °C en SSP5-8.5 (exposición alta). En cuanto a la precipitación, durante el periodo húmedo se estima una reducción del 74 % en SSP2-4.5 (exposición alta) y del 53 % en SSP5-8.5 (exposición moderada). Aunque el calentamiento es más intenso en SSP5-8.5, el déficit hídrico sería mayor en SSP2-4.5.

El grado de exposición no climático de las Lomas de Mangamarca presenta un nivel alto en función de la superficie afectada por actividades humanas ya que el 68.7% del ecosistema se ve afectado por actividades humanas intensivas y moderadas en relación a la tasa de cambio de la cobertura del suelo. Dado que, según el intervalo de tiempo analizado (2013-2023), solo el período 2016-2017 presenta una tasa de cambio significativo de la cobertura del suelo.

El grado de exposición del ecosistema de lomas presenta un nivel alto en relación a los factores climáticos y no climáticos, especialmente por la variación de la precipitación

y la afectación de la superficie por las actividades humanas. Por lo tanto, se pudo confirmar la hipótesis específica relacionada a la exposición.

El grado de sensibilidad de las Lomas de Mangamarca presenta un nivel bajo, en cuanto al grado de protección, endemismo, especies migratorias y/o especies congregatorias. Esta área presenta un nivel reducido de sensibilidad respecto a la protección debido a la presencia de la especie *Ismene amancaes*. Esta especie constituye entre el 0.05 % y el 0.1 % de su población global, tomando en cuenta su área de distribución.

Asimismo, las Lomas de Mangamarca albergan la especie endémica *Loxanthocereus acanthurus*, la cual representa menos del 1.0% (0.5 %) de su población global, lo que contribuye a su clasificación como de baja sensibilidad en cuanto al endemismo. Sumado a ello, las Lomas de Mangamarca sostienen menos del 1.0 % de la población mundial de las especies migratorias identificadas, por lo que representa un bajo grado de sensibilidad en relación a las especies migratorias y/o especies congregatorias. En consecuencia, no se pudo confirmar la hipótesis específica relacionada a la sensibilidad.

El grado de capacidad adaptativa de las Lomas de Mangamarca presenta un nivel bajo en términos de gestión, dado que existe un monitoreo limitado de los recursos naturales, la adopción de políticas públicas en la protección de las lomas ha sido débil, así como su planificación territorial. Adicionalmente, se evidencia una baja colaboración de los actores estratégicos, dado que solo se han implementado limitadas medidas de mitigación en favor del ecosistema de Lomas. Por lo tanto, se pudo confirmar la hipótesis específica relacionada a la capacidad adaptativa.

Recomendaciones

Sugerir al Gobierno Regional de Lima la aplicación y promoción de proyectos de conservación de las lomas costeras con el propósito de enfrentarse al cambio climático. Es necesario implementar estrategias que aumenten la conectividad dentro del ecosistema de lomas que faciliten los procesos de adaptación y preservación de los servicios ecosistémicos.

Así mismo, es relevante fomentar la cosecha de agua ya sea a través de la instalación de atrapanieblas u otros mecanismos que permita utilizar el agua captada para restaurar zonas degradadas, y así detener la rápida evaporación del agua del suelo debido al aumento de la temperatura. Por otro lado, se recomienda velar por la seguridad de los promotores ambientales y tomar acción frente a los traficantes de terrenos e invasores.

Se sugiere incorporar nuevos escenarios climáticos en la medida en que el SENAMHI u otras instituciones nacionales pongan a disposición proyecciones climáticas con mayor resolución espacial. Esto permitiría evaluar con mayor detalle los impactos climáticos específicamente en las zonas de interés, como Mangomarca.

Recomendar al Ministerio del Ambiente, invertir en investigación en respuesta al cambio climático con la finalidad de conocer con mayor certeza sus impactos e implementar medidas de mitigación y adaptación en favor a los ecosistemas costeros.

Recomendar al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, actualice el listado y categorización de las especies amenazadas de flora silvestre. Si bien es cierto la *Ismene Amancaes* se encuentra en la categoría de amenaza como vulnerable, es importante reevaluarla para identificar su estado actual, dado que desde el 2006 esta lista de especies protegidas no ha sido actualizada.

Desde entonces, lomas como la de Amancaes y otros hábitats han sido degradadas afectando gravemente su distribución espacial. Por lo que, el MIDAGRI debería fomentar y realizar investigaciones científicas para conocer y documentar la diversidad vegetal de la *Ismene Amancaes*.

Promover al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre que guíe a la Asociación Lomas de Mangamarca en la presentación de los documentos y trámites restantes para convertirlo en Área de Conservación Regional. Además, es importante que concientice a la población de la importancia ecológica de estos ecosistemas.

Recomendar a las municipalidades distritales de San Juan de Lurigancho y Lurigancho-Chosica a que lleguen a acuerdos para impulsar y ejecutar proyectos en favor de las Lomas de Mangamarca en especial, retirando y haciendo valer el derecho de no ubicarse sobre el ecosistema. Se sugiere que existan espacios de diálogo tanto con la Asociación Lomas de Mangamarca y la comunidad para atender las denuncias y hacer frente a las amenazas que aquejan el ecosistema de lomas.

Además, a las municipalidades distritales se recomienda fomentar y considerar el rol de las Lomas de Mangamarca y otros ecosistemas de lomas dentro de su jurisdicción e incorporar políticas públicas a nivel local, tomando en cuenta la vulnerabilidad frente al cambio climático de dichos ecosistemas.

Recomendar a la Asociación de Lomas de Mangamarca que, entre sus actividades de conservación, promueva la forestación de especies como la tara u otras especies vegetales, en colaboración con la sociedad mediante la convocatoria de voluntarios.

Recomendar a la población universitaria, instituciones de investigación y asociaciones enfocados en la conservación y protección de ecosistemas en el Perú a considerar a las Lomas de Mangamarca y lomas costeras como áreas para proponer proyectos de restauración, mitigación y adaptación, así como estudios de vulnerabilidad, riesgo y sensibilidad. Además, se sugiere participar en los voluntariados promovidos por la Asociación de Lomas de Mangamarca.

Sugerir a las consultoras ambientales, a validar el método de vulnerabilidad frente al cambio climático y presiones antrópicas. Además de considerar el análisis de la sensibilidad a nivel de ecosistema y usarlo en sus estudios de impacto ambiental para aquellos proyectos que formen parte del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) o que estén financiados por el BID y la CFI.

Recomendar a la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería a fomentar proyectos relacionados con cambio climático, modelos de clima y proyecciones futuras que permitan predecir el comportamiento del clima en favor de la población y ecosistemas.

Referencias bibliográficas

- Acedo, V. (2017). *Estimación de la abundancia de Lagidium peruanum "vizcacha" (Meyen, 1883) basado en conteos indirectos, en el ACP Lomas del Cerro Campana* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. DSpace Repository. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/537571fe-3d65-4ffa-bd79-91e12a28d626>
- Adger, W. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Agüero, S. (2002). *Efecto de la humedad edáfica en el desarrollo y propagación de Ismene amancaes R&P. Herbert "amancaes" (Amaryllinda) en condiciones "in situ" y "ex situ"* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/a8f0a879-f309-4ac2-a2c1-9dfe0e6a1371>
- Alejandro, G. F. (2020). *Estimación de la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático en el Refugio de Vida Silvestre Manglares el Morro* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Centro de Información Agraria. <https://cia.uagraría.edu.ec/Archivos/ALEJANDRO%20TORRES%20GABRIEL%20F RANCISCO.pdf>
- Alonso, C. A., & Jesús, R. (2021). Problemática socioambiental de las lomas costeras de Lima: una revisión. *Revista de Ciencias Sociales*, 2(2), 18–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.58720/sis.v2i2.50>
- Asociación Proyectos Ecológicos Perú, "Trabajos Científicos del II Congreso Nacional de Lomas", presentada en II Congreso Nacional de Lomas, Lima, 18-19 sept., 2021. [En línea]. Disponible en: <https://img1.wsimg.com/blobby/go/73eed714-2a65-448c-830a-0fd047c833d4/downloads/TRABAJOS%20CIENTIFICOS%20DEL%20II%20CONAL.pdf?ver=1736735255725>
- Bahamóndez, C. (2021). *Cambio climático y su efecto sobre los cuerpos de agua de Chile Central: variación interanual superficial de los lagos andinos (32°S-36°S) entre 1984 y 2020* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/188022>
- Balthazar, V., Vanacker, V., Molina, A., & Lambin, E. F. (2015). Impacts of forest cover change on ecosystem services in high Andean mountains. *Ecological Indicators*, 48, 63–75. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.043>
- Banco de desarrollo de América Latina y el Caribe [CAF]. (2014). *Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe*. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/517>
- Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. (2021). *Guía para la Norma de Desempeño Ambiental y Social 6: Conservación de la Biodiversidad y Gestión Sostenible de Recursos Naturales Vivos*.
- Banco Mundial. (2010). *Informe sobre el desarrollo mundial. Desarrollo y cambio climático*. <https://documents1.worldbank.org/curated/ar/985501468170350669/pdf/530770WDR00SPA00Box0361490B0PUBLIC0.pdf>

- Bergmann, J., K. Vinke, C.A. Fernández Palomino, C. Gornott, S. Gleixner, R. Laudien, A. Lobanova, J. Ludescher, & H.J. Schellnhuber. (2021). *Evaluación de la evidencia: Cambio climático y migración en el Perú*. Instituto Potsdam para la Investigación sobre el Impacto del Cambio Climático (PIK) y Organización Internacional para las Migraciones (OIM). <https://publications.iom.int/books/evaluacion-de-la-evidencia-cambio-climatico-y-migracion-en-el-peru>
- bp. (2021). *Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
- Brack, A., & Mendiola, C. (2008). *Ecología del Perú* (Bruño).
- Bruegmann, R. (2005). *Sprawl: A compact history*. University of Chicago Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/S/bo3614185.html>
- Bruzon, L. (2018). *El enfoque cultural de la cohesión social: Marco conceptual y propuesta estratégica de acción del Programa EUROSociAL+*. EUROSociAL+. <https://eurosoci.al.eu/wp-content/uploads/2019/04/02-herramientas-enfoque-cultural-cohesion-social-es.pdf>
- Bullón, D. (2019). *Condiciones de borde urbano que forman sistemas en laderas próximas a lomas costeras. Lomas de Paraíso 2019* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/c21a54f0-1017-4aae-9e89-79f1e8a8929d>
- C40 Cities (2020). *Análisis de Riesgos Climáticos*. Municipalidad Metropolitana de Lima. <https://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/76261ac5c8998173.pdf>
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., ... Ha, M. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Camacho Sanabria, R., Camacho Sanabria, J. M., Balderas Plata, M. Á., & Sánchez López, M. (2017). Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 39–60. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331516>
- Carantoña, T., & Hernández, D. (2017). *Indicador de Vulnerabilidad de Especie ante el Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas, Venezuela. XXXIII*, 53, 75–103. <https://www.redalyc.org/pdf/721/72152384004.pdf>
- Cárdenas, M. F., & Tobón, C. (2016). Evaluación de la vulnerabilidad biofísica de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático: una aproximación conceptual y metodológica. *Gestión y Ambiente*, 19(1), 163–178. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169446378011.pdf>
- Caro, R. (2022). Expansión urbana y sostenibilidad de humedales naturales. Caso: Humedales de Villa, Chorrillos, Lima, Perú 2010-2020. *Cátedra Villarreal*, 10(1). <https://doi.org/10.24039/cv20221011356>

- Carpio, D. (2021). *Diseño de un producto turístico educativo para las Lomas de Mangamarca en el distrito de San Juan de Lurigancho* [Tesis de pregrado, Universidad Antonio Ruiz de Montoya.]. Repositorio UARM. <https://repositorio.uarm.edu.pe/items/d529da23-4f28-42bb-bcab-69453c3d7447>
- Carrere, M. (2022, March 8). *Informe del IPCC: América Latina siente los impactos del cambio climático, pero no está preparada para la adaptación*. Mongabay. <https://es.mongabay.com/2022/03/informe-del-ipcc-america-latina-siente-los-impactos-del-cambio-climatico-pero-no-esta-preparada-para-adaptacion/>
- Carrillo, R. (2020). Apuntes de la Flor de Amancaes. *The Biologist*, 2(2). <https://doi.org/10.24039/rtb200422591>
- Carvajal, A. F., & Pabón, J. D. (2016). Transformación de la Superficie Terrestre por la Actividad Humana y su Relación con el Cambio Climático. *Sociedade & Natureza*, 28(2), 185–198. <https://doi.org/10.1590/1982-451320160201>
- CENEPRED. (2021). *Escenario de Riego por Lluvias Intensas: Inundaciones y movimientos en masas*. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/11283_escenarios-de-riesgos-por-lluvias-intensas-2021.pdf
- CENEPRED. (2023). *Escenarios de riesgo por inundaciones y movimientos en masa ante lluvias asociadas al fenómeno El Niño*. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/16310_escenario-de-riesgo-por-inundaciones-y-movimientos-en-masa-ante-lluvias-asociadas-al-fenomeno-el-nino-actualizado-al-15-de-mayo-2023.pdf
- CENEPRED. (2024). *Glosario de términos sobre gestión del riesgo de desastres*. <https://www.gob.pe/institucion/cenepred/informes-publicaciones/5016287-glosario-de-terminos-sobre-gestion-del-riesgo-de-desastres>
- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño [CIIFEN]. (2014). Metodología para la Estimación de Vulnerabilidad en Ecuador, Perú y Bolivia. En *Proyecto Información de cambio climático y biodiversidad para el fomento de políticas públicas de conservación y adaptación en la región de los Andes Tropicales* (pp. 1–45). CIIFEN
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. (2023). *Estudio prospectivo sobre el estrés hídrico y la inseguridad alimentaria en el Perú*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5511475/4909702-estudio-prospectivo-de-estres-hidrico-e-inseguridad-alimentaria-ceplan.pdf?v=1701481885>
- Chavarria, J., & Gensen, D. (2022). *Desarrollo de un sistema de turbinas eólicas para la captación de humedad atmosférica para uso de regadío, Lomas de Mangamarca, 2022*. Universidad Cesar Vallejo. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/124007/Chavarria_CJP-Gensen_SDJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Clima de Cambios. (2020, 16 de septiembre). *Lomas costeras: un paraíso por proteger*. Clima de Cambios. <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/lomas-costeras-un-paraiso-por-proteger/>

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2014). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ca0445d3-e3f3-4f40-a5ff-057a9a34f016/content>
- Concepción, E. (2022). Expansión urbana o cómo el suelo urbanizado se dispersa por el paisaje: Implicaciones para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas*, 31(1), 2165. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2165>
- Conesa, V. (1993). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Mundi-Prensa.
- Cosamalón, A. (2009). *Gestión del riesgo de desastres para la planificación del desarrollo local*.
- Cotito, S. (2024). *Clasificación climática de lomas costeras basado en estimaciones de precipitación y temperatura de productos satelitales periodo 2000-2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM
- Cuba-Melly, N., & Odar, J. (2018). Diversidad de flora vascular de las Lomas de Granados y posibles amenazas a su conservación, provincia de Huaral, Lima-Perú. *The Biologist*, 16(2), 237–250. <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/245/1852>
- Cuesta, F., P. Muriel, S. Beck, R.I. Meneses, S. Halloy, S. Salgado, E. Ortiz, & M.T. Becerra. (2012). *Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales – Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación*. Red Gloria-Andes. <https://redgloria.condesan.org/recursos/biodiversidad-cambio-climatico-los-andes-tropicales-conformacion-una-red-investigacion-monitorear-impactos-delinear-acciones-adaptacion/>
- De la Torre, L. (2018). *La Tara, beneficios ambientales y recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosques y sistemas agroforestales*. <https://condesan.org/recursos/la-tara-beneficios-ambientales-recomendaciones-manejo-sostenible-relictos-bosque-sistemas-agroforestales/>
- De Lange, H. J., Sala, S., Vighi, M., & Faber, J. H. (2010). Ecological vulnerability in risk assessment — A review and perspectives. *Science of The Total Environment*, 408(18), 3871–3879. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.11.009>
- De Oleo, C., & Quiñonez, J. (2024). *Centroamérica, Panamá y República Dominicana ante el cambio climático: análisis de escenarios climáticos*
- Decreto Supremo N°048-2011-PCM. Aprueba El Reglamento de La Ley N° 29664, Que Crea El Sistema Nacional de Gestión Del de Desastres (SINAGERD). 26 de mayo de 2011. Diario Oficial El Peruano.
- Decreto Supremo N° 007-2020-MINAGRI. Aprueba El Protocolo de Actuación Interinstitucional Para Gestionar y Proteger Los Ecosistemas Incluidos En La Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles. 14 de agosto de 2020. Diario Oficial El Peruano.
- Elsner, M., Atkinson, G., & Zahidi, S. (2025). *The Global Risks Report 2025*.
- Gálvez, D. (2019). *Impacto de la expansión urbana sobre las lomas costeras del Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Académico -

- Universidad Científica del Sur.
<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1198/TB-G%c3%a1lvez%20D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gimenes, F., & Augusto, O. (2013). Mapas de fragilidad ambiental utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica (SIG). *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR*, 6564–6571.
- Gómez, L. (2019). *Biología reproductiva de Geositta peruviana (Passeriformes: Furnariidae) en la zona reservada Lomas de Ancón, Lima-Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/62a04cb8-9d7b-4c41-a789-01ff5a877e57>
- Gordon-Colón, E. (2022). IV Simposio: humedales, crisis climática y conservación. *Acta Biológica Venezuelica*, 42(1).
- Gran, J. (2020). El impacto de la urbanización en la distribución socioespacial de la vulnerabilidad al cambio climático. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 27, 134–147.
<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.27.2020.3961>
- Granda, E. (2022). *Estudio de los impactos del cambio climático y de las intervenciones antropicas en la region de alta montaña llanos de Cuiva Colombia*. Universidad Internacional Iberoamericana México.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1991). *Metodología de la Investigación*. McGraw - Hill Interamericana de México.
https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/metodologia-de-la-investigaci%C3%83%C2%B3n_sampieri.pdf
- Herzer, H. (2006). Schteingart, Martha y Clara E. Salazar, Expansión urbana, sociedad y ambiente. El caso de la Ciudad de México, México, El Colegio de México, 2005. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 21(2), 489.
<https://doi.org/10.24201/edu.v21i2.1258>
- Holling, C. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23.
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- Instituto Geofísico del Perú [IGP]. (2022). *Análisis y evaluación histórica del fenómeno El Niño en Lima Metropolitana: Un aporte a la gestión del riesgo de desastres*.
<https://repositorio.igp.gob.pe/items/3bfe9500-e775-4f52-91e1-4d3566778c46>
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]. (2020). *Glosario de términos y siglas utilizadas*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2015). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2015*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/li bro.pdf
- IPCC. (1992). *Climate Change: The IPCC 1990 and 1992 Assessments*.
<https://www.ipcc.ch/report/climate-change-the-ipcc-1990-and-1992-assessments/>
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGII_TAR_full_report-2.pdf

- IPCC. (2007a). *Cambio Climático 2007. Informe de síntesis*.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf
- IPCC. (2007b). *Resumen para responsables de Políticas. En Cambio Climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC*. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ar4-wg2-sum-vol-sp.pdf>
- IPCC. (2014a). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- IPCC. (2014b). *Cambio Climático 2014: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad*.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf
- IPCC. (2018a). *Anexo I: Glosario. Calentamiento global de 1,5 °C*.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf
- IPCC. (2018b). *Resumen para responsables de Políticas. Calentamiento global de 1,5 °C*.
- IPCC. (2021). *Cambio Climático 2021: Un resumen para todo el mundo*.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_Summary_ForAll_Spanish.pdf
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, the Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report*.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Ize, I., Zuk, M., & Rojas-Bracho, L. (2010). *Introducción al análisis de riesgos ambientales* (Segunda edición).
[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/E50951BDD32362E005257D4D0074F7D1/\\$FILE/Introducci%C3%B3nAlAn%C3%A1lisisDeRiesgosAmbientales.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/E50951BDD32362E005257D4D0074F7D1/$FILE/Introducci%C3%B3nAlAn%C3%A1lisisDeRiesgosAmbientales.pdf)
- Kato, A. (2018). Detrás de la neblina: lomas de Lima. *Agenda Viva*, 002, 9–15.
<https://doi.org/10.26439/agenda.viva2018.n002.2808>
- Kovach, R. P., Dunham, J. B., Al-Chokhachy, R., Snyder, C. D., Letcher, B. H., Young, J. A., Beever, E. A., Pederson, G. T., Lynch, A. J., Hitt, N. P., Konrad, C. P., Jaeger, K. L., Rea, A. H., Sepulveda, A. J., Lambert, P. M., Stoker, J., Giersch, J. J., & Muhlfeld, C. C. (2019). An Integrated Framework for Ecological Drought across Riverscapes of North America. *BioScience*, 69(6), 418–431.
<https://doi.org/10.1093/biosci/biz040>
- Kumar, M., Bhatt, V., & Rajwar, G. (2008). Plant and soil diversities in a sub tropical forest of the Garhwal Himalaya. *Ghana Journal of Forestry*, 19(1).
<https://doi.org/10.4314/gjf.v19i1.36907>
- León, B. (2006). Caricaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(2).
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332006000200032

- León, B., Monsalve, C., & Emschweiler, E. (2006). Oxalidaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(2).
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332006000200089
- Ley N° 27446 de 2001. Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. 30 de mayo de 2001. Diario Oficial El Peruano.
- Lindblom, C. (1991). *El Proceso de Elaboración de Políticas Públicas*.
<https://seminarioestadoyeducacion.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/03/el-proceso-de-elaboracion-de-politicas-publicas.pdf>
- Llamocca, J. (2022). Regionalización Estadística de Escenarios Climáticos con CMIP5 para el Perú. *Revista Geográfica*, 164, 99–111.
<https://doi.org/10.35424/regeo.164.2022.1085>
- Lujan, L. (2021). *Diseño de un monitoreo, incorporando al hábitat, usando de caso a la lagartija Microlophus tigris en las Lomas de Mangamarca, SJL, Lima* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Madariaga, I. (2016). *Evaluación del potencial de neblina mediante el sistema de atrapanieblas en las lomas de Ancón durante el evento del niño, en el distrito de Ancón, provincia de Lima periodo 2015-2016*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Moquegua]. Repositorio Institucional UNAM.
<https://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/55>
- Malhi, Y., Franklin, J., Seddon, N., Solan, M., Turner, M. G., Field, C. B., & Knowlton, N. (2020). Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1794).
<https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0104>
- Mamani, D. (2014). *Diversidad y distribución de la fauna epígea en las lomas de Tacahuay de la Región Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio de la UNJBG.
<https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/4ef80e97-8083-4422-8609-2a5f74dd6655>
- Margin, G. (2015). *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*.
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/39842-adaptacion-al-cambio-climatico-america-latina-caribe>
- Martín, J. (2009). Conceptos previos y conceptos nuevos en el estudio del cambio climático reciente. *Investigaciones Geográficas*, 49, 51.
<https://doi.org/10.14198/INGEO2009.49.03>
- Martínez, J., & Fernández, A. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*.
https://www.flac.awsassets.panda.org/downloads/cambio_climatico_una_vision_desde_mexico_martinez_bremauntz.pdf
- Martínez, S., & Monroy-Ortiz, R. (2009). La expansión urbana sobre el campo mexicano. La otra cara de la crisis agrícola. *Estudios Agrarios*.
<http://www.economia.unam.mx/cedrus/pdf/Expansionurbana.pdf>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being*.
<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

- MINAM. (2009). *Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú*.
<https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/11/2013/10/CDAM0000323.pdf>
- MINAM. (2015). *Guía de inventario de la fauna silvestre. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural*.
- MINAM. (2018). *La respuesta peruana al cambio climático*.
<https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2018/06/Dossier-NDC.pdf>
- Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. (2016). *Guía de planificación territorial*.
https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/AS_14659169801.pdf
- Moat, J., Orellana-Garcia, A., Tovar, C., Arakaki, M., Arana, C., Cano, A., Faundez, L., Gardner, M., Hechenleitner, P., Hepp, J., Lewis, G., Mamani, J.-M., Miyasiro, M., & Whaley, O. Q. (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*, 103, 102468.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102468>
- Monsalve, C., & León, B. (2006). Chenopodiaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(2).
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332006000200036
- Monterroso, A., Conde, C., Gay, C., Gómez, J., & López, J. (2012). Índicadores de vulnerabilidad y cambio climático en la agricultura de México. *Centro de Ciencias de La Atmósfera e Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México*.
https://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0086_PU-SA-VIII-2012-A_MONTERROSO.pdf
- Moreno, C., Palma, J., Trilleras, J., & Salamanca, J. (2022). Vulnerabilidad ecológica del complejo de páramos Cholí-Barragán, Colombia, a los incrementos de temperatura en un escenario de cambio climático. *Revista Geográfica*, 164, 21–37.
<https://doi.org/10.35424/regeo.164.2022.988>
- Moreno, G. (2021). *Revisión de metodologías utilizadas en la medición y simulación de lluvia oculta a nivel mundial*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/40513>
- Moreno-Salazar-Calderón, K. (2023). Indicadores de vulnerabilidad al cambio climático: un estudio en comunidades pesqueras de Tacna, región al sur del Perú. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, 12.
<https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202302.A013>
- Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Mumba, M., Liu, J., & Rivington, M. (2013). Climate change and Ecosystem-based Adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(1), 67–71. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.12.001>
- Municipalidad de Lima. (2021). *Plan Local de Cambio Climático de la Provincia de Lima 2021-2030*. <https://smia.munlima.gob.pe/documentos-publicacion/detalle/565>

- Nieuwland, B., & Mamani, J. M. (2017). Las lomas de Lima: enfocando ecosistemas desérticos como espacios abiertos en Lima metropolitana. *Espacio y Desarrollo*, 29, 109–133. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201701.005>
- Odum, E. (1971). *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders.
- Oficina de Planificación Estratégica y Modernización. (2023). *Plan de Desarrollo Concertado de Lima Metropolitana 2023 – 2035*.
- O'Neill, B. C., Kriegler, E., Ebi, K. L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D. S., van Ruijven, B. J., van Vuuren, D. P., Birkmann, J., Kok, K., Levy, M., & Solecki, W. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change*, 42, 169–180. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004>
- Ordóñez, C. (2019). *Amazonía bajo amenaza Ecuador y Brasil en el marco del cambio climático* [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. UASB-DIGITAL Repositorio Institucional del Organismo de la Comunidad Andina, CAN
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2024, 19 de marzo). *Calentamiento global: 2024 podría ser el año más caluroso de la historia, advierte la ONU*. Organización de Las Naciones Unidas. <https://www.france24.com/es/medio-ambiente/20240319-calentamiento-global-2024-podr%C3%ADa-ser-el-a%C3%B1o-m%C3%A1s-caluroso-de-la-historia-advier-te-la-onu>
- Ortega Gil, M., & Segovia Cuevas, M. C. (2017). Análisis de las relaciones de los actores estratégicos con los recursos poblacionales del Campo de Gibraltar (España). *Redes. Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 28(2), 31–43. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.668>
- Osorio, A. M., Hardt, L., & Hardt, C. (2022). Cambio climático y sustentabilidad urbana: comparativo de seis ciudades andinas intermedias. *Revista Tecnología e Sociedade*, 18(53), 111. <https://doi.org/10.3895/rts.v18n53.15721>
- Pacheco Torres, V. R., Diaz, S., Graham Angeles, L. A., Flores-Quispe, M., Calizaya-Mamani, G., Ruelas, D., & Sánchez-Vendizú, P. (2021). Lista actualizada de la diversidad de los mamíferos del Perú y una propuesta para su actualización. *Revista Peruana de Biología*, 28(4). <https://doi.org/10.15381/rpb.v28i4.21019>
- Pacheco, V. (2002). *Mamíferos del Perú*. En G. Ceballos & J. Simonetti (Eds.), *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales* (pp. 503–550). CONABIO-UNAM. https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_masto/Pacheco%202002_Mamiferos_Peru.pdf
- Pacheco, V., Cadenillas, R., Salas, E., Tello, C., & Zeballos, H. (2009). Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 16(1). 5–32.
- Palomino, N. (2022, 29 de noviembre). *Políticas públicas: concepto y aplicación en el Perú*. Blog de Posgrado - Universidad Continental. <https://blogposgrado.ucontinental.edu.pe/politicas-publicas-concepto-aplicacion-peru>
- Paniagua, L. (2017). Condiciones microclimáticas en las lomas costeras y riesgos a la salud de los pobladores en Lima metropolitana. *Observatorio Geográfico de América Latina*. <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal16/Procesosambientales/Climatologia/14.pdf>

- Pearson, O. (1948). Life history of mountain viscachas in Peru. *Journal of Mammalogy*, 29(4), 345–374. <https://www.jstor.org/stable/1375125>
- Pedersen, J. S. T., Van Vuuren, D. P., Aparício, B. A., Swart, R., Gupta, J., & Santos, F. D. (2020). Variability in historical emissions trends suggests a need for a wide range of global scenarios and regional analyses. *Communications Earth & Environment*, 1(1), 41. <https://doi.org/10.1038/s43247-020-00045-y>
- PNUD. (2018). *Proyecto EbA Lomas. Retos y oportunidades en la conservación de las lomas de Lima Metropolitana*. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/pe/Brochure_24PP_FIN AL.pdf
- Puliso, V., Salinas, L., & Arana, C. (2007). *Aves en el Desierto de Ica. La experiencia de Agrokasa*. AGROKASA. https://agrokasa.com/app/public_root/docs/2307180757aves-del-desierto-de-ica.pdf
- Quiñonez, A., & Hernandez, F. (2017). Uso de hábitat y estado de conservación de las aves en el humedal El Paraíso, Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 24(2), 175–186. <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i2.13494>
- Quinteros, A., & Saavedra, G. (2020). *El cambio climático y la vulnerabilidad de las aves del refugio de vida silvestre Pantanos de Villa, Lima – 2020* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/61397>
- Quispe, J., Lizarraga, M., Madueño, R., Tairo, R., Alegre, M., & Suca, E. (2023). Efecto del cambio climático y la cobertura forestal en la pérdida de bosques en la selva amazónica de Perú, 2003-2019. *Revista Alfa*, 7(19), 88–102. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.200>
- Quispe, P. (2020). *Análisis de vulnerabilidad de los ecosistemas de montaña frente al cambio climático en la Cordillera Apolobamba – Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio UPeU. <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/0461bcc8-db26-4267-b155-d1f5f1b87252>
- Ramanathan, V., & Feng, Y. (2009). Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives. *Atmospheric Environment*, 43(1), 37–50. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.063>
- Ramirez, J. (2022). *Metodología para evaluar la vulnerabilidad ambiental en los ecosistemas de páramo asociada a los usos del suelo: Caso de estudio complejo de páramos Pisba (Boyacá, Colombia)* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81889>
- Renner, I. (2019). *Integración de los servicios ecosistémicos en la planificación y gestión urbana*. <https://iki-alliance.mx/wp-content/uploads/Manual-ISE-CiClim.pdf>
- Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J. C., KC, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., ... Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153–168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>

- Rodriguez, S. (2021). *Análisis de Vulnerabilidad de Bosques Intervenidos en la Comunidad de Alto Palmiche Distrito de Pinto Recodo, Provincial Lamas - Región San Martín 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]. Repositorio institucional. <https://repositorio.une.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7220aaf9-5e46-45ef-8c77-6b0dd7a55ed8/content>
- Romero, A., Medina, M., & Ocaña, J. C. (2018). Caracterización biológica durante el fenómeno “El Niño” en el ecosistema de las Lomas de Lachay. *Anales Científicos*, 79(2), 316. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.1003>
- Rostworowski, M. (1981). *Recursos naturales renovables y pesca, siglos XVI y XVII*. Instituto de Estudios Peruanos.
- Ruiz S., J., Junes, K., & Pérez Z., J. (2017). Ámbito de Hogar de la lagartija de las lomas *Microlophus tigris* (Sauria: Tropiduridae) en las Lomas de Carabayllo, Lima – Perú. *Revista Peruana de Biología*, 24(4), 357. <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i4.14070>
- Salman, S. A., Nashwan, M. S., Ismail, T., & Shahid, S. (2020). Selection of CMIP5 general circulation model outputs of precipitation for peninsular Malaysia. *Hydrology Research*, 51(4), 781–798. <https://doi.org/10.2166/nh.2020.154>
- Santa Cruz, L., Cano, A., La Torre, M. I., Campos de la Cruz, J., & Rodríguez, E. (2020). Flora Vascular de las lomas de Mangomarca, San Juan de Lurigancho, Lima, Perú. *Arnaldoa*, 27(3), 649–674. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.273.27301>
- SENAMHI. (2009). *Escenarios Climáticos en el Perú para el año 2030*. https://idesep.senamhi.gob.pe/portallidesep/files/tematica/cambio_climatico/Escenarios_climaticos_en_el_Peru_para_el_ano_2030.pdf
- SENAMHI. (2021a). *Climas del Perú – Mapa de Clasificación Climática Nacional*.
- SENAMHI. (2021b). *Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio*. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1470>
- SENAMHI. (2021c). *Escenarios climáticos: Cambios en los extremos climáticos en el Perú al 2050*. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1469>
- SENAMHI. (2024, 4 de enero). *El 2023 presentó las temperaturas más altas de los últimos 60 años para Perú*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=1670#:~:text=El%20Servicio%20Nacional%20de%20Meteorolog%C3%ADa,de%20los%20%C3%BAltimos%2060%20a%C3%B1os.>
- SERFOR. (2014). *Ficha Técnica de Campo - Ecosistema Frágil Loma Costera*.
- SERFOR. (2015). *Guía de Flora de las Lomas de Lima*. <https://www.gob.pe/institucion/serfor/informes-publicaciones/1124091-guia-de-flora-de-las-lomas-de-lima-2015>
- SERFOR. (2017). *Mapa de Vulnerabilidad de Ecosistemas y Hábitats Críticos frente al Cambio Climático de la Amazonía Peruana*.

- SERNANP. (2019). *Sistema de Lomas Costeras*.
<https://patrimoniomundial.cultura.pe/sites/default/files/li/pdf/17.%20Sistema%20de%20Lomas%20-%20Esp.pdf>
- SERNANP, WWF, & GIZ. (2014). *Análisis de la Vulnerabilidad de las Áreas Naturales Protegidas frente al Cambio Climático al 2030, 2050 y 2080. Documento de trabajo*.
https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/DdT_12_Vulnerabilidad_SINANPE.pdf
- Servicios de Parques de Lima. (2014). *Lomas de Lima. Futuros parques de la ciudad*.
 Municipalidad de Lima Metropolitana, Servicio de Parques.
<https://catalogobiblioteca.ingemmet.gob.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=45091>
- Shen, J., Lu, H., Zhang, Y., Song, X., & He, L. (2016). Vulnerability assessment of urban ecosystems driven by water resources, human health and atmospheric environment. *Journal of Hydrology*, 536, 457–470. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.03.004>
- Shivanna, K. (2022). Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 88(2), 160–171.
<https://doi.org/10.1007/s43538-022-00073-6>
- Silva Beleño, E., Molina-Bolívar, G., & Jiménez-Pitre, I. (2022). Riesgos relacionados con el cambio climático de la flora y fauna asociada a bosques de manglar en el Caribe colombiano. *Intropica*, 17(2), 290–300. <https://doi.org/10.21676/23897864.4758>
- Stotz, D., Fitzpatrick, J., Parker, T., & Moskovits, D. (1996). *Aves neotropicales: ecología y conservación*. University of Chicago Press.
- Suni, M., Pascual, E., & Jara, E. (2011). Desarrollo reproductivo del “amancay” *Ismene amancaes* (Amaryllidaceae) en su ambiente natural. *Revista Peruana de Biología*, 18(3).
- Superintendencia de Seguridad Social. (2018). *Compendio de Normas del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales*.
<https://www.suseso.cl/613/w3-propertyname-647.html>
- Takahashi, K., & Martínez, A. (2015). El Niño, cambio climático, y el ecosistema de manglares de Tumbes. *Boletín Técnico: Generación de Información y Monitoreo Del Fenómeno El Niño*, 2(7), 5–8. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4626>
- Tlapa, M., Bustamante, A., Vargas, S., Ramírez, B., Cervantes, V., & Cruz, G. (2019). Factores del deterioro de las áreas naturales protegidas periurbanas del Valle de Puebla, México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 35(1), 51–82.
<https://doi.org/10.24201/edu.v35i1.1828>
- UICN. (2016). *Un Estándar Global para la Identificación de Áreas Clave para la Biodiversidad*. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-048-Es.pdf>
- UNISDR. (2009). *Terminology on Disaster Risk Reduction*.
https://www.preventionweb.net/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf
- USEPA. (2001). *Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites*.

- Vázquez, C. (2021). *Resiliencia y vulnerabilidad de los sistemas socio-ecológicos costeros urbanos y peri-urbanos ante las inundaciones* [Tesis de doctorado, Universidad Veracruzana]. Repositorio institucional de la UV.
<https://www.uv.mx/veracruz/dep/files/2022/07/Tesis-CESAR-VASQUEZ.pdf>
- Verdugo, M. D., Arizpe Covarrubias, O., & Olmos Martínez, E. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad como elemento para el manejo de un ANP: Parque nacional bahía de Loreto, México. In V. Hernández Trejo, R. Valdivia Alcalá, J. Hernández Ortiz, P. R. Cruz Chávez, & G. R. Cruz Chávez (Eds.), *Estudios Recientes Sobre Economía Ambiental y Agrícola en México* (pp. 325–344).
- Vicuña, E., Baker, T., Banda, K., Honorio, E., Monteagudo, A., Phillips, O., Del Castillo, D., Farfan, W., Flores, G., Huaman, D., Tante, K., Hidalgo, G., Lojas, E., Melo, J. B., Pickavance, G. C., Rios, M., Rojas, M., Salinas, N., & Vasquez, R. (2019). El sumidero de carbono en los bosques primarios amazónicos es una oportunidad para lograr la sostenibilidad de su conservación. *Folia Amazónica*, 27(1), 101–109.
<https://doi.org/10.24841/fa.v27i1.456>
- Weiskopf, S. R., Rubenstein, M. A., Crozier, L. G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J. E., Hyde, K. J. W., Morelli, T. L., Morissette, J. T., Muñoz, R. C., Pershing, A. J., Peterson, D. L., Poudel, R., Staudinger, M. D., Sutton-Grier, A. E., Thompson, L., Vose, J., Weltzin, J. F., & Whyte, K. P. (2020). Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of The Total Environment*, 733, 137782.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>
- West, J. M., Julius, S. H., Kareiva, P., Enquist, C., Lawler, J. J., Petersen, B., Johnson, A. E., & Shaw, M. R. (2009). U.S. Natural Resources and Climate Change: Concepts and Approaches for Management Adaptation. *Environmental Management*, 44(6), 1001–1021. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9345-1>
- Wildlife Conservation Society Ecuador. (2023, 24 de octubre). La Amazonía brasileña sufre la peor sequía de su historia: Un resultado de la crisis climática amplificada por El Niño. *WCS Ecuador*.
<https://ecuador.wcs.org/Recursos/Noticias/articleType/ArticleView/articleId/21293/La-Amazonia-brasilena-sufre-la-peor-sequia-de-su-historia-Un-resultado-de-la-crisis-climatica-amplificada-por-El-Nino.aspx>
- Zhang, B. (2020). The Effect of Aerosols to Climate Change and Society. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 08(08), 55–78.
<https://doi.org/10.4236/gep.2020.88006>

Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia	1
Anexo 2: Datos de precipitación	2
Anexo 3: Datos de temperatura	3
Anexo 4: Listado de especies	5
Anexo 5: Panel fotográfico	6
Anexo 6: Mapas.....	9

Anexo 1: Matriz de consistencia

REALIDAD PROBLEMÁTICA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Uno de los principales problemas evidenciados para la presente investigación son los escasos estudios de vulnerabilidad que relacionen las amenazas climáticas y antrópicas que pudieran afectar a los ecosistemas, y más a los ecosistemas urbanos. La falta de estudios genera un desconocimiento real del grado de vulnerabilidad a nivel de ecosistema, así como de su capacidad de respuesta, provocando la nula o débil aplicación de medidas de adaptación y mitigación (Margin, 2015). Bajo este escenario, existe la necesidad de implementar propuestas metodológicas que aborden esta compleja realidad, que es motivo de la presente tesis. La investigación desarrolla como estudio de caso a las Lomas de Mangamarca, ubicada en los distritos de Lurigancho-Chosica y San Juan de Lurigancho. ¿Cómo evaluar la vulnerabilidad a nivel de ecosistema y desarrollar una propuesta metodológica frente al cambio climático y presiones antrópicas en las Lomas de Mangamarca?	Objetivo general Evaluar la vulnerabilidad a nivel de ecosistema y desarrollar una propuesta metodológica frente al cambio climático y presiones antrópicas en las Lomas de Mangamarca.	Hipótesis general Es posible analizar la vulnerabilidad a nivel de ecosistema y desarrollar una propuesta metodológica frente al cambio climático y presiones antrópicas en las Lomas de Mangamarca.	Variables dependientes: Vulnerabilidad a nivel de ecosistema	Exposición Exposición climática - Variación de precipitación - Variación de temperatura Exposición no climática - Tasa de cambio de la cobertura del suelo - Superficie afectada por actividades humanas Sensibilidad - Grado de protección - Endemismo - Especies migratorias y/o especies congregatorias Capacidad adaptativa - Monitoreo de los recursos naturales - Aplicación de políticas públicas - Planificación territorial - Implementación de medidas - Actores estratégicos	Enfoque: Mixto Tipo de investigación: Exploratoria, descriptiva y longitudinal. Diseño de la investigación: No experimental Población: Lomas costeras de Lima. Unidad de análisis: El área del ecosistema de la Loma de Mangamarca. Técnicas e instrumentos de la investigación: Investigación bibliográfica, entrevistas y salidas de campo. Además, se han hecho uso de técnicas cartográfica para el reconocimiento del área de estudio y la representación de los resultados obtenidos. Procesamiento de datos: Software GIS (QGIS) y Microsoft Excel.
	Objetivos específicos - Desarrollar una propuesta metodológica orientada al diagnóstico integral, con el fin de evaluar el cambio climático y presiones antrópicas en las Lomas de Mangamarca. - Determinar el grado de exposición climática y no climática de las Lomas de Mangamarca. - Determinar el grado de sensibilidad y capacidad adaptativa de las Lomas de Mangamarca.		Variables independientes: - Exposición climática - Exposición no climática - Sensibilidad - Capacidad adaptativa		

Anexo 2 Datos de precipitación

PRECIPITACIÓN 1981- 2019

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Total
1981	0.11	0.24	0.25	0.76	0.36	0.54	0.02	0.06	0.04	0.88	0.36	0.15	3.77
1982	0.88	0.43	0.39	1.55	1.36	0.22	0.11	0.04	0.09	0.33	0.44	1.06	6.9
1983	0	0.05	0.4	0.14	0.45	0.37	0.49	0.15	0.45	0.35	0.4	0.09	3.34
1984	0.61	0.14	0.18	0.79	0.79	0.23	0	0.47	0.08	0.32	0.08	0.52	4.21
1985	0.28	0.37	0	0.43	0.25	0.25	0.1	0.12	0.18	0.04	0.51	0.09	2.62
1986	0.39	1.11	0.7	0.62	0.65	0.88	0.21	0.08	0.24	0.79	0.47	0.17	6.31
1987	0.13	0.06	1.14	0.51	0	0.12	0	0.12	0.3	0.24	0.24	0.23	3.09
1988	0	1.05	1.18	1.05	0.44	0.69	0.41	0.06	0.22	1.21	0.32	0.09	6.72
1989	0	0	1.52	2.26	1.1	0.37	0.06	0.78	0.38	0.44	0.39	0.27	7.57
1990	0.71	0.69	0.2	0	0.02	0	0.22	0.55	0.26	0.41	0.35	0.34	3.75
1991	0.22	0	0	0.2	0.48	0.05	0.25	0.17	0.4	0.46	0.12	0.27	2.62
1992	0.02	0.01	0.04	0.21	0.13	0	0.16	0.24	0.4	0.64	0.52	0.4	2.77
1993	0.55	0.54	0.36	0.85	1	0.52	0.33	0.12	0.2	0.3	0.22	0.7	5.69
1994	0.24	0.35	1.1	0.53	0.48	0.32	0.13	0.2	0.22	0.28	0.25	0.03	4.13
1995	0.56	0.18	0.55	0.09	0.42	0.22	0.27	0	0.48	0.26	0.4	0.34	3.77
1996	0.29	0.07	0.12	0	0.12	0.28	0.09	0.03	0.52	0.44	0.17	0.07	2.2
1997	0.63	1.41	0.18	0.43	0.08	0.04	0.23	0	0.02	0.58	1.16	0.33	5.09
1998	0.18	0.33	2.22	0.78	0.99	0.42	0.29	0.34	0.42	0.6	0.18	0.2	6.95
1999	0	0.39	0.08	1.98	0.26	0.69	0.19	0.15	0.31	0.22	0.54	0.46	5.27
2000	0	0.4	2.15	0.31	0.56	0.08	0.46	0.61	0.37	0.52	0.29	0.1	5.85
2001	0.3	0.03	0.61	1.36	0.6	0.52	0.2	0.25	0.52	0.55	0.38	0.24	5.56
2002	0.34	0.14	0.23	5.39	0.43	0.19	0.16	0.39	0.66	0.6	0.57	0.68	9.78
2003	0	0.59	0.19	0	0.43	0.07	0.11	0.18	0.21	0.45	0.4	0.05	2.68
2004	0.09	0.4	0.17	0.25	0.17	0.13	0.12	0.4	0.12	0.31	0.4	0.13	2.69
2005	0.07	0.24	0.24	0.32	0.32	0	0.23	0.18	0.05	0.1	0.39	0	2.14
2006	0.28	0.57	0.43	0.41	0.17	0.14	0	0.17	0.19	0.28	0.16	0.07	2.87
2007	0.19	0.15	0.67	0.34	0.9	0.46	0.08	0.15	0.44	0.42	0.23	0.14	4.17
2008	0.03	0.07	1.09	0	0.32	0	0.2	0.43	0.05	0.57	0.63	0.01	3.4
2009	0.86	0.53	1.35	0.38	0.48	0.32	0.01	0.37	0.73	0.47	0.46	0.4	6.36
2010	0.04	0.48	1.07	0.28	0.27	0.32	0.13	0.06	0.22	0.18	0.05	0.17	3.27
2011	0.75	0.45	1.16	2.35	0.36	0.79	0.1	0.41	0.76	0.59	0.31	0.03	8.06
2012	0.17	0.85	0.53	3.54	0.59	0	0.06	0.3	0.2	0.4	0.44	1.03	8.11
2013	0.31	0.4	0.29	2.37	0.1	0	0.4	0.79	0.51	0.7	0.38	0.25	6.5
2014	0.31	0.56	1.94	0.68	2.65	0.36	0.71	0.84	1.81	2.27	0.76	0.51	13.4
2015	0.52	0.47	0.58	0.96	1.86	0.48	0.27	0.18	1.37	0.61	0.41	0.51	8.22
2016	0.27	0.39	0.51	0.29	0.2	0.4	0.07	0.34	0.36	0.46	0.45	0.2	3.94
2017	0.07	0.12	3.4	0.95	4.85	0.32	0.5	0.29	0.19	0.44	0.6	0.42	12.15
2018	0.04	0.22	2.08	2.21	0.84	0.93	0.35	2.57	0.98	0.67	0.43	0.47	11.79
2019	0.06	0.34	1.15	1.46	0.28	0	0.46	0.78	0.79	0.87	2.42	0.36	8.97
Promedio	0.27	0.38	0.78	0.95	0.66	0.30	0.21	0.34	0.40	0.52	0.44	0.30	5.56
Máx	0.88	1.41	3.4	5.39	4.85	0.93	0.71	2.57	1.81	2.27	2.42	1.06	13.4
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.04	0.05	0	2.14

Anexo 3: Datos de temperatura

TEMPERATURA MÁXIMA 1981- 2016

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio
1981	25.85	27.97	28.64	26.62	23.52	20.02	18.96	19.07	21.68	23.18	23.78	24.4	23.64
1982	26.04	27.47	28.15	26.62	24.15	20.68	19.8	19.57	21.87	23.28	24.01	26.62	24.02
1983	28.99	29.99	30.69	29.31	27.45	21.07	21.73	20.74	21.48	23.14	24.23	25.29	25.34
1984	26.7	27.49	28.44	26.72	23.94	20.1	18.91	19.95	21.45	23.16	23.63	25.45	23.83
1985	26.72	27.67	28.65	26.79	23.59	20.36	18.83	19.34	20.54	22.47	23.71	24.29	23.58
1986	26.69	27.78	28.11	26.74	23.68	19.04	18.62	18.79	20.83	22.39	23.77	25.14	23.47
1987	27.47	28.99	29.42	27.71	24.34	20.52	20.29	20.34	22.33	23.3	24.14	25.29	24.51
1988	27.09	27.99	28.31	27.03	24.7	20.08	18.85	19.05	20.51	22.56	23.86	24.14	23.68
1989	26.72	27.93	28.14	26.2	23.05	19.21	18.81	19.07	20.44	22.61	23.92	25.02	23.43
1990	26.78	28.22	28.84	26.74	24.17	19.66	18.75	19.09	21.12	22.07	23.33	24.34	23.59
1991	26.45	27.65	28.65	27.08	24.11	20.77	19.18	19.22	20.99	22.12	23.7	25.19	23.76
1992	27.26	28.54	30.12	28	26.52	20.73	18.52	19.04	21.08	23.08	24.44	25.18	24.38
1993	26.8	28.19	28.94	27.03	24.12	21.25	19.14	20	21.55	23.01	23.1	23.98	23.93
1994	26.16	27.5	28.39	26.88	24.14	20.32	19.17	19.35	22.37	22.9	23.72	24.89	23.82
1995	27.08	28.23	28.85	27.14	25.11	20.92	18.95	18.7	20.91	22.42	23.61	24.86	23.90
1996	26.12	27.99	28.77	26.32	23.81	18.94	19.08	19.08	21.24	22.27	23.06	24.66	23.45
1997	26.48	28.14	29.42	27.46	26.3	20.81	20.29	21.96	24.04	24.15	25.25	25.96	25.02
1998	27.71	29.09	30.19	28.94	24.99	21.23	20.49	19.65	21.44	23.2	23.96	25.03	24.66
1999	26.02	27.27	27.84	26.71	23.98	19.83	18.6	19.24	20.85	22.47	23.38	24.25	23.37
2000	25.52	27.71	28.21	27.29	24.37	19.67	18.67	19.37	21.17	23.14	23.72	24.56	23.62
2001	26.16	28.24	29.32	27.44	23.44	19.12	18.36	19.03	19.63	21.98	23.05	24.91	23.39
2002	26.81	27.99	29.3	26.65	24.77	19.76	18.2	18.31	20.52	22.64	23.12	24.72	23.57
2003	25.7	28.29	28.87	26.67	24.42	20.99	20.05	19.54	20.95	23.35	24.56	24.7	24.01
2004	26.89	28.15	28.55	26.82	24.35	19.15	19.29	19.41	21.11	23.09	23.97	25.46	23.85
2005	27.66	28.28	28.75	27.56	23.78	20.17	19.45	19.81	20.54	21.74	23.76	24.53	23.84
2006	27.45	28.62	29.14	26.94	24.42	19.95	19.68	19.7	21.54	22.9	23.92	24.9	24.10
2007	27.44	28.53	28.48	27.23	24.38	20.2	18.42	17.69	19.34	21.23	23.11	24.44	23.37
2008	27	28.27	29.24	27.6	24.23	20.23	19.75	19.41	21.71	22.29	24.02	25.36	24.09
2009	27.05	28.26	28.77	27.87	24.67	20.34	19.87	19.83	21.37	22.84	23.97	24.25	24.09
2010	26.6	28.88	29.63	27.92	24.02	20.2	18.81	19.55	21.51	22.07	23.61	24.97	23.98
2011	27	28.16	28.49	26.89	23.41	20.96	19.62	18.79	21.12	22.42	24.11	25.23	23.85
2012	27.77	28.22	29.58	28.09	24.87	21.79	21.1	19.38	21.51	22.42	23.89	24.85	24.46
2013	27.73	28.93	29.21	27.37	24.16	19.96	18.78	18.98	21.47	22.41	23.76	25.65	24.03
2014	27.6	28.75	28.85	26.72	23.65	21.92	19.85	19.81	20.88	22.87	23.62	25	24.13
2015	27	28.48	29.53	27.66	25.3	22.67	20.8	20.7	23.53	23.97	24.1	25.65	24.95
2016	28.18	29.61	30.61	28.51	26.09	21.26	20.1	20.41	22.57	23.85	25.24	25.37	25.15
Promedio	26.91	28.26	28.97	27.26	24.44	20.39	19.38	19.47	21.31	22.75	23.84	24.96	24.00

TEMPERATURA MÍNIMA 1981- 2016

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio
1981	17.87	19.77	19.64	17.74	15.04	13.42	13.13	13.21	13.45	14.42	14.98	16.85	15.79
1982	18.08	19.51	18.72	17.24	15.11	14.44	13.99	14.29	14.53	15.4	16.72	19.24	16.44
1983	21.53	21.77	22.47	21.59	20.07	15.44	15.89	15.23	14.54	14.95	15.49	17.5	18.04
1984	18.47	19.4	19.23	17.75	15.27	14.47	13.64	13.39	13.5	14.77	15.05	16.91	15.99
1985	18.32	19.07	19.75	17.63	14.52	13.75	12.85	12.71	13.44	14.36	14.68	17.09	15.68
1986	18.88	19.42	18.68	17.72	15.11	13	12.9	14.17	13.8	13.97	15.19	17.6	15.87
1987	19.82	20.66	20	18.5	16.21	14.33	14.58	14.21	14.11	15.06	15.89	17.5	16.74
1988	19.07	19.95	19.25	18.08	16.19	12.49	12.32	12.79	13.24	13.85	14.76	16.56	15.71
1989	18.37	20.13	19.47	17.33	14.29	14.01	12.77	13.25	13.15	14.63	14.56	15.74	15.64
1990	18.24	18.75	19.09	17.04	16.16	14.82	13.4	13.07	13.76	14.59	15.34	16.74	15.92
1991	18.58	18.92	19.9	17.86	16.23	14.55	13.46	13.17	13.7	14.93	15.13	16.45	16.07
1992	18.59	19.01	20.5	19.8	18.01	15.43	13.74	13.65	13.56	14.79	15.05	16.6	16.56
1993	18.74	19.78	19.65	18.52	17.36	15.44	14.5	14.18	14.21	14.84	15.35	16.84	16.62
1994	19.05	19.66	19.42	18.16	16.28	14.2	13.42	13.33	14.2	14.51	15.2	17.41	16.24
1995	19.51	19.58	19.35	17.58	15.82	14.02	13.58	13.23	13.95	14.21	15.36	15.93	16.01
1996	17.81	18.68	18.79	17	15.16	13.18	12.68	13.22	13.28	13.87	14	16.1	15.31
1997	18.45	19.18	19.39	18.27	17.7	15.08	15.32	15.09	16.69	16.33	15.89	20.23	17.30
1998	22.11	22.3	21.85	20.18	17.53	15.71	14.53	14.17	13.7	14.5	15.11	16.82	17.38
1999	17.9	19.74	18.83	17.32	15.48	13.61	13.01	13.11	13.45	14.29	14.7	16.83	15.69
2000	18.57	18.94	18.72	18.25	16.15	14.02	13.81	13.94	13.42	14.42	13.82	16.94	15.92
2001	18.81	19.92	20.05	18.3	15.75	13.63	13.58	13.19	13.57	14.2	15	16.58	16.05
2002	17.96	19.62	20.36	18.7	16.28	13.58	13.35	13.7	13.54	14.85	15.55	16.96	16.20
2003	19.15	20.1	19.28	17.2	16.08	14.06	13.6	13.67	13.65	14.59	15.22	17.46	16.17
2004	18.51	19.49	19.79	17.76	15.4	13.86	13.9	13.34	14.12	14.81	15.82	17.77	16.21
2005	19.19	19.83	19.7	18.52	16.01	14.32	13.7	13.56	13.56	13.62	14.66	16.88	16.13
2006	19.06	20.54	19.98	17.84	15.21	14.66	14.78	14.67	14.34	15	15.87	17.45	16.62
2007	19.84	19.73	19.83	18.24	15.28	13.56	13.53	12.83	12.57	13.27	14.78	15.83	15.77
2008	19.19	19.68	19.47	18.06	15.1	14.44	14.36	14.83	14.2	14.68	15.7	16.81	16.38
2009	19.08	20.18	20.38	18.92	16.83	15.18	15.19	14.41	14.25	15.08	16.02	18.08	16.97
2010	19.98	20.96	20.58	19.22	17.49	14.75	12.9	12.95	13.27	13.8	14.61	16.85	16.45
2011	18.5	19.54	19	18.27	16.32	15.66	14.62	13.66	13.85	13.98	15.54	17.67	16.38
2012	18.81	19.85	20.4	19.14	17.06	16.22	15.83	14.24	14.41	14.9	15.91	17.57	17.03
2013	19.14	20.1	20.03	17.35	16.14	14.96	13.68	13.52	13.85	14.37	15.1	17.63	16.32
2014	19.9	19.51	19.86	18.13	17.59	16	14.88	14.19	14.24	15	15.7	17.13	16.84
2015	18.57	20.13	20.33	19	18.05	15.62	15.29	14.93	15.42	16.2	16.23	18.15	17.33
2016	19.22	21.33	21.25	19.39	17.11	15.13	14.64	14.64	14.7	14.99	14.86	16.7	17.00
Promedio	18.97	19.85	19.81	18.27	16.26	14.47	13.93	13.77	13.92	14.61	15.25	17.15	16.35

Anexo 4: Listado de especies

N°	Familia	Especies	Nombre común	Conservación		Introducidas	N°	Familia	Especies	Nombre común	Conservación		Introducidas	Patrones de movimiento
				UICN	Nacional ¹						UICN	Nacional ¹		
Flora							Flora							
1	Acanthaceae	Dicliptera montana	-				42	Malvaceae	Fuertesimalva limensis	Malva de lima				
2	Amaranthaceae	Alternanthera halimifolia	Hierba blanca				43	Montiaceae	Cistanthe paniculata	Oreja de perro				
3	Amaranthaceae	Chenopodium murale	Hierba del gallinazo				44	Oxalidaceae	Oxalis bulbigera	-				
4	Amaranthaceae	Chenopodium petiolare	Quinua				45	Oxalidaceae	Oxalis latifolia	Trebol blanco				
5	Amaranthaceae	Atriplex rotundifolia	Orégano de loma				46	Oxalidaceae	Oxalis megalorrhiza	Trébol amarillo				
6	Amaranthaceae	Amaranthus hybridus	-			Sí	47	Oxalidaceae	Oxalis lomana	Trébol peludo				
7	Amaryllidaceae	Ismene amancaes	Amancaes		VU		48	Papaveraceae	Fumaria capreolata	Culantro			Sí	
8	Amaryllidaceae	Stenomesson coccineum	Trompeta				49	Poaceae	Raimundochloa trachyantha	Pasto de loma				
9	Asteraceae	Ophryosporus peruvianus	-				50	Poaceae	Rostraria trachyantha (Phil.) Tzvelev ex Soreng	-				
10	Asteraceae	Senecio abadianus	Senecio				51	Portulacaceae	Portulaca oleracea	-	LC		Sí	
11	Asteraceae	Senecio lomincola	Senecio				52	Solanaceae	Nicotiana paniculata	Tabaco Silvestre				
12	Asteraceae	Sonchus oleraceus	Cerraja			Sí	53	Solanaceae	Nolana humifusa	Nolana				
13	Asteraceae	Trixis cacalioides	Trixis				54	Solanaceae	Physalis sp.	-				
14	Asteraceae	Villanova oppositifolia	Villanova				55	Solanaceae	Solanum montanum	Papa silvestre				
15	Asteraceae	Ophryosporus pubescens	Piquería				56	Solanaceae	Solanum peruvianum	Tomate silvestre	LC			
16	Asteraceae	Bidens pilosa	Cadillo			Sí	57	Solanaceae	Exodocomus prostratus	Campanilla olorosa				
17	Asteraceae	Acmella oleracea	-			Sí	58	Solanaceae	Solanum tuberosum	-				
18	Asteraceae	Conyza bonariensis	Yerba blanca			Sí	59	Solanaceae	Nicandra physalodes	Capuli				
19	Asteraceae	Acmella alba	Flor de nieve			-	60	Urticaceae	Parietaria debilis	Parietaria			Sí	
20	Asteraceae	Cotula australis	-	DD		Sí	61	Urticaceae	Urtica urens	Ortiga menor	LC		Sí	
21	Begoniaceae	Begonia octopetala	Begonia				Aves							
22	Boraginaceae	Heliotropium angiospermum	Cola de alacran				62	Cathartidae	Coragyps atratus	Gallinazo de Cabeza Negra	LC			Migrante completo
23	Boraginaceae	Heliotropium arborescens	Heliotropo				63	Accipitridae	Geranoaetus melanoleucus	Aguilucho de Pecho Negro	LC			No es migrante
24	Brassicaceae	Sisymbrium officinale	-	LC			64	Columbidae	Metriopelia cecillae	Tortolita Moteada	LC			No es migrante
25	Bromeliaceae	Tillandsia latifolia	Chayape/ Siempreviva	LC			65	Columbidae	Columba livia	Paloma Doméstica	LC			No es migrante
26	Cactaceae	Haageocereus limensis	-				66	Columbidae	Zenaida auriculata	Tórtola Orejuda	LC			Migrante completo
27	Cactaceae	Haageocereus olowinskianus	Rabo de zorro de Lima		CR		67	Strigidae	Athene cunicularia	Lechuza Terrestre	LC			Migrante completo
28	Cactaceae	Loxanthocereus acanthurus	Cactus de flor roja		EN		68	Trochilidae	Rhodapis vesper	Colibrí de Oasis	LC			No es migrante
29	Caricaceae	Vasconcellea candicans	Mito	LC	CR		69	Falconidae	Falco sparverius	Cernícalo Americano	LC			Migrante completo
30	Crassulaceae	Crassula connata	Pino				70	Furnariidae	Geositta peruviana	Minero Peruano	LC			No es migrante
31	Cucurbitaceae	Cyclanthera mathewsii	Caigua cimarrona				71	Hirundinidae	Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina Azul y Blanca	LC			Migrante completo
32	Cucurbitaceae	Sicyos baderoa	Caigua silvestre				72	Troglodytidae	Troglodytes aedon	Cucarachero Común	LC			Migrante completo
33	Ephedraceae	Ephedra americana	Pinca- pinca	LC	NT		73	Motacillidae	Anthus lutescens	Cachiría Amarillenta	LC			No es migrante
34	Fabaceae	Mimosa sp.	Mimosa				74	Thraupidae	Phrygilus alaudinus	Fringilo de Cola Bandeada	LC			No es migrante
35	Fabaceae	Coesalpinia spinosa	Tara		VU		75	Thraupidae	Volatinia jacarina	Saltapalito	LC			No es migrante
36	Geraniaceae	Erodium cicutarium	-			Sí	76	Emberizidae	Zonotrichia capensis	Gorrión de Collar Rufo	LC			Migrante completo
37	Lamiaceae	Salvia rhombifolia	Salvia				Mamíferos							
38	Lamiaceae	Salvia paposana	Salvia				77	Chinchillidae	Lagidium peruanum	Vizcacha				
39	Loasaceae	Loasa nitida	Ortiga				Anfibios y reptiles							
40	Loasaceae	Nasa urens	Ortiga negra				78	Tropiduridae	Microlophus tigris	Lagartija tigre	LC			
41	Malvaceae	Fuertesimalva peruviana	Malva				79	Gekkonidae	Phyllodactylus lepidopygus	Gecko	-			

Anexo 5: Panel fotográfico

Año 2022

Época seca: Octubre del 2022



Vista aérea de la entrada a las Lomas de Mangamarca, donde se aprecia una cantidad significativa de árboles plantados, en su mayoría por la Asociación Lomas de Mangamarca.



Asentamiento urbano en las Lomas de Mangamarca.



Trazos en el terreno que evidencian el tránsito de personas ya sea en vehículos o caminando en el ecosistema de las lomas.



Contrucción de camino en el ecosistema de lomas.

Nota: Fotografías tomadas con el dron Dji Mavic Air 2S

Año 2023

Época húmeda: Octubre del 2023



Vista de la vegetación de las Lomas de Mangamarca. La vegetación en amarillo corresponde a la especie de *Ismene Amancaes*.



Vista de la vegetación del ecosistema hacia el corazón de Lomas de Mangamarca.



Presencia de enormes piedras en el ecosistema de Lomas de Mangamarca



Vista de la vegetación de las Lomas de Mangamarca con la urbanización de Mangamarca como fondo.

Nota: Fotografías proporcionadas por la Asociación Lomas de Mangamarca, 2023

Época seca: Noviembre del 2023



Presencia de enormes piedras en el ecosistema de Lomas de Mangamarca. Se encuentran dañados por grafitis.



Evidencia de escasa vegetación en las Lomas de Mangamarca



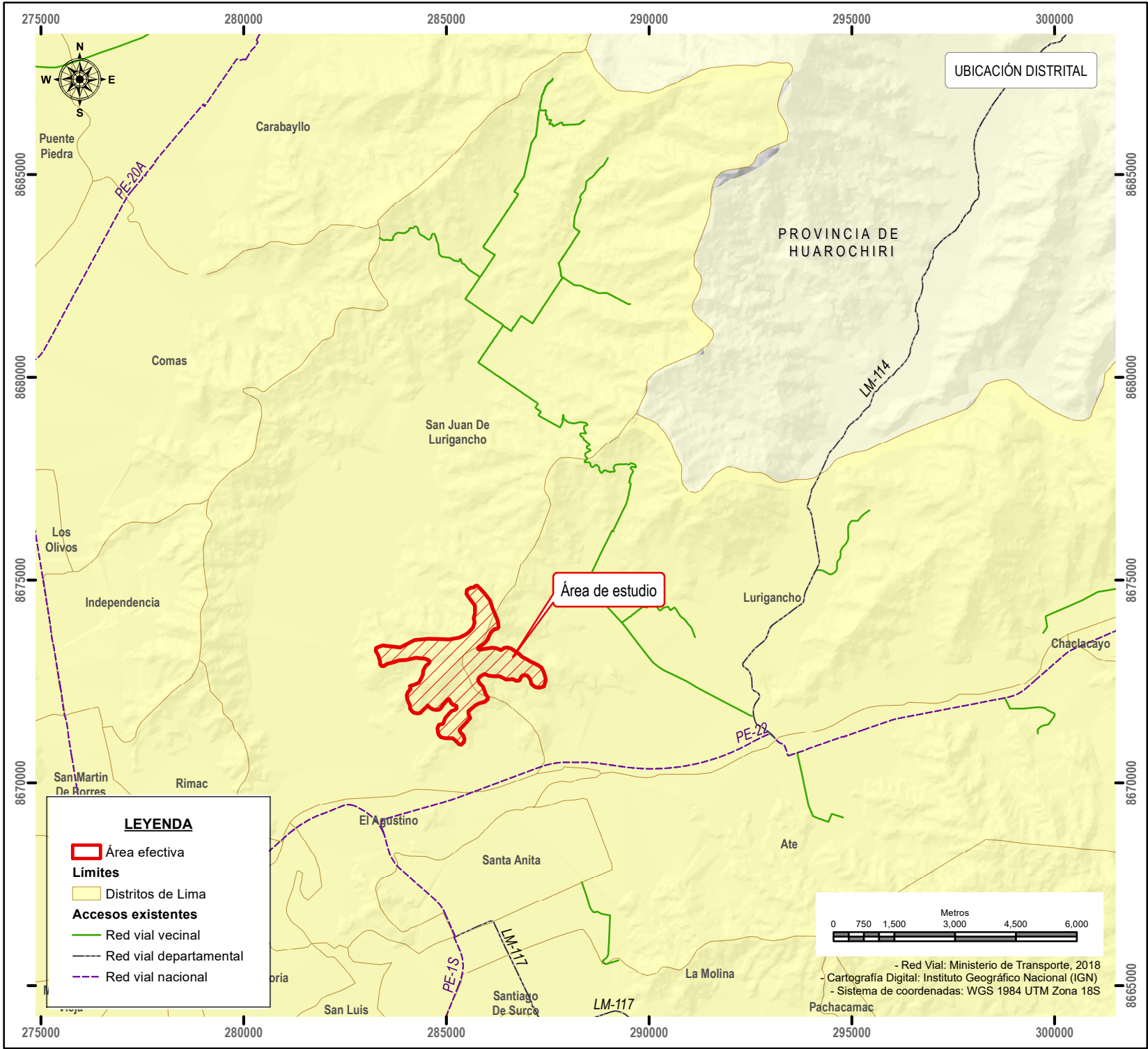
Se puede observar señalizaciones en los primeros tramos del ingreso de las Lomas de Mangamarca.



Vegetación seca presente en rocas

Nota: Fotografías propias

Anexo 6: Mapas

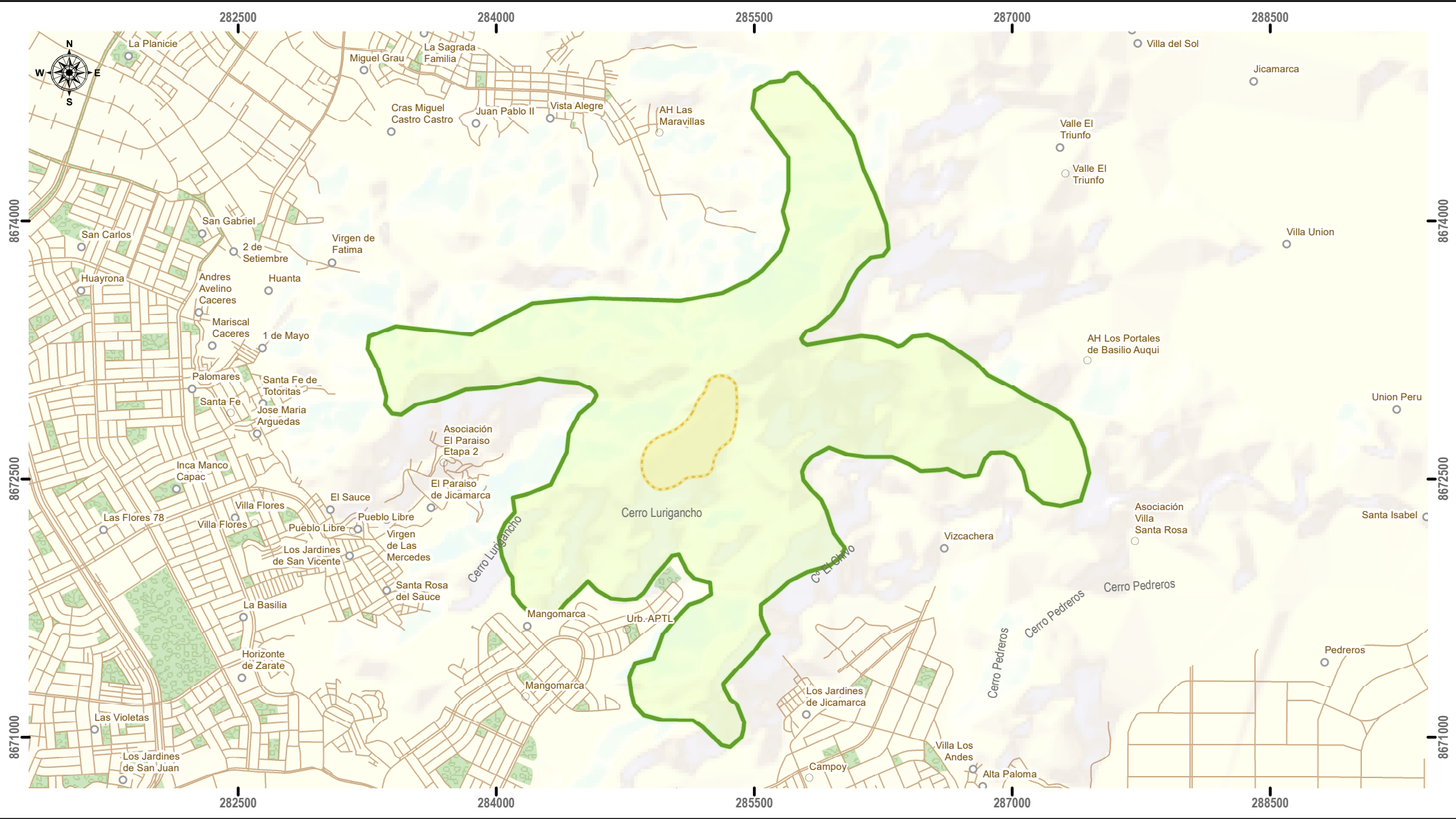


Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis: Vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangomarca:
Desarrollo de una propuesta metodológica para analizar y evaluar
el cambio climático y presiones antrópicas en San Juan de Lurigancho

Título: **UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Elaborado por:	Carla Lino Cotrina	ANEXO N° 6.1
Escala:	1:5,909,922	
Fecha:	agosto 2024	



LEYENDA

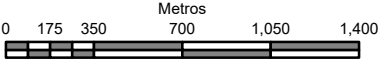
Lomas de Mangomarca

Corazón de las Lomas de Mangomarca

Caminos

Parques

Poblaciones



REFERENCIAS:
- Cartografía Digital: Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18S
- Lomas de Mangomarca: SERFOR

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis:

Vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangomarca:
Desarrollo de una propuesta metodológica para analizar y evaluar
el cambio climático y presiones antrópicas en San Juan de Lurigancho

Título:

LOMAS DE MANGOMARCA

Elaborado por:

Carla Lino Cotrina

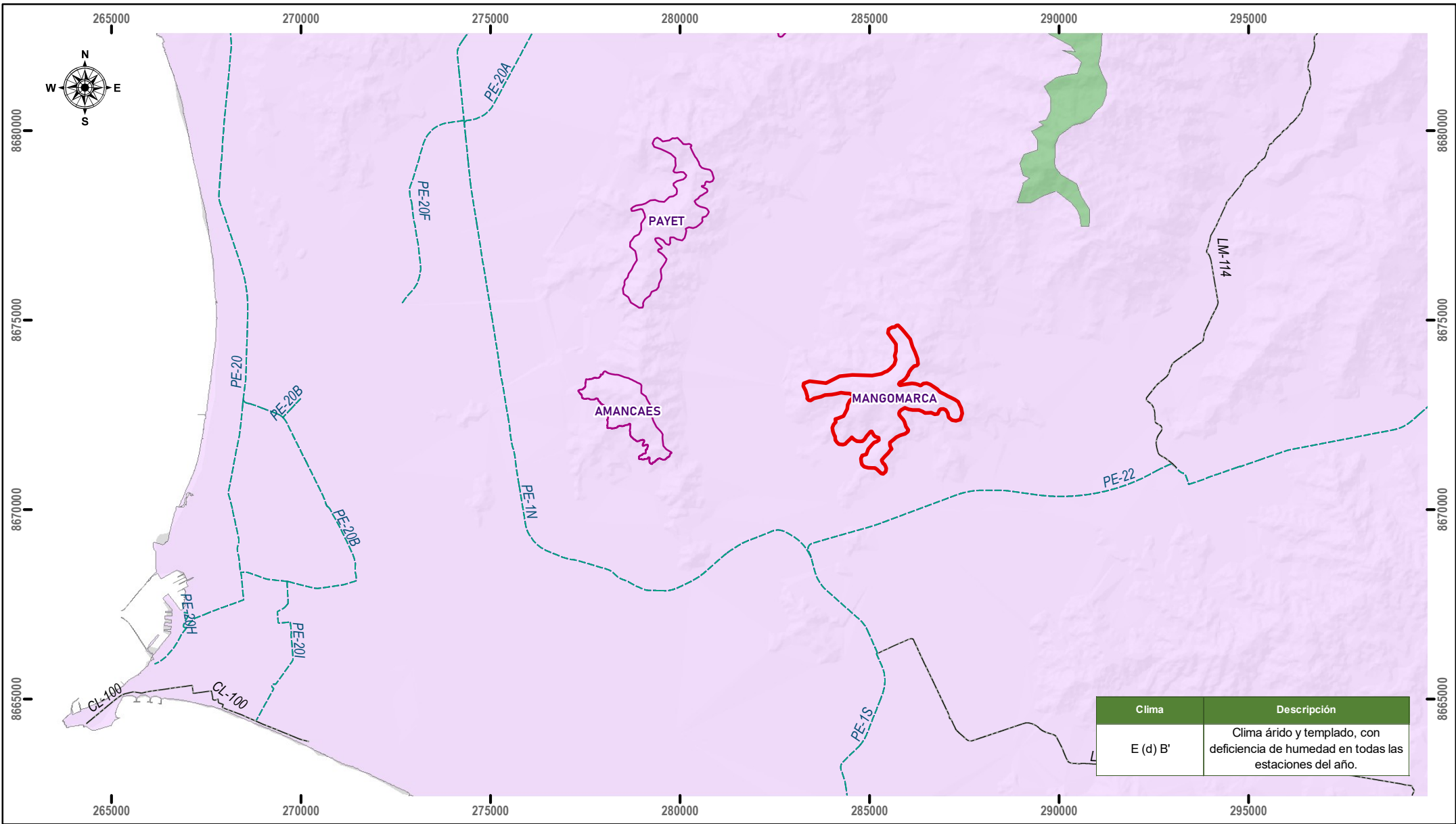
Escala:

1:30,000

Fecha:

agosto 2024

**ANEXO
N° 6.2**



Clima	Descripción
E (d) B'	Clima árido y templado, con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año.

Lomas de Mangomarca

Ecosistemas frágiles (SERFOR)

Límites

Red vial departamental

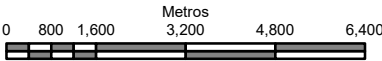
Red vial nacional

Clasificación climática

E (d) B'

Loma

- REFERENCIAS:
- Red Vial: Ministerio de Transporte, 2018
 - Cartografía Digital: Instituto Geográfico Nacional (IGN)
 - Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18S
 - Clasificación climática del Perú: SENAMHI, 2020



Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis:

Vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangomarca: Desarrollo de una propuesta metodológica para analizar y evaluar el cambio climático y presiones antrópicas en San Juan de Lurigancho

Título:

MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Elaborado por:

Carla Lino Cotrina

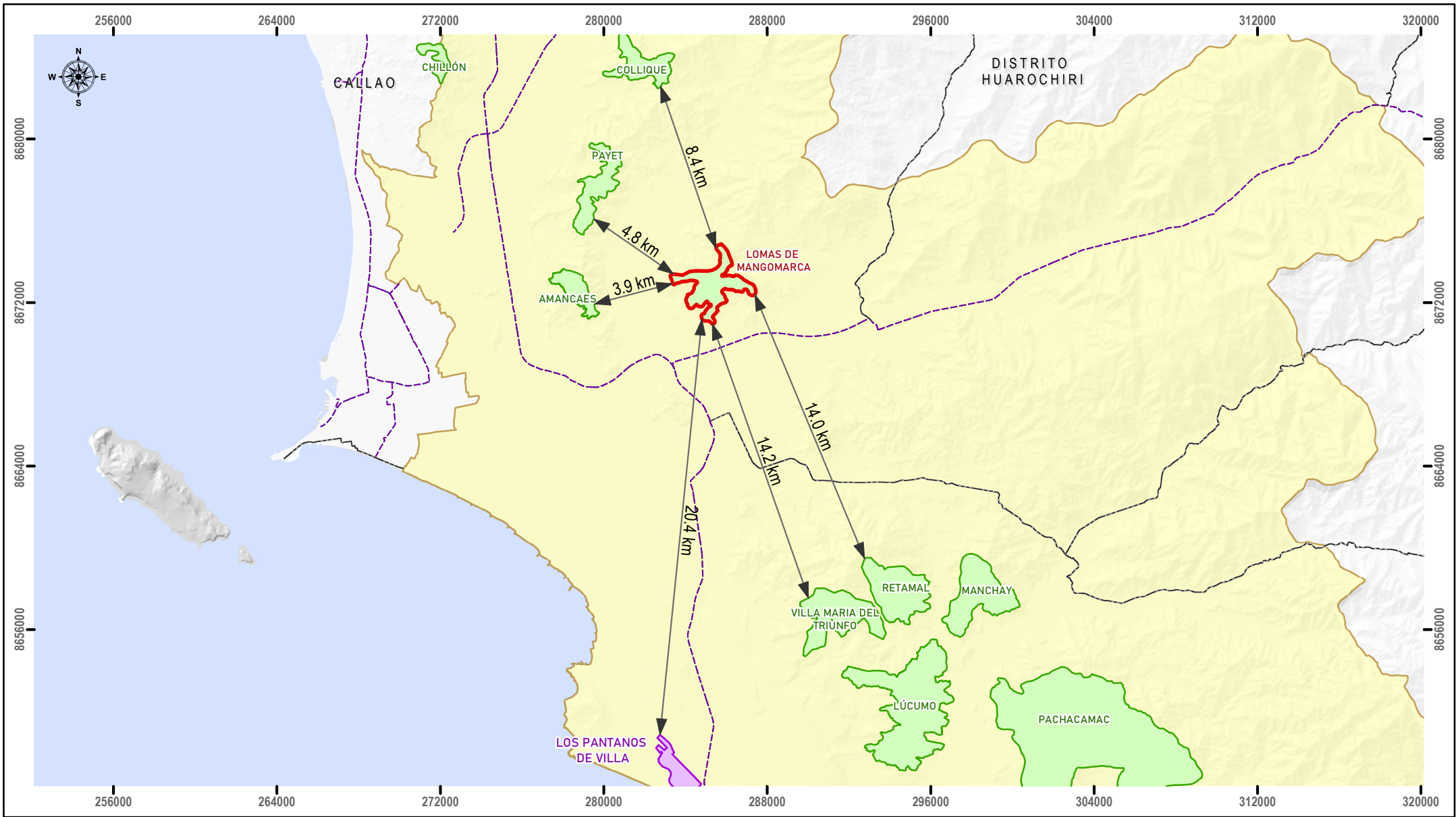
Escala:

1:135,000

Fecha:

agosto 2024

ANEXO
N° 6.3



Lomas de Mangamarca

Sitios Ramsar

Ecosistemas frágiles (SERFOR)

Provincia de Lima

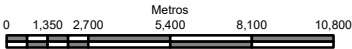
Límites

Red vial departamental

Red vial nacional

N°	Nombre	Tipo de ecosistema	Distancia aproximada a la Loma de Mangamarca (km)
1	Loma Collique	Loma costera	8.4
2	Loma Payet	Loma costera	4.8
3	Loma Amancaes	Loma costera	3.9
4	Loma Retamal	Loma costera	14.0
5	Loma Villa María del Triunfo	Loma costera	14.2
6	Los Pantanos de Villa	Refugio de Vida Silvestre/Sitio Ramsar	20.4

- REFERENCIAS:
- Red Vial: Ministerio de Transporte, 2018
 - Cartografía Digital: Instituto Geográfico Nacional (IGN)
 - Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18S



Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis:

Vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangamarca:
Desarrollo de una propuesta metodológica para analizar y evaluar
el cambio climático y presiones antrópicas en San Juan de Lurigancho

Título:

ECOSISTEMAS FRÁGILES

Elaborado por:

Carla Lino Cotrina

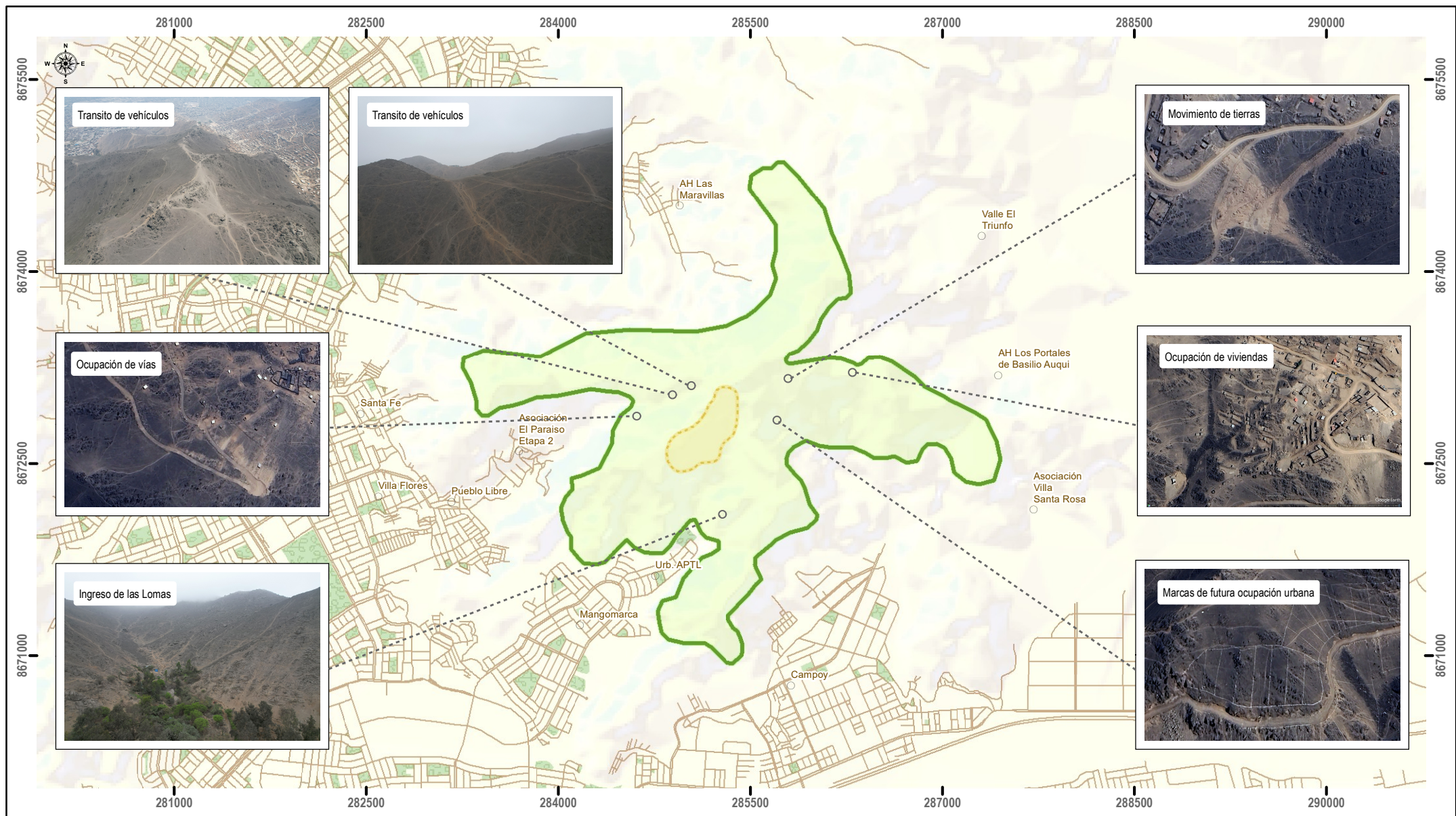
Fecha:

agosto 2024

Escala:

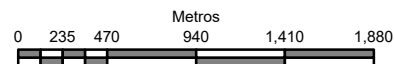
1:250,000

ANEXO
N° 6.4



LEYENDA

	Lomas de Mangomarca		Caminos
	Corazón de las Lomas de Mangomarca		Parques
			Poblaciones

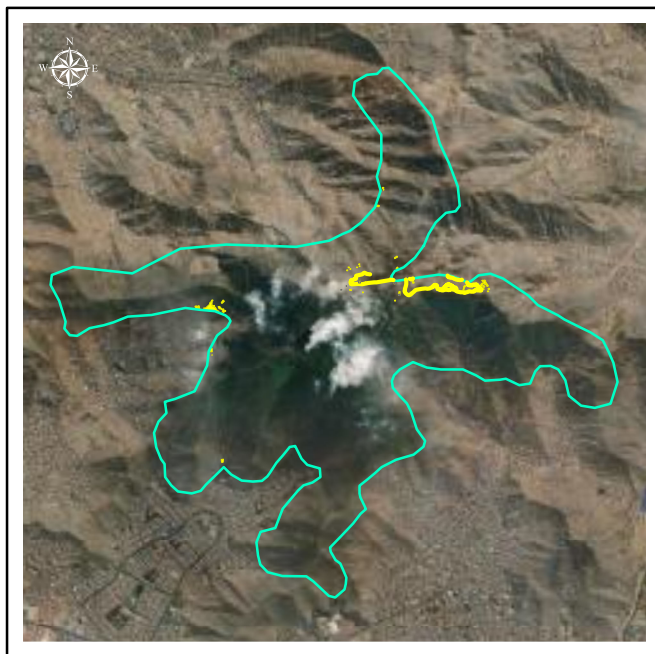


REFERENCIAS:

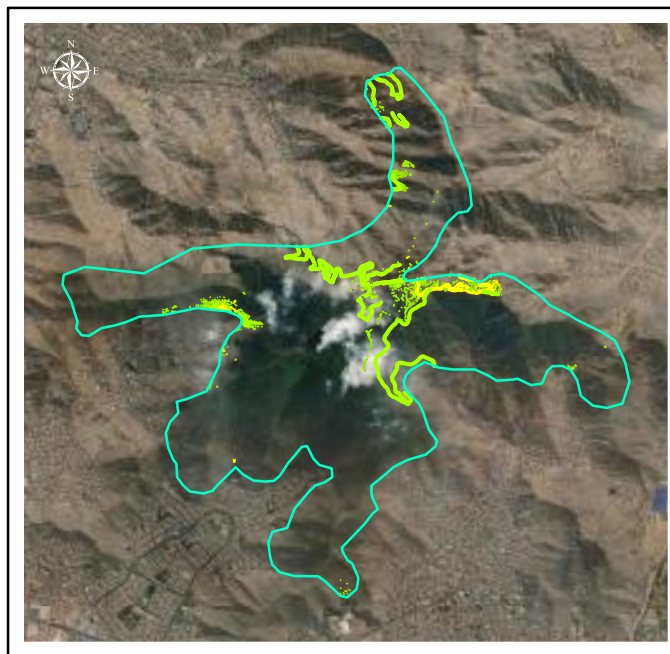
- Cartografía Digital: Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18S
- Lomas de Mangomarca: SERFOR

		Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Ambiental Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
Tesis:		Vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangomarca: Desarrollo de una propuesta metodológica para analizar y evaluar el cambio climático y presiones antrópicas en San Juan de Lurigancho
Título:		RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO
Elaborado por:		Carla Lino Cotrina
Escala:	Fecha:	ANEXO N° 6.5
1:40,000	agosto 2024	

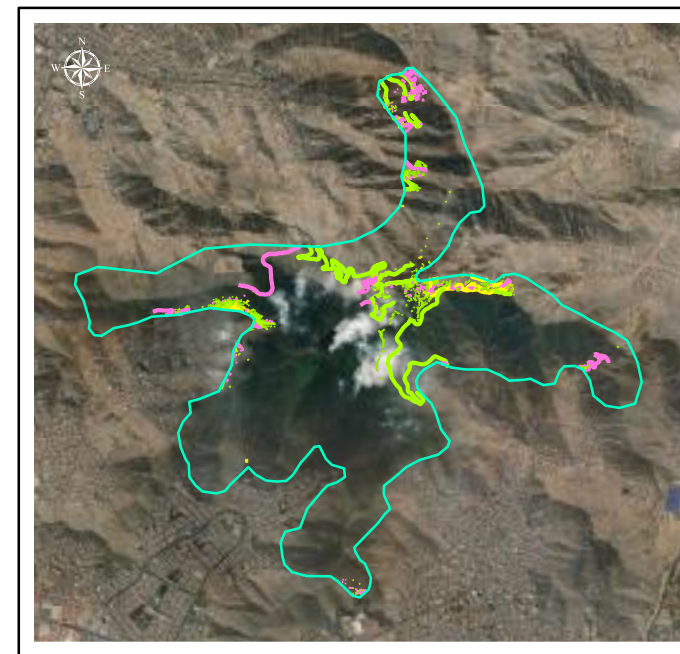
2013 - 2015



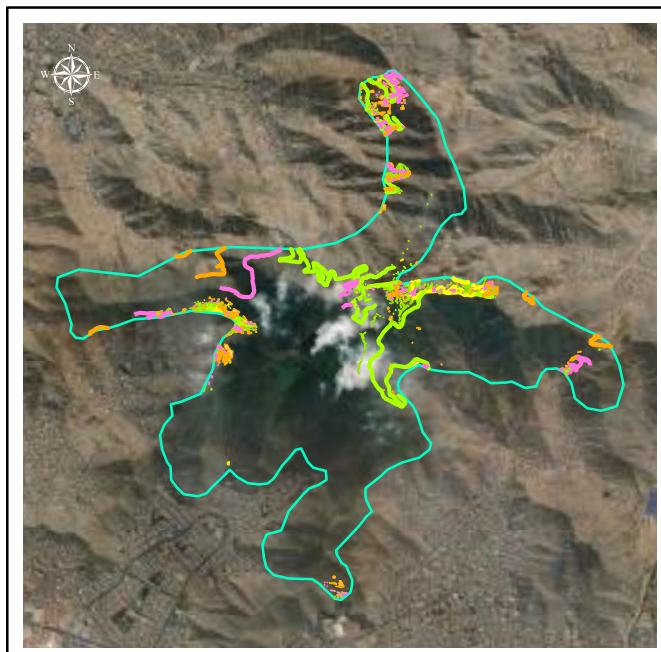
2016 - 2017



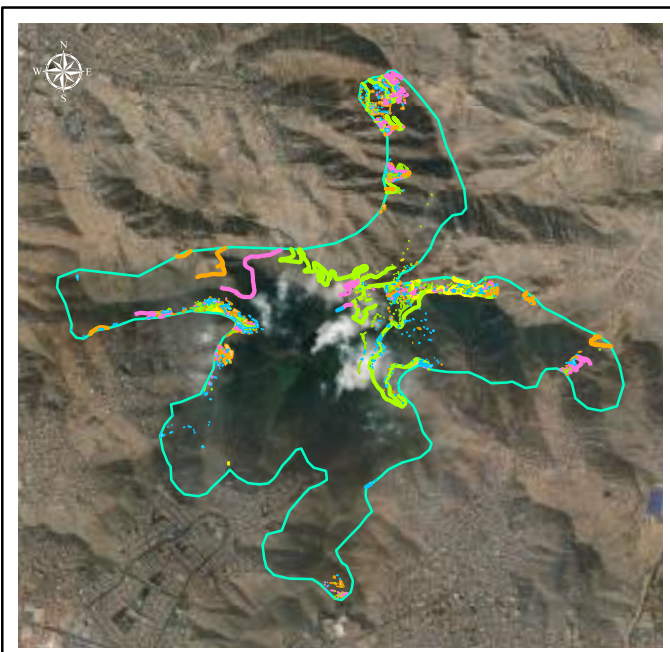
2018 - 2019



2020 - 2021

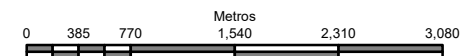


2022 - 2023



Leyenda

- Loma de Mangamarca
- Expansión urbana 2013-2015
- 2016-2017
- 2018-2019
- 2020-2021
- 2022-2023



Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis: Vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangamarca:
Desarrollo de una propuesta metodológica para analizar y evaluar
el cambio climático y presiones antrópicas en San Juan de Lurigancho

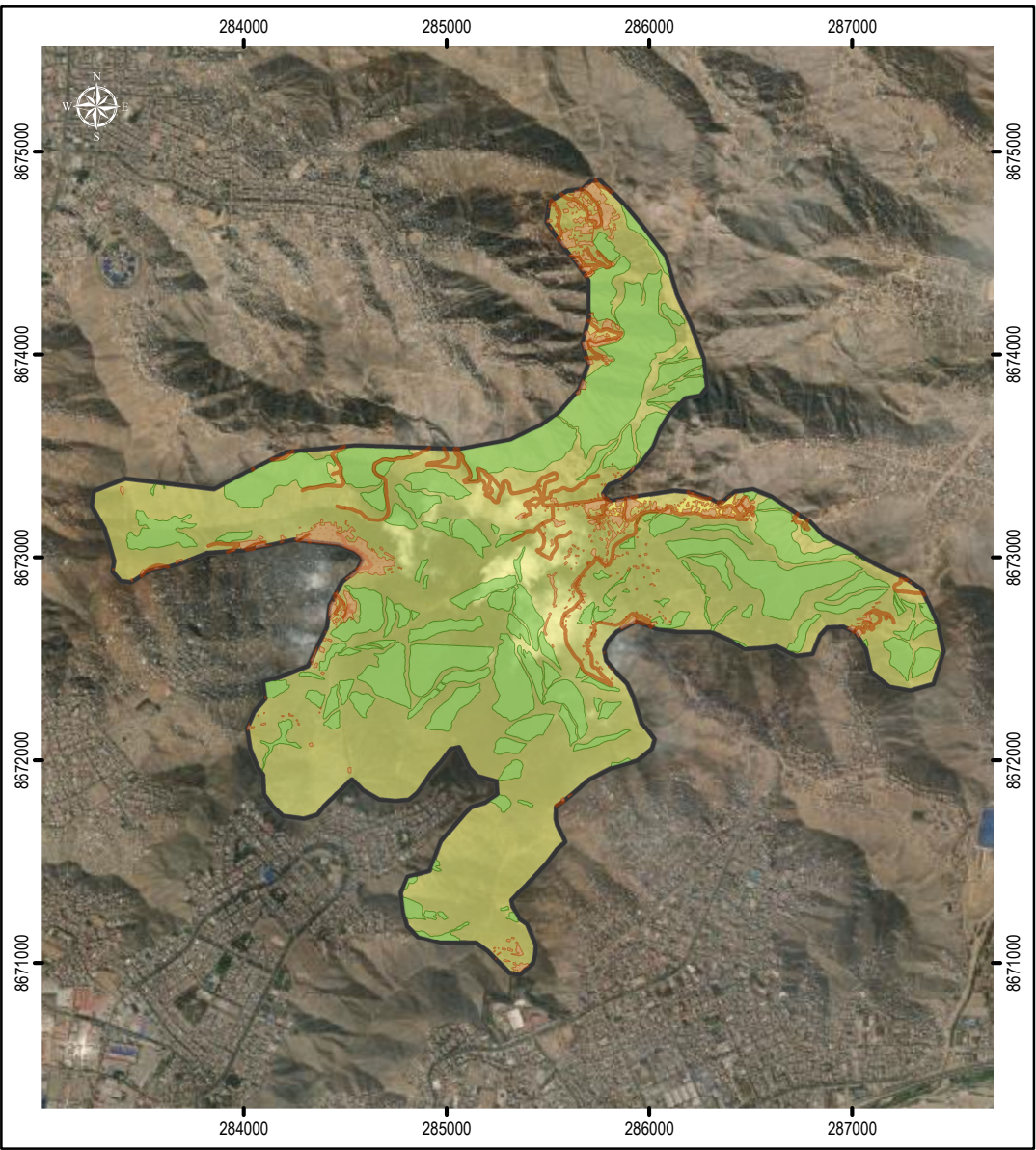
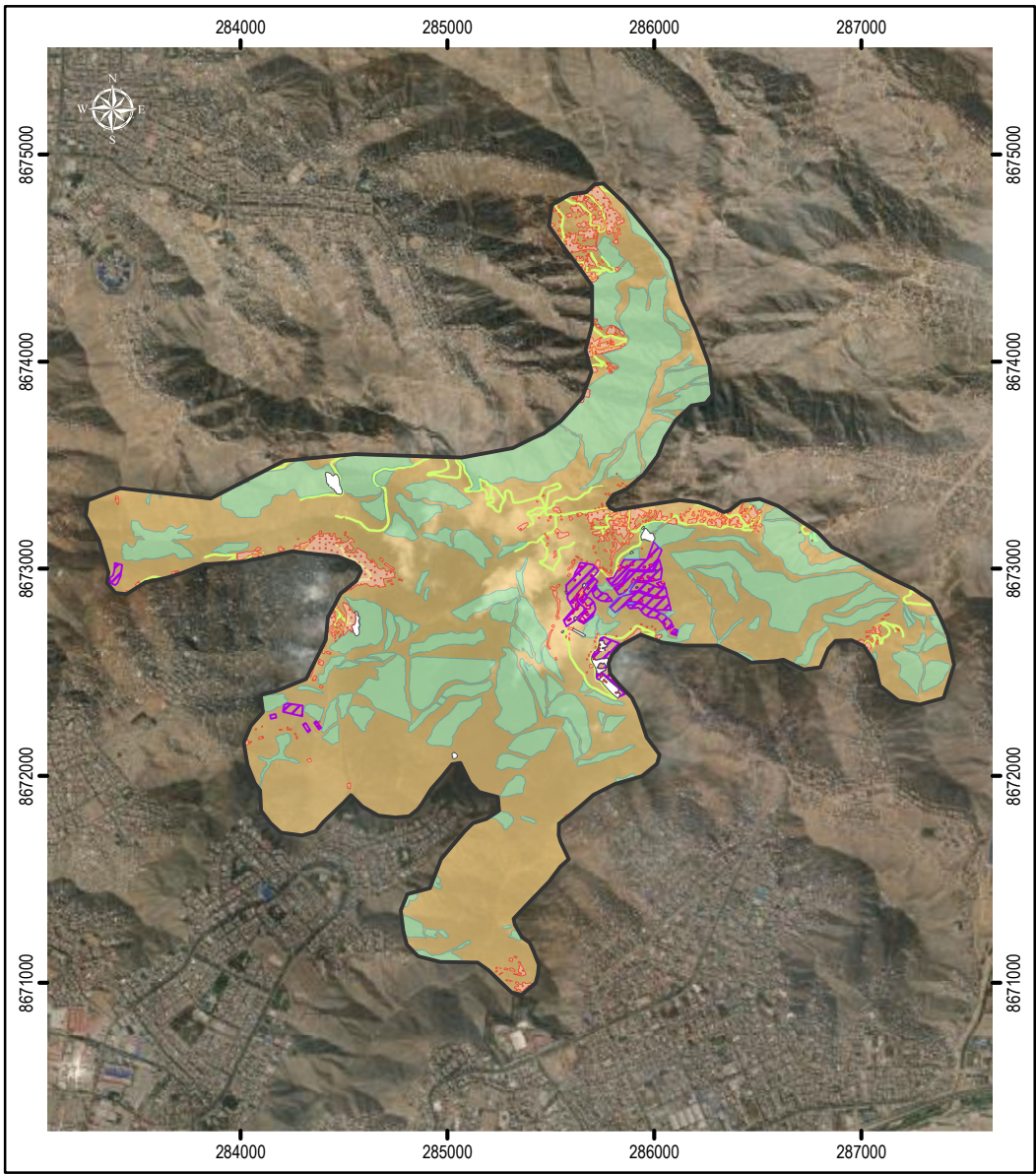
Título: **EXPANSIÓN URBANA EN LAS LOMAS DE MANGOMARCA
2013-2023**

Elaborado por: Carla Lino Cotrina

Escala: 1:56,000

Fecha: agosto 2024

**ANEXO
N° 6.6**



LEYENDA (Figura A)

Lomas de Mangamarca

Actividad humana intensa

Ocupación de viviendas

Ocupación de vías

Actividad humana moderada

Movimiento de tierras

Transito vehicular/peatonal

Urbanización del terreno

Actividad humana nula

No hay evidencia de huellas en el terreno

LEYENDA (Figura B)

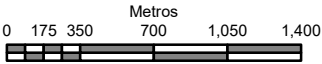
Lomas de Mangamarca

Actividad humana

Actividad humana intensa

Actividad humana moderada

Actividad humana nula



 Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Ambiental Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental		
Tesis: Vulnerabilidad ecosistémica de las Lomas de Mangamarca: Desarrollo de una propuesta metodológica para analizar y evaluar el cambio climático y presiones antrópicas en San Juan de Lurigancho		
Título: ACTIVIDADES HUMANAS EN EL ECOSISTEMA DE LOMAS		
Elaborado por: Carla Lino Cotrina		ANEXO N° 6.7
Escala: 1:36,000	Fecha: agosto 2024	